



ULUSLARARASI KATILIMLI

TUJJBK

TÜRKİYE ULUSAL
JEODEZİ JEOFİZİK BİRLİĞİ
BİLİMSEL KONGRESİ

SCIENTIFIC CONGRESS OF
THE TURKISH NATIONAL
UNION of GEODESY and
GEOPHYSICS

TUJJB-BK
TNUGG-SC

30 MAYIS-
02 HAZİRAN 2018
30 MAY-
02 JUNE 2018

İZMİR / TURKEY

HARİTA GENEL KOMUTANLIĞI
ANKARA - 2018

ISBN 978-605-82558-8-3

BİLDİRİ KİTABI
ABSTRACT BOOK

ULUSLARARASI KATILIMLI
TÜRKİYE ULUSAL JEODEZİ VE JEOFİZİK BİRLİĞİ BİLİMSEL KONGRESİ
(TUJJB-BK)

*SCIENTIFIC CONGRESS OF THE
TURKISH NATIONAL UNION of GEODESY and GEOPHYSICS
(TNUGG-SC)*

BİLDİRİ KİTABI

(ABSTRACT BOOK)

ISBN 978-605-82558-8-3

30 Mayıs - 2 Haziran 2018
(30 May - 2 June 2018)

Izmir / TURKEY

Harita Genel Komutanlığı Matbaası Ankara-2018

ULUSLARARASI KATILIMLI
TÜRKİYE ULUSAL JEODEZİ VE JEOFİZİK BİRLİĞİ BİLİMSEL KONGRESİ
(TUJJB-BK)

SCIENTIFIC CONGRESS OF THE
TURKISH NATIONAL UNION of GEODESY and GEOPHYSICS
(TNUGG-SC)

EDİTÖRLER

Dr. Güven KOÇAK (Baş-Editör, TUJJB-BK)

Dr. Hakan AKSU (Editör, TUHK)
Uğur AKIN (Editör, TUJAK)
Soner ÖZDEMİR (Editör, TUJK)
Sinan ÇETİN (Editör, TUMAK)
Murat ELGE (Editör, TUOK)
Dr. Şenol ÖZYALIN (Editör, TUSAK)
Prof.Dr. Gonca G. KUŞCU (Editör, TUVAK)

EDITORS

Dr. Güven KOÇAK (Baş-Editör, TUJJB-BK)

Dr. Hakan AKSU (Editör, TUHK)
Uğur AKIN (Editör, TUJAK)
Soner ÖZDEMİR (Editör, TUJK)
Sinan ÇETİN (Editör, TUMAK)
Murat ELGE (Editör, TUOK)
Dr. Şenol ÖZYALIN (Editör, TUSAK)
Prof.Dr. Gonca G. KUŞCU (Editör, TUVAK)

KISALTMALAR / ABBREVIATIONS

TUHK: TÜRKİYE ULUSAL HİDROLOJİ KOMİSYONU (NATIONAL COMMISSION OF HYDROLOGY)

TUJAK: TÜRKİYE ULUSAL JEOMAGNETİZM VE AERONOMİ KOMİSYONU (NATIONAL COMMISSION OF GEOMAGNETISM AND AERONOMY)

TUJK: TÜRKİYE ULUSAL JEODEZİ KOMİSYONU (NATIONAL COMMISSION OF GEODESY)

TUMAK: TÜRKİYE ULUSAL METEOROLOJİ VE ATMOSFER FİZİĞİ KOMİSYONU (NATIONAL COMMISSION OF METEOROLOGY AND ATMOSPHERE PHYSICS)

TUOK: TÜRKİYE ULUSAL OŞİNOGRAFI KOMİSYONU (NATIONAL COMMISSION OF OCEANOGRAPHY)

TUSAK: TÜRKİYE ULUSAL SİSMOLOJİ VE ARZIÇI FİZİĞİ KOMİSYONU (NATIONAL COMMISSION OF SEISMOLOGY AND INTERIOR OF THE EARTH PHYSICS)

TUVAK: TÜRKİYE ULUSAL VOLKANOLOJİ VE ARZIÇI KİMYASI KOMİSYONU (COMMISSION OF VOLCANOLOGY AND INTERIOR OF THE EARTH CHEMISTRY)

Tüm makaleler en az iki bilimsel komite üyesi tarafından gözden geçirilmiştir

All papers have been peer reviewed by at least two member of scientific committees

KURULLAR / COMMITTEES

ONUR KURULU / HONORARY COMMITTEE

AZİZ KOCAOĞLU, BÜYÜKŞEHİR BELEDİYE BAŞKANI / MAYOR OF IZMIR METROPOLITAN MUNICIPALITY

ERDAL ÇELİK, PROF.DR., REKTÖR V. / ACTING RECTOR OF DOKUZ EYLÜL UNIVERSITY

SAFFET KÖSE, PROF.DR., REKTÖR / RECTOR OF IZMIR KATIP CELEBI UNIVERSITY

OSMAN ALP, TUĞGENERAL, TUJJB-BK KONGRE BAŞKANI, HARİTA GENEL KOMUTANI, TUJJB TEMSİLCİ KURUM BAŞKANI / BRIGADIER GENERAL, PRESIDENT OF THE TNUGG-SC, GENERAL COMMANDER OF MAPPING, HEAD OF TNUGG

DÜZENLEME KURULU / ORGANISING COMMITTEE

OSMAN ALP, TUĞGENERAL, TUJJB-BK KONGRE BAŞKANI, HARİTA GENEL KOMUTANI, TUJJB TEMSİLCİ KURUM BAŞKANI / BRIGADIER GENERAL, PRESIDENT OF THE TNUGG-SC, GENERAL COMMANDER OF MAPPING, HEAD OF TNUGG

MUSTAFA ATA, DR.MÜH.ALB., TUJJB TEMSİLCİ KURUM BAŞKAN YRD. / DR. ENG.COL., VICE OF THE TNUGG

ERDİNÇ SEZEN, DR.MÜH.YB., TUJJB SEKRETERİ / DR.ENG.LT.COL., SECRETARY OF THE TNUGG

GÖKHAN GÖKTÜRKLER, PROF.DR., BÖLÜM BAŞKANI, JEOFİZİK MÜH. BÖL., MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ, DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ / PROF., HEAD, DEPT. OF GEOPHYSICS, ENGINEERING FACULTY, DOKUZ EYLUL UNIVERSITY

MEVLÜT YETKİN, DOÇ.DR., BÖLÜM BAŞKANI, HARİTA MÜH. BÖL., MÜHENDİSLİK VE MİMARLIK FAKÜLTESİ, İZMİR KATIP ÇELEBİ ÜNİVERSİTESİ / ASSOC.PROF., HEAD, DEPT. OF GEOMATICS, FACULTY OF ENGINEERING AND ARCHITECTURE, IZMIR KATIP CELEBI UNIVERSITY

GÜL ŞENER, İZFAŞ MURAHHAS AZA / IZFAS EXECUTIVE MANAGEMENT COMMITTEE

YEREL DÜZENLEME KURULU-YDK / LOCAL ORGANISING COMMITTEE-LOC

ORHAN POLAT, DOÇ.DR., YDK BAŞKANI, JEOFİZİK MÜH. BÖL., MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ, DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ / ASSOC.PROF., HEAD OF LOC, DEPT. OF GEOPHYSICS, ENGINEERING FACULTY, DOKUZ EYLUL UNIVERSITY

ERDİNÇ SEZEN, DR.MÜH.YB., TUJJB SEKRETERİ / DR.ENG.LT.COL., SECRETARY OF THE TNUGG

İLKNUR KAFTAN, DR., JEOFİZİK MÜH. BÖL., MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ, DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ / DR., DEPT. OF GEOPHYSICS, ENGINEERING FACULTY, DOKUZ EYLUL UNIVERSITY

PETEK SINDIRGI, DR.ÖĞR.ÜYESİ, JEOFİZİK MÜH. BÖL., MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ, DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ / ASSIST.PROF., DEPT. OF GEOPHYSICS, ENGINEERING FACULTY, DOKUZ EYLUL UNIVERSITY

ELÇİN GÖK, DR.ÖĞR.ÜYESİ, JEOFİZİK MÜH. BÖL., MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ, DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ / ASSIST.PROF., DEPT. OF GEOPHYSICS, ENGINEERING FACULTY, DOKUZ EYLUL UNIVERSITY

EMRE TİMUR, DOÇ.DR., JEOFİZİK MÜH. BÖL., MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ, DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ / ASSOC.PROF., DEPT. OF GEOPHYSICS, ENGINEERING FACULTY, DOKUZ EYLUL UNIVERSITY

MEHMET GÜVEN KOÇAK, DR.ÖĞR.ÜYESİ, HARİTA MÜH. BÖL., MÜHENDİSLİK VE MİMARLIK FAKÜLTESİ, İZMİR KATİP ÇELEBİ ÜNİVERSİTESİ / ASSIST.PROF., DEPT. OF GEOMATICS, FACULTY OF ENGINEERING AND ARCHITECTURE, IZMIR KATIP CELEBI UNIVERSITY

OSMAN SAMİ KIRTILOĞLU, DR.ÖĞR.ÜYESİ, HARİTA MÜH. BÖL., MÜHENDİSLİK VE MİMARLIK FAKÜLTESİ, İZMİR KATİP ÇELEBİ ÜNİVERSİTESİ / ASSIST.PROF., DEPT. OF GEOMATICS, FACULTY OF ENGINEERING AND ARCHITECTURE, IZMIR KATIP CELEBI UNIVERSITY

BİLİM KURULU / SCIENTIFIC COMMITTEE

ADİL SÖZER (ORDU ÜNİVERSİTESİ, ORDU, TURKEY)

AHMET ÖZTOPAL (İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ, İSTANBUL, TURKEY)

ALİ AKSU (MEMORIAL UNIVERSITY, CANADA)

ALİ DENİZ (İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ, İSTANBUL, TURKEY)

ATTİLA AYDEMİR (TÜRKİYE PETROLLERİ A.O., ANKARA, TURKEY)

AYHAN KOÇBAY (DEVLET SU İŞLERİ, ANKARA, TURKEY)

AYŞEGÜL ASKAN (ORTA DOĞU TEKNİK ÜNİVERSİTESİ, ANKARA, TURKEY)

BAHADIR AKTUĞ (ANKARA ÜNİVERSİTESİ, ANKARA, TURKEY)

BARIŞ SEMİZ (PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ, DENİZLİ, TURKEY)

BİHRAT ÖNÖZ (İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ, İSTANBUL, TURKEY)

BÜLENT KAYPAK (ANKARA ÜNİVERSİTESİ, ANKARA, TURKEY)

BÜLENT ORUÇ (KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ, KOCAELİ, TURKEY)

BÜLENT SELEK (DEVLET SU İŞLERİ, ANKARA, TURKEY)

ÇETİN MEKİK (BÜLENT ECEVİT ÜNİVERSİTESİ, ZONGULDAK, TURKEY)

DAWEI LI (WUHAN UNIVERSITY, CHINA)

DEVİRİM TEZCAN (ORTA DOĞU TEKNİK ÜNİVERSİTESİ, ANKARA, TURKEY)

EBRU ERİŞ (EGE ÜNİVERSİTESİ, İZMİR, TURKEY)

ELİF VAROL (HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ, ANKARA, TURKEY)

ERDİN BOZKURT (ORTA DOĞU TEKNİK ÜNİVERSİTESİ, ANKARA, TURKEY)

ERKAN AYDAR (HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ, ANKARA, TURKEY)

EŞREF YALÇINKAYA (İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ, İSTANBUL, TURKEY)

EVREN ÇUBUKCU (HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ, ANKARA, TURKEY)

FADİME SERTÇELİK (KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ, KOCAELİ, TURKEY)

FRANCISCO JOSE CHAVEZ- GARCIA (UNAM, MEXICO)

GONCA GENÇALIOĞLU KUŞCU (MUĞLA SITKI KOÇMAN ÜNİVERSİTESİ, MUĞLA, TURKEY)

GÖKHAN ATICI (MADEN TETKİK VE ARAMA GENEL MÜDÜRLÜĞÜ, ANKARA, TURKEY)

GÜNAY ÇİFÇİ (DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ, İZMİR, TURKEY)

HAFZULLAH AKSOY (İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ, İSTANBUL, TURKEY)

HAKAN AKSU (DEVLET SU İŞLERİ, ANKARA, TURKEY)
HALDUN KARAN (TÜBİTAK MARMARA ARAŞTIRMA MERKEZİ, KOCAELİ, TURKEY)
HALİM MUTLU (ANKARA ÜNİVERSİTESİ, ANKARA, TURKEY)
HALUK KONAK (KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ, KOCAELİ, TURKEY)
HALUK ÖZENER (BOĞAZİÇİ ÜNİVERSİTESİ, İSTANBUL, TURKEY)
HARTMUT WITTENBERG (LEUPHANA UNIVERSITAET, GERMANY)
HARALD SCHUH (GFZ- POSTDAM, GERMANY)
HÜSEYİN ARABACI (METEOROLOJİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ, ANKARA, TURKEY)
HÜSEYİN TOROS (İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ, İSTANBUL, TURKEY)
HÜSNE ALTIOK (İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ, İSTANBUL, TURKEY)
İBRAHİM DEMİR (İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ, İSTANBUL, TURKEY)
İNAN ULUSOY (HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ, ANKARA, TURKEY)
İSHAK YÜCE (GAZİANTEP ÜNİVERSİTESİ, GAZİANTEP, TURKEY)
İSMAİL YÜCEL (ORTADOĞU TEKNİK ÜNİVERSİTESİ, ANKARA, TURKEY)
JACOPO CHIGGIATO (CNR, INSTITUTE OF MARINE SCIENCES ISMAR, VENEZIA, ITALY)
JOHN BROWNING (UNIVERSITY COLLEGE LONDON, UK)
KORAY YILMAZ (ORTADOĞU TEKNİK ÜNİVERSİTESİ, ANKARA, TURKEY)
KUVVET ATAKAN (BERGEN UNIVERSITY, NORWAY)
LATİF GÜLTEKİN (METEOROLOJİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ, ANKARA, TURKEY)
M.ONUR KARSLIOĞLU (ORTA DOĞU TEKNİK ÜNİVERSİTESİ, ANKARA)
MAHMUT ÇETİN (ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ, ADANA)
MEHMET ÖZYAZICIOĞLU (ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ, ERZURUM)
MERAL DEMİRTAŞ (ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ, SAMSUN)
MIOARA MANDEA (CNES 2, FRANCE)
MOSTAFA SARHAN A. TONI (HELWAN UNIVERSITY, CAIRO, EGYPT)
MUALLA YALÇINKAYA (KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ, TRABZON)
MURAT ELGE (SEYİR, HİDROGRAFI VE OŞİNOGRAFI DAİRESİ BAŞKANLIĞI, İSTANBUL, TURKEY)
MURAT HATİPOĞLU (DEVLET SU İŞLERİ, ANKARA, TURKEY)
MURAT NURLU (AFET VE ACIL DURUM YÖNETİMİ BAŞKANLIĞI, ANKARA, TURKEY)
MUSTAFA COŞKUN (METEOROLOJİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ, ANKARA, TURKEY)
MUSTAFA KEMAL TUNÇER (İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ, İSTANBUL, TURKEY)
MUZAFFER ÖZGÜ ARISOY (MADEN TETKİK VE ARAMA GENEL MÜDÜRLÜĞÜ, ANKARA, TURKEY)
MÜMTAZ HİSARLI (İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ, İSTANBUL, TURKEY)
NİLGÜN SAYIL (KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ, TRABZON, TURKEY)
NURDAN SAYIN (İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ, İSTANBUL, TURKEY)
NURİ DOLMAZ (SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ, ISPARTA, TURKEY)

O. ATILA AKABALI (HARİTA GENEL KOMUTANLIĞI, ANKARA, TURKEY)
ONUR LENK (İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ, İSTANBUL, TURKEY)
ORHAN AKYILMAZ (İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ, İSTANBUL, TURKEY)
ORKUN ERSOY (NİĞDE ÖMER HALISDEMİR ÜNİVERSİTESİ, NİĞDE, TURKEY)
OYA PAMUKÇU (DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ, İZMİR, TURKEY)
ÖCAL NECMİOĞLU (BOĞAZIĞI ÜNİVERSİTESİ, İSTANBUL, TURKEY)
ÖZCAN BEKTAŞ (CUMHURİYET ÜNİVERSİTESİ, SİVAS, TURKEY)
ÖZGÜR KARAOĞLU (ESKİŞEHİR OSMAN GAZI ÜNİVERSİTESİ, ESKİŞEHİR, TURKEY)
RASİM DENİZ (BÜLENT ECEVİT ÜNİVERSİTESİ, EMEKLI, İSTANBUL, TURKEY)
SERDAR BAYARI (HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ, ANKARA, TURKEY)
STEFAN ROESNER (REGIONAL CLIMATE MONITORING, GERMANY, TURKEY)
Ş. HAKAN KUTOĞLU (BÜLENT ECEVİT ÜNİVERSİTESİ, ZONGULDAK, TURKEY)
ŞÜKRÜ BEŞİKTEPE (DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ, İZMİR, TURKEY)
VOLKAN SEVİLGEN (TEMBLOR INC., USA)
TANAY SIDKI UYAR (MARMARA ÜNİVERSİTESİ, İSTANBUL, TURKEY)
TEMEL OĞUZ (ORTA DOĞU TEKNİK ÜNİVERSİTESİ, ANKARA, TURKEY)
TOLGA BEKLER (ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ, ÇANAKKALE, TURKEY)
TURGAY İŞSEVEN (İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ, İSTANBUL, TURKEY)
WENXIAN ZENG (WUHAN UNIVERSITY, CHINA)
XING FANG (WUHAN UNIVERSITY, CHINA)

ÖNSÖZ

1948 yılında katıldığımız Uluslararası Jeodezi ve Jeofizik Birliği (IUGG)'nin ulusal karşılığı olarak Türkiye Ulusal Jeodezi ve Jeofizik Birliği (TUJJB) 1968 yılında kurulmuştur. Yaklaşık yarım asırdır faaliyetlerini sürdüren TUJJB, gerçekteşirmiş olduğu bilimsel faaliyetler ile ülkemizde mevcut insan ve donanım potansiyelini kullanarak oluşturduğu güç birliği sayesinde ülkemize faydalı olacak değerli çalışmalar gerçekteşirmiştir.

Ülkelerin ve toplumların çağdaş uygarlık seviyesindeki yerini alabilmesi, bilimi ve bilimsel çalışmayı desteklemekten ve işbirliğinden geçmektedir. Bu bağlamda, bilimsel araştırmaların giderek arttığı günümüz dünyasında üniversiteler ile kurum ve kuruluşlarının işbirliği büyük önem kazanmıştır. Türkiye Ulusal Jeodezi ve Jeofizik Birliği de bu alanda oluşturduğu işbirliği ortamı ve yarattığı sinerjiyle önemli kazanımlar sağlamıştır.

Birliğimizin ulusal ve uluslararası alanda siz değerli bilim insanlarının katkılarıyla daha da başarılı olacağına ve ülkemize faydalı olacak birçok değerli çalışmaları gerçekteşireceğine inanıyorum. Bu vesileyle, bugünlere gelmemizde katkısı olan değerli üyelerimizi şükranlanıyorum.

TUJJB olarak sürdürülen çalışmalardan biri de Uluslararası Jeodezi ve Jeofizik Birliği Genel Kurulu 2023 yılı toplantısının ülkemiz ev sahipliğinde gerçekteşmesidir. Bu toplantıya başvurumuzun yapılacağı son tarih olan 2019 yılı öncesinde, ülkemizde IUGG kapsamına giren bilimsel potansiyeli ortaya koymak ve başvuru gücümüzü artırmak amacıyla, TUJJB tarafından ülkemizde 30 Mayıs – 2 Haziran 2018 tarihleri arasında uluslararası katılımlı Türkiye Ulusal Jeodezi ve Jeofizik Birliği Bilimsel Kongresi (TUJJBK) düzenlenmesi kararı alınmıştır.

Bilimsel toplantılar bilginin paylaşıldığı ve çoğaldığı ortamlardır. Gerçekteşireceğimiz TUJJB Bilimsel Kongresi, Jeodezi – Jeofizik ve ilgili diğer bilim dallarına ait bilim insanlarının bir araya gelmesine ve ortak konuların tartışılmasına olanak sağlayacaktır. Ülkemizde TUJJB çatısı altında komisyonlar bazında gerçekteştirilen bilimsel faaliyetlerin bu kongre vesilesiyle ilk defa ulusal ölçekte ve tüm komisyonların katılımıyla gerçekteştirilecek olması, ayrı bir heyecan ve gurur kaynağı olmuştur. TUJJB komisyonlarının tamamının temsil edileceği kongre, IUGG-2023 toplantısının ulusal ölçekte provası niteliğini taşıyacaktır.

Bu kapsamda, siz değerli bilim insanlarının katılımıyla gerçekteştirilecek TUJJB Bilimsel Kongresinin ülkemize ve dünya bilim camiasına faydalı olmasını diliyorum, kongrenin düzenlenmesinde emeği geçen herkese şimdiden şükranlanıyorum.

Saygılarımla,

Osman ALP

Tuğgeneral

TUJJB-BK Kongre Başkanı

Harita Genel Komutanı

TUJJB Temsilci Kurum Başkanı

Ankara

PREFACE

Turkey has been a member of International Union of Geodesy and Geophysics (IUGG) since 1948. As a national equivalent of IUGG, Turkish National Union of Geodesy and Geophysics (TNUGG) was founded in 1968. Since its foundation nearly half a century ago, TNUGG has made important contributions to scientific activities in the country by bringing human and equipment potential together.

Supporting scientific activities and collaboration among the institutions will enhance a country's or a society's position in the modern civilized world considerably. The cooperation among the universities and other public and private institutions has gained greater importance in today's world, where scientific researchers have been increasing. The TNUGG has been providing remarkable achievement through generating synergetic and collaborative environment.

I believe that the union will be more successful at both national and international levels with your contribution and will carry out further useful studies for the country. Hereby I appreciate our all esteemed members who have contributed to the union.

One of the recent mission of the TNUGG is that 2023 meeting of the General Assembly of the IUGG is to be hosted in Turkey. Prior to the application deadline for this important scientific event, the TNUGG took the decision that a national congress with international participation to be held between 30 May – 2 June 2018 in order to reveal Turkey's scientific potential and to increase the necessary strength for the upcoming 2019 application.

Scientific meetings provide environments where information is disseminated and shared. TNUGG scientific congress will enable scientists from geodesy, geophysics and other related fields to come together and discuss interdisciplinary issues. Scientific meetings were up to now organized by individual commissions under auspices of the TNUGG. This congress will be the first which will be held with the participation of all commissions of the national union. The congress will thus be a national rehearsal of the IUGG-2023 meeting.

We look forward to your active participation at the TNUGG national congress. I hope this congress will provide stimulating atmosphere for fruitful discussions.

Yours respectfully,

Osman ALP
*Brigadier General
TNUGG-SC President
General Commander of Mapping
Head of TNUGG
Ankara/TURKEY*

TUHK (TÜRKİYE ULUSAL HİDROLOJİ KOMİSYONU / NATIONAL COMMISSION OF HYDROLOGY)	1
5491 - SEYHAN HAVZASINDA HİDROMETEOROLOJİK DEĞİŞKENLERİN EĞİLİM ANALİZLERİ / TREND ANALYSIS OF HYDROMETEOROLOGICAL PARAMETERS IN SEYHAN BASIN / HAKAN AKSU (DEVLET SU İŞLERİ), ERKAN GÖKDAG (DEVLET SU İŞLERİ)	2
5518 - HAVZA BAZINDA POTANSİYEL SEL RİSKİ TAŞIYAN BÖLGELERİN CBS İLE TESPİTİ / DETERMINING POTENTIAL FLOOD RISKY AREAS IN WATERSHEDS WITH GIS / ERMAN ŞENTÜRK (KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ), MURAT SELİM ÇEPNİ (KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ)	6
5536 - DESIGNING A COGNITIVE MAP OF FACTORS INFLUENCING DRYING UP OF HOOR-AL-AZIM AND ITS CONSEQUENCES / NARGES KHATOON DOWLATABADI (UNIVERCITY OF TEHRAN), MOHAMMAD EBRAHİM BANİHABİB (ASSOCIATE PROFESSOR), MAHSA JABBARI (PHD STUDENT)	11
5538 - VIKOR DECISION MODEL FOR RANKING FLOOD CONTROL STRATEGIES / MOHAMMAD EBRAHİM BANİHABİB (UNIVERSITY OF TEHRAN), NASTARAN CHİTSAZ (UNIVERSITY OF TEHRAN), TİMOTHY RANDHİR (UNIVERSITY OF MASSACHUSETTS, AMHERST)	16
5544 - TÜRKİYE BATI ANADOLU HAVZALARINDA YER ALAN AKARSULARDA SEDİMENT TAŞINIMI / SEDIMENT TRANSPORTATION OF THE RIVERS IN THE WATERSHEDS OF WESTERN ANATOLIA / ÖMER AŞIKOĞLU (EGE ÜNİVERSİTESİ), EBRU ERİŞ (EGE ÜNİVERSİTESİ), İBRAHİM TEMEL (UŞAK ÜNİVERSİTESİ)	20
5549 - DÜZBAĞ BARAJINDAN GAZİANTEP İLİNE İÇME SUYU TEMİNİ / DRINKING WATER SUPPLY TO GAZİANTEP FROM DÜZBAĞ DAM / MEHMET İSHAK YÜCE (GAZİANTEP ÜNİVERSİTESİ), ŞİMAL YÜCE (GAZİANTEP SU VE KANALİZASYON İDARESİ)	24
5552 - GEDİZ HAVZASINDA KURAKLIK ANALİZİ / DROUGHT ANALYSIS IN GEDİZ BASIN / HAFZULLAH AKSOY (İSTANBUL TEKNİK ÜNİ), EBRU ERİŞ (EGE ÜNİVERSİTESİ), MAHMUT ÇETİN (ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ), BİHRAT ÖNÖZ (İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ), İSHAK YÜCE (GAZİANTEP ÜNİVERSİTESİ), BÜLENT SELEK (SU YÖNETİMİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ), HAKAN AKSU (DSİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ), HALİL İBRAHİM BURGAN (İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ), MUSA EŞİT (ADİYAMAN ÜNİVERSİTESİ)	28
5559 - RUSLE METODU YAĞIŞ FAKTÖRÜNÜN KARTALKAYA BARAJ HAVZASINDA ARAŞTIRILMASI / AN INVESTIGATION OF THE RAINFALL FACTOR OF THE RUSLE METHOD AT KARTALKAYA DAM WATERSHED / GİZEM TAŞKESEN ÖZTÜRK (ORTA DOĞU TEKNİK ÜNİVERSİTESİ), MEHMET LÜTFİ SÜZEN (ORTA DOĞU TEKNİK ÜNİVERSİTESİ), KORAY YILMAZ (ORTADOĞU TEKNİK ÜNİVERSİTESİ)	32

5758 - YERALTISUYU BESLENME MİKTARININ BELİRLENMESİNDE YAPILAN ÇALIŞMALAR: MANISA ALAŞEHİR ALÜVYON AKİFERİNDE YAPILAN ÇALIŞMALAR / APLIED STUDY FOR GROUNDWATER RECHARGE RATIO: A CASE STUDY MANISA ALASEHIR ALLUVIAL AQUIFER / CELALETTİN ŞİMŞEK (DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ), ALPER BABA (İYTE), TAYFUR GÖKMEN (İYTE), AHMET KUMANLIOĞLU (CELAL BAYAR), SEDA DURUKAN (CELAL BAYAR), ALİCAN DEMİRKESEN (İYTE), NİYAZİ AKSOY (DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ), ALTUG HASÖZBEK (DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ), ZULFU DEMİRKIRAN (DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ), ALİM MURATHAN (DSİ), OMER ÇAĞIRAN (DSİ)37

5762 - A SIMPLE AND ROBUST METHOD TO MAP DAILY EVAPOTRANSPIRATION FROM SATELLITE IMAGES / ALİ LEVENT YAĞCI (İZMİR KATİP ÇELEBİ ÜNİVERSİTESİ)42

5788 - FIRAT VE DİCLE HAVZASI ÜZERİNDE KARASAL SU KÜTLELERİNİN DEĞİŞİMİNİN GRACE UYDU VERİLERİYLE İZLENMESİ / ANALYSIS OF TERRESTRIAL WATER STORAGE CHANGE USING GRACE-BASED OBSERVATIONS OVER EUPHRATES-TIGRIS BASIN / MUSTAFA TUĞRUL YILMAZ (ORTA DOĞU TEKNİK ÜNİVERSİTESİ), GÜL İPEK KARASU (ORTA DOĞU TEKNİK ÜNİVERSİTESİ), KORAY KAMİL YILMAZ (ORTA DOĞU TEKNİK ÜNİVERSİTESİ), NESRİN TÜFEKÇİ-AVŞAR (DELFT TEKNİK ÜNİVERSİTESİ), BÜLENT SELEK (SU YÖNETİMİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ), MARUF ARAS (SU YÖNETİMİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ), AHMET MURAT ÖZALTIN (SU YÖNETİMİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ), MUSTAFA BERK DUYGU (SU YÖNETİMİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ), BİLAL KİRMENCİOĞLU (SU YÖNETİMİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ)47

5906 - TÜRKİYE'DEKİ YERALTISUYU FAALİYETLERİ VE SON YILLARDAKİ GELİŞMELER / GROUNDWATER STUDIES AND RECENT DEVELOPMENTS ON TURKEY / VEYSİ GÜMÜŞ (DEVLET SU İŞLERİ), MURAT MERT TOKLU (DSİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ)52

TUJAK (TÜRKİYE ULUSAL JEOMANYETİZMA VE AERONOMİ KOMİSYONU / NATIONAL COMMISSION OF GEOMAGNETISM AND AERONOMY)57

5502 - VAN GÖLÜ CİVARINDAKİ MİYÖSEN-KUVATERNER VOLKANİKLERİNİN PALEOMANYETİK İNCELEMESİ / INVESTIGATION OF MIOCENE-QUATERNARY VOLCANICS AROUND THE VAN LAKE BY USING PALEOMAGNETISM / SERCAN KAYIN (GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ MÜHENDİSLİK VE DOĞA BİLİMLERİ FAKÜLTESİ), TURGAY İŞSEVEN (İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ MADEN FAKÜLTESİ JEOFİZİK MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ)58

5520 - NEOJEN-KUVATERNER DÖNEMİ BOYUNCA JEOMANYETİK ALAN ŞİDDETİNİN DEĞİŞİMİ: ORTA ANADOLU'DA VOLKANİK KAYAÇLARDAN ELDE EDİLEN İLK SONUÇLAR / VARIATION OF GEOMAGNETIC FIELD INTENSITY DURING THE NEOGENE-QUATERNARY PERIOD: PRELIMINARY RESULTS FROM VOLCANIC ROCKS IN CENTRAL ANATOLIA / NURCAN KAYA (İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ), ÖZLEM MAKAROĞLU (İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ), NİYAZİ BAYDEMİR (İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ), Z. MÜMTAZ HİSARLI (İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ)62

5523 - MARMARA DENİZİ'NİN YÜKSEK ÇÖZÜNÜRLÜKLÜ PALEOMANYETİK KAYITLARI / HIGH RESOLUTION PALEOMAGNETIC RECORD FROM THE SEA OF MARMARA / ÖZLEM MAKAROĞLU (İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ), NORBERT NOWACZYK (GFZ (DEUTSCHES GEOFORSCHUNGSZENTRUM)), KADİR ERİŞ (İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ), NURCAN KAYA (İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ), MÜMTAZ HİSARLI (İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ), NAMİK ÇAĞATAY (İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ), NACİ ORBAY (İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ)66

5534 - PALEOMANYETİK VERİLERDEN DOĞU PONTİDLERİN GEÇ KRATASE-ERKEN SENEZOYİKTEKİ TEKTONİK EVRİMİ / USING PALEOMAGNETIC DATA ON LATE CRETACEOUS AND EARLY CENOZOIC TECTONIC EVOLUTION OF THE EASTERN PONTIDES / ZİHNİ MÜMTAZ HİSARLI (İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ, MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ), NACİ ORBAY (İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ, MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ JEOFİZİK MÜH. BÖL)	70
5542 - PRE-MODERN DÖNEMDEN MODERN DÖNEME OSMANLI COĞRAFYASINDA JEOFİZİK DÜŞÜNCELER VE ÖLÇÜMLER ÜZERİNE BİR İNCELEME / AN INVESTIGATION ON GEOPHYSICAL IDEAS AND MEASUREMENTS IN OTTOMAN GEOGRAPHY IN TRANSITION FROM PREMODERN TO MODERN PERIODS / FERHAT ÖZÇEP (İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ)	74
5575 - EMAG2 MANYETİK ANOMALİLERİNDEN TUZ GÖLÜ HAVZASI VE CİVARININ GÖMÜLÜ ÇİZGİSELLİKLERİNİN GÖRÜNTÜLENMESİ / IMAGING OF SUBSURFACE LINEAMENTS FROM EMAG2 MAGNETIC ANOMALIES OF TUZ LAKE BASIN AND SURROUNDING / BÜLENT ORUÇ (KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ), MUAMMER ÇELİK (KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ)	78
5819 - YER MANYETİK X BİLEŞENİN SÜREKLİ DALGACIK DÖNÜŞÜMLERİ VE YEREL MANYETİK FIRTINA İNDİSİ İLE MARMARA BÖLGESİNİN SİSMİK RİSK DEĞERLENDİRMESİ / SEISMIC RISK ASSESSMENT OF MARMARA REGION USING LOCAL GEOMAGNETIC STORM INDEX AND CONTINUOUS WAVELET TRANSFORM OF X COMPONENT OF GEOMAGNETIC FIELD / BÜLENT ORUÇ (KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ), CENGİZ ÇELİK (BOĞAZIÇI ÜNİVERSİTESİ KANDİLLİ RASATHANESİ), KADER ZENGİN (KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ), AYBALA BÜŞRA YÜCEL (KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ)	82
POSTER	86
5525 - YERMANYETİK ALANIN AY'A BAĞLI GÜNLÜK DEĞİŞİMİ / GEOMAGNETIC LUNAR DAILY VARIATION / CENGİZ ÇELİK (BOĞAZIÇI ÜNİVERSİTESİ KANDİLLİ RASATHANESİ VE DEPREM ARAŞTIRMA ENSTİTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİSÜ)	87
5688 - YERMANYETİK ALAN DEĞİŞİMLERİNİN İNCELENMESİ (1900-2015) / INVESTIGATION OF EARTH'S MAGNETIC FIELD VARIATIONS (1900-2015) / YİĞİT YILMAZ (İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ), TURGAY İŞSEVEN (İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ MADEN FAKÜLTESİ)	91
5774 - DOĞAL POTANSİYEL VERİLERİNİN TÜREV TABANLI YÖNTEMLERLE BİÇİM VE DERİNLİK DEĞİŞTİRGENLERİNİN SAPTANMASI / DETERMINATION OF SHAPE AND DEPTH PARAMETERS OF THE SELF-POTENTIAL DATA USING DERIVATIVE BASED METHODS / EMRE TİMUR (DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ)	95
5777 - ARKEOMANYETİK VERİLERİN 3-BOYUTLU TERS ÇÖZÜMLE MODELLENMESİ / INTERPRETATION OF ARCHAEOMAGNETIC DATA USING 3-D INVERSION TECHNIQUES / EMRE TİMUR (DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ)	99
TUJK (TÜRKİYE ULUSAL JEODEZİ KOMİSYONU / NATIONAL COMMISSION OF GEODESY)	103
5503 - KONYA-ÇUMRA GÖMÜLÜ OFİYOLİTİ / BURIED OPHIOLITE IN KONYA-CUMRA / NEDİM GÖKHAN AYDIN (İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ MADEN FAKÜLTESİ), TURGAY İŞSEVEN (İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ MADEN FAKÜLTESİ JEOFİZİK MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ)	104

5506 - TÜRKİYE SABİT GNSS AĞI GÜVENİLİR VERİ İLETİŞİMİ VE GÜVENLİĞİ / TRUSTED DATA COMMUNICATION AND SECURITY ISSUES IN GNSS NETWORK OF TURKEY / ALPER ALTEKİN (TAPU VE KADASTRO GENEL MÜDÜRLÜĞÜ), SEDAT BAKICI (TAPU VE KADASTRO GENEL MÜDÜRLÜĞÜ), BİLAL ERKEK (TAPU VE KADASTRO GENEL MÜDÜRLÜĞÜ), VOLKAN MANTI (TAPU VE KADASTRO GENEL MÜDÜRLÜĞÜ)	108
5512 - BÖLGESEL GNSS AĞLARI VE RAVINSONDA VERİLERİ İLE SU BUHARI KESTİRİMLERİ / WATER VAPOUR ESTINATION FROM REGIONAL GNSS NETWORK AND RAWINSONDE DATA / EMİNE TANIR KAYIKÇI (KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ), SELMA ZENGİN KAZANCI (KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ), JAN KAPLON (WROCLAW UNIVERSITY OF ENVIRONMENTAL AND LIFE SCIENCES), WITOLD ROHM (WROCLAW UNIVERSITY OF ENVIRONMENTAL AND LIFE SCIENCES), SELDANUR ÇELİK (KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ), CANSU BEŞEL (KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ)	112
5514 - EŞLENİK GNSS VE SİSMİK İSTASYON VERİLERİNDEN ELDE EDİLEN YERDEĞİŞTİRMELER / BROADBAND DISPLACEMENTS FROM COLLOCATED SEISMIC AND GNSS STATIONS DATA / MURAT DORUK ŞENTÜRK (T.C. BAŞBAKANLIK AFET VE ACİL DURUM YÖNETİMİ BAŞKANLIĞI), BAHADIR AKTUĞ (ANKARA ÜNİVERSİTESİ)	116
5517 - 2003-2016 YILLARI ARASI TÜRKİYE İYONOSFERİNİN ZAMANSAL DEĞİŞİMİNİN İNCELENMESİ / INVESTIGATION OF IONOSPHERIC CHANGES AS TEMPORAL IN TURKEY BETWEEN THE YEARS OF 2003-2016 / ERMAN ŞENTÜRK (KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ), MURAT SELİM ÇEPNİ (KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ)	120
5548 - KARADENİZ GRAVİTE VERİLERİNİN YORUMLANMASI / INTERPRETATION OF THE BLACK SEA GRAVITY DATA / SİNAN DEMİREL (İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ), ALPER KAYMAZ (ÖZEL SEKTÖR), FATİH ADATEPE (İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ)	124
5555 - MGEX ÜRÜNLERİNİN ÇOKLU-GNSS PPP PERFORMANSINA OLAN ETKİSİ / THE IMPACT OF MGEX PRODUCTS ON MULTI-GNSS PPP PERFORMANCE / BERKAY BAHADUR (HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ), METİN NOHUTCU (HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ)	129
5561 - ULTRA YÜKSEK ÇÖZÜNÜRLÜKLÜ GGMPLUS JEOİT MODELİNİN YEREL ÖLÇEKTE İNCELENMESİ / INVESTIGATION OF ULTRA HIGH RESOLUTION GGMPLUS JEOİT MODEL AT LOCAL SCALE / ARZU SOYCAN (YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ), METİN SOYCAN (YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ)	135
5748 - ON LEAST-SQUARES WITHIN THE GENERAL GAUSS-MARKOV MODEL / XING FANG (WUHAN UNIVERSITY)	139
5753 - ASTRO-JEODEZİK ZENİT KAMERA SİSTEMİ / ASTRO-GEODETIC ZENITH CAMERA SYSTEM / MÜGE ALBAYRAK (İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ), KEREM HALICIOĞLU (BOĞAZIÇI ÜNİVERSİTESİ), BURAK BAŞOĞLU (İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ), M. TEVFİK ÖZLÜDEMİR (İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ)	143
5755 - COĞRAFİ BÜYÜK VERİ ÇERÇEVESİ; INSPIRE UYGULAMALARI / GEOSPATIAL BIG DATA FRAMEWORK; INSPIRE IMPLEMENTATIONS / ONUR LENK (İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ), HÜSEYİN BAYRAKTAR (CBS GENEL MÜDÜRLÜĞÜ), YILDIRIM BAYAR (CBS GENEL MÜDÜRLÜĞÜ), MAHİR GÜNEY (İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ), ERKAN TIN (EKİNOKS YAZILIM LTD.), ALİ TOKSOY (EKİNOKS YAZILIM LTD.), YASEMİN KOÇ (CBS GENEL MÜDÜRLÜĞÜ)	147

5757 - VINCENY YÖNTEMİ İLE ELİPSOİT YÜZEYİNDE TEMEL ÖDEV ÇÖZÜMLERİ / DIRECT AND INDIRECT SOLUTION ON THE ELLIPSOID WITH VINCENY METHOD / İBRAHİM ÖZTUĞ BİLDİRİCİ (SELÇUK ÜNİVERSİTESİ), OSMAN SAMİ KIRTILOĞLU (İZMİR KATİP ÇELEBİ ÜNİVERSİTESİ)	153
5767 - SİMETRİK KOORDİNAT DÖNÜŞÜMÜNÜN JEODEZİK ÇALIŞMALARA KATKISI: İKİ BOYUTLU ÖRNEKLER ÜZERİNDEN BİR İRDELEME / CONTRIBUTION OF SYMMETRIC COORDINATE TRANSFORMATION TO GEODETIC STUDIES: A DISCUSSION OVER TWO-DIMENSIONAL EXAMPLES / SÜREYYA ÖZGÜR UYGUR (YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ), CÜNEYT AYDIN (YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ), ORHAN AKYILMAZ (İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ)	160
5768 - YERÇEKİMİ İVMESİ BİRİMİNİN OLUŞTURULMASI VE ULUSLARARASI DENKLİĞİNİN SAĞLANMASI / ESTABLISHMENT OF ABSOLUTE GRAVITY UNIT AND ITS DEGREE OF EQUIVALANCE WITH INTERNATIONAL SYSTEM / CAFER KIRBAŞ (TÜBİTAK ULUSAL METROLOJİ ENSTİTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİSÜ), EYÜP BİLGİÇ (TÜBİTAK ULUSAL METROLOJİ ENSTİTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİSÜ), ENVER SADIKOĞLU (TÜBİTAK ULUSAL METROLOJİ ENSTİTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİSÜ), İLKCAN COŞKUN (TÜBİTAK ULUSAL METROLOJİ ENSTİTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ), YUNUS AYTAÇ AKDOĞAN (HARİTA GENEL KOMUTANLIĞI)	164
5778 - GRACE GÖZLEMLERİNDEN C20 GRAVİTE KATSAYISI: YENİ SONUÇLAR / C20 GRAVITY COEFFICIENT OBSERVED BY GRACE: RECENT RESULTS / ORHAN AKYILMAZ (İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ), C.K. SHUM (The Ohio State University), METEHAN UZ (İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ), KUN SHANG (THE OHIO STATE UNIVERSITY), J.Y. GUO (THE OHIO STATE UNIVERSITY), YU ZHANG (The Ohio State University), ALES BEZDEK (ÇEK BİLİMLERAKADEMİSİ, ASTRONOMİ BİLİMLERİ ENSTİTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİSÜ), CANER GÜNEY (İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ)	168
5782 - GPS KONTROL ÖLÇMELERİNİ KULLANARAK İZMIT KÖRFEZİNDE 8 YILLIK YER DEĞİŞTİRME ARAŞTIRMASI / AN EIGHT-YEAR DISPLACEMENT INVESTIGATION IN İZMIT BAY BASED ON GPS CONTROL SURVEY / AYDIN ÜSTÜN (KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ), FATMA CANASLAN ÇOMUT (DENİZLİ AFAD MÜDÜRLÜĞÜ), ARZU ERENER (KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ), HALUK KONAK (KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ), ERMAN ŞENTÜRK (KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ), PAKİZE KÜREÇ (KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ), MUHAMMED ALİ GÜVENALTIN (KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ), SEFA YALVAÇ (GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ)	172
5785 - TÜRKİYE YÜKSEKLİK SİSTEMİNİN MODERNİZASYONU VE GRAVİTE ALTYAPISININ İYİLEŞTİRİLMESİ PROJESİ: MEVCUT DURUM / TURKISH HEIGHT SYSTEM MODERNIZATION AND GRAVITY RECOVERY PROJECT: CURRENT STATUS / HASAN YILDIZ (HARİTA GENEL KOMUTANLIĞI), MEHMET SİMAV (HARİTA GENEL KOMUTANLIĞI), ERDİNÇ SEZEN (HARİTA GENEL KOMUTANLIĞI), İLYAS AKPINAR (HARİTA GENEL KOMUTANLIĞI), YUNUS AYTAÇ AKDOĞAN (HARİTA GENEL KOMUTANLIĞI), AYHAN CİNGÖZ (HARİTA GENEL KOMUTANLIĞI), OSMAN ATILA AKABALI (HARİTA GENEL KOMUTANLIĞI)	178
5787 - GRACE UYDUSU L2 SEVİYESİ VERİLERİNİN GLOBAL ÖLÇEKTE ANALİZİ / GLOBAL ANALYSIS OF GRACE L2 LEVEL DATA / GONCA OKAY AHİ (HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ), SELİN ÇOLAK (HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ), BAHADIR YANMAZ (HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ)	183
5789 - GNSS KOORDİNAT ZAMAN SERİLERİNDE TESPİT EDİLEMİYEN ATIMLARIN HIZ VE MEVSİMSSEL BİLEŞENLERE ETKİSİ / EFFECT OF UNIDENTIFIED OFFSETS IN GNSS COORDINATE TIME SERIES ON VELOCITY AND SEASONAL PARAMETERS / GÜVEN KOÇAK (İZMİR KATİP ÇELEBİ ÜNİVERSİTESİ)	187

5790 - TÜRKİYE ULUSAL DENİZ SEVİYESİ İZLEME SİSTEMİ (TUDES) MODERNİZASYON ÇALIŞMALARI / TURKISH NATIONAL SEA LEVEL MONITORING SYSTEM (TUDES) MODERNIZATION ACTIVITY / ERDİNÇ SEZEN (HARİTA GENEL KOMUTANLIĞI), HASAN YILDIZ (HARİTA GENEL KOMUTANLIĞI), MEHMET SİMAV (HARİTA GENEL KOMUTANLIĞI), OSMAN ATİLA AKABALI (HARİTA GENEL KOMUTANLIĞI)	192
5812 - TEKTONİK PLAKA HAREKETLERİNİN VLBI VERİ ANALİZLERİ İLE QGIS ÜZERİNDE İZLENMESİ / MONITORING MOVEMENTS OF TECTONIC PLATES BY ANALYZING VLBI DATA VIA QGI / ORHAN KURT	198
5853 - EGE BÖLGESİNDE JEOTERMAL GRADYAN DAĞILIMI / DISTRIBUTION OF GEOTHERMAL GRADIENT IN AEGEAN REGION / ELİF PAZVANTOĞLU (DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ), KAMİL ERKAN (MARMARA ÜNİVERSİTESİ), MÜJGAN ŞALK (DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ), BÜLENT OKTAY AKKOYUNLU (MARMARA ÜNİVERSİTESİ), METE TAYANÇ (MARMARA ÜNİVERSİTESİ)	202
POSTER	206
5458 - SPACE-BASED MONITORING OF GROUND DEFORMATION / FERAYDOUN NOBAKHT ERSİ (UNIVERSITY OF TEHRAN), ABDOLREZA SAFARİ (UNIVERSITY OF TEHRAN), SONJA GAMSE (UNIVERSITY OF INNSBRUCK), MİRHASAN SEYEDREZAEİ (KHOY MUNICIPALİTY)	207
5471 - GRÖNLAND VE ANTARKTİKA'DAKİ BUZ KÜTLELERİ DAHA HIZLI MI ERİYOR? (2003-2016) GRACE-MASCON ÇÖZÜMLERİYLE BİR İRDELEME / ICE-LOSS in GREENLAND AND ANTARCTICA ACCELERATING? DISCUSSION using (2003-2016) GRACE-MASCON SOLUTIONS / ÖZGE GÜNEŞ (YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ), CÜNEYT AYDIN (YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ)	211
5793 - ORMANLIK ALANLARDA VRS VE FKP TEKNİĞİNİN DOĞRULUK ARAŞTIRMASI / ACCURACY RESEARCH OF VRS AND FKP TECHNOLOGY IN FORESTLAND / ZÜMRÜT KURTULGU (İNÖNÜ ÜNİVERSİTESİ DARENDE BEKİR ILICAK MESLEK YÜKSEK OKULU)	215
TUMAK (TÜRKİYE ULUSAL METEOROLOJİ VE ATMOSFER FİZİĞİ KOMİSYONU / NATIONAL COMMISSION OF METEOROLOGY AND ATMOSPHERE PHYSICS)	220
5446 - GÜVENLİ UÇUŞ VE EKONOMİK KAYIPLARIN MİNİMİZE EDİLMESİ İÇİN İSTANBUL SABİHA GÖKÇEN ULUSLARARASI HAVALİMANI'NA AİT FOGSİ İNDEKSİ KULLANILARAK SİS ANALİZİ / VELİ YAVUZ (İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ), ALİ DENİZ (İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ), EMRAH TUNCAY ÖZDEMİR (MGM)	221
5448 - İSTANBUL SABİHA GÖKÇEN ULUSLARARASI HAVALİMANI'NA AİT SİS OLUŞUMU İLE İLGİLİ SİNOPTİK DURUM ARAŞTIRMASI / AN ANALYSIS OF SYNOPTIC STUDY CASE ON THE FOG FORMATION IN İSTANBUL SABİHA GÖKÇEN INTERNATIONAL AIRPORT / ALİ DENİZ (İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ), VELİ YAVUZ (İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ), EMRAH TUNCAY ÖZDEMİR (MGM)	225
5472 - DEĞİŞEN İKLİM KOŞULLARININ TARIM TOPRAKLARINA ETKİSİ / EFFECT OF CHANGING CLIMATE CONDITIONS ON AGRICULTURAL LANDS / HÜSEYİN BULUT (METEOROLOJİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ), HÜDAVERDİ GÜRKAN (METEOROLOJİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ), İLKER ALAN (METEOROLOJİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ)	229

5480 - 1971-2017 DÖNEMİ TÜRKİYE İKLİM DEĞERLENDİRMESİ / CLIMATE ASSESSMENT OF TURKEY FOR PERIOD OF 2007-2017 / HÜDAVERDİ GÜRKAN (METEOROLOJİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ), MESUT DEMİRCAN (METEOROLOJİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ), OSMAN ESKİOĞLU (METEOROLOJİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ), BAŞAK YAZICI (METEOROLOJİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ), UTKU M. SÜMER (METEOROLOJİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ), ALİ ÜMRAN KÖMÜŞÇÜ (METEOROLOJİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ), HÜSEYİN ARABACI (METEOROLOJİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ), MEHMET AKSOY (METEOROLOJİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ)	233
5481 - İSTANBUL'DA MEYDANA GELEN BİR SAHRA TOZU EPİSODUNUN UZAKTAN ALGILAMA İLE ANALİZİ / ANALYZING OF A SAHARAN DUST EVENT IN ISTANBUL USING REMOTE SENSING DATA / ÖZKAN ÇAPRAZ (MARMARA TEMİZ HAVA MERKEZİ), ALİ DENİZ (İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ)	237
5489 - İSTANBUL İLİNDE ÖLÇÜLEN PM2.5 VERİLERİNİN ANALİZİ / ANALYSIS OF PM2.5 CONCENTRATION IN ISTANBUL / BAHTİYAR EFE (İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ), ERCAN ASLAN (İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ), ALİ DENİZ (İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ)	241
5490 - ATMOSFERİK ENGELLEME OLAYLARINDAKİ DEĞİŞİMİN YENİLİKÇİ EĞİLİM METODUYLA ANALİZİ / ANALYSIS OF TRENDS IN ATMOSPHERIC BLOCKING EVENTS BY INNOVATIVE TREND METHOD / BAHTİYAR EFE (İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ), ANTHONY R. LUPO (UNIVERSITY OF MISSOURI), İSMAİL SEZEN (METEOROLOJİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ), ALİ DENİZ (İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ)	245
5492 - TÜRKİYE'DE SEL AFETİNİN AYLIK EĞİMLERİ / MONTHLY TRENDS OF FLOODS DISASTER IN TURKEY / MESUT DEMİRCAN (METEOROLOJİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ), MURAT SOYDAM (METEOROLOJİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ), SİNAN ÇETİN (METEOROLOJİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ), HÜDAVERDİ GÜRKAN (METEOROLOJİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ), HÜSEYİN ARABACI (METEOROLOJİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ), MUSTAFA COŞKUN (METEOROLOJİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ), NECLA TÜRKÖĞLU (ANKARA ÜNİVERSİTESİ), İHSAN ÇİÇEK (ANKARA ÜNİVERSİTESİ)	249
5497 - KONVEKTİF YAĞIŞLARIN METEOROLOJİ RADARLARIYLA İNCELENMESİ / BURAK BOZKURT (METEOROLOJİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ)	253
5499 - BUĞDAY BİTKİSİNİN SU TÜKETİMİNİN FARKLI GELİŞME AŞAMALARI İÇİN MODELLENMESİ / MODELING THE WATER CONSUMPTION OF WHEAT FOR DIFFERENT GROWING STAGES / ECE KOCAMAN (İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ), NİLCAN ALTINBAŞ (İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ), BARIŞ ÇALDAĞ (İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ), LEVENT ŞAYLAN (İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ)	259
5507 - EGE BÖLGESİ KURAKLIK PROJEKSİYONLARI / DROUGHT PROJECTIONS IN AEGEAN REGION / GÜLTEN ÇAMALAN (METEOROLOJİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ), HANİFİ AYYACI (METEOROLOJİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ), SERAP AKGÜNDÜZ (METEOROLOJİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ), SİNAN ÇETİN (METEOROLOJİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ), HÜSEYİN ARABACI (METEOROLOJİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ), MUSTAFA COŞKUN (METEOROLOJİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ)	263
5508 - İKLİM MODELLEMESİNDE KULLANILAN KONUMSAL VERİLERİN MEVCUT DURUM ANALİZİ / DISCUSSION OF THE PRESENT SITUATION OF GEOGRAPHIC DATAS USED FOR CLIMATE MODELS IN TURKEY / TUĞBA MEMİŞOĞLU (KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ), H. EBRU ÇOLAK (KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ)	268

5509 - EGE BÖLGESİ İÇİN HAVA KİRLİLİĞİ PARAMETRELERİNİN (PM10, SO2) COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ YARDIMIYLA KONUMSAL ANALİZİ / AEGEAN REGIONAL AIR POLLUTION PARAMETERS (PM10, SO2) SPATIAL ANALYSIS OF GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS / H. EBRU ÇOLAK (KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ), TUĞBA MEMİŞOĞLU (KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ), GAMZE BEDİROĞLU (KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ)	272
5515 - KARADENİZ DENİZ YÜZEY SICAKLININ ARTVİN/HOPA'DA GERÇEKLEŞEN AŞIRI YAĞIŞA ETKİSİNİN İNCELENMESİ / EXAMINING THE ROLE OF SEA SURFACE TEMPERATURE OVER BLACK SEA ON THE EXTREME PRECIPITATION EVENT IN ARTVIN/HOPA / ONUR HAKAN DOĞAN (METEOROLOJİ GENEL MD), BARIŞ ÖNOL (İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ), UFUK UTKU TURUNÇOĞLU (İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ), ABDULLAH KAHRAMAN (ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ), SEZEL K. UYSAL (METEOROLOJİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ)	277
5521 - SICAKLIKLARDAKİ TÜRDEŞLİK KIRIKLIKLARININ KUZEY ATLANTİK SALINIMI (NAO) İLE İLİŞKİSİ / RELATIONSHIP BETWEEN HOMOGENEITY BREAKING POINTS IN TEMPERATURES AND NORTH ATLANTIC OSCILLATION (NAO) / MESUT DEMİRCAN (METEOROLOJİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ), HÜSEYİN ARABACI (METEOROLOJİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ), MUSTAFA COŞKUN (METEOROLOJİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ), NECLA TÜRKOĞLU (ANKARA ÜNİVERSİTESİ, DİL VE TARİH COĞRAFYA FAKÜLTESİ), İHSAN ÇİÇEK (ANKARA ÜNİVERSİTESİ, DİL VE TARİH COĞRAFYA FAKÜLTESİ)	282
5522 - KLİM DEĞİŞKENLİĞİ: 2017 YILININ MEVSİMSEL ANALİZİ / CLIMATE VARIABILITY: SEASONAL ANALYSIS OF 2017 / MERAL DEMİRTAŞ (ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ)	286
5524 - NONSTATIONARITIES IN OBSERVED AND PROJECTED STREAMFLOWS OF UPPER EUPHRATES BASIN / RIZWAN AZIZ (METU, ANKARA), ISMAİL YUCEL (METU, ANKARA)	290
5528 - AQUACROP MODELİ İLE TRAKYA'DA AYÇİÇEĞİ VE KIŞLIK BUĞDAY BİTKİ ROTASYONU SİMÜLASYONU / SIMULATION OF SUNFLOWER AND WINTER WHEAT CROP ROTATION IN THRACE REGION WITH AQUACROP MODEL / LEVENT ŞAYLAN (İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ), SERHAN YEŞİLKÖY (İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ), FATİH BAKAN OĞULLARI (ATATÜRK TOPRAK SU VE TARIMSAL METEOROLOJİ ARŞ. ENS.), BARIŞ ÇALDAĞ (İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ)	294
5537 - GEÇEN YÜZYILDA İSTANBUL SICAKLIK DEĞİŞİMLERİ / UNDERSTANDING TEMPERATURE CHANGES IN ISTANBUL DURING LAST CENTURY / HÜSEYİN TOROS (İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ)	298
5539 - MUKLIMO_3 İLE YATAY ŞİRLEŞME ANALİZİ: İSTANBUL ÖRNEĞİ / HORIZONTAL URBANIZATION ANALYSIS WITH MUKLIMO_3: ISTANBUL CASE / DENİZ HAZEL DİREN ÜSTÜN (İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ), CANER GÜNEY (İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ), AHMET ÖZGÜR DOĞRU (İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ), YURDANUR ÜNAL (İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ)	302
5540 - 2017 YILINDA TÜRKİYE'DE GERÇEKLEŞEN TOZ TAŞINIM OLAYLARININ 2001-2016 DÖNEMİ İLE BİRLİKTE ANALİZİ / ANALYSIS OF SAND AND DUST STORMS (SDS) IN 2017 OVER TURKEY WITH COMPARISON OF THE PERIOD 2001-2016 / AYŞE GÖKÇEN IŞIK (METEOROLOJİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ), CİHAN DÜNDAR (METEOROLOJİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ), KAHRAMAN OĞUZ (METEOROLOJİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ)	306

5554 - FARKLI MODEL ALANLARI İÇİN ÜRETİLMİŞ BÖLGESEL İKLİM SİMÜLASYONLARININ TÜRKİYE ÜZERİNDEKİ TOPLULUK ORTALAMASI / ENSEMBLE MEAN OF MULTI-MODEL TEMPERATURE SIMULATIONS PRODUCED BY DIFFERENT MODEL DOMAINS OVER TURKEY / BARIŞ ÖNOL (İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ), SEMİH KAHRAMAN (İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ)	310
5747 - HIGH IMPACT PRECIPITATION EVENTS OVER COASTAL REGIONS OF TURKEY / MERAL DEMİRTAŞ (ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ)	314
5765 - GÖZLEM VE CORDEX VERİLERİ KULLANILARAK STANDARTLAŞTIRILMIŞ YAĞIŞ İNDEKSİYLE TÜRKİYE'NİN AKDENİZ İKLİM BÖLGELERİNDE KURAKLIĞIN İNCELENMESİ / ASSESSING DROUGHT BY STANDARDIZED PRECIPITATION INDEX WITH OBSERVATION AND CORDEX DATA IN TURKEY'S MEDITERRANEAN REGION / ANIL YILDIRIM POYRAZ (ORTADOĞU TEKNİK ÜNİVERSİTESİ), İSMAİL YÜCEL (ORTADOĞU TEKNİK ÜNİVERSİTESİ)	318
5766 - 27 TEMMUZ 2017 TARİHİNDE İSTANBUL ÜZERİNDE MEYDANA GELEN DOLU OLAYININ WRF SİMÜLASYONU PERFORMANSI / PERFORMANCE OF WRF IN SIMULATING THE HAIL EVENT OVER ISTANBUL ON 27 JULY 2017 / EMİR TOKER (İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ), YASEMİN EZBER (İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ), ÖMER LÜTFİ ŞEN (İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ)	324
5780 - BÖLGESEL İKLİM MODELİ PROJEKSİYONLARINA GÖRE ETEZYEN RÜZGARLARDAKI DEĞİŞİMİN DEĞERLENDİRİLMESİ / ASSESSMENT OF THE CHANGES IN THE ETESIAN WINDS ACCORDING TO REGIONAL CLIMATE MODEL PROJECTIONS / YASEMİN EZBER (İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ), ÖMER L. ŞEN (İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ AVRASYA YER BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ)	330
5791 - TÜRKİYE'YE YAĞIŞ GETİREN SIKLONLARIN YÖRÜNGELERİ / TRAJECTORIES OF CYCLONES BRINGING PRECIPITATION TO TURKEY / MERİH BOZBURA (İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ), YASEMİN EZBER (İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ), ÖMER LÜTFİ ŞEN (İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ)	334
5796 - MARMARA BÖLGESİNDEKİ YAĞIŞLARIN EKSTREM İKLİM İNDEKSLERİ İLE İNCELENMESİ / INVESTIGATION OF PRECIPITATION IN MARMARA REGION WITH EXTREME CLIMATE INDICES / MAHİR AYDIN (İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ), BARIŞ ÖNOL (İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ)	337
POSTER	341
5527 - TARIMSAL KURAKLIĞIN İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNE HASSASİYETİNİN SWAP MODELİ İLE ANALİZİ / SENSITIVITY ANALYSIS OF AGRICULTURAL DROUGHT TO CLIMATE CHANGE BY SWAP MODEL / NİLCAN ALTINBAŞ (İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ), BURCU ÖZKALP (İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ), BARIŞ ÇALDAĞ (İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ), LEVENT ŞAYLAN (İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ)	342
5903 - SPEKTRAL VEJETASYON İNDEKSLERİNİN VERİM TAHMİNİ İÇİN BİR ARAÇ OLARAK DEĞERLENDİRMESİ SEZEL KARAYUSUFOĞLU UYSAL (METEOROLOJİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ), BARIŞ ÇALDAĞ (İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ), FATİH BAKANOĞULLARI (ATATÜRK TOPRAK VE SU KAYNAKLARI ARAŞTIRMA ENSTİTÜSÜ), LEVENT ŞAYLAN (İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ)	346

TUOK (TÜRKİYE ULUSAL OŞİNOGRAFI KOMİSYONU / NATIONAL COMMISSION OF OCEANOGRAPHY)351

5486 - İZMİR KÖRFEZİ GÖZLEM VE TAHMİN SİSTEMİ / İZMİR BAY OBSERVING AND PREDICTION SYSTEM / ŞÜKRÜ BEŞİKTEPE (DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ), ERDEM SAYIN (DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ), MURAT GÜNDÜZ (DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ), ŞENGÜL BEŞİKTEPE (DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ)352

5531 - TSUNAMİ TEHLİKESİNE HAZIR MIYIZ? / ARE WE PREPARED FOR A TSUNAMI? / ÖCAL NECMİOĞLU (BOĞAZIÇI ÜNİVERSİTESİ), CEREN ÖZER SÖZDİNLER (BOĞAZIÇI ÜNİVERSİTESİ - KAGAWA ÜNİVERSİTESİ), MEHMET YILMAZER (BOĞAZIÇI ÜNİVERSİTESİ), DOĞAN KALAFAT (BOĞAZIÇI ÜNİVERSİTESİ), NURCAN MERAL ÖZEL (BOĞAZIÇI ÜNİVERSİTESİ), GÜLÜM TANIRCAN (BOĞAZIÇI ÜNİVERSİTESİ), HALUK ÖZENER (BOĞAZIÇI ÜNİVERSİTESİ)356

5532 - İZMİT KÖRFEZİ'NDE SICAKLIK VE AKINTI PROFİLLERİNİN GÜNLÜK DEĞİŞİMİ / DIURNAL VARIABILITY OF TEMPERATURE AND CURRENT PROFILES IN İZMİT BAY / HÜSNE ALTIÖK (İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ), LALEHAN CAN (İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ), SABRİ MUTLU (TUBİTAK MAM)360

5553 - KARADENİZ'DE UZUN DÖNEMLİ VE MEVSİMSSEL DENİZ SEVİYESİ DEĞİŞİMLERİ / LONG-TERM AND SEASONAL SEA LEVEL VARIATIONS IN THE BLACK SEA / NEVİN BETÜL AVŞAR (BÜLENT ECEVİT ÜNİVERSİTESİ), ŞENOL HAKAN KUTOĞLU (BÜLENT ECEVİT ÜNİVERSİTESİ)365

5760 - ARGO VERİLERİ / ARGO DATA / DEVRİM TEZCAN (ORTA DOĞU TEKNİK ÜNİVERSİTESİ), BETTINA FACH (ODTU DBE), M. ABDUL LATİF (ODTU DBE)369

5761 - DENİZ EKOSİSTEM VE İKLİM ARAŞTIRMALARI MERKEZİ / CENTRE FOR MARINE ECOSYSTEM AND CLIMATE RESEARCH / DEVRİM TEZCAN (ORTA DOĞU TEKNİK ÜNİVERSİTESİ), BARIŞ SALİHOĞLU (ODTU DBE), HASAN ÖREK (ODTU DBE), YEŞİM AK ÖREK (ODTU DBE), BETTINA FACH (ODTU DBE), MUSTAFA YUCEL (ODTU DBE)373

5783 - AKSAZ VE MUĞLA BÖLGESİ İÇİN YÜKSEK ÇÖZÜNÜRLÜKLÜ TSUNAMİ SAYISAL MODELLEMESİ / TSUNAMI NUMERICAL MODELLING WITH HIGH RESOLUTION BATHYMETRY FOR AKSAZ AND MUĞLA SITES / HAFİZE BAŞAK BAYRAKTAR (BOĞAZIÇI ÜNİVERSİTESİ KANDİLLİ RASATHANESİ VE DEPREM ARAŞTIRMA ENST)377

5832 - ÜÇGENLENMİŞ DÜZENSİZ AĞ YÖNTEMİNİN SİĞ BATİMETRİ VERİ ANALİZİ PERFORMANSI / PERFORMANCE OF TRIANGULAR IRREGULAR NETWORK METHOD IN SHALLOW BATHYMETRY DATA ANALYSIS / GÖKHAN KABOĞLU (DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ), SİNEM OĞUZ KABOĞLU (DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ), DOĞAN KISACIK (DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ)381

TUSAK (TÜRKİYE ULUSAL SİSMOLOJİ VE ARZ İÇİ FİZİĞİ KOMİSYONU / NATIONAL COMMISSION OF SEISMOLOGY AND INTERIOR OF THE EARTH PHYSICS)385

5455 - VAN DEPREMİ KAYNAKLI OLASI İYONOSFERİK DEĞİŞİMLERİN FARKLI MODELLERLE İZLENMESİ / INVESTIGATION OF IONOSPHERIC POTENTIALLY CHANGES CAUSED BY EARTHQUAKE FROM DIFFERENT MODELS / SELÇUK PEKER (HARİTA GENEL KOMUTANLIĞI), SAMED İNYURT (BÜLENT ECEVİT ÜNİVERSİTESİ), ÇETİN MEKİK (BÜLENT ECEVİT ÜNİVERSİTESİ)386

5479 - WIDE AREA KINEMATICS OF THE EARTH'S SURFACE STRAINS IN RELATION TO 2011 VAN, TURKEY EARTHQUAKES / VLADIMIR I. KAFTAN (GEOPHYSICAL CENTER, RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES), İLKNUR KAFTAN (DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ), ELÇİN GÖK (DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ)	390
5488 - MARMARA BÖLGESİNDE DEPREM TEHLİKESİNİN BELİRLENMESİNE YÖNELİK OLARAK YAPILAN ÇOK DISİPLİNLİ JEOFİZİK ÇALIŞMALAR / MULTIDISCIPLINARY GEOPHYSICAL STUDIES FOR THE DETERMINATION OF EARTHQUAKE HAZARD IN MARMARA REGION / DOĞAN KALAFAT (BOĞAZIÇI ÜNİVERSİTESİ), Ali PINAR (BOĞAZIÇI ÜNİVERSİTESİ, KRDAE), YOJIRO YAMAMOTO (JAMSTEC), NARUMI TAKAHASHI (JAMSTEC,NIED), SEÇKİN ÇITAK (JAMSTEC), MOTOYUKI KIDO (TOHOKU UNIVERSITY), MUSTAFA KEMAL TUNCER (İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ), OĞUZ ÖZEL (İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ), YASUO OGAWA (TOKYO INSTITUTE OF TECHNOLOGY), TAKAFUMI KASAYA (IFREE, JAMSTEC), REMZİ POLAT (BOĞAZIÇI ÜNİVERSİTESİ, KRDAE), ZEYNEP COŞKUN (BOĞAZIÇI ÜNİVERSİTESİ, KRDAE), RYUSUKE YAMAMOTO (TOHOKU UNIVERSITY), NURCAN MERAL ÖZEL (BOĞAZIÇI ÜNİVERSİTESİ, KRDAE,CTBTO), YOSHIYUKI KANEDA (JAMSTEC,KAGAWA UNIVERSITY), HALUK ÖZENER (BOĞAZIÇI ÜNİVERSİTESİ, KRDAE)	395
5493 - 2017 AYVACIK DEPREMLERİ VE KAYNAK PARAMETRELERİNİN BÖLGESEL VE GEÇİCİ SİSMİK AĞ VERİSİ İLE BELİRLENMESİ / EVALUATION OF AYVACIK EARTHQUAKES and SOURCE PARAMETERS by NATIONAL and TEMPORARY SEISMIC NETWORKS / TOLGA BEKLER (ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ), SÜHA ÖZDEN (ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ), ALPER DEMİRCİ (ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ)	402
5495 - DOĞAL POTANSİYEL ZAMAN SERİLERİNİN ÇEŞİTLİ YÖNTEMLERLE ANALİZİ: URLA-GÜLBAHÇE ÖRNEĞİ / ANALYSIS OF SELF POTENTIAL TIME SERIES USING DIFFERENT METHODS, A CASE STUDY: URLA -GÜLBAHÇE / NUR SUNGURLU (DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ), PETEK SINDIRGI (DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ)	406
5501 - SPAC ANALİZLERİNDE KIRILMA JEOFONLARININ KULLANIMI / SUITABILITY OF REFRACTION GEOPHONES IN SPAC ANALYSIS / EŞREF YALÇINKAYA (İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ), SERHAT TEKEBAŞ (İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ), MEHMET SAFA ARSLAN (İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ)	410
5504 - ORTA KARADENİZ BÖLGESİ İÇİN YENİ BİR AZALIM İLİŞKİSİNİN GELİŞTİRİLMESİ / DEVELOPMENT OF A NEW ATTENUATION RELATIONSHIP FOR THE CENTRAL BLACK SEA REGION / ALEYNA GENÇOĞLU (KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ), NİLGÜN SAYIL (KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ)	414
5516 - TÜRKİYE'DE MEYDANA GELEN 63 Mw ≥ 5.0 DEPREMİN SİSMİK-İYONOSFERİK AYKIRILIKLARININ İSTATİSTİKSEL OLARAK İNCELENMESİ / STATISTICAL INVESTIGATION OF SEISMIC-IONOSPHERIC ANOMALIES OF 63 Mw ≥ 5.0 EARTHQUAKE IN TURKEY / MURAT SELİM ÇEPNİ (KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ), ERMAN ŞENTÜRK (KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ), FADİME SERTÇELİK (KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ)	420
5526 - TRAKYA GAZ SAHASINDA PASİF SİSMİK YÖNTEMLERLE REZERVUAR ALANLARIN BELİRLENMESİ / DETERMINATION OF RESERVOIR IN A GAS FIELD IN THE THRACE BASIN / BURCU SELEK (TÜRKİYE PETROLLERİ), CAN ÖREN (TÜRKİYE PETROLLERİ), SAİT BAYTOK (TÜRKİYE PETROLLERİ), BÜLENT KAYPAK (ANKARA ÜNİVERSİTESİ)	424

5530 - MARMARA BÖLGESİ DEPREMLERİ İÇİN MW-ML DÖNÜŞÜM BAĞINTISI / Mw – ML RELATIONSHIP SMALL-MODERATE EARTHQUAKES IN MARMARA REGION (TURKEY) / YUNUS EMRE ŞAHİN (KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ), TAHİR SERKAN IRMAK (KOCAELİ UNIVERSITY), HAMDULLAH LİVAOĞLU (KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ), EVRİM YAVUZ (KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ)	429
5533 - STUDY OF THE QESHM FAULT USING 3D TOMOGRAPHY OF RAYLEIGH WAVES / RAZİEH HAYDARİ MAHARLOUİİ (UNIVERSITY OF HORMOZGAN), ABBAS GHOLAMZADEH (UNIVERSITY OF HORMOZGAN)	433
5551 - MERSİN AKKUYU NÜKLEER GÜÇ SANTRALİ CİVARINDAKİ SİSMİK OLAYLARIN SINIFLANDIRILMASI / THE CLASSIFICATION OF SEISMIC EVENTS THAT OCCURED ON THE SURROUNDING REGION OF MERSİN AKKUYU NUCLEAR POWER PLANT / EVRİM YAVUZ (KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ), HAMDULLAH LİVAOĞLU (KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ), TAHİR SERKAN IRMAK (KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ), FADİME SERTÇELİK (KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ)	438
5563 - KENTSEL ALANLAR İÇİN BÜTÜNLEŞİK SİSMİK KAYIP TAHMİNLERİ: TUJJB-UDP-01-12 PROJESİ KAPSAMINDA ERZİNCAN PİLOT UYGULAMASI / INTEGRATED SEISMIC LOSS ESTIMATIONS: ERZİNCAN CASE STUDY WITHIN TUJJB-UDP-01-12 PROJECT / AYSEGÜL ASKAN (ORTADOĞU TEKNİK ÜNİVERSİTESİ), MICHAEL ASTEN (MONASH UNIVERSITY), MURAT ALTUĞ ERBERİK (ORTA DOĞU TEKNİK ÜNİVERSİTESİ), CENK ERKMEN (AFAD), SHAGHAYEGH KARİMZADEH (ORTA DOĞU TEKNİK ÜNİVERSİTESİ), NAZAN KILIÇ (AFAD), FATMA NURTEN ŞİŞMAN (ORTA DOĞU TEKNİK ÜNİVERSİTESİ), AHMET YAKUT (ORTA DOĞU TEKNİK ÜNİVERSİTESİ)	442
5564 - İSTANBUL YEDİKULE SURLARININ DEPREMDE YIKILABİLİRLİĞİNİN TİTREŞİMCİK ÖLÇÜMLERİYLE BELİRLENMESİ / DETERMINATION OF DYNAMIC BEHAVIOR OF İSTANBUL YEDİKULE CASTLE FROM MICROTREMOR MEASUREMENTS BEFORE AN EARTHQUAKE / ÖVGÜN AHMET ERCAN (İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ)	446
5569 - KUZEY ANADOLU KIRIĞI DEPREM KÜMELERİ, SAKARYA ÇUKURUNDA AYNI ORANDA GÜRE BOŞALTIYOR: 4,5 1022 ERG / TOTAL ENERGY RELEASE OF SAKARYA BASIN EARTHQUAKE GROUPS ON THE NORTH ANATOLIAN FAULT IS STATIONARY; 4.5 1022 ERG / ÖVGÜN AHMET ERCAN (İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ)	450
5571 - İYONOSFERİK TEC DEĞİŞİMLERİ İLE DEPREM İZLENEBİLİRLİĞİNİN İNCELENMESİ / INVESTIGATION OF EARTHQUAKE MONITORING VIA THE IONOSPHERIC TEC VARIATIONS / MUSTAFA ULUKAVAK (HARRAN ÜNİVERSİTESİ), MUALLA YALÇINKAYA (KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ), EMİNE TANIR KAYIKÇI (KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ), SERKAN ÖZTÜRK (GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ), RAİF KANDEMİR (RECEP TAYYİP ERDOĞAN ÜNİVERSİTESİ), HAKAN KARSLI (KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ)	454
5676 - 2013 GİRİT DEPREM ETKİNLİĞİNİN SİSMOTEKTONİK AÇIDAN YORUMLANMASI / SEISMOTECTONIC SETTING OF THE 2013 CRETE EARTHQUAKE SEQUENCE / ETHEM GÖRGÜN (İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ)	458
5741 - TÜRKİYE VE ÇEVRESİ MOMENT TENSÖR-FAYLANMA BİLGİ BANKASININ OLUŞTURULMASI VE BÖLGESEL GERİLME ANALİZLERİ / THE MOMENT TENSOR-FAULTING KNOWLEDGE BASE FOR TURKEY AND ITS SURROUNDINGS AND REGIONAL STRESS ANALYSIS / DOĞAN KALAFAT (BOĞAZIÇI ÜNİVERSİTESİ)	462

5752 - KUZEY ANADOLU FAYINDA, JEOFİZİK KUYUİÇİ GÖZLEM ÇALIŞMALARI / GEOPHYSICAL BOREHOLE OBSERVATION STUDIES AT THE NORTH ANATOLIAN FAULT / TUĞBAY KILIÇ (AFET VE ACİL DURUM YÖNETİMİ BAŞKANLIĞI), RECAİ FEYİZ KARTAL (AFET VE ACİL DURUM YÖNETİMİ BAŞKANLIĞI), FİLİZ TUBA KADİRİOĞLU (AFET VE ACİL DURUM YÖNETİMİ BAŞKANLIĞI), MARCO BOHNHOFF (GFZ, GERMAN RESEARCH CENTER FOR GEOSCIENCE), GEORG DRESEN (GFZ, GERMAN RESEARCH CENTER FOR GEOSCIENCE), FATİH ALVER (AFET VE ACİL DURUM YÖNETİMİ BAŞKANLIĞI), MURAT NURLU (AFET VE ACİL DURUM YÖNETİMİ BAŞKANLIĞI), PETER MALIN (GFZ, GERMAN RESEARCH CENTER FOR GEOSCIENCE)	470
5756 - 12 HAZİRAN 2017 MİDİLLİ-KARABURUN DEPREMİ (Mw 6.2) / 12 JUNE 2017 MYTILENE-KARABURUN EARTHQUAKE (Mw=6.2) / RECAİ FEYİZ KARTAL (BAŞBAKANLIK AFET VE ACİL DURUM YÖNETİMİ BAŞKANLIĞI), RAMAZAN DEMİRTAŞ (BAŞBAKANLIK AFET VE ACİL DURUM YÖNETİMİ BAŞKANLIĞI), FİLİZ TUBA KADİRİOĞLU (BAŞBAKANLIK AFET VE ACİL DURUM YÖNETİMİ BAŞKANLIĞI)	474
5759 - 21 TEMMUZ 2017 BODRUM-KOS DEPREMINİN SISMOLOJİK VERİLERLE DEĞERLENDİRİLMESİ / THE EVALUATION OF 2017, July, 21 BODRUM-KOS EARTHQUAKE WITH SEISMOLOGICAL DATA / FİLİZ TUBA KADİRİOĞLU (BAŞBAKANLIK AFET VE ACİL DURUM YÖNETİMİ BAŞKANLIĞI), RECAİ FEYİZ KARTAL (AFET VE ACİL DURUM YÖNETİMİ BAŞKANLIĞI), RAMAZAN DEMİRTAŞ (AFET VE ACİL DURUM YÖNETİMİ BAŞKANLIĞI)	478
5763 - ALICI FONKSİYON ANALİZİ İLE YERKABUĞU YAPISININ ARAŞTIRILMASI / INVESTIGATION OF CRUSTAL STRUCTURE USING RECEIVER FUNCTION ANALYSIS / LİVANE EZGİ AHİ (DEU), BEGÜM ÇIVGIN (ANKARA ÜNİ), ELÇİN GÖK (DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ), MEHMET KAPLAN (AFAD)	482
5770 - DOĞAL AFET SONRASI GEÇİCİ BARINMA ALANLARININ COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ (CBS) İLE BELİRLENMESİ / DETERMINATION OF POST-DISASTER TEMPORARY SHELTER AREAS BY GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEMS (GIS) / İRFAN MOĞULKOÇ (CUMHURİYET ÜNİVERSİTESİ), TARIK TÜRK (CUMHURİYET ÜNİVERSİTESİ)	487
5772 - GÖKOVA KÖRFEZİ'NDE KODA DALGA SOĞURULMASININ FREKANS VE ZAMAN BAĞIMLI DEĞİŞİMİ / FREQUENCY AND TEMPORAL CHANGE OF CODA WAVE ATTENUATION IN GOKOVA BAY / DUYGU AKÇAY (KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ), FADİME SERTÇELİK (KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ)	494
5775 - DOĞU MARMARA BÖLGESİ'NDE SİSMİK KIRILMA TOMOGRAFİ YÖNTEMİYLE KUZEY ANADOLU FAYI'NIN ARAŞTIRILMASI / INVESTIGATION OF NORTH ANATOLIAN FAULT BY SEISMIC REFRACTION TOMOGRAPHY IN THE EASTERN MARMARA REGION / BURAK İNANÇ (İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ), NİGAR GÖZDE OKUT TOKSOY (İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ JEOFİZİK MÜHENDİSLİĞİ), HÜLYA KURT (İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ JEOFİZİK MÜHENDİSLİĞİ)	499
5776 - KÜÇÜK DEPREMLERİN MOMENT TENSÖR ÇÖZÜMLERİ VE BÖLGESEL GERİLME ANALİZİ: 2017 AYVACIK DEPREMLERİ / MOMENT TENSOR SOLUTIONS OF SMALL EARTHQUAKES, AND REGIONAL STRESS ANALYSIS: 2017 AYVACIK EARTHQUAKES / BURÇİN DİDEM TAMTAŞ (İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ), EŞREF YALÇINKAYA (İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ), ETHEM GÖRGÜN (İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ)	503

5792 - KELKİT VADİSİ AFET BİLGİ SİSTEMİ (KABİS) KAPSAMINDA GERÇEKLEŞTİRİLEN CBS TABANLI ÇALIŞMALAR / THE PERFORMED GIS-BASED STUDIES WITHIN THE SCOPE OF KELKİT VALLEY DISASTER INFORMATION SYSTEM / TARIK TÜRK (CUMHURİYET ÜNİVERSİTESİ), ORHAN TATAR (CUMHURİYET ÜNİVERSİTESİ)	507
5797 - ARDABİL İRAN DEPREMİ ÖNCESİ OLARAK İYONOSFER VERİLER ARASINDAKİ İLİŞKİ / RELATIONSHIP BETWEEN IONOSPHERE DATA AS PRECURSOR OF ARDEBİL İRAN EARTHQUAKE / NURDAN SAYIN (İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ)	512
POSTER	516
5475 - SİSMİK GÜRÜLTÜ VERİLERİNDEN İZMİR KABUK HIZ YAPISI: İLK SONUÇLAR / SEISMIC NOISE TOMOGRAPHY OF İZMİR AND SURROUNDINGS / EMRE MULUMULU (DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ), ORHAN POLAT (DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ)	517
5556 - JEOFİZİK YÖNTEMLERLE İNCELENMESİ-HARMANDALI KATI ATIK DEPOLAMA SAHASI İZMİR (BATI- TÜRKİYE) / GEOPHYSICAL INVESTIGATION OF A LANDSLIDE: HARMANDALI WASTE DISPOSAL SITE, İZMİR (WESTERN TURKEY) / LINA PAZARBAŞI (DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ)	521
5557 - ERCİYES VE HASANDAĞI YANARDAĞLARI AKTİF Mİ? / ARE VOLCANOES OF ERCİYES AN HASANDAĞI ACTIVE? / NURDAN SAYIN (İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ)	525
5560 - FEASIBILITY STUDY OF AN EARTHQUAKE EARLY WARNING SYSTEM FOR TEHRAN REGION BASED ON THE CURRENT STRONG MOTION NETWORK / MOHAMMAD SHAHVAR (BHRC), ESMAEİL FARZANEGAN (BHRC), MEHDİ POURVEİS (BHRC)	529



TUJJB TÜRKİYE ULUSAL
JEODEZİ VE JEOFİZİK BİRLİĞİ
BİLİMSEL KONGRESİ
30 Mayıs - 2 Haziran 2018, İzmir



TUHK

TÜRKİYE ULUSAL HİDROLOJİ KOMİSYONU
NATIONAL COMMISSION OF HYDROLOGY

SÖZLÜ / *ORAL*



SEYHAN HAVZASINDA HİDROMETEOROLOJİK DEĞİŞKENLERİN EĞİLİM ANALİZLERİ

Hakan Aksu¹ ve Erkan Gökdağ²

¹*Doktor, Meteoroloji Müh., Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara*

²*Mühendis, Meteoroloji Müh., Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara*

Email: hakana@dsi.gov.tr

ÖZET

Seyhan havzasında yürütülmüş olan geçmiş çalışmalar, havzada iklim değişikliği etkilerinin yoğun biçimde hissedileceğini öngörmüştür. Bu çalışmada, havzanın su bütçesini hesaplamakta kullanılan; yağış, gerçek buharlaşma-terleme, yüzeysel akış parametreleri ile buharlaşma-terlemeye doğrudan etki eden sıcaklık parametrelerinin 30 yıllık dönemdeki değişimleri incelenmiştir. Havzada bulunan 5 meteoroloji ve 4 akım gözlem istasyonu verileri Mann-Kendall Eğilim Analizi ve Yenilikçi Eğilim Analiz Yöntemi ile değerlendirilmiştir. Her iki yöntem ile elde edilen sonuçların birbirleriyle tutarlı olduğu görülmüştür. Havzanın yüzey akışlarında ve gerçek buharlaşma-terlemede düşüşler ile havza genelinde sıcaklıklarda artış eğilimleri tespit edilmiştir. Yağışta eğilim tespit edilmemiştir. Daha iyi ve sürdürülebilir bir su kaynakları yönetimi gayesiyle, su bütçesi bileşenlerinin ve su kalitesinin daha detaylı (aylık ve mevsimlik) çalışılması gereklidir.

ANAHTAR KELİMELER: Seyhan Havzası, eğilim analizi, yağış, sıcaklık, akım

TREND ANALYSIS OF HYDROMETEOROLOGICAL PARAMETERS IN SEYHAN BASIN

¹*PhD, Meteorology Engineer, State Hydraulic Works of Turkey, Ankara*

²*Meteorology Engineer, State Hydraulic Works of Turkey, Ankara*

Email: hakana@dsi.gov.tr

ABSTRACT

The recent studies carried out in the Seyhan Basin have shown that the impacts of climate change would be experienced intensively. In this study, the trend has been investigated in terms of parameters of precipitation, actual evapotranspiration, surface flow and temperature which is directly associated with water balance for 30-year period. The data obtained from 4 stream gauging and 5 meteorology stations in the basin were analyzed by using Mann-Kendall trend and innovative trend methods. It has been found that the results of these two methods are consistent with each other. However, the downward trend was found for surface flows and actual evapotranspiration, upward trend has been seen for temperature. Interestingly results of this study demonstrate that there has not been any proper trend for precipitation. It can be suggested for future works that in order to build a better and sustainable water resources management system, the water balance components and water quality are needed to be investigated in the scale of monthly and seasonally in the basin.

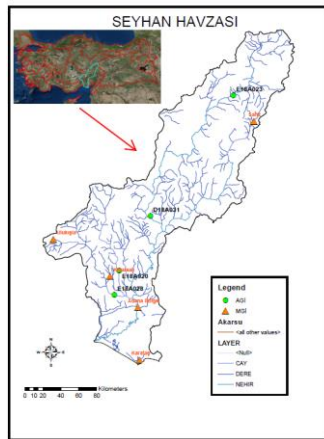
KEYWORDS: Seyhan Basin, trend analysis, precipitation, temperature, flows

1. GİRİŞ

Uluslararası İklim Değişimi Paneli (IPCC) 2013 yılı raporu, Akdeniz Bölgesinin dünyada küresel ısınmanın etkilerine en çok maruz kalacak bölge olacağını belirtmiştir. Akdeniz havzasında yer alan 22.154 km² drenaj alanına sahip bütünüyle Türkiye sınırlarında yer alan Seyhan havzası hidrometeorolojik parametrelerdeki değişimler yakın zamanda yoğun biçimde çalışılmıştır. Altın ve Barak (2012) havzada sıcaklıkta artış eğilimi olmakla beraber yağışta değişiklik eğilimi olmadığını görmüşlerdir. Soydan ve ark. (2016) yağışlarda değişiklik eğilimi olmadığını, yüzeysel akımlarda azalma olduğunu tespit etmişlerdir Birleşmiş Milletler tarafından desteklenen Türkiye için İklim Değişimi Kapasitesinin Artırılması Projesi kapsamında yürütülen çalışma, havzada yüzyılın sonuna kadar sıcaklıklarda 5°C artış ve yağışta %35 azalma öngörmüştür. Ayrıca Selek ve ark. (2016) havzada iklim değişiminin etkilerini teyit ederek Seyhan barajını adaptasyon kapsamında değerlendirmiştir.

2. VERİ VE YÖNTEM

Çalışmada 1981-2010 yıllarını kapsayan, yıllık toplam doğal akım, gerçek buharlaşma-terleme, yağış ve sıcaklık verileri kullanılmıştır. Gerçek buharlaşma-terleme verileri akım gözlem istasyonu drenaj alanını temsil eden alan için Thornthwaite-Matter Su Bütçesi denkleminde üretilmiştir. Sıcaklık ve yağış verileri Meteoroloji Genel Müdürlüğü tarafından havzada işletilen istasyonlardan, akım bilgileri ise Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğünden temin edilmiştir (Şekil 1). İstasyonlara ait bilgiler ve temel istatistikler Tablo 1’de sunulmuştur. Tüm parametreler için ayrı ayrı, Mann-Kendall eğilim analizi ve Yenilikçi Eğilim Analiz Yöntemi (Şen, 2012, 2014) uygulanmıştır. Yenilikçi Eğilim Analiz Yöntemi ile veri seti sıralı olarak eşit sayıda iki gruba ayrılmış, karşılıklı olarak Kartezyen Koordinatlarda 1:1 hattı üzerinde konumlandırılmıştır. Eğilimin olmaması durumu verilerin 1:1 koordinatı üzerinde bulunmasıyla, artış eğilimi verilerin 1:1 doğrusunun altında, azalış eğilimi ise üstünde çıkmasıyla yorumlanmıştır. Parametrik olmayan Mann-Kendall eğilim analizi (Mann, 1945; Kendall 1975) için Finlandiya Meteoroloji Ofisi (2002) tarafından geliştirilen MAKASENS programı kullanılmıştır. Eğilimin olup olmadığı, zaman serileri ile kurulan sıfır hipotezine göre test edilmiştir. Ho hipotezi eğilimin olmadığı varsayımı üzerine kurulmuş, daha sonra teste uygulanacak zaman serileri iki gruba ayrılmıştır. Öncelikle, X₁, X₂, ..., X_n serisinden X_i ve X_j çiftleri ayrılmıştır. Bir sonraki aşamada ise i < j iken X_i < X_j şartını sağlayan serideki toplam veri sayısı P ve X_i > X_j serideki toplam veri sayısı ise M olarak sınıflandırılmıştır. Bu değerlere göre test istatistiği ise S=P-M olarak tanımlanmıştır.



Şekil 1. Bulduru Haritası

Tablo 1. Seyhan Havzası Meteoroloji ve Akım Gözlem İstasyonları

No	İstasyon Adı	Kot (m)	AKIŞ (mm)			ETA(mm)		
			Min. Değer	Mak. Değer	Ortalama Değer	Min. Değer	Mak. Değer	Ortalama Değer
1	E18A020	167	115,94	610,71	281,27	210,60	439,20	326,04
2	E18A023	1453	67,70	206,52	116,55	177,61	310,86	261,00
3	E18A028	80	146,27	640,80	302,33	307,31	401,32	353,41
4	D18A031	500	184,49	246,46	210,12	262,62	336,19	292,46
			YAĞIŞ (mm)			SICAKLIK (C)		
			Min. Değer	Mak. Değer	Ortalama Değer	Min. Değer	Mak. Değer	Ortalama Değer
5	Adana	23	316,80	1176,20	638,19	18,00	20,58	19,17
6	Karaisalı	240	436,80	1352,10	865,62	16,80	20,16	18,55
7	Karataş	22	366,30	1269,60	779,89	17,59	20,64	19,07
8	Sarız	1599	354,40	747,60	513,21	5,19	9,91	7,57
9	Ulukışla	1453	168,60	428,20	316,95	7,41	11,34	9,78



Denklem 1 ile hesaplanan z değeri normal dağılımda istenilen (α) önem dercesine karşılık gelen z/2 değerinden küçük ise sıfır hipotezi kabul edilmiş ve verilerin bir eğilime sahip olmadıkları yorumu yapılmıştır. Bulunan değer z/2 değerinden büyük bir değere karşılık geldiğinde hipotez reddedilerek eğilim olduğu kabul edilmiştir. S=P-M denklemiyle elde edilen S değerinin negatif olması durumunda azalış, pozitif olması durumunda artış eğilimi olduğu kabul edilmiştir.

$$z = \begin{cases} \frac{s-1}{\sqrt{\text{Var}(s)}} & s > 0 \\ 0 & s = 0 \\ \frac{s+1}{\sqrt{\text{Var}(s)}} & s < 0 \end{cases} \quad (1)$$

3.SONUÇ

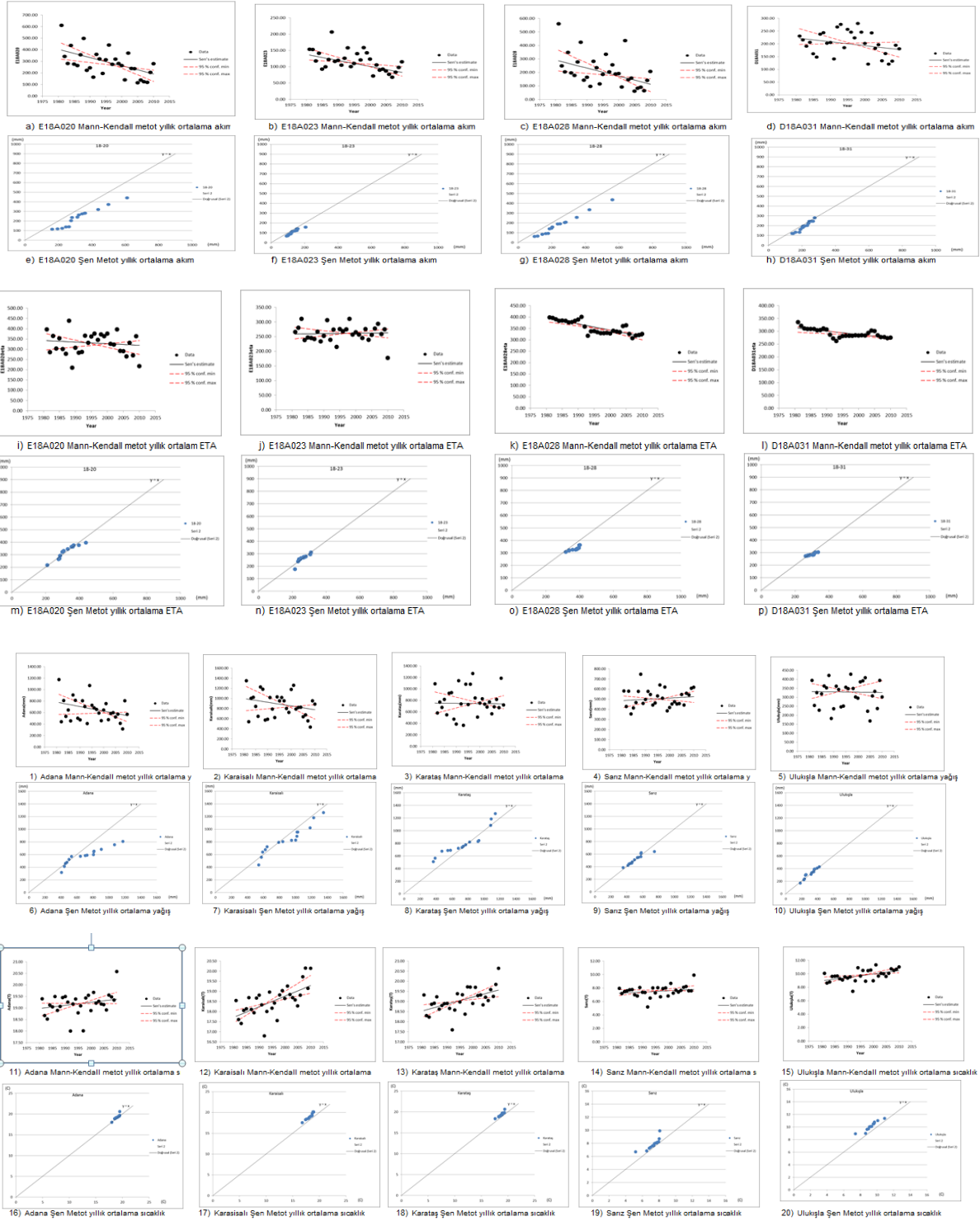
Mann-Kendall ve Yenilikçi Eğilim Analiz Yöntemi sonuçları sırasıyla Tablo 2 ve Şekil 2’de sunulmuştur. Her iki yöntem de birbiriyle uyumlu sonuçlar vermiştir. Havzada yüzeysel akımlarda belirgin düşüşler tespit edilmiştir. Havzanın alt ve orta çıkırında bulunan E18A023 ve D18A028 numaralı istasyonlarında gerçek buharlaşma-terlemede belirgin düşüş eğilimi tespit edilmiştir. Yağışlarda düşüş eğilimi tespit edilmemiştir. Sıcaklıklarda Sarız istasyonu haricindeki tüm istasyonlarda belirgin artış eğilimi tespit edilmiştir. Yüzeysel akışta, gerçek buharlaşma-terlemede ve ilave olarak sıcaklıklarda görülen belirgin eğilimler nedeniyle, daha detaylı zaman ölçeklerinde (aylık-mevsimlik) ve yüzey su kalitesi, yer altı sularının miktar ve kalitesi yönleriyle de incelenmesinin sürdürülebilir su kaynakları yönetimi gayesiyle faydalı olacağı değerlendirilmektedir.

Tablo 2. Trend Analizi Sonuçları

Time series	First year	Last Year	n	Mann-Kendall trend		Sen's slope estimate	
				Test S	Test Z	Signific.	Q/B
E18A020	1981	2010	30	-3.32	***	-7.137	397.52
E18A023	1981	2010	30	-2.85	**	-1.830	135.89
E18A028	1981	2010	30	-2.89	**	-6.941	295.01
D18A031	1981	2010	30	-1.75	+	-1.523	222.52
E18A020eta	1981	2010	30	-0.64		-0.782	341.35
E18A023eta	1981	2010	30	0.21		0.138	258.90
E18A028eta	1981	2010	30	-4.64	***	-2.757	394.90
D18A031eta	1981	2010	30	-3.43	***	-1.307	312.55
Adana(mm)	1981	2010	30	-1.88	+	-7.843	775.28
Karaisalı(mm)	1981	2010	30	-1.21		-7.371	993.01
Karataş(mm)	1981	2010	30	-0.07		-0.420	753.3
Sarız(mm)	1981	2010	30	0.46		1.283	487.52
Ulukışla(mm)	1981	2010	30	-0.07		-0.148	331.32
Adana(T)	1981	2010	30	1.85	+	0.013	19.999
Karaisalı(T)	1981	2010	30	3.73	***	0.053	17.765
Karataş(T)	1981	2010	30	2.95	**	0.039	18.558
Sarız(T)	1981	2010	30	1.55		0.020	7.2301
Ulukışla(T)	1981	2010	30	3.10	**	0.051	9.0078
	0	0	0				

KAYNAKLAR

- Finlandiya Meteoroloji Ofisi (Finnish Meteorological Institute), (2002). Detecting Trends of Annual Values of Atmospheric Pollutants By The Mann-Kendall Test and Sen's Slope Estimates -The Excel Template Application (MAKESENS).
- IPCC, (2013). Climate Change Report (Physical Science Basis), *Cambridge University Press*
- Kendall, M.G. (1975). Rank Correlation Methods. *Charles Griffin*. London.
- Mann, H. B. (1945). Non-parametric Test Against Trend. *Econometrika*, Vol. 13, pp. 245-259.
- Selek, B., Tunçok, I.K. (2013). Effects of climate change on surface water management of Seyhan Basin, Turkey. *Environ Ecol Stat*, **21**, 391-409
- Selek, B., Yazıcı, D. D., Aksu, H., Özdemir, A. D. (2016). Seyhan Dam, Turkey, and Climate Change Adaptation Strategies, Increasing Resilience to Climate Variability and Change: The Role of Reservoirs and Governance in The Context of Adaptation, Tortajada, C. (Eds.), 205-231, doi:10.1007/978-981-10-1914-2_10.
- Soydan N.G., Gümüş V., Şimşek O., Gerger R., Ağun, B. (2016). Seyhan Havzası aylık ortalama akım ve yağış verilerinin trend analizi., *Dicle Üniversitesi Mühendislik Dergisi*, **7(2)**, 319-328.
- Şen, Z. (2012). Innovative Trend Analysis Methodology. *J.Hydrol. Eng.*, **17**, 1042-1046.
- Şen, Z. (2014) Trend Identification Simulation and Application. *J. Hydrol. Eng.*, **19(3)**, 635-642.
- Türkan Bayer, T.A, Barak, B. (2012). Seyhan Havzasında 1970-2009 Yılları Arasında Yağış ve Hava Sıcaklığı Değerlerindeki Değişimler ve Eğilimler, *Türk Coğrafya Dergisi*, **58**, 21-34.



Şekil 2: Eğilim analizleri grafik gösterimi



HAVZA BAZINDA POTANSİYEL SEL RİSKİ TAŞIYAN BÖLGELERİN CBS İLE TESPİTİ

H. Ebru Çolak¹, G. Bediroğlu², T. Memişoğlu³

¹ Doç. Dr., Harita Müh. Bölümü, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon

² Araştırma Görevlisi, Harita Müh. Bölümü, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon

³ Araştırma Görevlisi, Harita Müh. Bölümü, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon

Email: ecolak@ktu.edu.tr

gamze.yilmaz@ktu.edu.tr

tugbamemisoglu@gmail.com

ÖZET

Ülkemizde ve birçok ülkede yaşanan hızlı kentleşme faaliyetleri ve afet riskleri büyük sorunlara neden olmaktadır. Bu afet risklerinden en önemlilerinden birisi insanların sosyal ve ekonomik hayatlarını etkileyerek en büyük yıkıcı tehditlerden biri haline gelen sel ve taşkın olaylarıdır. Doğu Karadeniz bölgesi taşkın olaylarının en sık yaşandığı ve buna bağlı olarak ciddi can ve mal kaybının meydana geldiği bölgelerin başında gelmektedir. Bu çalışmada, Ordu'nun Fatsa ilçesi için hidrolojik modelleme ve havza analizleri Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) kullanılarak yapılmıştır. Akarsu akışı modellenerek suların nerelerden aktığı, olası sel felaketlerinde hangi güzergâhı takip edebileceği belirlenmiş ve haritalandırılmıştır. Ayrıca en yüksek su toplama kapasitesine sahip olan akarsu ağı için su toplama alanı belirlenerek etrafında yer alan olası risk altındaki yapılar yakınlık derecesine göre tespit edilmiştir.

ANAHTAR KELİMELER: Sel, Risk, CBS, Hidroloji Analizi, Ordu

DETERMINING POTENTIAL FLOOD RISKY AREAS IN WATERSHEDS WITH GIS

¹ Associate Professor, Geomatics Eng. Department, Karadeniz Technical University, Trabzon

² Research Assistant, Geomatics Eng. Department, Karadeniz Technical University, Trabzon

³ Research Assistant, Geomatics Eng. Department, Karadeniz Technical University, Trabzon

Email: ecolak@ktu.edu.tr

gamze.yilmaz@ktu.edu.tr

tugbamemisoglu@gmail.com

ABSTRACT

Rapid urbanization and disaster risks cause major problems in our countries and many countries around the world. One of these disaster risks is flood events that have become one of the greatest destructive threats affecting people's social and economic lives. In our country, the eastern Black Sea region is area where the most common of flood events and so this area consist serious loss of life and property. In this study, hydrological modelling and basin analyzes were carried out using Geographic Information System (GIS) in Fatsa district of Ordu province. Stream flow was modeled and the flow direction was determined



and mapped. In addition, flow accumulation was determined for stream network having the highest water collection capacity and the structures around it were determined according to the degree of closeness.

KEYWORDS: Flood, Risk, GIS, Hydrology Analysis, Ordu

1. GİRİŞ

İnsan nüfusunun hızla artmasına paralel olarak teknolojik gelişmelerin ortaya çıkardığı sanayi faaliyetleri, ekolojik dengenin bozulmasına ve doğal kaynakların yavaş yavaş yok olmasına neden olmaktadır (Özşahin, 2013). Bunun sonucunda meydana gelen doğal afetler giderek daha yıkıcı bir hal almakta ve insan topluluklarına zarar vermektedir.

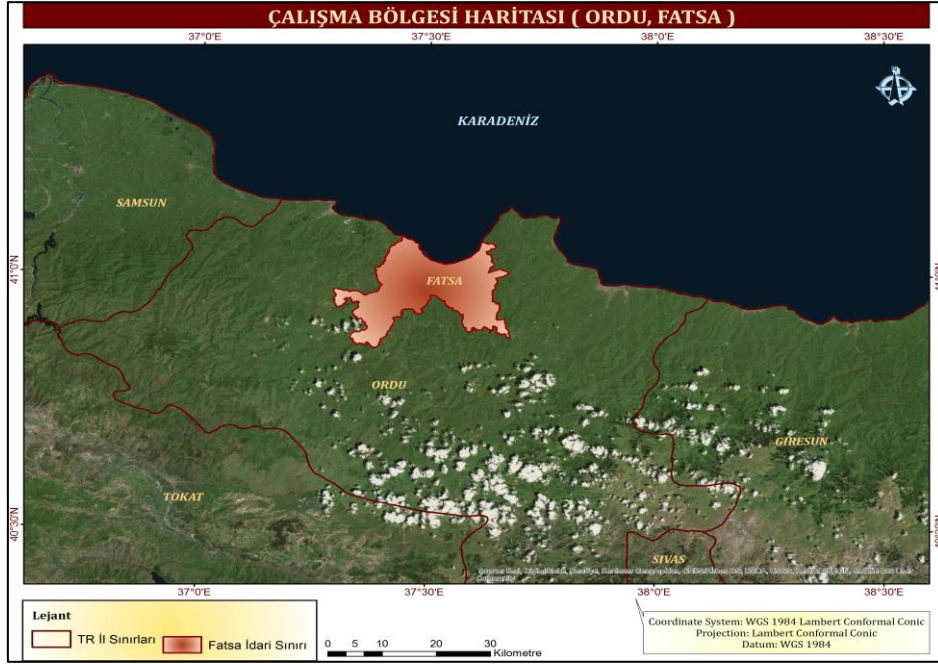
Doğal afetler kapsamında görülen sel ve taşkın, ülkemizde depremlerden sonra en fazla can ve mal kaybına neden olan afetlerdir ve insanların sosyal ve ekonomik hayatlarını da olumsuz etkilemektedir. Günümüzde rastlanılan en yaygın taşkın oluşma sebebi; kuvvetli yağmur fırtınalarında drenaj sistemlerindeki yetersizlik sonucu, ana nehir kanallarının tamamen dolu olması ile meydana gelen yüzeysel akış nedeniyle oluşan taşmalardır (Özcan, 2017; Onuşuel ve Harmancıoğlu, 2002). Bu taşkın afet olayı, meydana gelmeden önce can ve mal kaybını en aza indirmek ve taşkın olumsuz etkilerini azaltmak için risk yönetimi çalışmaları ile önlemlerin alınması gerekmektedir. Risk yönetimi çalışmalarında; tehlike ve riskler belirlenmekte, risk senaryoları hazırlanmakta, korunma ve zarar azaltma önlemleri seçilmekte, sonuçlar güncel haritalar ve grafiklerle ortaya konmakta, kullanılabilecek kaynak ve imkânlar belirlenmekte, afetten korunma ve afet müdahalesi için en uygun seçenek ve öncelikler hakkında kararlar elenip uygulamaya geçilmektedir (Oğuz ve diğ., 2016, Özcan ve diğ., 2009). Taşkın analizleri ve risk tahmini amacıyla kullanılan hidrolojik ve hidrolik modellerde Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) önemli kolaylık sağlamaktadır. CBS teknikleri ve modellerin entegrasyonu ile sonuçlar daha anlaşılır ve görsel olarak daha net ifade edilebilmektedir. Ayrıca CBS, risk değerlendirmesinin hassasiyetini artıracak, önceden tanımlanmış kriterlere dayalı güçlü bir mekânsal analiz fonksiyonu sağlar (Hu ve diğ., 2016; Yang, 2013; Liao ve Sun, 2003).

Bu çalışmada, Karadeniz bölgesinde yer alan Ordu'nun Fatsa ilçesi için hidrolojik modelleme ve havza analizleri yapılarak, su akış yönleri ve akış toplamları belirlenmiş, en yüksek su toplama kapasitesine sahip akış ağı analiz edilerek bu ağın su toplama alanı hesaplanmıştır. Ana akış ağı etrafında bulunan binalar tampon bölge analizi ile mesafelerine göre risk sınıflarına ayrılmış ve haritalandırılmıştır.

2. YAPILAN ÇALIŞMA

2.1. Çalışma Bölgesi

Ülkemizde sel doğal afeti en çok yağış alan bölge olan Karadeniz bölgesinde görülmektedir. Bu çalışma, Karadeniz Bölgesi sahil kıyısında yer alan Ordu'nun Fatsa ilçesinde gerçekleştirilmiştir (Şekil 1). Fatsa'da 2016 Temmuz ayında son yılların en büyük sel felaketi gerçekleşmiştir. Bu felakette metrekareye 300 kilogram yağmurun düştüğü ve sel nedeniyle birçok ilçede heyelanların olduğu, ev ve köprülerin yıkıldığı tespit edilmiştir (URL-1).



Şekil 1. Çalışma Bölgesi (Ordu, Fatsa)

2.2. Konumsal Veri Tabanının Oluşturulması ve Konumsal Analizler

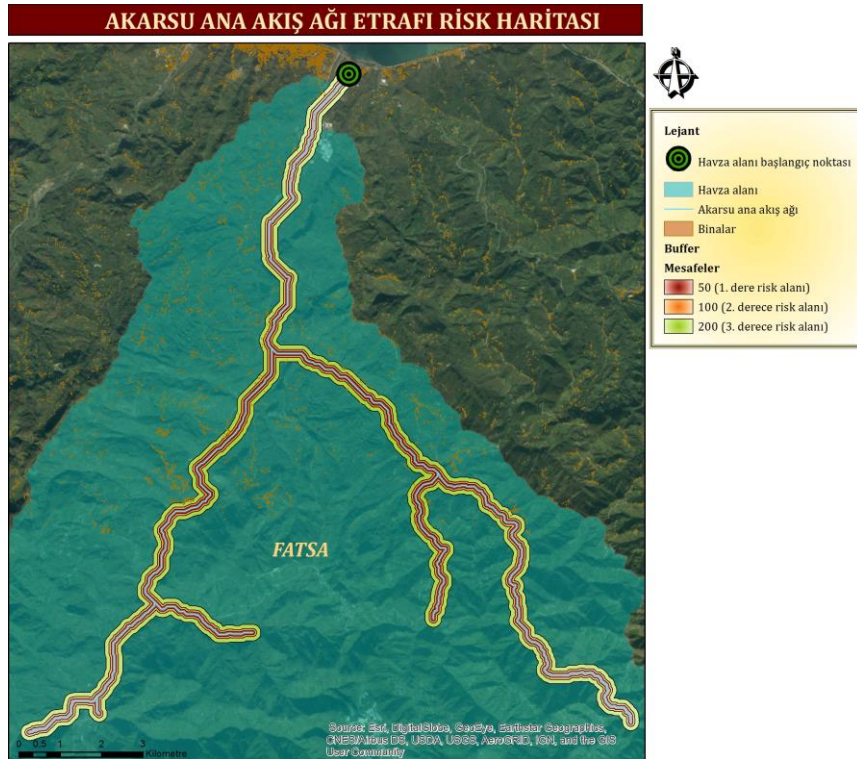
Fatsa ilçesine ait yükseklik bilgilerini içeren Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) temin edilmiştir. SYM uygulama için uygun hale getirilerek, hidrolojik modelleme ve havza analizleri yapmak için ArcGIS 10.4 programına aktarılmıştır. Bu çalışmada, ArcGIS 10.4 programı içerisinde yer alan Hidroloji araç seti kullanılmıştır. Öncelikli olarak SYM kullanılarak akış yönleri belirlenmiş ve akış yönleri katmanı kullanılarak çalışma bölgesindeki akış toplamı belirlenmiştir.



Şekil 2. Akarsu akış ağlarının belirlenerek en riskli akarsu bölgesinin analizi

Akış toplamı 500'den büyük olanlar için akarsu çatallanma analizi yapılmıştır. Analiz sonucunda 6 sınıf akarsu çatallanması yani akış ağı oluşmuştur. En yüksek değere sahip akarsu sınıfı en fazla su toplayan akarsuyu temsil etmektedir. Bu çalışmada en fazla su toplama kapasitesine sahip akarsu olarak, Fatsa'da bulunan Bolaman deresi tespit edilmiştir ve bu bölge için su toplama alanı (havza alanı) hesaplanmıştır (Şekil 2).

En fazla su toplama kapasitesine sahip akarsu ve akarsuyun civarı, sel riski açısından tehlikeli alanlardır. Bölgede tespit edilen ana akış ağı etrafında bulunan binalar ve tarım arazileri risk altında bulunmaktadır. Risk ihtimali yüksek binaları tespit etmek için ana akış ağı üzerinde 50m, 100m ve 200 m'lik tampon bölgeleri oluşturulmuş (Şekil 3) ve risk derecelerine göre bu alanlarda bulunan binalar incelenmiştir. Bu analize göre, 1.derece risk altında bulunan (50 m tampon bölgesi) 23 bina, 2.derece risk altında bulunan (100 m tampon bölgesi) 54 bina ve 3. derece risk altında bulunan (200 m tampon bölgesi) 177 bina bulunmaktadır.



Şekil 3. Akarsu ana akış ağı çevresi risk derecelendirmesi

3. SONUÇLAR

Sel ve taşkın olayları, insanlığı tehdit eden en önemli ve en tehlikeli aynı zamanda da en yıkıcı afetlerden biri olarak gösterilmektedir. Taşkın olayının meydana gelmesinde etkili olan akarsu ve akarsu yataklarının tespiti, akarsu akışlarının belirlenmesi vb. hidroloji analizleri, risk altındaki bölgelerin tespiti ve bunların görsel olarak ifade edilmesi noktasında CBS önemli avantajlar sağlamaktadır. Yapılan bu çalışmada Ordu'nun Fatsa ilçesinde bulunan akarsu ağları tespit edilerek en fazla su toplama kapasitesine sahip akarsu ağı belirlenmiş ve bu akarsu etrafında bulunan riskli binalar



tespit edilmiştir. Bu çalışma sonucunda, Bolaman deresinin en yüksek su toplama kapasitesine sahip olduğu belirlenmiştir. Ayrıca çalışma alanında, belirlenen kriterlere göre Bolaman deresinin ana akış ağına 200 m mesafede bulunan toplam 254 binanın diğerlerine göre sel ve taşkın açısından daha riskli alanlarda olduğu tespit edilmiştir. Buna göre, imar planlarının akarsu ve dere yatakları dikkate alınmadan oluşturması taşkından etkilenme riskini arttırdığı için yerel yönetimlerin imar planlarında bu bilgileri göz ardı etmemesi gerekmektedir. Taşkın ve selle ilgili önlemlerin alınması için akarsu yataklarının ve akarsu akış ağlarının belirlenmesi ve etrafında bulunan yerleşim ve arazi kullanımının dikkate alınması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

Hu, S., Cheng, X. ve Zhou, D. (2016). GIS-based flood risk assessment in suburban areas: a case study of the Fangshan District, Beijing, *Nat Hazards* **87**, 1525-1543.

Liao, S. ve Sun, J. (2003). GIS based spatialization of population census data in Qinghai-Tibet Plateau. *Acta Geogr Sinica* **58:1**, 25-33.

Onuşuel, G. ve Harmancıoğlu N.B. (2002). Su kaynaklı doğal afet: taşkın. *TMH-Türkiye Mühendislik Haberleri* **420-421-422:4-5-6**, 131-132.

Oğuz, K., Oğuz, E. ve Coşkun, M. (2016). Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Taşkın Risk Alanlarının Belirlenmesi: Artvin Örneği. 4. Ulusal Taşkın Sempozyumu, 21-24 Kasım 2016, Rize.

Özcan, O. (2017). Taşkın Tespitinin Farklı Yöntemlerle Değerlendirilmesi: Ayamama Deresi Örneği. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi* **3:1**, 9-27.

Özcan, O., Musaoğlu N. ve Şeker D.Z. (2009). Taşkın Alanlarının Cbs ve Uzaktan Algılama Yardımıyla Belirlenmesi ve Risk Yönetimi; Sakarya Havzası Örneği. TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, 12. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, 11-15 Mayıs 2009, Ankara.

Özşahin, E. (2013). Arnavutluk'ta Taşkın Risk Analizi. *Uluslararası Avrasya Sosyal Bilimler Dergisi* **4:12**, 91-109.

URL-1. <https://www.cnnturk.com/turkiye/orduda-sel-felaketi>. 8 Şubat 2018.

Yang, N. (2013) Approach of county population statistical data spatialization based on GIS. Geospatial Information (in Chinese). doi:10.11709/j.issn.1672-4623.2013.05



DESIGNING A COGNITIVE MAP OF FACTORS INFLUENCING DRYING UP OF HOOR-AL-AZIM AND ITS CONSEQUENCES

M. E. Banihabib¹, N.K. Dowlatabadi² and M. Jabbari²

¹ Associate Professor, Department of Irrigation and Drainage Eng., University of Tehran, Iran

² PhD Candidates, Department of Irrigation and Drainage Eng., University of Tehran, Iran
Email: banihabib@ut.ac.ir

ABSTRACT

The dust storm phenomenon in the west and southwest of Iran has exacerbated with drying up of Hoor-al-Azim Wetland in recent decades. Dust create undesirable effect on infrastructure and the health of people in the region. We used Strategic Options Development and Analysis (SODA) and cognitive map to analysis the complex situations as a simple technique. Cognitive mapping is intended essentially to provide insight into the structure of a decision problem and to determine the effective factors related to issue. In this research, 7 experts in water resources management were interviewed and their viewpoints were aggregated. Then, 9 factors were identified as the most effective factors. The results are given based on the concepts of the relative activation (centrality) of nodes and design of valancy matrix. Two factors were identified as the most active nodes: "improper water resources management in the region" and "over-development of water resources infrastructure in all the upstream countries (Iran, Iraq and Turkey) by construction of many dams ", respectively. Finally, 9th factor "The Iran-Iraq War and the security policies of the previous regime in Iraq" was identified as the least activity.

KEYWORDS: Hoor-al-Azim, dust Phenomenon, Strategic Options Development and Analysis (SODA), cognitive map.

1. Introduction

Dust storm is one of the most important atmospheric phenomena and natural hazard which is focused by researchers in various branches of science such as water engineering and environmental management (Banihabib and Dowlatabadi, 2016). The major cause of the dust storm, in Iran, is related to the storm and wind erosion from Saudi Arabia and Iraq (Khosravi, 2010). In addition, human activities such as the construction of large dams on rivers in the Mesopotamian basin are other factors (UNEP, 2001). The flow of water into the Mesopotamian wetlands, especially the Hoor-al-Azim Wetland have reduced due to construction of dams and development of water resources infrastructure in all the upstraem countries (Iran, Iraq and Turkey), as well as droughts in recent decades.

The cognitive mapping method has been used fully employed in the fields of international relations (Axelrod,1976 and Hart, 1977), administrative sciences, planning, geography and management sciences (Eden and jones,1980 ·Eden and jones,1979 ·Klein and cooper, 1982· Smithin and Sims, 1982). Giordano et al. 2005 have investigated a cognitive map of the water management problems in the Candelaro River basin, located in southern Italy. To achieve this goal, cognitive maps are used to reach the stakeholders' standpoint and to enhance negotiation among organizations and individuals. Baganha et al 2007, chosed a cognitive map to develop a rational computing structure to design and analysis of the potential conflict from the multiple use of water in the Tucunduba Basin in Brazil.

Dust storm is related to planning, water management and environmental management. Therefore, we used the cognitive map approach to determine the effective factors on creating and exacerbating this

phenomenon. The hypothesis of this research is that recognizing the exacerbating factors can help to resolve the problem of dust and to prevent drying up of Mesopotamia wetland in the long-term. This article describes the issues that led to dry up of Hoor-al-Azim Wetland and to exacerbate the issue. Then, SODA method and cognitive map was used to determine the factors influencing the dust. So the question of this research is what factors have led to the dust storm and its exacerbation in recent years in the west and southwest of Iran?. Our aim is determining the factors effective of the phenomenon and their ranking. Identifying these factors can be employed in finding appropriate strategies.

2. MATERIAL AND METHODS

The theoretical framework of this research is based on the use of cognitive map and SODA approach. An approach was proposed to develop effective factors in exacerbating the dust and determining the applied strategies in solving the problem of dust in western and southwestern Iran.

2.1. Case Study

Hoor-Al-Azim Wetland is located in the southwest of Iran in the province of Khuzestan on the border between Iran and Iraq. The area of this wetland is about 3000 square kilometers. About one- third of the area is located in Iran, known as Hoor-al-howezeh Wetland, and two thirds of the area is located in Iraq (Banihabib and et al, 2015). The main water resources of this wetland are the Karkheh and Tigris River in Iraq. With the increase in construction of dams on these two rivers, the water entering the Hoor-al-Azim Wetland has decreased sharply, and a large area of this wetland has dried up.

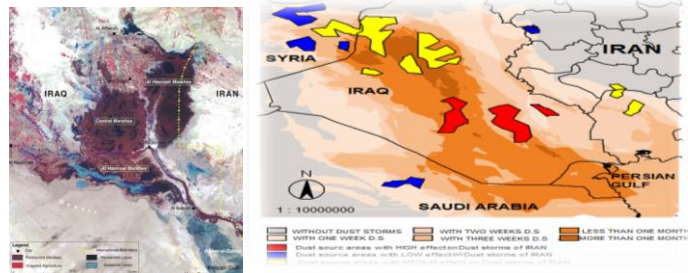


Figure1. Left: Geographic location of Mesopotamia wetland sources; Right: Zoning map of dust storm (Jalali, 2008)

2.2. Cognitive map

Eden (1988) presented the Strategic Options Development and Analysis (SODA) approach to specific addressed the resolution of complex strategic problems. Cognitive mapping is an appropriate approach to determine the effective factors of a phenomenon. Cognitive map analysis the effective factors that are determined by SODA method. The cognitive mapping method is one of the analysis tools that has the ability to model qualitative and quantitative relationships.

The cognitive map analysis consists of two phases, which is described below: a) Strategic Options Development and Analysis (SODA is devoted for small groups (6–10 experts) to use on taking forward the issue(s) as defined by the participants through their maps (Eden and Ackermann, 2004). b) Modeling of Cognitive: Cognitive modeling is done using of cognitive map. The process of designing a cognitive map consists of two key phases: 1) collecting views of selected experts as an individual cognitive map by



an interviewing with each expert individually. 2) Integration of expert's viewpoint in the format of a general cognitive map. After holding an interview with each of the experts and creating a map of his viewpoint, at this stage the facilitator merges the maps together and forms a unit map that is the result of the opinions of all the experts (Montazemi et al, 2018). The analysis of the data obtained from the expert's opinions is done by using the relationship between the active nodes (node centrality). To evaluate the relative importance of each node, the nodes centrality must be calculated using the following relationship (Kosko, 1986):

$$CEN(F_i) = IN(F_i) + OUT(F_i) \quad (1)$$

IN (Fi) is Sum of absolute weighting values of the relative influence entered to each node; OUT (Fi) is Sum of absolute weighting values of the relative influence Output from each node. The nodes centrality indicates influence of nodes in the valancy matrix. The mutual effect of the factors is presented in the valancy matrix.

3. RESULTS AND DISCUSSION

This research was conducted collaboration with 7 experts in water resource management field. According to SODA approach of the dust issue in the west and southwest of Iran and drying up of the Hoor-al-Azim wetland, the following steps have been taken.

3.1. Selection of factors

The final factors affecting of the dust in the west and southwest of Iran were obtained from individual interviews and final screening by the facilitator. Besides, the final valancy matrix is derived from the average expert's opinion and these are presented in Table 1.

Table1: Selected factors using SODA method and final valancy Matrix

Factors	Index	F9	F8	F7	F6	F5	F4	F3	F2	F1	F9
Drought and climate change	F1	0	0.37	0	0.02	0.44	0.39	0.62	0.37	0	0
improper water resources management in the region	F2	0	0.82	0	0	0.44	0.38	0.84	0	0.1	0
lack of attention to environmental water rights	F3	0.1	0.21	0.28	0.44	0.2	0.36	0	0.32	0	0.1
The turmoil of Iraq and the existence of terrorism in the region	F4	0.26	0	0.26	0.26	0.24	0	0.48	0.32	0.1	0.26
Over-development of water resources infrastructure in all of three countries (Iran, Iraq and Turkey) and making many dams	F5	0	0	0.36	0.12	0	0.5	0.69	0.5	0.38	0
The lack of powerful environmental organizations and social acceptance about the environmental issues	F6	0.1	0.3	0.71	0	0.45	0.18	0.83	0.5	0.18	0.1
The absence of an international treaty on shared wetlands in the region	F7	0.1	0.26	0	0.38	0.34	0.16	0.77	0.64	0.18	0.1
unsustainable development and making dam on the Karkheh river	F8	0	0	0.32	0.15	0.2	0.24	0.7	0.76	0.2	0
The Iran-Iraq War and the security policies of the previous regime in Iraq	F9	0	0.04	0.24	0.02	0.26	0.47	0.41	0.1	0.27	0

3.2. Calculating centrality of each node and factor ranking

After extracting of valancy matrix, the effective factors on the drying up of the Hoor-al-Azim Wetland and the dust phenomenon are ranked by the centrality of each node. The centrality of each node is presented in Table 2. The interactions among factors were determined based on their relative values that were extracted from expert opinions. The cognitive mapping of interactions among factors is shown in figure 2. The cognitive map is designed based on the interaction among nodes and their causal relationships. For example, two-way arrow is used whenever factor 1 and factor 2 have mutual effect and the one-way arrows are used whenever the factors have one-lateral effect on each other.

Table 2. The centrality of each node in the valancy matrix

Rank	Index	IN (Fi)	OUT (Fi)	CEN(Fi)
1	F2	1.5	14.75	16.25
2	F5	0.75	14	14.75
3	F8	0.5	13.35	13.85
4	F6	3.2	10.5	13.7
5	F3	0.6	12.9	13.5
6	F1	0	12.05	12.05
7	F7	2	8.75	10.75
8	F4	0.3	10.65	10.95
9	F9	0.3	7.15	7.45

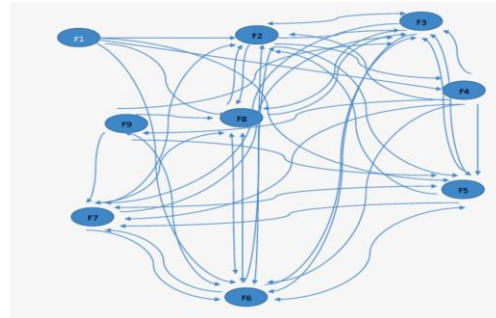


Figure 2. The interactions among effective factor

4. CONCLUSION

Dust storm phenomenon of west and southwestern Iran is under the influence of regional activities. This article describes the effective factors on the dust phenomenon and its exacerbation. The results show that 2th factor (improper water resources management in the region) is most effective factor in this issue. This fact emphasizes that region states ignored the environmental issues in planning for water resources development, therefore dust phenomenon has increased in recent decades. Furthermore, the importance of 5th factor represents that countries need to pay attention to international relationships to resolve this problem. Finally, the 9th factor (The Iran-Iraq War and the security policies of the previous regime in Iraq) was selected as the factor with the least central value in the dust phenomenon. Therefore, the higher value of central of node for 2th and 5th factors indicates that these factors play a significant role in the dust phenomenon and should be planned in order to eliminate the effects of these factors in the future.

REFERENCE

- Axelrod, R. (ed.) (1976). Structure of Decision, Princeton University Press, Princeton, New Jersey.
- Baganha Jr, L. G., Barp, A. B., & Barp, W. J. (2007). Informational cognitive model applied to the water resources management. WIT Transactions on Ecology and the Environment, 104.
- Banihabib, M, E. Dowlatabadi. N (2016.) CAPACITY BUILDING for POLICY MAKERS; WATER DIPLOMACY for the PREVENTION of DUST STORM DISASTER- Congress of WENM- Tehran
- Banihabib, M. E, Najafi Margh Malek, S, Mohammad Reza Pour Tabari, M, Assadi Mehrbani, M, Ezzati Amini, M (2015), Investigate the causes drying of wetlands of Hoor al Hoveyzeh (Hoor al Azim) and its relationship with dust, and provide solutions to restore - Research Center of Islamic Revolution-64 pages
- Eden, C. and Jones, S. "Publish or Perish? -A Case Study," *Journal of Operational Research Society*, Volume 31, Number 2, February 1980, pp. 131-139.
- Eden, C., Jones, S., and Sims, D. Thinking in Organizations, Macmillan Press Ltd., London, 1979. *Environment*, Vol 104.
- Eden., C and Ackermann, F. 2004. Cognitive mapping expert views for policy analysis in the public sector. *European Journal of Operational Research* 152. 615-630.
- Gadallah, A. H.,(2012),Fuzzy cognitive map with dynamic fuzzy fiction and causality behaviors. Informatics and Systems (INFOS), the 7th International Conference on. Cario: IEEEExplore.



- Giordano. R.- Passarella. G., Uricchio. V.F and Vurro. M. 2005. Fuzzy cognitive maps for issue identification in a water resources conflict resolution system. *Physics and Chemistry of the Earth* 30. 463-469.
- Hart, J.A. 1977. Cognitive Maps of Three Latin American Policy Makers, *World Politics*, Volume 30, pp. 115-140.
- Jalali, N. (2008), Investigate the causes and origins of the storms in South West and the West of Iran and regions of affected- *Soil Conservation and Watershed Management Research Center*.
- Khosravi. M (2010), Study on the vertical distribution of dust storms in the Middle East- *Proceedings of the 4th International Congress of Islamic World Geographers*
- Klein, J.H. and Cooper, D.F. 1982. Cognitive Maps of Decision-Makers in a Complex Game, *Journal of Operational Research Society*, Volume 33, Number 1, pp. 63-71.
- Kosko B (1986) FCMs. *IntJ Man-Mach Stud* 24(1):65-75
- Montazemi, A. R. and Conrath, D. W. 2018. The Use of Cognitive Mapping For Information Requirements Analysis. Published by: Management Information Systems Research Center, University of Minnesota.
- UNEP H. 2001. The Mesopotamian Marshlands: Demise of an Ecosystem. Division of Early Warning and Assessment, *United Nations Environment Program (UNEP)* Nairobi, Kenya, 46.



VIKOR DECISION MODEL FOR RANKING FLOOD CONTROL STRATEGIES

M. E. Banihabib¹, N. Chitsaz² and T. O. Randhir³

¹ *Associate Professor of, Ph.D. of Civil Engineering, Abouraihan Campus, University of Tehran.*

² *M.Sc., Water resources Engineering, Abouraihan Campus, University of Tehran*

³ *Professor, Department of Environmental Conservation, University of Massachusetts, Amherst, USA
Email: banihabib@ut.ac.ir*

ABSTRACT

VIKOR model is employed to rank seven Flood control strategies for a River in Iran, including: no project condition, applying upstream reservoir capacity, construction of levees, construction of flood diversions channel, flood forecasting and warning system, applying flood insurance plan, and applying flood warning system and flood insurance plan together. The flood control strategies were ranked based on eleven criteria including: expected number of life losses, recovery rate, gradual rate, expected annual financial losses, safety feeling, employment rate, public participation, environment protection, wildlife habitat protection, water quality conservation and technical feasibility and performance. The VIKOR model's results highlight economical, technical and social criteria in the ranking of flood control strategies. This model has less sensitivity to changes in criteria weights but not in economic and technical criteria. VIKOR model due to emphasizing social criteria is recommended for ranking flood control strategies in this article.

KEYWORDS: Flood control, VIKOR, Multi-Criteria Decision Making (MCDM).

1. INTRODUCTION

Assessment of flood control strategies in a sustainability context has less impacts on social and environment. For this purpose, use of sustainable development criteria (SDC) to assess flood control strategies is an ideal concept. Since SDC have different values, qualitative or quantitative, comparison between each other is problematic (Banihabib et al. 2015). VIKOR model is a compensatory MCDM model developed by Opricovic and Tzeng (2007) is intended to solve MCDM problems with conflicting objectives. The VIKOR model is applied water management in Mlava River (Opricovic 2009). This model is applied to determine compromise solution of a problem with non-commensurable criteria that represent economic, environmental, social and cultural features. Chang and Hsu (2009) used VIKOR model to determine the best feasible solution of land use restrictions in the watershed for Tsen-Wen reservoir in southern Taiwan. These example show the application of compensatory model, VIKOR, in water resources. In this paper, VIKOR model were assessed in the ranking of flood control strategies in Gorganrood River in Iran.

2. MATERIAL AND METHODS

2.1. Study Area



The Gorganrood River is located in Golestan Province, north of Iran and its reach starts from Golestan Dam I and continues downstream of Gonbad-e Qabus City. The population of the province is approximately 1.8 million, with a population density of around 88 individuals per square kilometer. The province had experienced more than 60 floods in the last decade, causing 112 million U.S. dollars of damage and more than 468 deaths (Ardalan et al. 2009).

2.2. Flood control strategies

Considering the physical, social and economic conditions of the study area, the following structural and non-structural strategies are proposed for Flood control in the Gorganrood River (Yazdandoost and Bozorgy 2008): no project condition (Strategy A1), applying upstream reservoir capacity (Strategy A2), construction of levees (Strategy A3), construction of a flood diversion channel (Strategy A4), using a flood forecasting and warning system (Strategy A5), applying flood insurance plan (Strategy A6), the combination of the sixth and seventh strategies (Strategy A7). Each strategy is prioritized based on SDC described below by applying VIKOR model.

2.3. Proposed SDCs

The SDCs (I1 to I11) were selected based on existing flooding literature relevant to the study and described below (Chitsaz and Banihabib 2015):

I1: Expected annual financial losses (EAD)

I2: Recovery Rate (RR) from the flood damages state to normal or better than normal state

I3: Gradual change in system response (damage) to flood flow increase.

I4: Expected number of life losses (ENLL) per year

I5: Feeling safe by people due to applying a flood control strategy

I6: Employment rate by each strategy

I7: The level of people's participation in applying a strategy

I8: The environment protection

I9: The wild life habitat conservation

I10: The water quality conservation to improve water resources and environment protection

I11: The technical feasibility and construction speed.

The decision matrix which shows assessment of strategies based on criteria using evaluation formulas and questionnaires' results is presented in Table (1) (Chitsaz and Banihabib 2015).

2.4. VIKOR model

In this model, compromise ranking is performed by comparing the measure of closeness to the ideal solution. The model consists of the following steps:

1) Computing the values S_i and R_i using Equations 1 and 2 respectively.

$$S_i = \sum_{j=1}^n w_j \cdot \frac{f_j^* - f_{ij}}{f_j^* - f_j^-} \quad (1)$$

$$R_i = \max\left\{\frac{f_j^* - f_{ij}}{f_j^* - f_j^-}\right\} \quad (2)$$

Where f_{ij} is normalized decision matrix elements and x_{ij} is the i th strategy performance for j th criterion. $f_j^* = \max_i f_{ij}$ and $f_j^- = \min_i f_{ij}$ for positive criteria (the higher score is the better), $f_j^* =$



$\min_i f_{ij}$ and $f_j^- = \max_i f_{ij}$ for negative criteria (the lower score is the better) and w_j is weight of criterion j . f_j^* is ideal solution and f_j^- is non-ideal solution.

2) Computing the values Q_i by the Equation (3):

$$Q_i = v \left[\frac{S_i - S^-}{S^* - S^-} \right] + (1 - v) \left[\frac{R_i - R^-}{R^* - R^-} \right] \quad (3)$$

Where, $S^- = \min S_i$, $S^* = \max S_i$, $R^- = \min R_i$, $R^* = \max R_i$ and v is introduced as a weight of the strategy of “the maximum group utility” or “the majority of criteria”. This parameter could be valued from 0 to 1 and when the $v > 0.5$ the criterion of Q will tend to majority rule.

4) Ranking the strategies by sorting the value of S_i , R_i and Q_i . For example the best strategy has less value of these three parameters.

3. RESULTS AND DISCUSSION

VIKOR model's ranking is based on the distance from the ideal solution of criteria and strategies. Results of the VIKOR model (S , R and Q) were computed for $v=0.5$ and are given in Table (2). The values of S , R and Q show that condition (1) is not established. However, since strategy A1 has the first rank in all S , R and Q , condition (2) is established. From the values of Q , only two strategies A7 with value of zero and A5 with value of 0.016 satisfy $Q(A2) - Q(A1) \geq 1/n - 1$ and were considered as the best strategies. The rest of the strategies were ranked based on the value of Q .

The sensitivity analysis of ranking by VIKOR model showed some criteria changed first rank from non-structural strategy to structural strategy (Table 2). This model did not changed first and second rank strategies (A5 and A7) for the variation of most criteria weights. However, variation of Techno-economic and environmental criteria like EAFL (I1), recovery rate (I2), Gradually (I3), employment rate (I6) and water quality conservation (I10) promoted structural strategies like A4 and A2 to first rank. Therefore, the result of VIKOR model is sensitive to the variation of criteria weights and these variations may cause confusing in selection of best strategy by having both structural and non-structural strategies in first rank.

Table 1. VIKOR ranking based on S , R and Q values

Strategy	S value	R Value	Q Value	Rank base on S	Rank base on R	Final rank base on Q
A1	0.83	0.308	1	7	5	6
A2	0.38	0.09	0.21	4	2	2
A3	0.73	0.23	0.77	6	4	4
A4	0.36	0.1	0.22	3	3	3
A5	0.27	0.54	0.06	2	1	1
A6	0.63	0.308	0.85	5	5	5
A7	0.2	0.55	0	1	1	1



Table 2. Changes in VIKOR ranking by the variation of criteria weights

	VIKOR model ranking						
No changes in weights	6	2	4	3	1	5	1
Max weight of I1	5	2	3	1	1	4	1
Max weight of I2	6	2	5	3	1	4	1
Min weight of I2	5	2	3	1	1	4	1
Max weight of I3	5	2	4	1	1	3	1
Max weight of I6	5	2	3	1	1	4	1
Max weight of I10	4	1	2	1	1	3	1

4. CONCLUSION

Floods continue to be a major problem in watersheds throughout the world. There is a need to use multi criteria evaluation to manage floods. While MCDM approaches are common, use of sustainable development criteria is useful to incorporate sustainability criteria into Flood control. In this paper, seven flood control strategies in Gorganrood River are ranked by VIKOR model. In both models, natural condition strategy were in last rank and demonstrated the necessity of Flood control.

In sensitivity analysis of the models, VIKOR model has more sensitivity to technical and financial criteria and less sensitivity to social and environmental criteria.

REFERENCES

- Ardalan A et al. (2009) Evaluation of Golestan province's early warning system for flash floods, Iran, 2006–7 *International journal of biometeorology* 53:247-254
- Banihabib ME, Azarnivand A, Peralta RC (2015) A new framework for strategic planning to stabilize a shrinking lake Lake and Reservoir Management 31:31-43
- Chang C-L, Hsu C-H (2009) Multi-criteria analysis via the VIKOR method for prioritizing land-use restraint strategies in the Tseng-Wen reservoir watershed *Journal of Environmental Management* 90:3226-3230
- Chitsaz N, Banihabib ME (2015) Comparison of Different Multi Criteria Decision-Making Models in Prioritizing Flood Management Alternatives *Water Resources Management* 29:2503-2525
- Opricovic S (2009) A compromise solution in water resources planning *Water resources management* 23:1549-1561
- Opricovic S, Tzeng G-H (2007) Extended VIKOR method in comparison with outranking methods *European Journal of Operational Research* 178:514-529
- Yazdandoost F, Bozorgy B (2008) Flood risk management strategies using multi-criteria analysis *Proceedings of the ICE-Water Management* 161:261-266



TÜRKİYE BATI HAVZALARINDA YER ALAN AKARSULARDA SEDİMENT TAŞINIMI

Ö. L. Aşıkoğlu¹ E. Eriş¹ İ. Temel²

¹ Yrd. Doç. Dr. İnşaat Müh. Bölümü, Ege Üniversitesi, İzmir

² Araştırma Görevlisi, İnşaat Müh. Bölümü, Uşak Üniversitesi, Uşak
Email: omer.asikoglu@ege.edu.tr

ÖZET

Akarsular tarafından taşınan katı madde miktarlarına ait değerler, öncelikle biriktirme haznelarının planlanması ve işletilmesi ve ayrıca havzanın erozyon karakteristiklerinin belirlenmesinde kullanılmaktadır. Taşınan katı madde miktarı, su kaynaklarının yönetimi ve planlanması açısından da önemli bir parametredir. Bu bakımdan, yağış, akım ve katı madde taşınımı gibi hidrolojik olaylar arasındaki ilişkinin doğru ve güvenilir bir şekilde belirlenmesi çok önemlidir. Bu çalışmada, Türkiye'nin batısında yer alan sekiz adet havzada ölçülen katı madde miktarlarının akarsu debileriyle ilişkilendirilmesi amaçlanmıştır. Bu ilişkiyi tanımlayan katı madde anahtar eğrisinin elde edilmesinde çeşitli regresyon ilişkileri sınanmış, günlük katı madde miktarları ile anlık debiler arasındaki en güçlü ilişkiyi üssel regresyon bağıntısının verdiği tespit edilmiştir.

ANAHTAR KELİMELELER: Katı madde Taşınımı, Katı madde Anahtar Eğrileri, Regresyon Analizi

SEDIMENT TRANSPORTATION OF THE RIVERS IN THE WATERSHEDS OF WESTERN TURKEY

ABSTRACT

Sediment yield carried in a stream is used for planning and management of reservoirs and also for defining erosion characteristics of a basin. This is also an effective parameter for managing and planning water resources. In this respect, it is very important that the relationship between hydrological events such as precipitation, flow and sediment transport be determined accurately and reliably. In this study, it was aimed to correlate the quantities of sediments measured in eight basins in western Anatolia with river flows. Various regression relations were tested in defining the sediment rate curve, and it was found that the strongest relation between the daily sediment quantities and the instantaneous flows is the exponential regression relation.

KEYWORDS: Sediment Transport, Sediment Rating Curve, Regression Analysis

1. GİRİŞ

Akarsulardaki katı madde, akım debisine ve danelerin boyutuna bağlı olarak askıda ve/veya tabanda sürüntü malzemesi olarak taşınır. Akarsularda taşınan askıda katı madde miktarı, toplam katı maddenin %75-95'ini oluşturur. Akarsu morfolojisinin anlaşılmasında, barajların projelendirilmesinde, içme ve

kullanma suyu temin problemlerinde, havza yönetimi çalışmalarında askıda katı madde yükünün doğru tahmini oldukça büyük önem taşımaktadır. Diğer yandan, akarsularda taşınan kirleticiler askıda taşınan katı madde parçalarına yapışıp hareket ettiğinden, akarsular ve baraj haznelerindeki kirlilik seviyelerinin belirlenmesinde de önemli bir rol oynarlar. Özellikle taşkın zamanlarında, akarsularda çok kısa zaman aralıklarında çok büyük miktarlarda askıda katı madde taşındığından, taşınan madde miktarını daha yüksek hassasiyette belirlemek oldukça önem kazanır.

Katı madde taşınımı, gerek ulusal (Fırat ve Güngör, 2004; Yonarlar, 2006; Oğuz, 2010; Ülke vd., 2011; Aksu ve Uçan, 2012; Terzi ve Baykal, 2015) gerekse uluslararası (Verstraten ve Poesen, 2000; Bathurst vd., 2006; De Vente vd., 2008; López-Tarazón, 2009; Betrie vd., 2011; Bussi vd., 2014) pek çok çalışmanın konusu olmuştur.

Bu çalışmada, Türkiye bastısındaki havzalarda askıda katı madde miktarının akarsu debisiyle ilişkilendirilmesi amacıyla regresyon analizlerinden faydalanılmış, bu ilişkiler katı madde anahtar eğrilerinin tanımlanmasında kullanılmıştır.

2. ÇALIŞMA YERİ VE VERİLER

Çalışma, Türkiye'nin batı bölümünde yer alan 8 adet havzayı kapsamaktadır. Çalışma bölgesi, Şekil 1. de gösterilmiştir. Çalışma kapsamında bu havzalarda DSİ tarafından ölçülen akım ve katı madde verileri kullanılmıştır. Kullanılan istasyonlara ait ortalama akımlar ve katı madde bilgileri Tablo 1. de verilmiştir.



Şekil 1. Türkiye'nin batısında yer alan akarsu havzaları

3. UYGULAMA VE BULGULAR

Bu bölümde, anlık debi değerleriyle katı madde miktarları arasındaki ilişki basit doğrusal regresyon ($y = a + bx$), çok değişkenli doğrusal regresyon ($y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_kx_k$) ve doğrusal olmayan (tam logaritmik: $y = ax^b$ ve yarı logaritmik: $y = ae^{mx}$) üssel regresyon analizleriyle tanımlanmaya çalışılmıştır. Bu ilişkiyi tam logaritmik üssel regresyonun en güçlü şekilde ifade ettiği tespit edilmiştir. Bu şekilde elde edilen anahtar eğrilerine bir örnek Şekil 2 de gösterilmiş, üssel regresyon ilişkilerine ait katsayılar Tablo 2 de verilmiştir.



Tablo 1. İncelenen istasyonlara ait ortalama akımlar ve katı madde bilgileri

Havza adı	İstasyon No	Gözlem Aralığı	Akım	Taşınan Sediment	
			Q (m ³ /s)	Miktarı (Q _s) (t/gün)	Konsantrasyonu (ppm)
(01) Meriç Havzası	103	1991-2012	161.3	1,889	108
	113	1995-2012	23.5	397	85
(02) Mütferrik Marmara Suları	212	1999-2012	14.9	492	99
	302	1991-2012	25.3	562	214
(03) Susurluk Havzası	314	1991-2008	23.4	1,750	216
	316	1991-2012	46.4	2,925	228
	317	1991-2012	107.8	1,454	125
	328	1995-2012	4.8	172	149
	331	1992-2012	13.9	475	222
	411	1998-2012	10.4	464	299
(04) Mütferrik Ege Suları	523	1991-2012	9.6	1,825	586
	527	1995-2011	7.1	1,184	699
(05) Gediz Havzası	601	1991-2007	19.5	1,962	556
(06) Küçük Menderes Havzası	701	1991-2012	8.8	797	214
	706	1991-2012	35.5	2,296	599
(07) Büyük Menderes Havzası	808	1994-2012	1.2	7	52
	812	1991-2011	44.8	3,141	349
	815	1991-2012	41.1	5,903	744

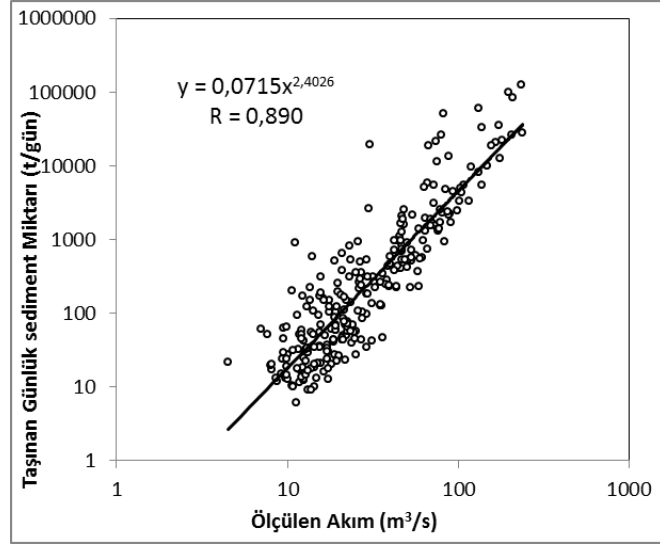
4. SONUÇLAR

Bir baraj ya da su yapısının boyutlandırılmasında, hem yapının fonksiyonunu etkilemesi açısından, hem de oluşabilecek zararları önceden tahmin etmek açısından katı madde yükünün doğru bir şekilde hesaplanması çok büyük önem taşımaktadır. Gerek ulusal gerek uluslararası literatür dikkatlice incelendiğinde, katı madde miktarının belirlenmesiyle ilgili yapılan çalışmalar dört ana grupta toplanmaktadır: (i) Katı madde verimi denklemlerinin bilinen havza özelliklerinden türetildiği geniş havza ve iklim özelliklerine dayanan ampirik modeller, (ii) Toprak erozyonu ve katı madde verimi yaklaşımları. Burada ölçülen veya tahmini toprak erozyon hızları çoğunlukla havza özelliklerine dayanan bir katı madde dağıtım oranı ile çarpılır. (iii) Fiziksel bazlı veya fiziksel dağılımlı havza modelleme yaklaşımları. Burada su ve toprağın hareketi bir havzaya yayılmış olarak tahmin edilmektedir. (iv) Katı madde konsantrasyonu ya da katı madde yükünü akarsu debisiyle ilişkilendiren modeller. Burada katı madde konsantrasyonu ölçümleri akım karakteristikleriyle ilişkilendirilmektedir. Dördüncü gruba giren, yani katı madde yükünün debiyle olan ilişkisinin doğru bir biçimde belirlenmesini temel alan çalışmalar, söz konusu modellere nazaran basit fakat bir o kadar da pratiktirler. Bir akarsu üzerinde anlık debilerle, askıda katı madde miktarı arasındaki ilişkiyi tanımlayan grafikler, Katı madde anahtar eğrileri olarak adlandırılmaktadır.

Bu çalışma kapsamında Türkiye'nin batısındaki havzalarda yer alan 18 gözlem istasyonunun verileri kullanılarak, anahtar eğrileri elde edilmiştir. Bu eğriler doğru olarak tanımlandığında, debi ölçümünden katı madde miktarına kolayca geçiş sağlanabilmektedir. Çalışmada anlık debi ölçümleriyle, aynı anda toplanan katı madde örneklerine ait veriler bir arada değerlendirilmiş, bunların arasındaki ilişki regresyon yöntemleriyle araştırılmıştır. Farklı regresyon ilişkilerinin test edilmesi sonucunda üssel regresyon ilişkisinin debi ve katı madde miktarı arasındaki ilişkiyi en güçlü şekilde tanımladığı tespit edilmiş, bu doğrultuda istasyonların katı madde anahtar eğrileri üssel regresyon ilişkisiyle tanımlanmıştır. Tablo 2 incelendiğinde, istasyonların büyük bir kısmında anahtar eğrisinin üssel ilişkiyle güçlü bir biçimde ifade edilebildiği göze çarpmaktadır.

Tablo 2. Üssel regresyon katsayıları

İstasyon No	Üssel Regresyon Katsayıları		
	a	b	R
103	1,376	1,266	0,705
113	1,141	1,465	0,863
212	2,105	1,465	0,949
302	0,639	1,817	0,882
314	2,739	1,424	0,939
316	0,527	1,720	0,947
317	1,539	1,346	0,899
328	2,658	1,648	0,866
331	0,476	2,199	0,853
411	3,862	1,601	0,876
523	6,441	1,429	0,858
527	6,420	1,798	0,840
601	3,672	1,711	0,930
701	4,889	1,466	0,885
706	3,670	1,600	0,878
808	1,519	1,596	0,678
812	0,072	2,403	0,890
815	0,980	1,992	0,773



Şekil 2. 812 No lu İstasyonun Katı madde Anahtar Eğrisi

KAYNAKLAR

- Aksu, N. ve Uçan, K. (2012). Hurman Çayı Havzasında Ölçülen ve Ampirik Yöntemlerle Hesaplanan Sediment Verimlerinin Karşılaştırılması. KSÜ Doğa Bil. Derg., 15(3)
- Bathurst, J.C., Burton, A., Clarke, B.G. ve Gallart, F. (2006) Application of the SHETRAN basin-scale, landslide sediment yield model to the Llobregat basin, Spanish Pyrenees, Hydrol. Process., 20, pp. 3119-3138
- Betrie, G.D., Mohamed, Y.A., Van Griensven, A. ve Srinivasan, R. (2011) Sediment management modelling in the Blue Nile Basin using SWAT model, Hydrol. Earth Sci., 15, pp. 807-818
- Bussi, G., Frances, F., Horel, E., Lopez-Tarazon, J.A. ve Batalla, R.J. (2014) Modelling the impact of climate change on sediment yield in a highly erodible Mediterranean catchment J. Soils Sediments, 14, pp. 1921-1937
- Fırat, M. ve Güngör, M. (2004). Askı Madde Konsantrasyonu ve Miktarının Yapay Sinir Ağları ile Belirlenmesi. İMO Teknik Dergi, 2004 3267-3282, Yazı 219
- De Vente, J., Poesen, J., Verstraeten, G., Van Rompaey, A. and Govers, G. (2008) Spatially distributed modelling of soil erosion and sediment yield at regional scales in Spain, Global Planet. Chang., 60, pp. 393-415
- İnal, C., Fakiöğlu, P. ve Bülbül, S. (2015). Hidrografik Ölçümler İle Barajlardaki Sediment Miktarının Belirlenmesi. S.Ü MÜh. Bilim Ve Teknik Dergisi, C3, S4, Konya
- López-Tarazón, J.A., Batalla, R.J., Vericat, D ve Francke, T. (2009) Suspended sediment transport in a highly erodible catchment: the River Isábena (Southern Pyrenees), Geomorphology, 109, pp. 210-221
- Oğus, V. (2010). Korubaşı-Arak Deresi Askıdaki Sediment Taşınımının Analitik Yöntemler ile İzlenmesi. Ankara Üniversitesi Toprak Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Ankara
- Terzi, Ö. ve Baykal, T. (2015). Dalgacık - GEP Modeli ile Akarsularda Askıda Katı Madde Miktarı Tahmini. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 32100, Isparta
- Ülke, A., Özkul, S. ve Tayfur, G. (2011). Ampirik Yöntemlerle Gediz Nehri İçin Askıda Katı Madde Yüğü Tahmini. İMO Teknik Dergi, 2011 5387-5407, Yazı 348
- Verstraeten, G. ve Poesen, J., 2000. Using sediment deposits in small ponds to quantify sediment yield from small catchments: possibilities and limitations. Soil erosion and global cahange meeting September 8-10, 2000. Almeria, Spain.
- Yonarlar, A. (2006). Türkiye Akarsu Sediment Verimlerinin Küme Analizi Yöntemi ile Sınıflandırılması. Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 118s, Sakarya.



DÜZBAĞ BARAJINDAN GAZİANTEP İLİNE İÇME SUYU TEMİNİ

M.İ Yüce¹ ve Ş. Yüce²

¹ Doçent Dr., İnşaat Müh. Bölümü, Gaziantep Üniversitesi, Gaziantep

² İnşaat Yük. Müh., Gaziantep Su ve Kanalizasyon İdaresi, Gaziantep
Email: yuce@gantep.edu.tr

ÖZET

Gaziantep ilinde nüfus artışı, kentsel gelişim ve sanayi bölgelerindeki artışa paralel olarak içme ve kullanma suyu ihtiyacında ciddi bir artış olmaktadır. Bu durum yerel yetkilileri, gelecekteki su talebini karşılamak için mevcut su kaynaklarına ilave olarak yeni su kaynakları bulma arayışına yöneltmiştir. Bu çalışmanın amacı Gaziantep ilinin müstakbel içme suyu ihtiyacının Göksu nehri üzerinde yapılması planlanan Düzbağ barajından karşılanması için gerekli detayları projelendirmektir. Yeni isale hattı, mevcut içme suyu tesislerine bağlanacaktır.

ANAHTAR KELİMELER: İçme Suyu, İsale Hattı, Düzbağ Barajı, Gaziantep

DRINKING WATER SUPPLY TO GAZİANTEP FROM DÜZBAĞ DAM

¹ Assoc. Professor, Civil Eng. Department, Gaziantep University, Gaziantep

² Civil Engineer, MSc., Gaziantep Water and Sewerage Administration, Gaziantep
Email: yuce@gantep.edu.tr

ABSTRACT

The need for drinking water in Gaziantep city presents an increasing trend due to rise in population, rapid urban development and increasing number of industrial zones. The local authorities are trying to find new water resources in order to cover the future water demand. The aim of this study is to provide details of the drinking water supply project from Düzbağ dam to Gaziantep. The dam is planned to be constructed on Göksu River and supply water to the city. The water supply pipeline is to be connected to the existing drinking water facilities.

KEYWORDS: Drinking Water, Water Supply Pipeline, Düzbağ Dam, Gaziantep

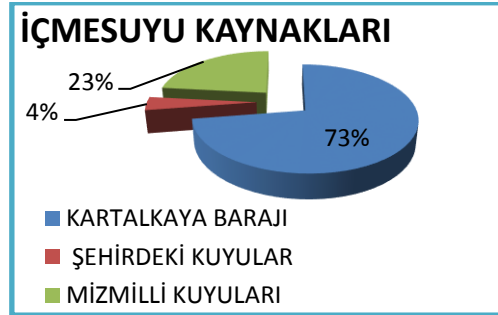
1. GİRİŞ

Gaziantep ilinde artan nüfus, kentsel gelişme ve sanayi bölgelerindeki gelişmeye paralel olarak içme ve kullanma su ihtiyacında da sürekli artış olmaktadır. Mevcut içme ve kullanma suyu kaynaklarına ilave olarak yeni kaynak bulmak ihtiyaç haline gelmiştir. Bu çalışma, 2050 yılı hedef alınarak şehrin içme ve kullanma suyu ihtiyacının hesaplanması, bu ihtiyacı karşılayabilecek havzanın ve dolayısı ile akarsuyun belirlenmesi ve gerekli su biriktirme, su alma ve su iletim yapıları ile ilgili temel kıstaslarının

belirlenmesi, bu yapıların mevcut içme suyu tesisleri ile entegrasyonuna yönelik güzergâh ve hatların etütlerinin yapılmasıdır.

Gaziantep ili içme suyu temin çalışmaları daha önce DSİ XX. Bölge Müdürlüğü tarafından yürütülmüş. DSİ yapımı devam eden Çetintepe Barajı ile yaklaşık 890 m kottan alınacak suyu 1030 m'ye terfi ederek bu noktadan itibaren isale hattı ile Gaziantep'e iletilmesi planlanmaktadır. Bu çalışma, Kurulacak pompa istasyonlarının ve tüketilecek elektrik enerjisi maliyetleri göz önüne alındığında uygun bir çözüm olarak görülmektedir (Yüce vd. 2009).

Gaziantep ili mevcut içme ve kullanma suyu ihtiyacı üç farklı kaynaktan karşılanmaktadır (Şekil 2). Bu kaynakların ikisi, Kahramanmaraş il sınırları dâhilinde bulunan Kartalkaya Barajı ve Mizmilli Kuyularıdır. Gaziantep şehri sınırları içerisinde açılmış münferit kuyular ise kentin üçüncü su kaynağını oluşturur (Yüce vd. 2009; GASKİ, 2014; GASKİ, 2015). Kentin içme suyu ihtiyacının büyük bir kısmı Kahramanmaraş'ın Pazarcık ilçesinde bulunan Kartalkaya Barajından karşılanmaktadır. Üç terfi tesisinden kademeli olarak alınan, 2,5 m³/s debiye sahip su toplam olarak 296 m terfilendirilir, dolayısı ile iletilen suyun birim maliyeti oldukça yüksektir. Mizmilli kuyuları, Kahramanmaraş-Narlı ovasındaki Yuvalıdere vadisinde yer alır ve toplam 30 kuyudan oluşmaktadır. Bu kuyulardan yaklaşık 60 m derinlikten çekilen su, 85.000 m³/gün kapasite, 1200 mm çaplı ve 41900 m uzunluğunda çelik borudan oluşan terfi ve isale hattı ile şehre iletilmektedir. Yaklaşık olarak 1 m³/s debiye sahip olan su üç pompa istasyonundan kademeli olarak toplam 602 m terfi ile iletilmektedir. Şehrin çeşitli bölgelerinde açılmış toplam olarak on dört münferit kuyudan, yine terfi ile yaklaşık 0,5 m³/s civarında su iletilmektedir.



Şekil 1. Gaziantep ili İçme suyu Kaynakları

2. İÇME VE KULLANMA SUYU İHTİYACI

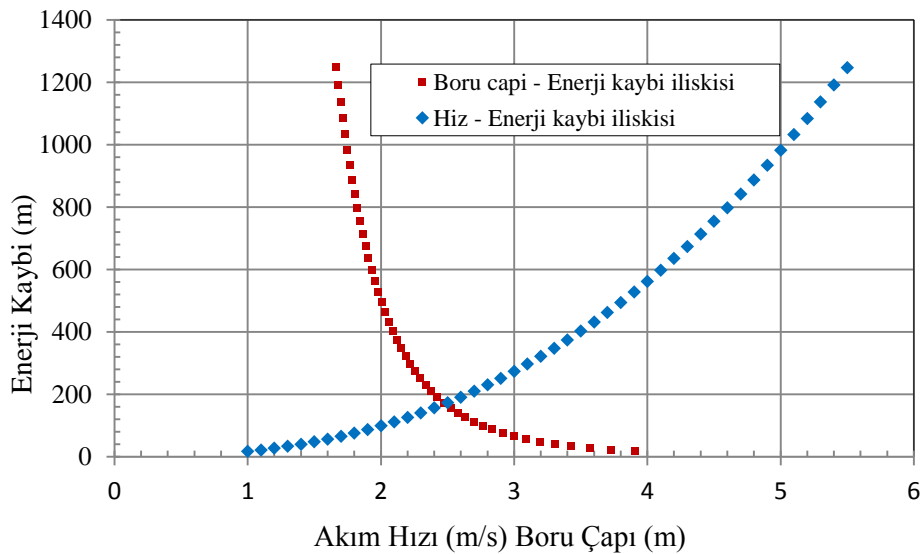
Mevcut çalışmada Gaziantep ilinin 2050 yılındaki su ihtiyacı tahmin edilmiş olup hesaplamalar 35 yıllık bir proje süresine dayanmaktadır. İller Bankası yönetmeliğine göre gelecekteki nüfus 500,000'nin üzerinde ise kişi başı günlük 225 lt kullanma suyunun göz önüne alınması gerektiği vurgulanmakta ve nüfus arttıkça bu ihtiyacın da artacağı belirtilmektedir. Avrupa ve Amerika'da isale hattı projeleri yapılırken kişi başına düşen toplam su tüketimi sırasıyla 200 ve 550 lt olarak alınmaktadır (Gedik, 2016). Bu çalışmada, kişi başına günlük 200 lt su kullanımı öngörülmüştür. Nüfusun tahmini İller Bankası, bileşik faiz, geometrik artış ve üstel metot olmak üzere dört ayrı yöntemle ile yapılmıştır, eğitim ve gelir seviyesinin, projede hedef seçilen 2050 yılına kadar tedrici olarak artması dikkate alındığında, göç ve doğum oranlarındaki artışlarda azalmanın olacağı öngörülmektedir. Dolayısı ile Gaziantep'in 2050 yılındaki nüfusunun yaklaşık olarak 3.500.000 olacağı tahmin edilmiştir, 2050 yılında su ihtiyacının 8 m³/s civarında olacağı tahmin edilmektedir.

3. DÜZBAĞ BARAJI

İhtiyaç duyulan suyun temin edilebilmesi için Kahramanmaraş ili Çağlayancerit ilçesi Düzbağ beldesinin 6-7 km kuzeyinde, Göksu Nehri üzerinde baraj inşa edilmesi ve içme suyunun buradan alınarak 125 km uzaklıktaki Gaziantep içme suyu arıtma tesislerine taşınması öngörülmektedir. Fırat havzasında bulunan Göksu nehri üzerinde Düzbağ beldesinde kurulu bulunan D21A262 numaralı Akım Gözlem İstasyonu (AGİ) çalışma bölgesine bir kaç km mesafede olduğu için bu AGİ'ye ait bilgiler çalışma kapsamında kullanılmıştır. Yaklaşık kotu 905 metre olan AGİ'nin koordinatları 37°28'N-37°49'E olup, yağış alanı 648 km²'dir, 1992 tarihinden itibaren aktif olarak çalışmakta ve bu güne kadar ölçülen anlık maksimum debi 07.03.1996 tarihinde 130 m³/s olmuştur. Akım gözlem istasyonunun verilerine göre ortalama debinin 10,3 m³/s olduğu anlaşılmaktadır (DSİ, 2016). AGİ'nin verileri kullanılarak, %100 regülasyon ile yaklaşık olarak 82 milyon metreküp hazne hacmi ve yüksekliği 150 m (talvegden) olan bir baraj inşaa edilebilir.

4. İSALE HATTI

Düzbağ barajından cazibeyle iletilecek su güzergâhının Düzbağ-Gölbaşı-Bozlar-Pazarcık-Narlı-Gaziantep şeklinde olması olacaktır. Bu güzergâhın büyük bir bölümü boru hattı için uygundur. Düzbağ beldesi ile baraj arasında yaklaşık 6-7 km'lik uzaklık ham yoldan oluşmaktadır. Öte yandan, Düzbağ'ın çıkışından itibaren 6,5 km'lik bir bölümde topoğrafik yükseklikler bulunmakta, bu bölgenin tünel ile geçilmesi öngörülmektedir. Bu noktadan itibaren 30-35 km yol yapımı dışında, mevcut stabilize köy yollarının servis yolu olarak değerlendirilmesi mümkündür. Yapımı düşünülen barajdan gelen isale hattı Kartalkaya barajı pompa istasyonunun bulunduğu yere ulaştıktan sonra, mevcut Kartalkaya-Gaziantep içme suyu arıtma tesisleri arasındaki hat kullanılacaktır. İsale hattı için en uygun boru çapı ve en uygun akım hızı parametrelerinin tespit edilmesi amacıyla Darcy-Weisbach formülü kullanılmıştır. Denklemden isale hattı uzunluğu, $L = 125$ km, sürtünme katsayısı, $f = 0.011$, rölatif pürüzlülük, $ks/D = 0.00005$ ve debi, $Q = 12$ m³/s olarak alınmıştır. Boru çapı-enerji kaybı ilişkisi ve akım hızı-enerji kaybı ilişkisini gösterir eğriler Şekil 2'te verilmektedir.



Şekil 2. Enerji Kaybı-Akım Hızı ilişkisi



5. TARTIŞMA

Gaziantep ili içme ve kullanma suyu ihtiyacının temini amacıyla Kahramanmaraş ili Çağlayancerit ilçesi Düzbağ Beldesine yaklaşık 6-7 km mesafede Göksu Nehri üzerinde, Karapur Sırtı ile Haramlı Sırtı arasında kalan boğaz üzerinde, koordinatları 37 365 518 E ve 4 187 905 N, nehir talveg kotu 960m olan noktada baraj önerilmiştir. Barajda yıllık yaklaşık olarak 325 milyon m³ suyun depolanması amaçlanmaktadır. Bu amaca yönelik yapılan 1/25.000 ölçekli etüt çalışmalarında bu depolama hacmini sağlayabilecek gövde yüksekliği yaklaşık 150 m olarak hesaplanmaktadır. Kentin mevcut içme ve kullanma suyu kaynaklarına ek olarak yapılması planlanan barajdan sağlanacak su ile birlikte Gaziantep ilinin 2050 yılına kadar su ihtiyacının karşılanması temin edilmiş olacaktır. Öngörülen koşullarda oluşacak rezervuarın maksimum su kotu 1100 m civarında olacaktır.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Gaziantep ili müstakbel içme suyu ihtiyacının karşılanması amacıyla Göksu Havzasından su temini için yapılan bu çalışmanın temel amacı yüksek enerji maliyetinden dolayı mevcut terfili iletim tesislerini yedeğe bırakarak cazibeli iletim sağlayacak yeni bir su kaynağı ve iletim imkânlarını irdelemektir. Önerilen proje yüksek ilk yatırım maliyetine sahip olmak ile beraber, uzun vadede sağlayacağı enerji tasarrufu göz önüne alındığında daha ekonomik bir yatırım olacağı görülmektedir. Hâlihazırda içme suyu temini yapılan gerek Kartalkaya Barajı iletim hattı, gerekse Mizmilli iletim hattı terfili olarak çalışmaktadır. Bu tesislerden toplam 3,5 m³/s su alınmaktadır. Kartalkaya tesislerinden alınan 2,5 m³/s debiye sahip su 3 pompa istasyonundan kademeli olarak toplam 296 m terfi ile tasfiye tesislerine iletilmektedir. Debisi yaklaşık olarak 1 m³/s olan ve Mizmilli tesislerinden alınan su ise 3 pompa istasyonundan kademeli olarak toplam 602 m terfi ile iletilmektedir. Şehir içinde açılmış bulunan münferit kuyulardan ise yine terfi ile 0,5 m³/s civarında su iletilmektedir. Bu tesislerin şebekeye dağıtım esnasında da ayrıca depolara ara terfi merkezleriyle farklı kademelerde terfi işlemi yapılmaktadır. Halen bu tesislerin işletmesi için ortalama aylık 13.000.000 TL enerji maliyeti Gaziantep Büyükşehir Belediyesi tarafından karşılanmaktadır. Yapımı önerilen barajın kriterleri göz önüne alındığında, bu tesislerden önemli miktarda enerji üretimi de mümkündür. Bu değerlendirmeler ışığında yapılacak içme suyu tesisleri makul bir sürede kendini amorti edebilecektir.

KAYNAKLAR

GASKİ Faaliyet Raporu (2014) http://gaski.gov.tr/dokumanlar/2_4_faaliyet2014.pdf

GASKİ 2015-2019 Stratejik Plan (2015) http://gaski.gov.tr/dokumanlar/2_40_20152019splan.pdf

Gedik N. (2016). *Su Temini ve Çevre Sağlığı* (Ders Notları). Balıkesir Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü. <http://w3.balikesir.edu.tr/~ngedik/>

Yüce, M. I., Günal, M., Aytekin, A., Çabalar, A. F. ve Ağırlioğlu, N. (2009) *Gaziantep İli Müstakbel İçme Ve Kullanma Suyu İhtiyacının Karşılanması Amacıyla Göksu Havzasından Su Temini, Etüt Raporu*, Gaziantep Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü.



GEDİZ HAVZASINDA KURAKLIK ANALİZİ

**H.Aksoy¹ E.Eriş² M.Çetin³ B.Önöz¹ M.İ.Yüce⁴ B.Selek⁵
H.Aksu⁶ H.İ.Burgan⁷ M.Eşit⁸**

¹ Prof. Dr., İnşaat Mühendisliği Bölümü, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul

² Y. Doç. Dr., İnşaat Mühendisliği Bölümü, Ege Üniversitesi, İzmir

³ Prof. Dr., Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Çukurova Üniversitesi, Adana

⁴ Doç. Dr., İnşaat Mühendisliği Bölümü, Gaziantep Üniversitesi, Gaziantep

⁵ Dr., Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, Ankara

⁶ Dr., DSİ Genel Müdürlüğü, Ankara

⁷ Araştırma Görevlisi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul

⁸ Araştırma Görevlisi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Adıyaman Üniversitesi, Adıyaman

Eposta: ebru.eris@ege.edu.tr

ÖZET

Akarsu havzalarında kuraklığın incelenmesi, olası iklim değişikliği senaryoları göz önüne alındığında su kaynaklarının planlanması ve işletilmesi açısından dünyada olduğu gibi ülkemizde de büyük önem arz etmektedir. Kuraklığı izlemek için birçok kuraklık indisi geliştirilmiş olup Standart Yağış İndeksi (SYİ) gerek dünyada gerekse ülkemizde yalnızca yağış verisine ihtiyaç duyması, hesaplamalardaki kolaylığı ve güvenilir olması nedeniyle sıkça kullanılmaktadır. Bu çalışmada SYİ yardımıyla Gediz Havzasındaki kuraklık incelenmiş ve kuraklık olasılıkları çıkarılmıştır.

ANAHTAR KELİMELER: Kuraklık olasılığı, Standart Yağış İndeksi (SYİ), Gediz Havzası

DROUGHT ANALYSIS IN GEDİZ BASIN

¹ Prof. Dr., Civil Engineering Department, Istanbul Technical University, Istanbul

² Assist. Prof. Dr., Civil Engineering Department, Ege University, Izmir

³ Prof. Dr., Agricultural Structures and Irrigation Department, Çukurova University, Adana

⁴ Assoc. Prof. Dr., Civil Engineering Department, Gaziantep University, Gaziantep

⁵ Dr., General Directorate of Water Management, Ankara

⁶ Dr., General Directorate of State Hydraulic Works, Ankara

⁷ Research Assistant, Civil Engineering Department, Istanbul Technical University, Istanbul

⁸ Research Assistant, Civil Engineering Department, Adıyaman University, Adıyaman

Email: ebru.eris@ege.edu.tr

ABSTRACT

Drought analysis in river basins has great importance in Turkey for water resources planning and management when possible climate change scenarios are taken into account. Several drought indices have been developed to monitor the drought. Among them, Standard Precipitation Index (SPI) is often used in the world as well as in Turkey because of its simplicity. It is also reliable and only needs precipitation data. In this study, the drought in Gediz Basin is investigated and drought probabilities are determined using SPI.

KEYWORDS: Drought probability, Standardized Precipitation Index (SPI), Gediz Basin



1. GİRİŞ

İklimsel bir olay olan kuraklık, belirli bir zaman periyodunda yağıştaki azalma veya yağışın normalin altına düşmesi olarak tanımlanabilir. Kuraklık, meteorolojik kuraklık olarak başlar ve sonrasında tarımsal ve hidrolojik kuraklığa neden olabilir. Meteorolojik kuraklığı izlemek için birçok kuraklık indisi geliştirilmiştir. Bu indislerden; yalnızca yağış verisine ihtiyaç duyması, hesaplamalardaki kolaylığı ve güvenilir olması nedeniyle en çok Standart Yağış İndisi (SYİ) kullanılmaktadır.

SYİ kullanılarak ülkemizin pek çok bölgesinde kuraklık incelenmiştir (Uzunkol, 2017). Bu çalışmaya konu olan Gediz havzası için, havzada bulunan farklı istasyonların yağış verilerinden yararlanılarak SYİ bazlı kuraklık çalışmaları yapılmıştır (Pamuk vd., 2004; Apak, 2009; Bacanlı vd., 2017; Kayam vd., 2017). Ancak bu çalışmalarda Gediz havzasının tamamının kuraklık durumunu yansıtacak sayıda istasyon kullanılmamıştır. Bu çalışmada ise yeterli uzunlukta ölçümü bulunan 35 istasyon verisi kullanılarak SYİ hesaplanmış ve kuraklık olasılıkları elde edilmiştir.

2. YÖNTEM

SYİ, McKee vd. (1993) tarafından kuraklığı tanımlamak ve izlemek amacıyla geliştirilmiştir. Sadece yağış değerlerine bağlı olarak hesaplanan indis yardımıyla kurak dönemin yanı sıra nemli dönemler de izlenebilir. SYİ belirlenen bir zaman dilimi içinde, yağışın ortalamadan olan farkının standart sapmaya bölünmesi ile elde edilir.

$$SYI_{i,j} = \frac{X_{i,j} - \mu_j}{\sigma_j} \quad (1)$$

Burada $X_{i,j}$, i yılının j ayındaki yağışı (mm), μ_j , j ayındaki ortalama yağışı (mm) ve σ_j ise yine j ayındaki yağışın standart sapmasını göstermektedir. SYİ değerleri farklı periyotlar (1, 3, 6, 9, 12, 24, 48 ay gibi) için hesaplanabilir. Ancak yağış verileri 12 ay ve daha kısa dilimlerde normal dağılıma uymayabilir. Bu nedenle her bir veri seti Gamma fonksiyonuna uydurulur. SYİ'lerine göre kuraklık sınıflandırılması Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. SYİ'ye göre kuraklık sınıflandırılması

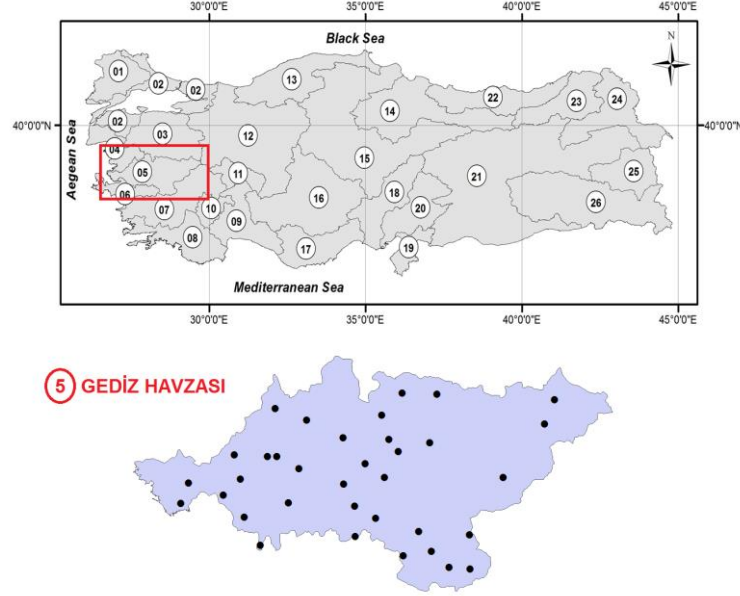
SYİ	Sınıf	Aşılma Olasılığı (%)
(0)-(-0.99)	Hafif kuraklık	33
(-1.0)-(-1.49)	Orta şiddetli kuraklık	10
(-1.5)-(-1.99)	Şiddetli kuraklık	5
≤ -2	Çok şiddetli kuraklık	2.5

3. ÇALIŞMA BÖLGESİ VE VERİLER

Gediz Havzası, Türkiye'nin batısında Ege Bölgesi'nde yer alan, sularını Gediz ve kolları vasıtasıyla Ege Denizi'ne boşaltan, Kuzey Ege, Susurluk ve Küçük Menderes Havzaları arasındaki alanı kapsamaktadır. Gediz Havzası 18,000 km²'lik alana sahiptir. Yıllık yağış 639 mm'dir, yağışın %16'sı akışa geçmektedir. Gediz havzasında yaz ayları sıcak ve kurak, kış ayları ılık ve yağışlı olan tipik Akdeniz iklimi görülür. Havzanın doğu ucundaki yüksek kesimleri Akdeniz iklimi ile Kara iklimi arasında bir geçiş bölgesi oluşturur. Bu kesimlerde özellikle kış aylarında kar yağışı gözlenir ve sıcaklıklar daha düşüktür. Havzanın yıllık ortalama yağışı 635 mm civarındadır. Havzanın batı ucundaki delta alanında 10 m

kotundaki Menemen ilçesinde yıllık toplam yağış 540 mm iken, havzanın doğu ucunda 850 m kotundaki Gediz ilçesinde yıllık yağış 760 mm'ye ulaşır. Ortalama olarak yıllık yağışın %75'i Aralık ile Nisan ayları arasındaki beş aylık dönemde düşer.

Çalışmada Gediz havzası içinde yer alan en az 10 yıllık ölçümü bulunan 35 istasyonun yağış verisi kullanılmıştır (Şekil 1). Bu istasyonlara ait ilk ve son gözlem yılları 1960 ile 2016 arasındadır.



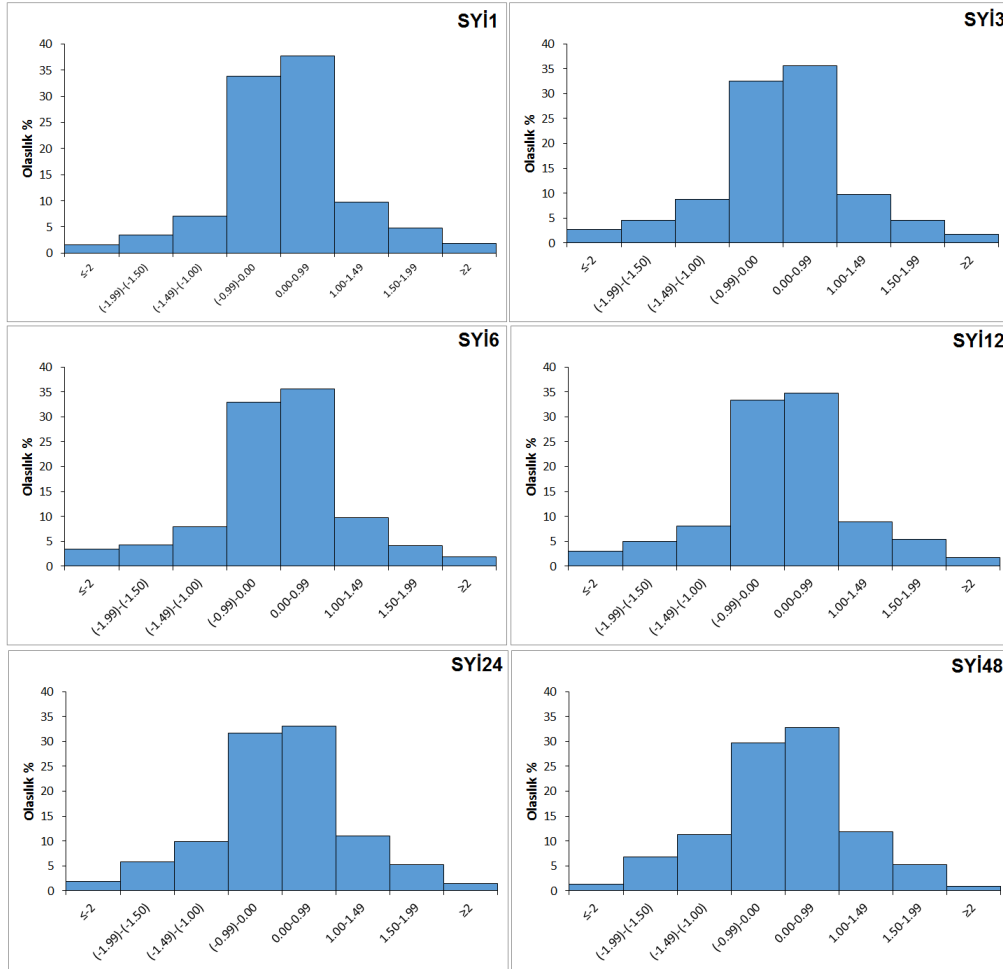
Şekil 1. Gediz havzası ve çalışmada kullanılan yağış gözlem istasyonları

4. SONUÇ VE TARTIŞMA

Gediz havzası için SYİ değerleri 1, 3, 6, 12, 24 ve 48 aylık periyotlar için belirlenmiştir. SYİ değerlerinden yararlanılarak havza içi iklimsel kuraklık/nemlilik olasılıkları hesaplanmış ve Şekil 2'de verilmiştir. Şekil 2'den anlaşılacağı üzere Gediz havzasında tüm periyotlar için zamanın %32'sinde hafif kuraklık, %8.8'inde orta şiddetli kuraklık, %5'inde şiddetli kuraklık ve %2.3'ünde çok şiddetli kuraklık görülmektedir. SYİ standardize edildiğinden söz konusu yüzdelerin normal dağılımlı olması beklenmektedir. Nitekim "çok şiddetli kuraklık" sınıfındaki SYİ değeri olan %2.3 genellikle aşırı bir olay için beklenen yüzdendir (Tablo 1'de aşılma olasılığı). SYİ'nin standartlaştırılmış olması mevcut kuraklığın frekansını belirlemeye olanak tanır. Belirli bir kuraklık olayının farklı bölge veya iklim koşullarında olsa dahi ne kadar sık ya da seyrek görülebileceği böylece değerlendirilebilir.

TEŞEKKÜR

Bu proje Türkiye Ulusal Jeodezi ve Jeofizik Birliği (TUJJB) tarafından desteklenen TUJJB-TUMEHAP-2015-01 no.lu "Hidrolojik Havzalarda Düşük Akımlar ve Kuraklık Analizi" adlı proje çerçevesinde gerçekleştirilmiştir.



Şekil 2. Gediz havzası için kuraklık/nemlilik olasılıkları

KAYNAKLAR

- Apak, E. (2009). Standart Yağış İndeksi (SPI) Yöntemi İle Ege Bölgesinde Kuraklık Analizi. Yüksek Lisans Tezi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, Ege Üniversitesi, İzmir.
- Bacanlı, Ü.G., Baran, T. ve Dikbaş, F. (2017). Paylaştırılmış entropi kavramının kuraklık ölçütü olarak kullanılabilirliği. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi* **23:3**, 232-237.
- Kayam, Y., Yılmaz, G., Etöz, M. ve Yücerim, G. (2017). Bazı Kuraklık İndislerinin Karşılaştırılması ve İklimsel Analizler; Menemen Örneği. 5. Uluslararası Katılımlı Toprak ve Su Kaynakları kongresi, Bildiriler Kitabı, Volume 1, 579-596.
- Mckee, T.B., Doesken, N.J., Kleist, J. (1993). The Relationship of Drought Frequency and Duration to Time Scales, 8 th Conference on Applied Climatology, 17-22 January, Anaheim, CA, pp.179-184.
- Pamuk, G., Özgürel, M. ve Topçuoğlu, K. (2004). Standart Yağış İndisi (SPI) ile Ege Bölgesinde Kuraklık Analizi. *Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg.* **41:1**, 99-106.
- Uzunkol, M. (2017). Seyhan ve Ceyhan Havzalarının İklimi ve Kuraklık Analizi. Yüksek Lisans Tezi, Sosyal Bilimler Enstitüsü Coğrafya Ana Bilim Dalı, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Kahramanmaraş.



AN INVESTIGATION OF THE RAINFALL FACTOR OF THE RUSLE METHOD AT KARTALKAYA DAM WATERSHED

G. Taskesen Ozturk, M.L.Suzen and K.K. Yilmaz

¹ *Department of Geological Engineering, Middle East Technical University, Ankara, TURKEY*
Email: suzen@metu.edu.tr

ABSTRACT

The lifetime and productivity of storage dams largely depend on the amount of sediment accumulation. Erosion prediction models are beneficial tools for estimation of sediment accumulation at dams. Hence soil erosion models provide critical information in dam planning and operation. RUSLE is one of the most common soil erosion models used for this purpose. However, determination of RUSLE model parameters necessitates detailed information and extensive laboratory tests. One of these parameters is the Rainfall Factor (R) which is erosivity factor of precipitation. This factor depends on the duration, magnitude and intensity of rainfall events. The difficulty in estimating the R parameter stems from the lack of minute-based precipitation data. The objective of this study is to investigate the degree of agreement between the rainfall factors estimated from coarser temporal scale rainfall dataset (i.e. monthly) and finer scale temporal rainfall dataset (10-minute interval) within and around the drainage basin of the Kartalkaya Dam situated in the southeastern part of Turkey. Our results indicate that rainfall factor can be reasonably estimated using monthly rainfall datasets instead of minute-based rainfall datasets, with correlation coefficient values ranging between 0.52 and 0.92.

KEYWORDS: Soil erosion, RUSLE, Rainfall Factor, Monthly Fournier Index, Kartalkaya Dam

1. INTRODUCTION

Soil erosion is defined as detachment of soil particles by the power of water flow or wind. It is one of the most common environmental and agricultural problems globally and largely effect the lifetime and productivity of dams. It is hence critical to accurately estimate the amount of soil erosion to take necessary precautions. To analyze the risk and calculate eroded material from land, many erosion models have been developed. Among the most commonly used models are the Universal Soil Loss Equation, USLE (Wischmeier and Smith, 1958) and Revised Universal Soil Loss Equation, RUSLE (Renard et al., 1997) which predict the average annual soil loss resulting from raindrop impact and runoff from the catchment. For example, Tanyaş (2015) applied the RUSLE model to calculate annual transported sediment amount within Kartalkaya Dam watershed. The RUSLE formula to estimate the average annual soil loss is given by:

$$A = R * K * LS * C * P \quad (1)$$

where, A is the soil loss per unit area; K is the soil-erodibility factor; LS is the slope length and gradient factor; C is the cropping management factor; P is the erosion control-practice factor; R is the rainfall factor and is an expression of the erodibility of rainfall and runoff.

The rainfall factor R is a numerical descriptor of the ability of rainfall to erode soil. The original RUSLE R factor is the product of kinetic energy of rainfall events in a period of time. Intense rainfall and large rain drops have more erosive power than shorter length rainfall events and small rain drops. The erosive

force of rainfall is expressed as rainfall erosivity and is determined by intensity and duration of rainfall events. Rainfall factor is equal to total storm kinetic energy (E) times the maximum 30-min intensity (I_{30}) (Wischmeier and Smith, 1958). The R-factor accumulates the rainfall erosivity of individual rainstorm events and averages this value over multiple years (Panagos et al., 2015). A proper calculation of R-factor in RUSLE formula requires continuous recordings of sub-hourly precipitation data for a period of several years. The main difficulty in calculating the rainfall erosivity value is the lack of high-temporal resolution rainfall data and limited number of raingauges. However, similar to many other regions in the world, Turkey has relatively sparse rain gauge network and minute-based rainfall records are only available for a limited number of stations and only for recent years. Therefore it should be tested whether the available daily or monthly data could be used to estimate the rainfall factor utilized in the RUSLE model. The objective of this study is to investigate whether coarse temporal scale rainfall data (i.e. monthly) could be used instead of minute-based data in estimating rainfall factor in RUSLE model to assess erosion risk in Kartalkaya Dam in Turkey.

2. STUDY AREA AND DATASETS

Kartalkaya Dam, constructed for irrigation and flood prevention, is situated in Aksu River subbasin of the Ceyhan watershed within the city of Kahramanmaraş, southeastern Turkey. Kartalkaya Dam watershed covers an area 1060km². The watershed has a semi-arid climate. Only two meteorological stations exist within the catchment boundary. Due to this limitation, a wider study area is chosen for this study (Fig. 1). In this regional study area, daily rainfall is available from 18 stations operated by General Directorate of Meteorology. Only 6 of these stations have minute-based records for the 2010-2015 period (Fig. 1, Table 1) and hence will be the focus of this study.



Figure 1. Regional view of the study area.



Table 1. Meteorological Stations used in the study

Station ID	Station Name	Easting	Northing	Elevation (m)	Average Annual Precip. (mm/year)	Minute-based Data (Yes/No)
17265	Adıyaman	436509	4178894	672	687.6	Yes
17372	Antakya	243985	4010775	105	1091.5	Yes
17872	Doğanşehir	402087	4217569	1214	382.5	Yes
17871	Gölbaşı	379650	4182724	900	733.7	Yes
17965	Islahiye	289489	4101256	518	804.8	Yes
17255	Kahramanmaraş	315882	4160817	572	721.4	Yes

3. METHODOLOGY

The rainfall erosivity factor (R) was calculated by RUSLE R formula using six stations for which 10-minute rainfall is available (Antakya, Adıyaman, Doğanşehir, Gölbaşı, Islahiye and Kahramanmaraş) for the period of 2010-2015. According to RUSLE, an event is erosive if these three criteria are met; (i) the cumulative rainfall is greater than 12.7 mm, or (ii) the cumulative rainfall has at least one peak greater than 6.35 mm in 15 min, (iii) Two consecutive storms are considered different from each other if the cumulative rainfall is less than 1.27 mm in a period of 6 hour.

In RUSLE R method the rainfall erosivity factor (R) is calculated by (Renard and Freimud, 1994):

$$R = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \left[\sum_{k=1}^m (EI_{30})_k \right]_j \quad (2)$$

where, R is the average annual rainfall erosivity; E is the total storm kinetic energy; I_{30} is the maximum 30-min rainfall intensity; n is the number of years used to calculate the average R; n is the number of years to calculate the average; m is the number of storms in each year. According to the Eqn. 2, R-factor is the sum of EI_{30} values of erosive events during a time interval. EI_{30} (Eqn. 3) is calculated by multiplication of total storm kinetic energy and maximum 30-min rainfall intensity of an erosive storm. Kinetic energy of each rainfall event (Eqn. 4) is the product of rainfall energy per unit depth e_r and rainfall volume v_r (mm) during a particular increment r of the rainfall event with t increments. e_r in Eqn. 4 is calculated for each 30-minute interval using Eqn. 5 (Brown and Foster, 1987):

$$EI_{30} = KEJ * I_{30} \quad (3)$$

$$KEJ = \sum_{r=1}^t (e_r * v_r) \quad (4)$$

$$e_r = 0.29 * [1 - 0.72 * \exp(-0.05 * i_r)] \quad (5)$$

where i_r is the rainfall intensity for a particular increment r of a rainfall event.

Modified Fournier Index was calculated using total monthly rainfall values from six daily rainfall stations. MFI depends on total precipitation in a month and total mean annual precipitation. Arnoldus

(1980) showed that Fournier index is a good approximation of R and there exist a linear correlation between these two variables. They suggested the following Modified Fournier Index (MFI) formula:

$$MFI_j = \frac{\sum_{i=1}^{12} p_{i,j}^2}{P_j} \quad (6)$$

where $p_{i,j}$ is the mean rainfall for month i in year j , and P_j is the mean annual rainfall in year j .

4. RESULTS

Table 2 lists the MFI, R and annual precipitation values for each station during 2010-2015. It can be seen that station-based correlation coefficient between MFI and R varies between 0.52 and 0.92; only exception being the Doğanşehir Station. In 2010, Doğanşehir received 367 mm total precipitation, but this precipitation mainly occurred in January (159.2 mm) and December (86.8 mm). These two values increased the MFI value of 2010, but because the rainfall events were not significant in terms of intensity and energy, they did not strongly affect RUSLE R rainfall factor. Higher MFI values such as those caused by monthly extreme rainfall events cause difficulty for the methodology. The relationship between 6-year average values of MFI and R is provided in Fig. 2. It can be seen that the power function results in a coefficient of determination value of 0.78; which can be regarded as acceptable.

$$R_{ave} = 10.584 * MFI^{0.5869} \quad R^2 = 0.78 \quad (7)$$

Table 2. The values of R and MFI and their relationship for each station.

		Antakya	Adıyaman	Doğanşehir	Islahiye	Gölbasi	K.maraş
R	2010	191.33	161.18	82.24	60.61	226.6	199.35
	2011	166.81	108.41	89.16	183	186.49	160.64
	2012	308.78	350.02	193.4	541.4	251.23	281.25
	2013	197.25	115.41	101.66	208.27	188.03	140.21
	2014	87.92	203.33	164.5	110.04	213.21	135.61
	2015	244.17	210.7	125.4	287.29	246.78	225.85
MFI	2010	164.81	167.86	95.86	164.82	182.53	172.71
	2011	125.8	91.46	70.69	110.09	108.72	114.93
	2012	277.17	232.63	78.96	331.9	231.18	219.68
	2013	207.26	98.76	56.38	127.11	93.91	82.7
	2014	113.41	103.91	74.7	115.71	100.95	84.11
	2015	274.75	137.68	73.89	147.45	125.01	151.4
Annual Precip.	2010	907.4	619.4	390	802	724.2	829.1
	2011	1053.7	646.2	471.80	783.6	793	768.8
	2012	1444.5	1169.9	496.80	1499.4	1112	1177.91
	2013	1162.7	552.1	372.6	516	594	628.7
	2014	803	737.6	513.4	601.4	757.6	615.5
	2015	1235.4	691.9	453.3	659.8	696.8	761.9
Formula	$R_{ave} = 0.942MFI + 16.756$	$R_{ave} = 1.3961MFI - 2.1561$	$R_{ave} = 11.635\ln(MFI) + 75.958$	$R_{ave} = 1.7212MFI - 54.256$	$R_{ave} = 0.3684MFI + 167.01$	$R_{ave} = 6.2269MFI^{0.6967}$	
Correlation between R & MFI	0.83	0.73	0.002	0.71	0.52	0.92	

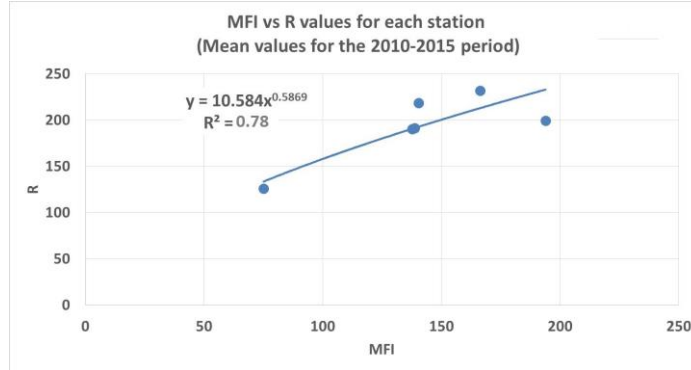


Figure 2. The relationship between station-based MFI and R values (6-year average).

5. DISCUSSION

Our results indicated that, in the study area, RUSLE Rainfall factor can be estimated using the monthly rainfall datasets for locations where the high resolution (minute-based) rainfall data is not available. The relationship between R-factor and MFI should be tested in other hydroclimatic regions of Turkey.

ACKNOWLEDGEMENT

The authors would like to thank General Directorate of Meteorology for providing the rainfall datasets.

REFERENCES

- Arnoldus, H.M.J. (1980). An Approximation of the Rainfall Factor in the Universal Soil Loss Equation. In: M. De Boodt and D. Gabriels (Editors), *Assessment of Erosion*. J.Wiley and Sons, Chichester, England. p. 127-132
- Brown, L.C. and Foster, G.R. (1987) Storm Erosivity Using Idealized Intensity Distribution. *Transactions of the ASAE*, 30, 379-386
- Panagos, P., C. Ballabio, P. Borrelli, K. Meusburger, A. Klik, S. Rousseva, M. P. Tadić et al. 2015. "Rainfall Erosivity in Europe." *Science of the Total Environment* 511: 801–814
- Renard, K. G., G. R. Foster, G. A. Weesies, D. K. McCool, and D. C. Yoder. (1997). Predicting Soil Erosion by Water: A Guide to Conservation Planning with the Revised Universal Soil Loss Equation. *Agriculture Handbook N.703*, Washington: U.S. Dept. of Agric. Res. Service.
- Renard, K. G., Freimud, J.R. (1994). Using monthly precipitation data to estimate the R-factor in the revised USLE, *Journal of Hydrology*, 157, 287-306
- Tanyaş H, Kolat C. and Süzen L.M. (2015). A new approach to estimate cover-management factor of RUSLE and validation of RUSLE model in the watershed of Kartalkaya Dam, *Journal of Hydrology*, 528, 584-598
- Wischmeier, W.H., Smith, D.D. (1958). Rainfall energy and its relationship to soil loss. *Trans., Am. Geophys. Union* 39, 285–291.



YERALTISUYU BESLENME MİKTARININ BELİRLENMESİ İÇİN YAPILAN ÇALIŞMALAR: MANİSA ALAŞEHİR ALÜVYON AKİFERİ ÖRNEĞİ

C. Şimşek¹, A. Baba², G. Tayfur², A. Kumanlıoğlu³, S. Durukan³, A. Demirkesen²,
N.Aksoy¹, A. Hasözbeğ¹, Z. Demirkıran¹, A. Murathan⁴, O. Çağırın⁴

¹ Dokuz Eylül Üniversitesi Torbalı Meslek Yüksekokulu

² İzmir İleri teknoloji Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Bölümü

³ Celal Bayar Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü

⁴ Devlet Şu İşleri İzmir Genel Müdürlüğü

Email: celalettin@deu.edu.tr

ÖZET

Yeraltı suyu kütlelerinin tam olarak karakterize edilmesi, yeraltı suyu beslenme bileşenlerinin belirlenmesine yönelik olarak Gediz Havzasının bir alt havzası olan Alaşehir alt havzası için aşağıdaki çalışmaları kapsayan proje yürütülmektedir. Yürütülmekte olan proje kapsamında ile alüvyon akiferin karakterizasyonunun yapılması için 25 noktada karotlu sondaj, 10 noktada pompaj kuyusu açılmıştır. Alınan karot örneklerinde zemin sınıflaması ve geçirgenlik testleri yapılarak malzeme dağılım haritası elde edilmiştir. Bunlara ek olarak açılan kuyulardan kimyasal ve izotop analiz amaçlı örnekler alınmış, yeraltısuyu seviye değişimi ve yüzeysel akış belirlenmiştir. Bu verilerden hareketle yeraltı suyu beslenme miktarına yönelik değerlendirmeler yapılmıştır.

ANAHTAR KELİMELER: Yeraltı suyu beslenmesi, Fiziksel ölçümler, Çevresel izotoplar

ESTIMATING GROUNDWATER RECHARGE: A CASE STUDY OF MANİSA ALAŞEHİR ALLUVIUM AQUIFER

¹ Dokuz Eylül University Torbalı Technical Vocational School of Higher Education

² İzmir Institute of Technology, Civil Engineering

³ Celal Bayar University, Civil Engineering

⁴ General Directorate of State Hydraulic Works, Izmir

Email: celalettin@deu.edu.tr

ABSTRACT

A project has been carried out for the Alaşehir basin an important sub-basin of the Gediz River Watershed to determine groundwater recharge ratios for the alluvial aquifer. In order to characteristics of the alluvial aquifer, 25 core drills and 10 pumping wells were opened. The soil classification and permeability tests were performed on the core samples and, based on the soil classification, a material distribution map is prepared. In addition, hydrochemical and isotope monitoring was performed and groundwater levels



were measured. Furthermore, surface water modeling studies were conducted to estimated the groundwater recharge quantities by using the data from the drilled wells.

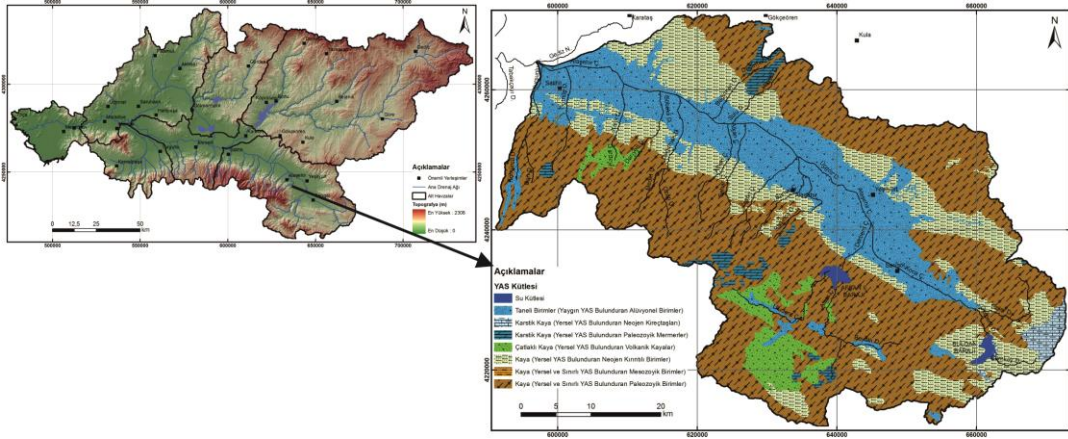
KEYWORDS: Groundwater recharge, physical measurement, environmental isotopes

1. GİRİŞ

Ülkemizi de içine alan küresel iklim değişikliği ve aşırı nüfus artışı nedeni ile su ihtiyacımızın karşılanması için yeraltı suyunun büyük öneme sahiptir. Yeraltı suyunun araştırılması ancak bölgenin hidrolojik ve hidrojeolojik özelliklerinin gerçekçi bir şekilde ortaya konulması, yeraltı suyunun bulunduğu akifer sistemin karakteristiğinin belirlenmesi, beslenme ve boşalım mekanizmasının anlaşılması ile mümkündür. Bu bağlamda en önemli bileşenlerden biri ise yeraltı suyu beslenme miktarının ortaya konulmasıdır (Healy, 2010). En önemli parametre olmasına karşın, hidrolojik bütçe elemanları arasında ölçülebilirliği veya hesaplanması en zor parametreyi yeraltı suyu beslenmesi oluşturmaktadır. Yeraltı suyu beslenimi, bölgesel iklim koşulları, akiferin karakteristik özellikleri, doygun bölgenin derinliği, bitki örtüsü, arazi eğimi, tarımsal toprak sınıfı ve arazi kullanımı gibi birçok faktöre bağlıdır (Kumar, 2013). Yağış, buharlaşma-terleme, yüzeysel akış değerleri noktasal olarak kurulan istasyonlarla ölçülebilmektedir. Ölçülen noktasal verilerden yola çıkarak yeraltı suyu beslenme miktarı tahmin edilebilmektedir. Ancak, günümüz havza planlama çalışmalarında noktasal verilerden ziyade alansal dağılım haritalarına ihtiyaç duyulmaktadır. Özellikle havzanın hidrojeolojik özellikleri dikkate alındığında her havza karakteristiği farklı olmakta ve dolayısı ile beslenme miktarı da farklılık göstermektedir. Bu nedenle ülkemiz geneli havzaları için kullanılacak yeraltı suyu beslenme tekniklerinin geliştirilmesi, havza planlaması ve su yönetimi için oldukça önemlidir. Bu eksikliğin giderilmesi ülkemize su kaynaklarının yönetimi açısından oldukça önemlidir. Bu nedenle akifer özelinde farklı beslenme yöntemleri kullanılarak yaygın akifer özelliği taşıyan alüvyon akiferin beslenme oranı bu çalışma kapsamında araştırılmaktadır.

2. ÇALIŞMA ALANI

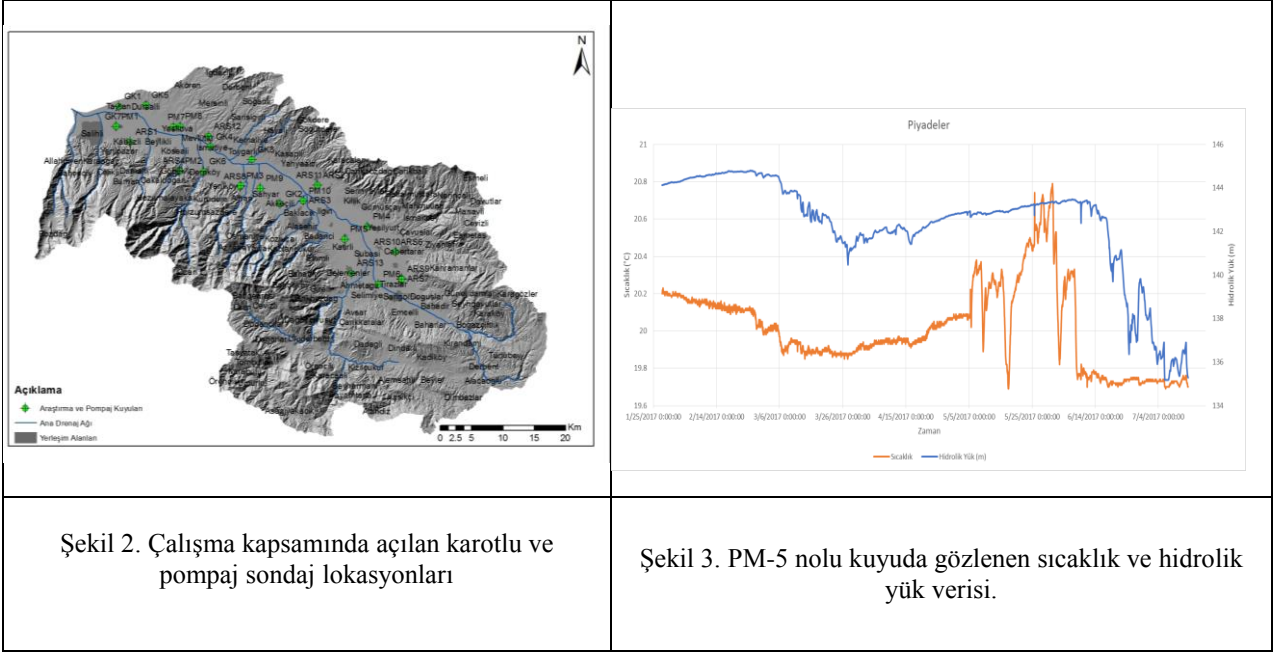
Proje sahası Gediz havzasının güneydoğu kesiminde yer alan ve havzanın % 15,81'ini oluşturan en önemli alt havzalarından biridir. Gediz Havzasının Türkiye haritası üzerindeki konumu ve proje sahasının Gediz havzası içerisindeki bölümü Şekil 1'de sunulmuştur. Proje sahasının büyük bölümünde ve özellikle yüksek rakımlı tepelerinde gözlenen Menderes Masifi metamorfikleri birçok farklı kaya türünden oluşmuştur. Bunlardan en baskın olanları mika şistlerdir. Şistler yeraltı suyu açısından elverişsiz birimi oluşturur. Birim üzerine geçişli dokanakla mermerler geçer. Kalınlığı 150 m'yi geçen mermerler genel olarak iri kristalli, yer yer siyah bantlı, korund ve diyasporit mercekleri içeren beyaz renkli dolomitik mermerlerden oluşur, yeraltı suyu bulduran karstik akifer özelliğindedir. Ayrıca, bu birim Alaşehir grabeni altında 1500-2000 m derinliklerde jeotermal sistemin rezervuar kayasını oluşturur. Bölgede yer alan Alaşehir grabeninde temel kayası üzerine oldukça kalın bir istif sunan Neojen yaşlı birimler, alttan üste doğru Alaşehir, Çaltılık ve Gediz Formasyonları adı verilen kırıntılı birimlerden oluşur. Bu birim içerisindeki çakıltaşları ve kumtaşları yeraltı suyu taşıyan birimleri oluşturur. Graben alanının en üst kesiminde kalınlığı 150 m'ye ulaşan Kuvaterner alüvyonlar yer alır ve bölgedeki en önemli akiferidir.



Şekil 1. Çalışma alanının Gediz havzasındaki konumu.

3. YAPILAN ÇALIŞMALAR

Doymamış ve doymuş bölgede beslenme miktarının belirlenmesine yönelik farklı yöntemler kullanılmaktadır (Weight, 2008; Healy, 2010; Leanay vd, 2011). Genel olarak kullanılan yöntemler; bütçe modeli, fiziksel ölçüm yöntemleri, izleyici ve kimyasal izleme teknikleri (duraylı izotoplar ve diğer çevresel izleyiciler), sayısal modelleme çalışmaları ve yeraltı suyu seviye değişimi değerlendirme yöntemleridir. Proje sahasında akifer litolojisinin tanımlanması, vadoz bölgenin geçirgenlik değerlerinin belirlenmesi, için toplamda 25 noktada araştırma kuyusu açılmıştır. Açılan kuyuların 10 tanesi pompaj kuyularının yakınlarına açılmıştır. Bu kuyular akiferin tanımlanması için karot alımı gerçekleştirilmiştir. Bu kuyuların ayrıca, pompaj testleri sırasında gözlem kuyusu olarak kullanılması da planlanmıştır. Bu kuyular 70 mm siyah renkli PVC boru ile teçhiz edilmiştir. Açılan kuyuların dağılımları Şekil 2’de sunulmuştur. Alınan karot örnekleri üzerinde Celal Bayar Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümünde zemin sınıflandırma deneyleri yapılmıştır. Araştırma kuyularında sondaj sırasında her 2 veya 3 m’de bir geçirgenlik deneyi yapılmıştır. Karotlu olarak açılan araştırma kuyularının 13 tanesi 5.5 inç çapla taranarak gözlem ve örnekleme kuyusuna dönüştürülmüştür. Genişletilen kuyular 100 mm’lik PVC boru ile teçhiz edilmiştir. Tarama yapılarak kuyu çapı büyütülen ve PVC boru indirilerek çakılan kuyular Şekil 2’de gösterilmektedir. Alüvyon akifer karakterizasyon sonuçları yüzeysel sızma miktarının belirlenmesi için Hydrus modelinde girdi olarak kullanılacaktır. Hydrus yazılımı toprak içerisindeki su akışı ve çözünmüş madde taşınımı konusunda yaygın olarak kullanılan model programlarından birisidir (Simunek vd., 2008). Bu model ile karot sondajları verileri kullanılarak yağıştan süzölmeye geçen su miktarı noktasal bazda hesaplanmaktadır. Noktasal veriler CBS ortamında interpolasyon teknikleri ile alansal dağılım haritalarına dönüştürülebilmektedir. Karotlu sondajlardan sonra, proje kapsamında toplam 10 noktada ve derinlikleri 70-125 m arasında değişen ve toplam derinliği 975 m olan su sondaj kuyusu açılmıştır. Açılan pompaj kuyularının lokasyonları Şekil 2’de sunulmuştur. Bu kuyuların açılış amaçları akiferin hidrolik parametrelerinin belirlenmesi için pompa testlerinin yapılmasıdır. Açılan kuyulara konumlandırılan seviye kaydedicileri her saat otomatik olarak yeraltı suyu seviyesi ve sıcaklığını kaydetmektedir (Şekil 3).



Bu veriler ile yeraltı suyu beslenmesi değerlendirilecektir. Açılan pompaj kuyularında yapılan testlerde alüvyon akiferin hidrolik iletkenlik katsayısının 0.02 m/g ile 67.27 m/g arasında değişmekte ve ortalaması 9.05 m/g olarak belirlenmiştir. Alüvyon akifer için özgül debi değeri 0.09 ile 26.4 L/s/m arasında değişmekte olup ortalaması 4.3 L/s/m olarak elde edilmiştir. Seviye değişim verileri ile akifere içe akış hesaplanabilmektedir (Korkmaz, 1988; Acar ve Sayiner, 2008). Elde edilen seviye değişimlerinden yola çıkarak yağıştan beslenme miktarı ortaya konulacaktır. Bunun için en az bir hidrojeolojik dönemde seviye izleme yapılacaktır. Elde edilen seviye değişim eğrisi ile yağış verileri karşılaştırılarak yeraltı suyu beslenme miktarı değerlendirilecektir.

Yeraltı suyu beslenmesinin hesaplanmasında kullanılan yöntemlerinden birisi de klorür kütle denge yöntemidir (Allison ve Hughes, 1978). Kurak ve yarı kurak alanlarda doğal bitki örtüsü alanlarında klorür konsantrasyonu çok uzun zamanda değişimler sunduğundan genel olarak kirleticiden uzak alanlarda sabit olarak alınabilir (Stone, 1992). Klorür bütçe tekniği olarak bilinen klorür kütle denge (KKD) metodu, 1969 yılında yılında Eriksson ve Khunakasem tarafından geliştirilmiştir. Bu kapsamda, proje sahasında açılan gözlem ve pompaj kuyularından örnekleme yapılarak major iyonlar ve izotop analizleri yapılmıştır. Bunlara ek olarak yağmur suyundan klorür miktarının belirlenmesi için yağışlı dönemlerde örnekler alınmıştır. Araziden alınan 3 adet yağmur suyu örneğinin ortalaması olan 5 mg/L değerindeki klorür miktarı ve çalışma alanı için istasyonlardan ölçülen 457 mm'lik yağış oranı kullanılarak Eşitlik 1 ile verilen bağıntı ile yeraltı suyu beslenme miktarı belirlenmeye çalışılmıştır. Hesaplanan beslenme miktarı 9.6 ile 285 mm arasında değişmekte olup, ortalama değer 91.74 mm'dir. Ortalama değere göre yağmurdan beslenme miktarı %20 olarak elde edilmiştir.

$$R = (P \cdot C_p) / C_i$$

Eşitlik 1

Bu eşitlikte R efektif beslenme miktarı ($L^3 T^{-1}$), P yağış ($L^3 T^{-1}$), C_p yağmur suyuki klorür derişimi (ML^{-3}), C_i yeraltı suyu klorür derişimi (ML^{-3})'dür.



3. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Yürütülen çalışma bir havzadaki yeraltı suyu sisteminin birden fazla yöntem ile araştırılması amacı taşımaktadır. Bu kapsamda açılan sondajlar ve sondaj verilerinden yola çıkarak farklı yöntemlerle yeraltı suyu beslenme miktarı belirlenecektir. Bu kapsamda literatürde uygulanmakta olan seviye değişimi, kimyasal ve çevresel izotop yöntemleri ve yüzeysel akış modelleri kullanılacaktır. Uygulanacak modellerin limitasyonları ortaya konularak beslenme yaklaşımları tartışılacaktır. Bu kapsamda beslenme için uygulanacak yöntemin zamansal boyutu, çevresel faktörlerden etkilenme derecesi ve elde edilecek sonuçların güvenilirliği her yöntem için değerlendirilecektir. Elde edilen sonuçlar ileride bilimsel platformlarda tartışmaya açılacaktır.

TEŞEKKÜR

Bu proje 115Y065 nolu Tübitak Projesi kapsamında desteklenmektedir.

KAYNAKLAR

Allison GB, Hughes MW (1978). The use of environmental chloride and tritium to estimate total recharge to an unconfined aquifer. Australian Journal of Soil Research 16: 181-195.

Acar R., Sayiner İ. (2008). Kuyu rasatlarından ve yağışlardan faydalınarak Erzurum Ovasının Yeraltısuyu Bilançosunun hesaplanması. Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Derg. 39 (1), 93-100.

Edmunds WM, Darling WG, Kinniburgh DG (1988) Solute profile techniques for recharge estimation in semi-arid and arid terrain. In: Simmers PDI (ed) Estimation of natural groundwater recharge. Springer, The Netherlands, pp 139-157

Healy R.W. (2010). Estimating of Groundwater. Cambridge University Press. The Edinburg Building", Cambridge, UK.

Kumar S. (2013). Estimation of Groundwater Recharge Using Soil Moisture Modelling: Experiments in Berambadi Catchment. Department of Civil Engineering Indian Institute of Science. Bangalore

Korkmaz, N. (1988). Kütahya Çavdarhisar Ovasında Kuyu ve Yağış Rasatlarından Faydalanılarak Süzülme Miktarının Hesaplanması. DSİ Bülteni Sayı 65, say 47-54

Leaney, F., Crosbie, R., O'Grady, A., Jolly, L., Gow, L., Davies, P., Wilford J., Kilgour. P. (2011) Recharge and Discharge Estimation in Data Poor Areas Scientific Reference Guide, Avustralian Government. National Water Commission. CSIRO": Water for a Healthy Country National Research Flagship. 61 pp.

Simunek, J., Sejna M., Van Genuchten, M. Th. (1998). The Hydrus-1D software package for simulating the one-dimensional movement of water, heat, and multiple solutes in variably-saturated media, Version 2.0, IGWMC-TPS-70, International Ground Water Modelling Center, Colorado School of Mines, 202 p. Golden, Colorado.

Stone WJ 1992. Paleohydrologic implications of some deep soilwater chloride profiles, Murray Basin, South Australia. Journal of Hydrology 132: 201-223

Weight W.D. (2008). Hydrogeology Field Manual". Second Edition. Mc Graw Hill Companies. USA.



A SIMPLE AND ROBUST METHOD TO MAP DAILY EVAPOTRANSPIRATION FROM SATELLITE IMAGES

Ali Levent Yağcı

*Research Assistant, PhD, Department of Geomatics Engineering, İzmir Kâtip Çelebi University, İzmir,
Turkey*

Email: alilevent.yagci@ikc.edu.tr

ABSTRACT

Evapotranspiration (ET) is an crucial variable to monitor agricultural water consumption, map irrigated agriculture and identify droughts. ET products can be used to analyze agricultural water use practices and irrigation planning. In this study, a model capable of producing evaporative fraction (EF) and ET map from minimal remotely-sensed and meteorological inputs in a trapezoidal framework is presented. So far, the model has successfully validated against ground data collected at three different eddy-covariance (ECOR) flux towers. Overall, this methodology shows promise to map ET from field to regional scales with minimal variables.

KEYWORDS: Evapotranspiration, Trapezoid Method, Land Surface Temperature, NDVI, MODIS.

1. INTRODUCTION

Evapotranspiration (ET) is the second largest component in water balance after precipitation and an indispensable surface variable to monitor agricultural water use and identify droughts. Therefore, monitoring ET is an immediate concern especially for a country like Turkey which agriculture heavily relies on water supply through irrigation to grow agricultural crops during dry summers.

ET is combination of evaporation from soils and transpiration from plants. While surface soil moisture, surface available energy and atmospheric resistance to water vapor transport drive evaporation rate from soil, transpiration is controlled by a combination of factors including moisture availability in the plant's root zone, available energy, and atmospheric and canopy resistances to water vapor transport (Monteith 1965).

In recent years, remote sensing products and methods have become a promising tool to map spatially continuous ET information (Aksu and Arıkan 2017) thanks to a key remotely-sensed surface variable, Land Surface Temperature (T_s). T_s is a good indicator of plant stress caused by moisture deficiencies in the plant root-zone (Anderson and Kustas 2008). When soil moisture is not adequate to meet plant demands, stomata in the plant leaves is closed. Afterwards, photosynthesis and transpiration is reduced, thereby causing canopy temperature to rise. Elevated plant canopy temperatures, considered as a sign of non-transpiring vegetation, can be detected from space. Therefore, the ET models based on remotely-sensed thermal data capitalize on these features of T_s to develop ET estimates from space.

2. DATA

16-day NDVI composites obtained by Terra satellite as well as daily MODIS- T_s products acquired by both the Terra and Aqua satellites were retrieved from the Land Processes Distributed Active Archive Center (LPDAAC; <https://lpdaac.usgs.gov/>). Daily minimum (T_{min}) and maximum (T_{max}) air temperatures were obtained from the Daily Surface Weather and Climatological Summaries (Daymet, Version 2) dataset (<https://daymet.ornl.gov/>). Later, daily average air temperature (T_a) datasets were produced from daily T_{min} and T_{max} datasets using the equation (1). These products are 1-km spatial resolution.

$$T_a = (T_{min} + T_{max}) / 2 \quad (1)$$

3. METHODS

Moran et al. showed (1994) that the measurements of fractional vegetation cover (fr) and surface minus air temperature ($T_s - T_a$) would theoretically compose a trapezoidal shape (Fig. 1 and 2) and named the concept, vegetation index-temperature trapezoid (VITT). Going left to right within this shape, soil moisture conditions change from wet to dry. The edges of this shape represent hydrological extremes (wet and dry conditions). Detailed information about the model can be found in these works (Yagci et al. 2017; Yagci and Santanello 2018).

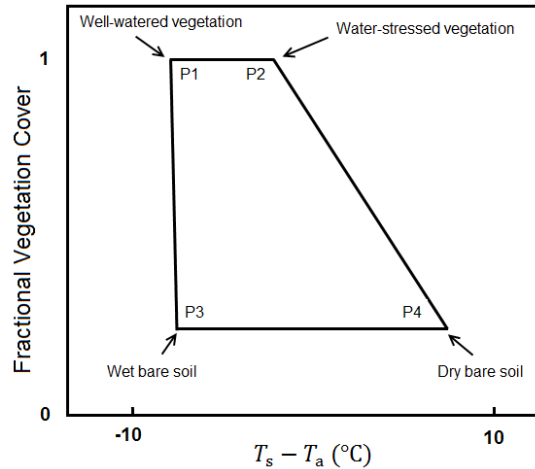


Figure 1. A theoretical trapezoidal space that would form from the relationship between surface minus air temperature ($T_s - T_a$) and Fractional Vegetation Cover (fr).

4. RESULTS

The model outputs were validated at eddy covariance (ECOR) flux towers in two study areas with different climate characteristics across the US. The first site whose FLUXNET ID is US-Skr located in Everglades National Park, Florida, U.S. Other two ground sites (i.e., EF-14 and EF-21), which are established under the Department of Energy's (DOE) under the Atmospheric Radiation Measurement (ARM) program, are situated in the U.S. Southern Great Plains (SGP), Oklahoma, U.S.

The results indicates that the model was able to reproduce EF and ET variability at US-Skr station in 2009 (Fig 2) as well as EF-14 and EF-21flux stations in 2011 (Fig 3-4).

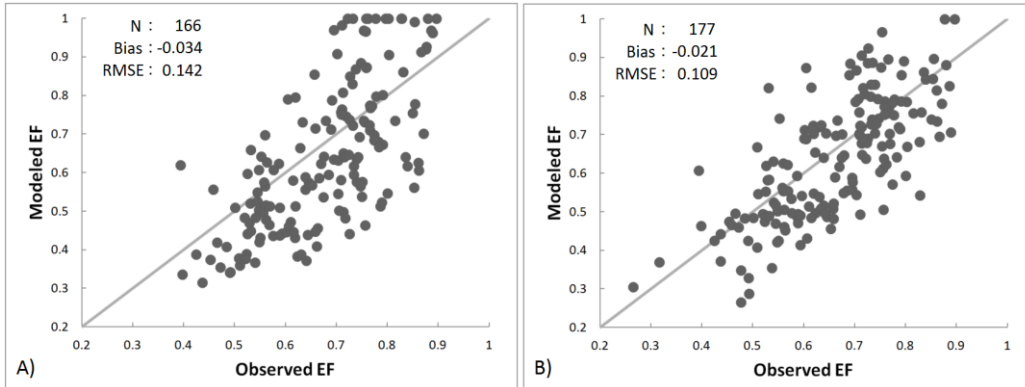


Figure 2. Validation of the Terra-based (A) and Aqua-based (B) Evaporative Fraction (EF) against tower-based diurnal EF at US-Skr in 2009.

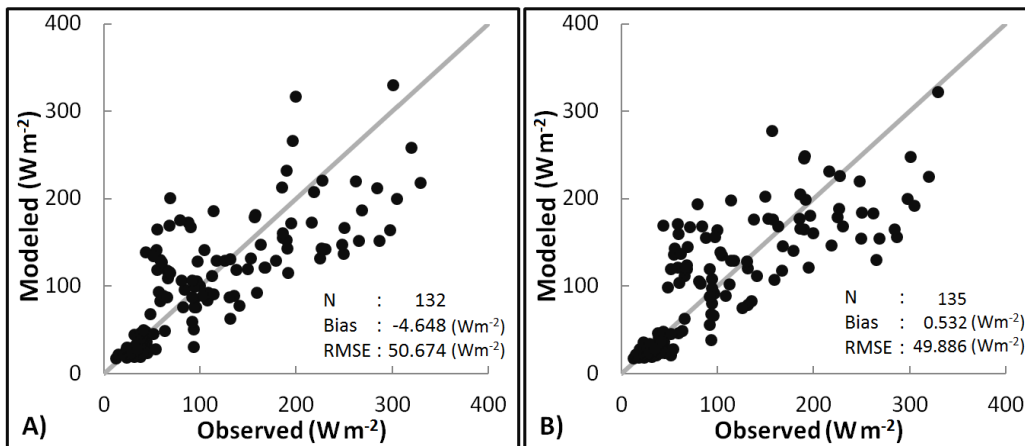


Figure 3. Validation of the Terra-based (A) and Aqua-based (B) Latent Heat (LE; energy equivalent of ET in $W m^{-2}$ units) against tower-based diurnal LE at EF-21 in 2011.

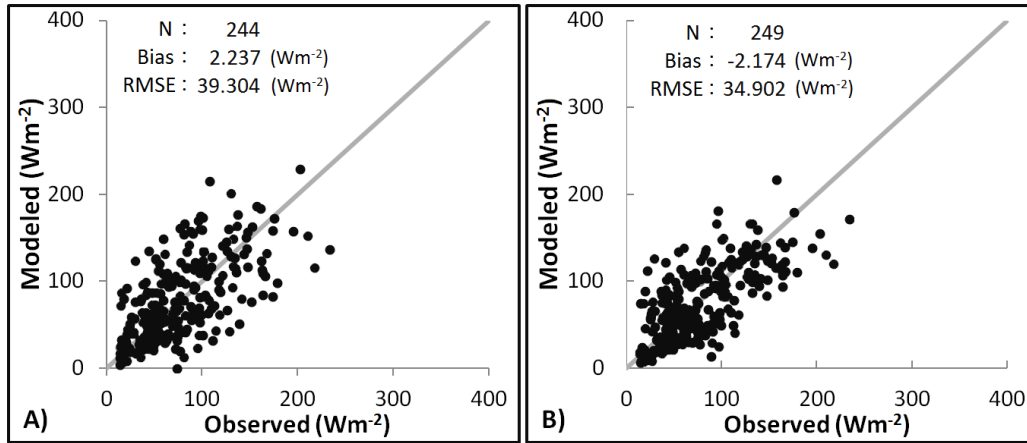


Figure 4. Validation of the Terra-based (A) and Aqua-based (B) LE against tower-based diurnal LE at EF-14 in 2011.

5. CONCLUSIONS

The model is able to supply spatially-continuous daily EF and ET from minimal (4 inputs for EF and 6 inputs for ET estimation) remotely-sensed and meteorological inputs in a trapezoidal framework both cloud-free and partial-cloudy conditions. The model outputs can be used to monitor agricultural water consumption, calibrate and validate of hydrological, climate, and land surface models and track agricultural drought.

ACKNOWLEDGEMENTS

This research was supported by an appointment to the NASA Postdoctoral Program at the Goddard Space Flight Center (GSFC), administered by Universities Space Research Association under a contract, NNH15C048B. Additionally, funding support was provided by the U.S. Geological Survey (USGS) Land Remote Sensing and Land Change Science Programs. Author would like to thank John W. Jones of USGS Eastern Geographic Science Center (EGSC) and Joseph A. Santanello of NASA-GSFC for their invaluable contributions to the development of the this model and their guidance to make this research possible .

REFERENCES

- Aksu, Hakan, and Alparslan Arıkan. 2017. "Satellite-Based Estimation of Actual Evapotranspiration in the Büyük Menderes Basin, Turkey." *Hydrology Research* 48 (2): 559–570. doi:10.2166/nh.2016.226.
- Anderson, Martha C., and William Kustas. 2008. "Thermal Remote Sensing of Drought and Evapotranspiration." *Eos, Transactions American Geophysical Union* 89 (26): 233–234. doi:10.1029/2008EO260001.



Monteith, J. L. 1965. "Evaporation and Environment." In *Symposia of the Society for Experimental Biology*, 19:205–234.

Moran, M.S., T.R. Clarke, Y. Inoue, and A. Vidal. 1994. "Estimating Crop Water Deficit Using the Relation between Surface-Air Temperature and Spectral Vegetation Index." *Remote Sensing of Environment* 49 (3): 246–263. doi:10.1016/0034-4257(94)90020-5.

Yagci, Ali Levent, and Joseph A. Santanello. 2018. "Estimating Evapotranspiration From Satellite Using Easily Obtainable Variables: A Case Study Over the Southern Great Plains, USA." *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing* 11 (1): 12–23. doi:10.1109/JSTARS.2017.2753723.

Yagci, Ali Levent, Joseph A. Santanello, John W. Jones, and Jordan Barr. 2017. "Estimating Evaporative Fraction from Readily Obtainable Variables in Mangrove Forests of the Everglades, U.S.A." *International Journal of Remote Sensing* 38 (14): 3981–4007. doi:10.1080/01431161.2017.1312033.



ANALYSIS OF TERRESTRIAL WATER STORAGE CHANGE USING GRACE-BASED OBSERVATIONS OVER EUPHRATES-TIGRIS BASIN

M.T. Yilmaz¹, I.G. Karasu², K.K. Yilmaz³, N. Tufekci-Avsar⁴, B. Selek⁵, M. Aras⁶,
A.M. Ozaltin⁷, M.B. Duygu⁸, B. Kirmencioglu⁹

¹ Assistant Professor, Civil Eng. Department, Middle East Technical University, Ankara

² MSc Student, Civil Eng. Department, Middle East Technical University, Ankara

³ Associate Professor, Geological Eng. Department, Middle East Technical University, Ankara

⁴ Research Assistant, Water Resources Management, Delft University of Technology, Delft, The Netherlands

⁵ General Manager, General Directorate of Water Management, Ankara

⁶ Department Head, Flood and Drought Management Department, General Directorate of Water Management, Ankara

⁷ Branch Manager, Flood and Drought Management Department, General Directorate of Water Management, Ankara

⁸ Expert, Flood and Drought Management Department, General Directorate of Water Management, Ankara

⁹ Expert, Flood and Drought Management Department, General Directorate of Water Management, Ankara

Email: tuyilmaz@metu.edu.tr

ABSTRACT

In this study, the change in the terrestrial water budget of Euphrates-Tigris Basin (176.930 km²) is estimated by using satellite observations of Gravity Recovery and Climate Experiment (GRACE) along with the NOAH hydrological model outputs over the study period from April 2002 to December 2016. The changes in groundwater storage, soil moisture, snow water equivalent, and total canopy water storage are established in Euphrates-Tigris Basin. In addition, this study provides an update for the previous studies assessing the water storage changes of the Euphrates-Tigris basin. The initial results indicate that GRACE-based estimates of groundwater storage agreed well with the droughts occurred in between 2007-2009 and 2014. This study shows the information about the magnitude and the duration of the deficits can be used as supporting information for water resources management in the basin.

KEYWORDS: Euphrates-Tigris Basin, Groundwater Storage, NOAH, GRACE

1. INTRODUCTION

Groundwater reservoirs are regarded as important alternatives for surface water resources. Globally, 43% of the irrigation water is supplied from groundwater (Siebert et al, 2010), while this ratio is around 23% over Turkey. Therefore, it is important to quantify the changes in groundwater storage. In order to monitor and analyze the groundwater storage deficits effectively, a large number of observation wells should be installed and groundwater level observations should be recorded for a long period of time. However, this is not time and cost effective task, especially in basin-scale studies. Hence, recently remote

sensing (RS) methods are used to aid groundwater/surface water related regional estimates. Spatio-temporal changes in subsurface storage can be monitored using the measurements of Gravity Recovery and Climate Experiment (GRACE) satellites, which is a joint collaboration between NASA and German Aerospace Center (DLR). Since March 2002, GRACE satellites have been measuring the spatial and temporal variations in the Earth's gravitational field and provide extremely valuable information about the dynamic structure of the Earth. GRACE datasets has been applied in many hydrologic problems such as water storage changes (Long et al., 2013), floods (Chen et al, 2010), the loss of ice mass from ice sheets (Velicogna, 2009), ocean currents and sea level rise (Nicholls and Cazenave, 2010) and the changes in the solid Earth (Han et al., 2006). Most of the GRACE studies conducted in Turkey are focused on modelling the geoid surface and analysis of Earth's gravity field (Avşar et al., 2013; Atayer and Aydin, 2012; Simav et al., 2013). This study focuses on analyzing water storage changes across Euphrates-Tigris Basin (Fig. 1) using GRACE based observations. The Euphrates-Tigris Rivers, which are the second longest rivers of Turkey, originate in the eastern part of Turkey and cross the Middle East. These rivers flow across national boundaries and are the main factor of water related conflict between Turkey, Syria and Iraq. Euphrates (Fırat) - Tigris (Dicle) Basin covers approximately an area of 176.930 km².

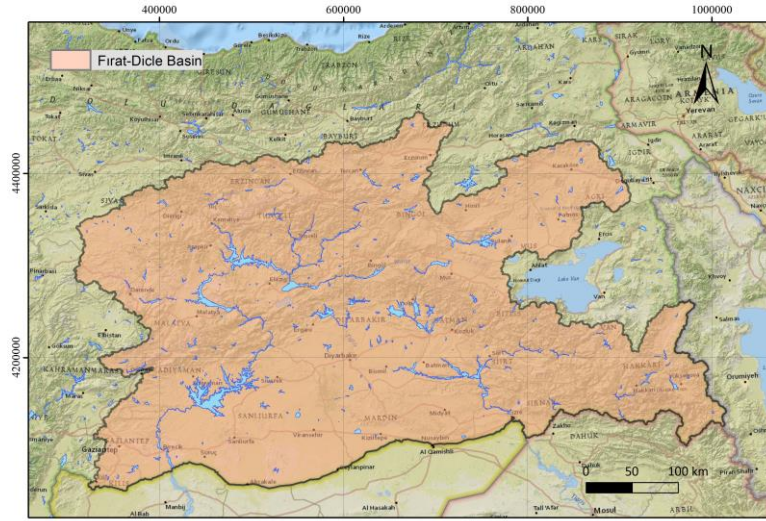


Figure 1. The geographical location of Euphrates-Tigris Basin.

The region has experienced many droughts throughout the history. In recent years, precipitation rates within the basins have drastically decreased below the average and the effect of climate change as well as population growth increase the demand for water. As a result, the demand for water in irrigation, domestic consumption and industry needs have been increasing day by day. These demands are mostly met from groundwater reservoirs which are poorly managed and thus have been under increasing stress. Although groundwater depletion in Middle East including Euphrates-Tigris Basin has been investigated utilizing GRACE observations (Voss et al., 2013; Longuevergne et al., 2013), these studies are not up to date. In the context of this study, for the first time the groundwater change information in Euphrates-Tigris Basin is estimated using GRACE based observations for the period between 2002 and 2016.

2. METHODS



There are two available GRACE solutions released from three different processing centers - Spherical Harmonics (SH) and Mascons (Mass Concentration Blocks). Although the solutions have different advantages, mascon solution is not used because of the native resolution and location of the cells ($3^\circ \times 3^\circ$) exceed the borders of the basins. Therefore for this study, SH products in $1^\circ \times 1^\circ$ gridded resolution from JPL, CSR and GFZ are averaged to reduce the noise in the data (e.g., Sakumura et al., 2014). The temporal variations in the gravity field are mostly attributed to mass changes in the components of water cycle and the exchange between them. These mass deviations are represented in vertical extent in terms of centimeters and it is referred as Liquid Water Equivalent Thickness (EWT). To get terrestrial water storage changes (TWSC), the atmospheric mass variability and the effect of ocean currents are removed during processing. Terrestrial Water Storage (TWS) is the amount of water stored in groundwater, soil moisture, surface water, canopy water, snow and ice. These hydrological parameters - except the groundwater storage - can be estimated from Noah land surface model (Ek et al., 2003). To estimate the variations within groundwater storage, the monthly change in the hydrological components of the land surface models are subtracted from the TWS using the following equation:

$$\Delta GWS = \Delta TWS - \Delta SM - \Delta SWE - \Delta SW - \Delta CW \quad (1)$$

where GWS is groundwater storage, TWS is total water storage, SM is the sum of soil moisture content in all model soil layers, SWE is snow depth water equivalent, SW is surface water and CW is plant canopy surface water storage. The monthly anomaly values of each variable at every grid point are calculated by their deviation from the reference period of GRACE which is the average of all months from January 2004 to December 2009. The NOAH model output are processed between April 2002 and December 2016 period in accordance with the availability of satellite data.

In post-processing step, Gaussian smoothing filter is used to reduce the noise within the data. Because of filtering, some of the signal is lost, thus scaling coefficients are used to substitute the required signals. After filtering and rescaling, the residuals represent measurement and leakage errors which are time independent estimates. The error components correspond to the expected uncertainty. For the region wide error analysis, the error covariance is taken into consideration (Landerer and Swenson, 2012).

3. RESULTS

There is a challenge in applying GRACE products to areas with spatial coverage which is less than the GRACE footprint (100.000 km^2) (Landerer and Swenson, 2012). In this study, basin area (176.930 km^2) is appropriate for the applicability of GRACE data.

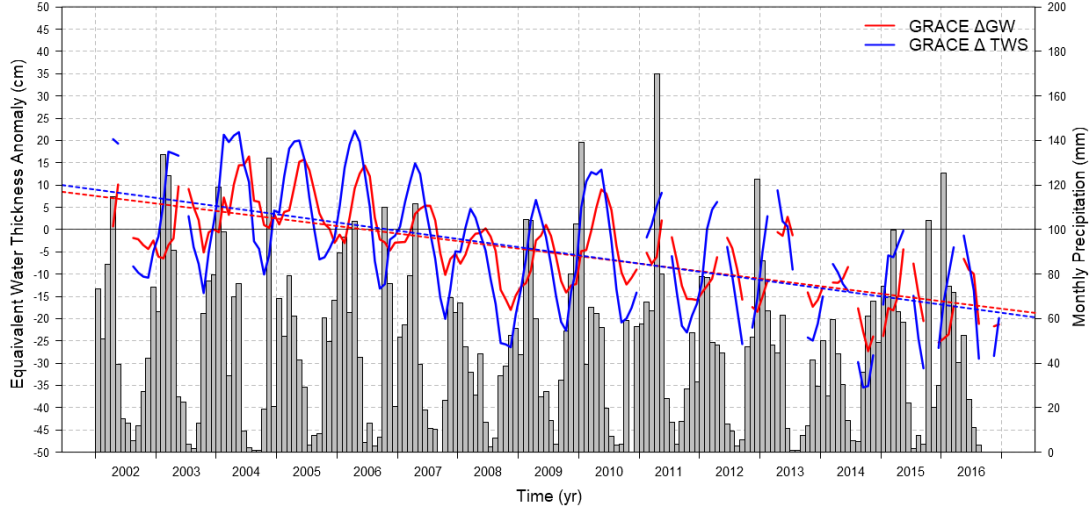


Figure 2. Monthly estimates of GRACE-derived GW and TWS anomaly in Euphrates-Tigris Basin.

Euphrates-Tigris Basin groundwater storage anomaly and observed station-based average precipitation data are plotted for in Figure 2. The initial comparisons show a declining trend in GRACE-TWS and GRACE-based groundwater storage anomaly estimates. The past droughts during the period 2007-2009 and 2014 (unpublished work) can be tracked from GRACE-satellites. Also, there is a lag between TWS and GRACE-based GW. GRACE-observed groundwater change appears 2 months later. This lag can be attributed to infiltration and percolation to groundwater, which is relatively slow process compared to the mass changes in rainfall and snowmelt. The uncertainty estimates in ΔTWS are calculated as ± 3.94 cm. The results are promising that combined GRACE and NOAA LSM groundwater change information is helpful to monitor the large mass changes resulted from excessive groundwater exploitation over Euphrates-Tigris Basin.

REFERENCES

Atayer, S.E. and Aydın, C. (2012). GRACE çözümlerinde korelasyon etkilerinin yüksek dereceden polinomlarla giderilmesi. *Jeodezi ve Jeoinformasyon Dergisi* cilt.1, ss. 35-42.

Avşar, N.B., Üstün, A. and Abbak, R.A. (2013). GRACE Çözümlerine Dayalı Zaman Değişkenli Gravite Analizi. *14. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*

Chen, J.L., Wilson, C.R. and Tapley, B.D. (2010). The 2009 exceptional Amazon flood and interannual terrestrial water storage change observed by GRACE. *Water Resources Research* 46, W12526.

Ek, M. B., et al. "Implementation of Noah land surface model advances in the National Centers for Environmental Prediction operational mesoscale Eta model." *Journal of Geophysical Research: Atmospheres* 108.D22 (2003).



Han, S.C., Shum, C.K., Bevis, M., Ji, C. and Kuo, C.Y. (2006). Crustal Dilatation Observed by GRACE After the 2004 Sumatra-Andaman Earthquake. *Science* 313 (5787): 658-62.

Landerer, F.W. and Swenson, S. C. (2012). Accuracy of scaled GRACE terrestrial water storage estimates. *Water Resources Research* Vol 48, W04531, 11 PP.

Long, D., Scanlon, B.R., Longuevergne, L., Sun, A.Y., Fernando, D.N. and Save, H. (2013). GRACE satellite monitoring of large depletion in water storage in response to the 2011 drought in Texas. *Geophysical Research Letters* 40, 3395-3401.

Longuevergne, L., Wilson, C.R., Scanlon, B.R. and Crétaux, J.F. (2013). GRACE water storage estimates for the Middle East and other regions with significant reservoir and lake storage. *Hydrology and Earth System Sciences* 17, 4817-4830.

Nicholls, R.J. and Cazenave, A. (2010). Sea-level rise and its impact on coastal zones. *Science* 328 (5985): 1517-20.

Sakumura, C., Bettadpur, S. and Bruinsma, S. (2014). Ensemble prediction and intercomparison analysis of GRACE time-variable gravity field models. *Geophysical Research Letters* Vol. 41

Siebert, S., Burke, J., Faures, J.M., Frenken, K., Hoogeveen, J., Doll, P. and Portmann, F.T. (2010). Groundwater use for irrigation – a global inventory. *Hydrology and Earth System Science* 14, 1863–1880

Simav, M. Yildiz, H. and Ersoy, A. (2013). GRACE Uydu Verileri ile Yer Sistemi İçerisindeki Kütle Değişimlerinin İzlenmesi. *Harita Dergisi* 149, 15-27.

Velicogna, I. (2009), Increasing rates of ice mass loss from the Greenland and Antarctic ice sheets revealed by GRACE. *Geophysical Research Letters* 36, L19503.

Voss, K. A., Famiglietti, J. S., Lo, M., Linage, C. de, Rodell, M. and Swenson, S. C. (2013). Groundwater depletion in the Middle East from GRACE with implications for transboundary water management in the Tigris-Euphrates-Western Iran region. *Water Resources Research* 17, 4817-4830.



TÜRKİYE'DEKİ YERALTISUYU FAALİYETLERİ VE SON YILLARDAKİ GELİŞMELER

V. GÜMÜŞ¹ ve M.M. TOKLU²

¹ Jeoloji Mühendisi, Dai.Bşk.Yrd., Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara

² Jeoloji Mühendisi, Şb. Md., Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara

Email: veysig@dsi.gov.tr, mertt@dsi.gov.tr

ÖZET

Ülkemizde yeraltısuyunun araştırılması, kullanılması, korunması ve tescili çalışmaları 167 Sayılı Yeraltıları Hakkında Kanunla (1960) DSİ tarafından yürütülmektedir. Yeraltıları ile ilgili tüm çalışmalar, DSİ Teşkilat Şemasında bulunan Daire Başkanlıklarından birisi olan “Jeoteknik Hizmetler ve Yeraltı Suları Dairesi Başkanlığı” tarafından yürütülmektedir. Bugüne kadar tamamlanan hidrojeolojik etütler ile Türkiye'nin işletilebilir yeraltısuyu potansiyeli **18 milyar m³** olarak tespit edilmiştir. Havzaların yeraltısuyunun miktar durumu aylık ve mevsimlik periyotlarda rasat kuyuları vasıtasıyla gözlenmektedir. Aylık 1160, mevsimlik olarak da 1588 adet kuyuda olmak üzere toplam 2748 kuyuda yeraltısuyu miktar gözlemi yapılmaktadır. Yaklaşık 800 adet kuyudan da numune alınarak kimyasal analizlerin yapılması sağlanmıştır. Avrupa Birliği uyum çalışmaları kapsamında, havzalarda **yeraltısuyu kütlesi** bazında çalışmalara başlanmıştır. Yeraltısuyu Kütlelerinin belirlenmesi ile ilgili çalışmalar Su Yönetimi Genel Müdürlüğü ile birlikte koordineli bir şekilde hızla devam etmektedir. Kütlesi belirlenen havzalarda yeraltısuyunun miktar ve kalite yönünden izlenmesine başlanmıştır.

ANAHTAR KELİMELER: Yeraltısuyu, yeraltısuyu rezervi, yeraltısuyu kütlesi, rasat kuyusu, su veri tabanı

GROUNDWATER ACTIVITIES AND DEVELOPMENTS IN RECENT YEARS IN TURKEY

V. GÜMÜŞ¹ ve M.M. TOKLU²

¹ Geological Engineer, Deputy of Head of department, General Directorate of State Hydraulic Works, Ankara

² Geological Engineer, Department Manager, General Directorate of State Hydraulic Works, Ankara
Email: veysig@dsi.gov.tr, mertt@dsi.gov.tr

ABSTRACT



Groundwater Studies regarding investigation, usage, allocations and licencing of Turkey conducted by DSI (State Hydraulic Works) by Law number 167 Groundwater Law since 1960. All groundwater studies are working by Department of Geotechnical Services and Groundwater which is one of the branches of DSI. Groundwater reservoirs for safe operation have been calculated approximately 18 billion m³ as a results of the groundwater investigations conducted until today. Quantity and quality situations of groundwater of basins observe by observation wells on monthly and seasonally periods. Quantity observations are conducted on 1160 wells on monthly, 1588 wells seasonally as a totally 2748 wells. Groundwater quality is observed on 800 wells. Within the scope of EU harmonization studies, delineation of groundwater body studies on basin scale has been started the coordination with General Directorate of Water Management. Observations of quantity and quality from delineated groundwater bodies have been started on basins. This paragraph should summarize the purpose, scope and results of the study. It should be 250 words maximum. Length of the full paper should be no longer than 4 pages in total. Use Times New Roman throughout the paper. The paper should be written in Word processor and should be sent as an attachment to the e-mail in "doc" or "docx" file.

KEYWORDS: groundwater, groundwater reserve, groundwater body, observation well, water database

1. TÜRKİYE'DEKİ YERALTISUYU FAALİYETLERİ VE SON YILLARDAKİ GELİŞMELER

Ülkemizde yeraltısuyunun araştırılması, kullanılması, korunması ve tescili çalışmaları 167 Sayılı Yeraltısuları Hakkında Kanunla (1960) DSİ tarafından yürütülmektedir. Yeraltısuları ile ilgili tüm çalışmalar, DSİ Teşkilat Şemasında bulunan Daire Başkanlıklarından birisi olan "Jeoteknik Hizmetler ve Yeraltı Suları Dairesi Başkanlığı" tarafından yürütülmektedir. Daire Başkanlığımız;

- 1952 yılında Yeraltısuyu Bürosu olarak kurulmuş,
- 1956 yılında Yeraltısuları Dairesi Başkanlığına dönüştürülmüş,
- 1973 yılında ise bugünkü şeklini alarak, DSİ Genel Müdürlüğünce yapılan tüm jeoteknik ve yeraltısuyu çalışmalarını bünyesinde toplamıştır.

Daire Başkanlığı, 6200 sayılı kuruluş yasamız ve Teşkilat Rehberinde belirtilen yetki ve sorumluluk çerçevesinde çalışmalarını; "**jeoteknik hizmetler**" ve "**yeraltısuları**" olmak üzere iki ana konuda sürdürmektedir.

Yeraltısuyu faaliyetleri kapsamında ise ülkemizin yeraltı suyu potansiyelini tespit etmek amacıyla tüm ova ve havzalarda hidrojeolojik etütler yapmak/yaptırmak, etüdü bitirilen ovaları "Yeraltısuyu İşletme Alanı" olarak belirlemek ve ilan etmek, 167 Sayılı Kanun kapsamındaki işleri yürütmek; içme, kullanma ve sulama suyu sağlama amacıyla yeraltı suyu pompaj tesislerini yapmak/yaptırmak görevleri yerine getirmektedir.

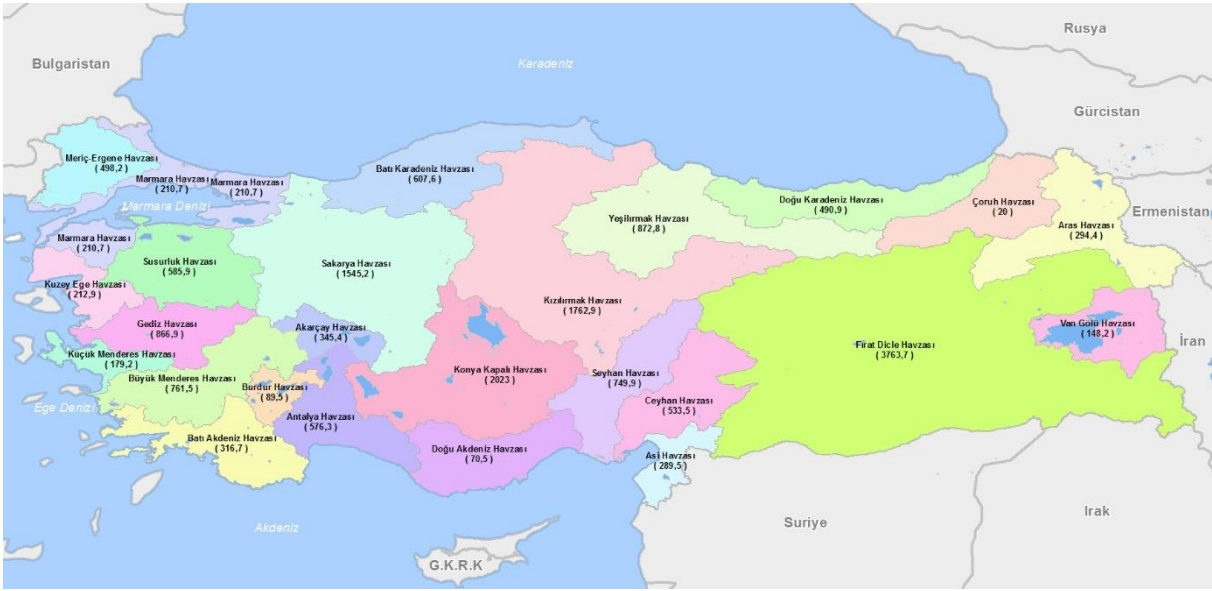
Yeraltısuları ile ilgili faaliyetler 6200 sayılı DSİ Genel Müdürlüğünün teşkilat ve görevleri hakkındaki kanun, 167 sayılı Yeraltısuları Hakkında Kanun, 1163 sayılı Kooperatifler Kanunu, 1053 sayılı Belediye Teşkilatı Olan Yerleşim Yerlerine İçme, Kullanma ve Endüstri Suyu Temini Hakkında Kanunlar ve

Yeraltıları Tüzüğü, Yeraltıları Teknik Yönetmeliği, Yeraltılarının Kirlenmeye ve Bozulmaya Karşı Korunması Hakkında Yönetmelik, İçme Suyu Temin Edilen Akifer ve Kaynakların Koruma Alanlarının Belirlenmesi Hakkında Tebliğ ile yürütülmektedir.

Yeraltısı çalışmaları kapsamında; yeraltılarının nerelerde, hangi derinlikte, ne miktar ve kalitede olduğunu belirlemek amacıyla hidrojeolojik etütler yapılmakta olup, etütler kapsamında **Jeolojik, Hidrojeolojik, Karstik, Jeofizik çalışmalar yapılmaktadır.**

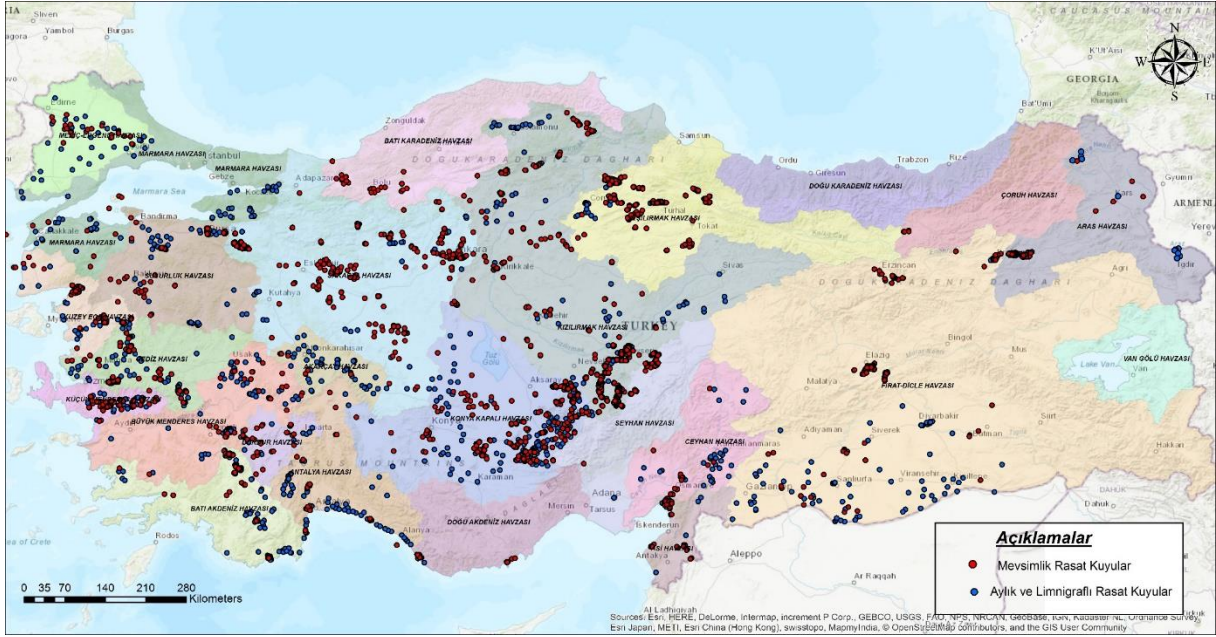
Bu etütler sonucunda, projelendirme, kuyu açma ve rezerv kontrolü çalışmaları gerçekleştirilmektedir. Etüdü tamamlanan ve yeraltısı işletmesine uygun olan alanlar **“Yeraltısı İşletme Sahası”** olarak ilan edilmektedir. İlan edilen bu sahaların; 167 Sayılı **Yeraltıları Hakkında Kanun** esaslarına uygun olarak tahsisi, kullanımı ve korunması sağlanmaktadır. Türkiye'nin 25 havzasında yürütülen çalışmalar Jeoteknik Hizmetler ve Yeraltı Suları Dairesi Başkanlığı tarafından merkezde havza bazlı görev dağılımı yapılarak Bölge Müdürlükleri ile birlikte yürütülmektedir. Etüt Plan Dairesi ve Su Yönetimi Genel Müdürlüğü ile ortak yapılan çalışmaların koordineli yürütülmesi için 2015 yılından itibaren yeraltısı çalışmaları havza bazlı olarak yapılmaktadır.

Bugüne kadar tamamlanan hidrojeolojik etütler ile Türkiye'nin işletilebilir yeraltısı potansiyeli **18 milyar m³** olarak tespit edilmiştir. Şekil 1'de havzalara göre rezerv durumları belirtilmiştir.



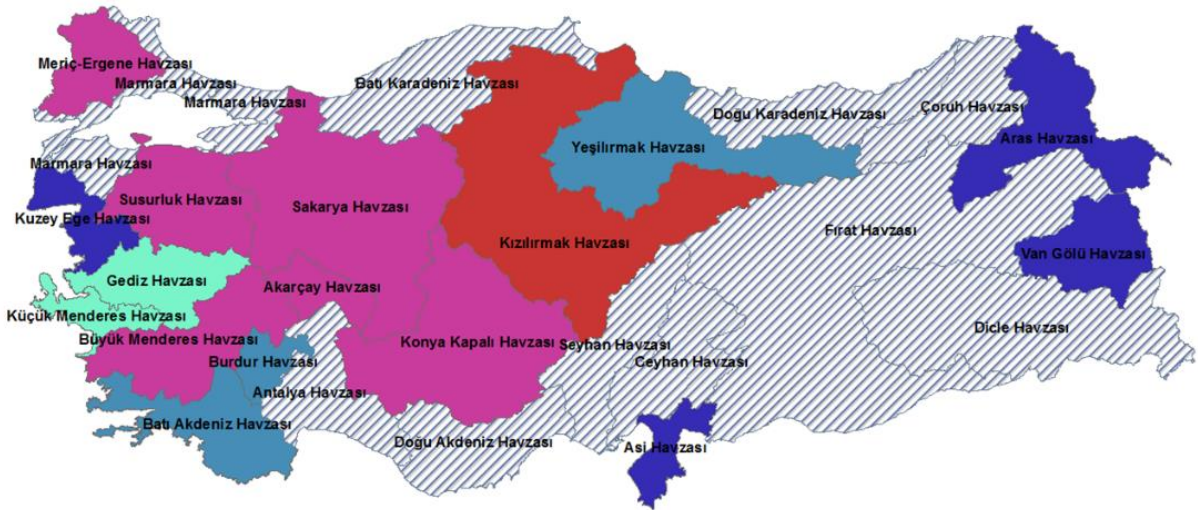
Şekil 1. Yeraltısı havzaları ve rezerv değerleri

Havzaların yeraltısının miktar durumu aylık ve mevsimlik periyotlarda rasat kuyuları vasıtasıyla gözlenmektedir. Aylık 1160, mevsimlik olarak da 1588 adet kuyuda olmak üzere toplam 2748 kuyuda yeraltısı miktar gözlemi yapılmaktadır. Yaklaşık 800 adet kuyudan da numune alınarak kimyasal analizlerin yapılması sağlanmıştır. Rasat kuyularının yurdumuzdaki dağılımı Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. Rasat kuyularının havzalara göre dağılımı

Avrupa Birliği uyum çalışmaları kapsamında, havzalarda **yeraltı suyu kütlesi** bazında çalışmalara başlanmıştır. Yeraltı suyu Kütlelerinin belirlenmesi ile ilgili çalışmalar Su Yönetimi Genel Müdürlüğü ile birlikte koordineli bir şekilde hızla devam etmektedir. Kütlesi belirlenen havzalarda yeraltı suyunun miktar ve kalite yönünden izlenmesine başlanmıştır. Yeraltı suyu Yönetimi Eylem Planına göre Akarçay, Sakarya, Gediz, Konya, Meriç-Ergene, Büyük Menderes, Susurluk havzalarında yeraltı suyu kütlesi belirlenmiş ve bu havzalar için izleme programları oluşturulmuştur. Şekil 3'te havzaların yeraltı suyu kütlesi çalışma durumları verilmiştir.





 Projelerle Devam Eden	 2018 yılında tamamlanacak
 İhale Edilecek-DSİ	 Başkanlık ve Bölgelerle Devam Eden
 Yeni Başlayan-2018	 Kütle Biten İzleme Başlayan

Şekil 3. Havza bazında yeraltısuyu kütle çalışmaları

İzleme çalışmalarının geliştirilmesi önem kazandığından Daire Başkanlığımız ve DSİ 4.Bölge Müdürlüğümüz tarafından hazırlanan Şartname ile KOP İdaresi işbirliğiyle Konya Kapalı Havzasında belirlenen kuyulara seviye ölçüm sistemi takılacaktır. Ölçüm sistemlerinin merkez ile online haberleşmesi sağlanacaktır. Sistem takılacak her bir kuyu arazide yerinde kontrol edilmiştir. Cihazların takılacağı seviyeler belirlenmiştir. Arazi şartları ve coğrafik koşullar göz önüne alınarak; Güneş enerji sistemi kullanılması, betonarme koruma sistemi yapılmasına karar verilmiştir.

Ayrıca Daire Başkanlığımız ve DSİ 2.Bölge Müdürlüğümüz tarafından hazırlanan Şartname ile Küçük Menderes havzasındaki yeraltısuyunun miktar durumunun izlenmesi için kuyulara seviye ölçüm sistemi takılacaktır. Ölçüm sistemlerinin merkez ile online haberleşmesi sağlanacaktır.

Yeraltısuyu ile ilgili tüm veriler DSİ tarafından kurulan ve yürütülen Su Veri Tabanı kapsamında bulunan “Yeraltısuyu Modülü” nde saklanmaktadır. Su Yönetimi Genel Müdürlüğü tarafından oluşturulan “Ulusal Su Bilgi Sistemi” ne entegre olacak olan Su Veri Tabanının entegrasyon ve yenilenen teknolojiye göre revizyon çalışmaları tamamlanmak üzeredir. (Şekil 4)



Şekil 4. Su veri tabanı modülünden genel bir görünüm



TUJJB TÜRKİYE ULUSAL
JEODEZİ VE JEOFİZİK BİRLİĞİ
BİLİMSEL KONGRESİ
30 Mayıs - 2 Haziran 2018, İzmir



TUJAK

TÜRKİYE ULUSAL JEOMAGNETİZM VE AERONOMİ KOMİSYONU
NATIONAL COMMISSION OF GEOMAGNETISM AND AERONOMY

SÖZLÜ / *ORAL*



VAN GÖLÜ CİVARINDAKİ MİYOSEN-KUVATERNER VOLKANİKLERİNİN PALEOMANYETİK İNCELEMESİ

Sercan KAYIN¹ ve Turgay İŞSEVEN²

¹ *Uzman Yük. Müh., Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Gümüşhane Üniversitesi, Gümüşhane*

² *Doç.Dr., Jeofizik Müh. Bölümü, İstanbul Teknik Üniversitesi, 34469-Maslak, İstanbul*

Email: skayin@gumushane.edu.tr.

ÖZET

Doğu Anadolu Yüksek Platosu, çarpışmaya bağlı volkanik ürünlerin hacim ve bileşimlerinin zamansal ve mekânsal olarak farklılık göstermesi ve Neojenden Kuvaterner'e kadar ürünler vermesi bölgenin yerbilimleri açısından ne kadar önemli olduğunun bir göstergesidir. Bölgedeki tektonik deformasyonları paleomanyetik açıdan incelemek ve bölge tektoniğinin gelişimini açıklamaya katkı koymak adına bu çalışma yapılmıştır. Bu çalışma kapsamında, Van Gölü kuzeyinden toplamda 145 mevkiiden yönlü paleomanyetik numune toplanmıştır. Toplanan paleomanyetik numuneler, Nemrut, Aladağ, Tendürek, Etrüsk, Girekol Dağları ve Pliyosen plato bazaltları gibi farklı volkanik merkezlerin ürünleri olmakla beraber yaşları Miyosen – Kuvaterner arasındadır. Bu örnekler üzerinde standart paleomanyetik laboratuvar çalışmaları KANTEK Paleomanyetizma Laboratuvarı'nda, kaya manyetizması çalışmaları ise İstanbul Üniversitesi, Doç.Dr. Yılmaz İspir Paleomağnetizma Laboratuvarı'nda yapılmıştır. Van Gölü kuzeyinde Erciş Fayı / Fay Zonu bölgenin genel tektoniğini şekillendiren ana unsurdur. Miyosen'den başlayarak Pleyistosen'e kadar, Fay zonunun doğusu ve kuzeydoğusunda kalan bölge saat yönünde, batısı ise saatin tersi yönünde hareket etmektedir. Fay zonu arasında kalan alanlarda ise net bir gruplanma olmaksızın çok az da olsa saatin tersi yönünde rotasyonların etkin olduğu görülmüştür. Nemrut Dağı ve civarından elde edilen paleomanyetik sonuçlar, Holosen sonrası güncel bir deformasyonun olmadığını göstermektedir.

ANAHTAR KELİMELEER: Paleomanyetizma, Van Gölü, Doğu Anadolu, Neotektonik

INVESTIGATION OF MIOCENE-QUATERNARY VOLCANICS AROUND THE VAN LAKE BY USING PALEOMAGNETISM

¹ *Geophysical Engineer (M.sc), Faculty of Engineering and Natural Sciences, Gümüşhane University, Gümüşhane*

² *Assoc.Prof.Dr, Geophysical Eng. Department, İstanbul Technical University, 34469-Maslak, İstanbul*
Email: skayin@gumushane.edu.tr

ABSTRACT

Eastern Anatolia High Plateau yielding time and location dependent varieties in volumes and compositions of volcanic products resulting from collision and producing from Neogene to Quaternary times show region's importance in geo-scientific aspect. This study is conducted in order to determine the tectonic deformations in the region in palaeomagnetic aspects and contribute explaining region's



tectonic development. Within this project, a total of 145 oriented palaeomagnetic samples collected from different locations North of Lake Van. Collected palaeomagnetic samples are products of different volcanic centers such as Nemrut, Aladağ, Tendürek, Etrusk, Girekol Mountains and Pliocene plateau basalts, and their ages are between Miocene and Quaternary. These samples then used in palaeomagnetic laboratory studies at KANTEK Palaeomagnetism Laboratory and rock magnetism studies at Doç.Dr. Yılmaz İspir Palaeomagnetism Laboratory at Istanbul University. Erciş Fault / Fault Zone at the north of Lake Van is the main unit forming the tectonic settings of the region. The area to the north and northeast of the fault zone rotated clockwise, the area on the west of the fault zone rotated counter clockwise from Miocene to Pleistocene. Despite there are not any clear grouping, areas among fault zone are affected from very small amounts of counter clockwise rotations. Palaeomagnetic analysis results from Nemrut Mountain and surrounding area show that there are no any contemporary deformations occurred after Holocene.

KEYWORDS: Paleomagnetism, Lake Van, Eastern Anatolia, Neotectonics

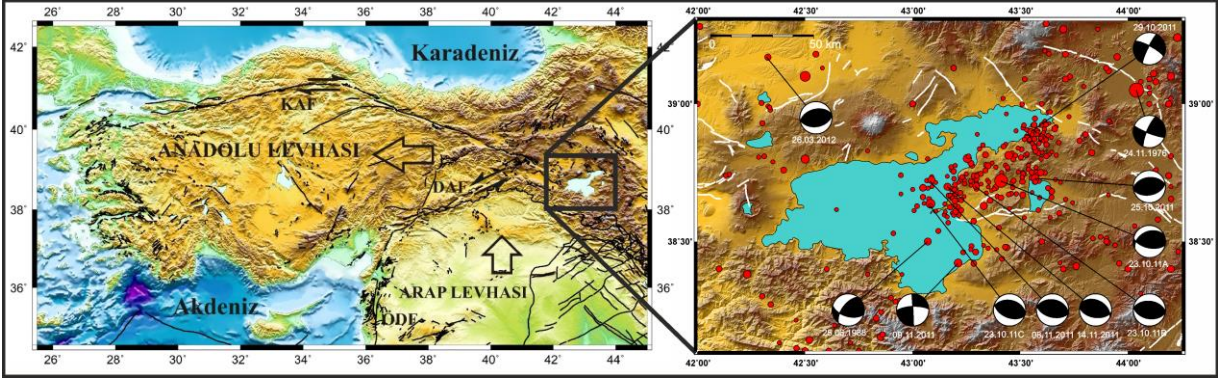
1. GİRİŞ

Neotetis okyanusunun kuzey ve güney kolları, Geç Kretase'den itibaren kuzey güney yönlü olarak yakınsayarak kapanmaya başlamıştır. Bu yakınsama sonucu Neotetis'in güney kolu Anadolu Bloğu altına (kuzeye) doğru dalmaya başlaması sonucunda Arap levhası ile Anadolu Bloğu Orta Miyosen sonlarında çarpışmıştır (Dewey vd., 1986). Doğu Anadolu'da kıta-kıta çarpışmasına bağlı olarak gelişen volkanik aktivite Üst Miyosen döneminde başlamış ve neredeyse hiç kesilmeden günümüze kadar sürmüştür (Özdemir vd., 2011). Tatvan'dan başlayarak KD'ya doğru Ahlat, Adilcevaz, Erciş, Muradiye doğrultusu boyunca sıralanan Nemrut, Süphan, Tendürek, Etrüsk ve Ağrı Dağları gerek zamansal gerekse mekansal olarak ardalanarak farklı volkanik ve volkanoklastik ürünler vermiştir.

Doğu Anadolu Yüksek platosunun aktif tektoniği, kuzey-güney yönlü sıkışma ile karakterize edildiğinden, doğu batı doğrultulu kıvrımlar ve ters faylarla birlikte, çok sayıda kuzeydoğu-güneybatı yönlü sol yanallı ve güneydoğu-kuzeybatı yönlü ise sağ yanallı faylar meydana gelmiştir (Şaroğlu and Güner, 1981). Doğu Anadolu Bölgesi'ndeki sıkışma tektoniğine bağlı gelişen deformasyonun doğrultu atımlı faylarla Kafkasya'ya kadar iletildiği (Şengör vd., 2003), GPS çalışmalarına da bu sonucun desteklendiği belirtilmektedir (Reilinger vd., 2006). 23 Ekim 2011'de meydana gelen Van depremi (Mw=7.1), ters faylanma mekanizmalı olarak meydana gelmiş ve Doğu Anadolu içerisinde sıkışmanın halen aktif olduğunu göstermiştir (Koçyiğit, 2013) (Şekil 1).

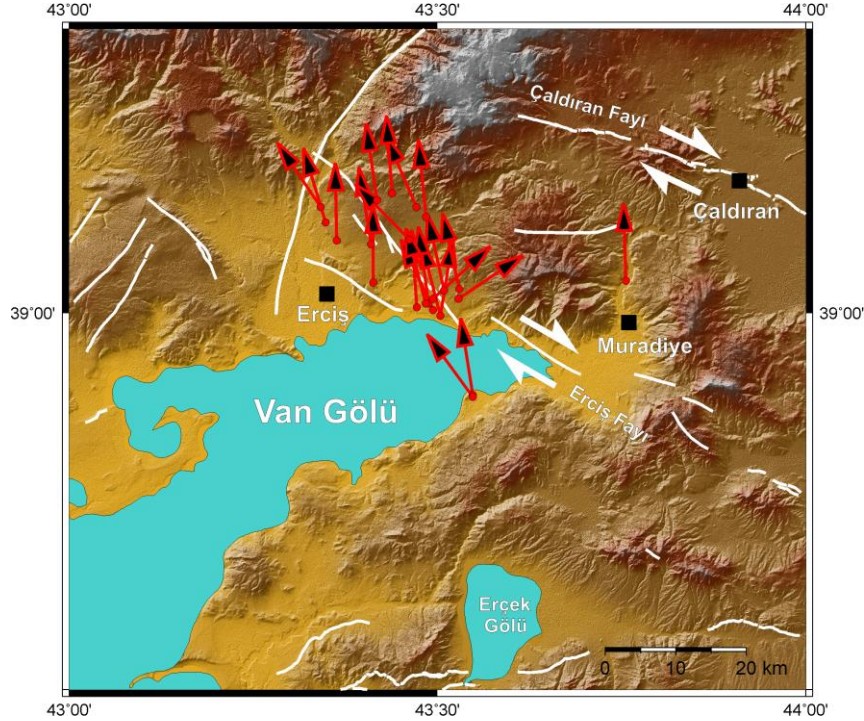
2. PALEOMANYETİK VERİ TOPLAMA VE DEĞERLENDİRME

Bu çalışmada, Doğu Anadolu Bölgesi'nde Van Gölü'nün kuzey kesimlerinden, Miyosen'den günümüze kadar oluşmuş volkanik kayalardan, Nemrut Dağı ve çevresindeki, Holosen ve Üst Pleyistosen yaşlı 11 mevki, Erciş-Muradiye arasındaki Pleyistosen yaşlı 38 mevki, Pliyosen yaşlı 82 mevki ve Miyosen yaşlı 14 mevkiden 145 mevkiden paleomanyetik yönlü karot numunesi toplanmıştır. Volkanik kayalardan yönlü numune toplama işlemi portatif iki zamanlı bir karotiyer kullanılarak yapılmış olup karot numunenin yönlendirme işleminde jeolog pusulası ile birlikte güneş pusulası kullanılmıştır.



Şekil 1. a. Türkiye ve çevresinin ana tektonik unsurları Kuzey Anadolu Fayı (KAF); Doğu Anadolu Fayı (DAF); Ölü Deniz Fayı (ÖDF), Siyah çerçeveli alan çalışma bölgesini göstermektedir.
b) Van Gölü civarının sismisitesi (Deprem episentrları 1900-2018 yılları arası M > 4.0, odak mekanizması çözümleri 1976-2018 yılları arası M > 5.0).

Araziden toplanan yönlü karot numuneler Boğaziçi Üniversitesi – İstanbul Teknik Üniversitesi ortak paleomanyetizma Laboratuvarı olan KANTEK Paleomanyetizma Laboratuvarında ölçüme hazır standart numuneler haline getirilmiş olup Molspin spinner manyetometresi ile her bir standart numunenin Doğal Kalıcı Mıknatıslanmaları (DKM) ölçümleri yapılmıştır. Her bir mevkiden pilot numuneler seçilerek o mevkinin sahip olduğu karakteristik kalıcı mıknatıslanma bileşenleri elde edilmiştir. Daha sonra her bir mevkinin ortalama mıknatıslanma doğrultuları belirlenmiş olup aynı yaşlı mevkilerden elde edilen mıknatıslanma doğrultuları ve lokasyonları harita üzerinde gösterilmiştir. Şekil 2’de Pliyosen yaşlı volkanik kayalardan elde edilen ortalama mıknatıslanma doğrultuları verilmiştir.



Şekil 2. Pleyistosen yaşlı kayalardan elde edilen ortalama mıknatıslanma doğrultuları.



4. SONUÇLAR

Nemrut Dağı ve civarından alınan Holosen ve Üst Pleyistosen yaşlı mevkilerin ortalama mıknatıslanma doğrultularına bakıldığında önemli bir tektonik rotasyonun olmadığı görülmektedir. Pleyistosen yaşlı kayalardan alınan mevkilerin genel rotasyon hareketinin saatin tersi yönünde olduğu açıkça gözlemlenmektedir. KB-GD doğrultulu Erciş Fayı'na yakın olan birkaç mevkide saat yönünde rotasyon izlenmekle beraber söz konusu hareket lokal blok rotasyonu olarak yorumlanmıştır. Van Gölü kuzeyinde geniş alanlara yayılan Pliyosen volkaniklerinden elde edilen mevkilerin rotasyonlarına bakıldığında KD-GB uzanımlı Erciş Fayı'nın batısında kalan mevkilerde saatin tersi yönünde bir rotasyon gözlenmekte olup fay zonu üzerinde ve doğusunda kalan mevkilerde ise genel olarak saatin tersi yönünde bir rotasyon gözlenmektedir. Daha genç mevkilerden elde edilen sonuçlara benzer şekilde, Erciş Fayı'nın kuzeydoğusunda kalan Miyosen yaşlı mevkilerde saat yönü rotasyonlar, batısında ise saatin tersi yönünde rotasyonlar görülmektedir. Mevki ortalamalarına bakıldığında yine bölgede hemen hemen hiç bir önemli rotasyona uğramadığı söylenebilir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, TÜBİTAK tarafından desteklenen 115Y208 No'lu proje ve İTÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından desteklenen İTÜ-BAP38661 No'lu proje ile gerçekleştirilmiştir.

KAYNAKLAR

- Dewey, J.F., Hempton, M.R., Kidd, W.S.F., Şaroğlu, F., Şengör, A.M.C. (1986). Shortening of continental lithosphere: the neotectonics of Eastern Anatolia - a young collision zone, In Coward, M.P. and Ries, A.C. (eds.), Collision Tectonics, Geological Society of London Special Publication 19, 3-36.
- Ketin İ., (1977). Van Gölü ile İran Sınırı arasındaki bölgede yapılan Jeoloji Gözlemlerinin Sonuçları Hakkında Kısa Bir Açıklama Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, 20, 79-85.
- Kocyiğit A., (2013). New field and seismic data about the intraplate strike-slip deformation in Van region, East Anatolian plateau, E. Turkey. Journal of Asian Earth Sciences 62, 586-605
- Özdemir, Y., Güleç, N., Tolluoğlu, A.Ü. (2007). Süphan stratovolkanının bazaltik trakiandezitik lavlarının mineralojik-petrografik ve jeokimyasal özellikleri, Çukurova Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü 30.Yıl Jeoloji Sempozyumu Bildiri Özleri Kitapçığı, 25-27 Ekim, Adana, 75-77.
- Reilinger R., vd., (2006). GPS Constraints on Continental Deformation in the AfricaArabia-Eurasia Continental Collision Zone and Implications for the Dynamics of Plate Interactions, J. Geophys. Res., 111, B05411.
- Şengör, A.M.C., Yılmaz, Y., (1981). Tethyan evolution of Turkey: a plate tectonic approach. Tectonophysics 75, 181-241.
- Şengör A.M.C., Özeren, S., Zor, E., Genç, T. (2003). East Anatolian high plateau as a mantle-supported, north-south shortened domal structure, Geophys Res Lett 30(24):8045.
- Yılmaz, Y., Şaroğlu, F. Güner, Y. (1987). Initiation of the neomagmatism in East Anatolia. Tectonophysics 134, 177- 199.



Neojen–Kuvaterner Dönemi Boyunca Jeomanyetik Alan Şiddetinin Değişimi: Orta Anadolu’da Volkanik Kayaçlardan Elde Edilen İlk Sonuçlar

Nurcan Kaya¹, Özlem Makaroğlu², Niyazi Baydemir³, Z.Mümtaz Hisarlı³

¹*Yüksek Mühendis, Jeofizik Müh. Bölümü, İstanbul Üniversitesi, Avcılar*

²*Yardımcı Doçent Doktor, Jeofizik Müh. Bölümü, İstanbul Üniversitesi, Avcılar*

³*Profesör, Jeofizik Müh. Bölümü, İstanbul Üniversitesi, Avcılar*

Email: nurcan.kaya@istanbul.edu.tr

ÖZET

Bu çalışmada, Orta Anadolu Bölgesi’nde Neojen-Kuvaterner zaman aralığında oluşmuş volkanik kayaçlar kullanılarak, Yermanyetik Alan Şiddeti değişimleri ortaya konulmuştur. Bu amaçla, bölgeden alınan onsekiz farklı mevkiye ait toplam 77 adet örneklerle paleoşiddet ölçümleri gerçekleştirilmiş ve sadece 10 mevkiye ait 33 örneğin sonucu güvenilir bulunmuştur. Toplam Alan Paleoşiddet değeri (F) 0.08-2.6 My yaşa sahip 7 mevkide ortalama $33.40 \pm 4.3 - 73.22 \pm 8.10 \mu T$ arasında bulunmuş ve bu değerler kullanılarak VDM (Eksenel Dipol Moment) $7.13 \times 10^{22} - 13.9 \times 10^{22} \text{ Am}^2$ arasında hesaplanmıştır. 4.4-6.0 My yaş aralığında ise 3 mevkide ortalama Paleoşiddet değeri $21.72 \pm 6.1 - 50.59 \pm 3.10 \mu T$ arasında bulunmuştur. Bu yaş aralığında Paleoşiddet değerlerinden hesaplanan VDM değerleri ise $4.52 \times 10^{22} - 10.1 \times 10^{22} \text{ Am}^2$ arasındadır. Elde edilen VDM değerlerinin dünya ölçeğindeki VDM’lerle uyumlu olduğu gözlemlenmiş ve 1.84 My ve 4.6 My yaşındaki 2 mevkiden elde edilen veriler dışındaki 8 mevkinin günümüzdeki VDM değerinden yüksek olduğu bulunmuştur.

ANAHTAR KELİMELER: Paleoşiddet, Eksenel Dipol Moment, Neojen, Kuvaterner, Orta Anadolu

Variation of Geomagnetic Field Intensity during the Neogene-Quaternary Period: Preliminary Results from Volcanic Rocks in Central Anatolia

¹*Engineer MSc., Istanbul University, Geophysics Department, Avcılar, Istanbul*

²*Asistant Professor, Istanbul University, Geophysics Department, Avcılar, Istanbul*

³*Professor, Istanbul University, Geophysics Department, Avcılar, Istanbul*

Email: nurcan.kaya@istanbul.edu.tr

ABSTRACT

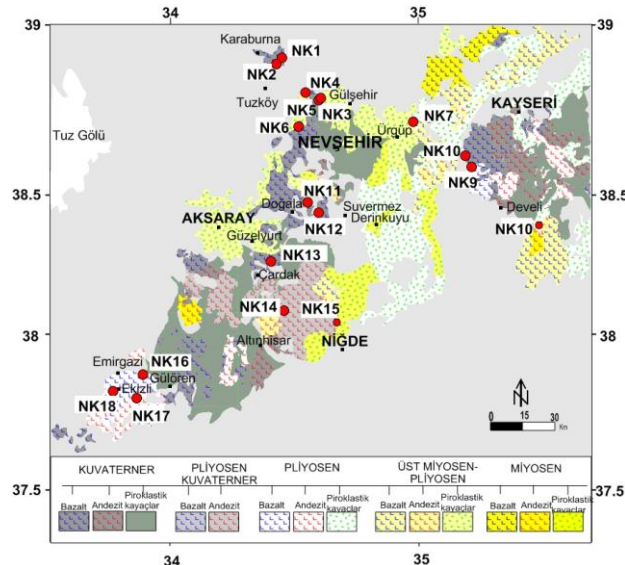
In this study, we present the intensity variation of the Earth’s magnetic field by using Neogene and Quaternary volcanic rocks in Central Anatolian region. With this aim, paleointensity measurements were performed on total number of 77 the sub-samples taken from eighteen different locations in the study area. The preliminary results showed that paleointensity values for the number of 33 samples taken from 10 sites between the age of 0.08-6.0 Ma were accepted according to the confidence criteria. The average

total paleointensity field (F) values for the age of 0.08-2.6 Ma and 4.4-6 Ma are obtained in the range of 33.40 ± 4.3 - $73.22 \pm 8.10 \mu\text{T}$ and 21.72 ± 6.1 - $50.59 \pm 3.10 \mu\text{T}$, respectively. VDM's (Virtual Dipole Moment) are calculated for the age of 0.08-2.6 Ma and 4.4-6 Ma are obtained in the range of 7.13×10^{22} - $13.9 \times 10^{22} \text{ Am}^2$ and 4.52×10^{22} - $10.1 \times 10^{22} \text{ Am}^2$, respectively. The results show that VDM values obtained in this study are good coherence with the VDM values of global scale and they were found higher than present VDM values for the just eight sites.

KEYWORDS: Paleointensity, Virtual Dipol Moment, Neogene, Quaternary, Central Anatolia.

1. ÇALIŞMANIN AMACI VE ÖRNEK YERLERİ

Geçmiş jeolojik zamanlarda, volkanik aktivite sonucunda yeryüzüne çıkan sıcak malzeme yermanyetik alanı içinde soğurken onun doğrultusunda ve şiddetinde bir mıknatıslanma kazanır. Geçmişteki bu mıknatıslanmanın şiddetini belirlemek paleoşiddet çalışmalarıyla mümkündür. Paleoşiddet değerlerinden yermanyetik alanını doğuran dipol momentin büyüklüğü (VDM) hesaplanabilmektedir. Farklı tarihsel dönemler için hesaplanan bu dipol momentin büyüklüğünün düzgün bir şekilde azalmakta olduğu belirlenmiştir. Bu olay geçici bir durum olabileceği gibi, polaritedeki terslenmenin belirteci de olabilir. Eğer bu azalma aynı oranda devam ederse iki bin yıl sonra yermanyetik alanı sıfır olacaktır (Leaton ve Malin, 1967; McDonald ve Gunst, 1968; Langel, 1987). Geçmiş dönemlerdeki yermanyetik alan şiddeti ve VDM değerlerinin elde edildiği paleoşiddet çalışmaları yermanyetik alanının gelecekteki davranışlarını ortaya koymak için oldukça önemli veriler sağlamaktadır. Türkiye’de volkanik kayalardan elde edilen paleoşiddet çalışmalarında birkaç çalışmanın dışında (Baydemir, 1996; Baydemir et al., 2012; Kaya et al., 2015) veri eksikliği bulunmaktadır. Ülkemizdeki veri eksikliğini doldurmak ve dipol momentindeki değişimleri saptanmak amacıyla Orta Anadolu’dan 18 mev-kiden yaşları 0.08-10.0 milyon yıl arasında değişen volkanik kayalardan 450 adet örnek toplanmıştır (Şekil 1). Bölgedeki volkanik kayalara ait yaş bilgileri ve paleomanyetik sonuçlar Platzman ve diğ. 1998’ den alınmış olup, örnek yerleri bu çalışmadaki yaş tayinlerinin yapıldığı yerlerden seçilmiştir.

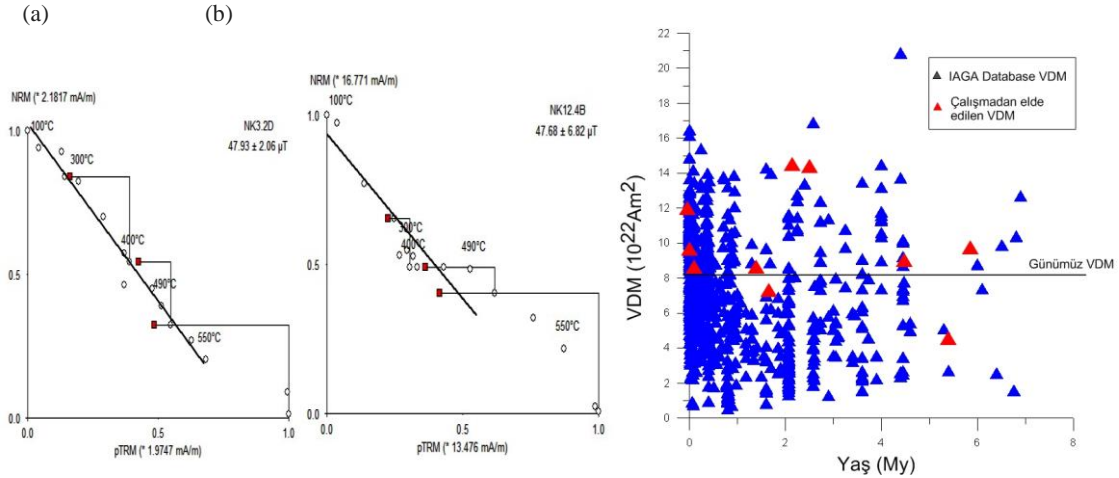


Şekil 1. Orta Anadolu Bölgesi'nin Neojen-Kuvaterner volkanik birimlerin dağılımı ve örnek yerleri (1/500000 ölçekli Maden Teknik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA) jeoloji haritasından değiştirilerek çizilmiştir).

3. ELDE EDİLEN BULGULAR VE SONUÇLAR

Paleoşiddet değerlerinin saptanmasında kullanılan ölçümler Coe (1967a,b) tarafından önerilen ‘Geliştirilmiş Thellier Yöntemi’ni temel alan Leonhardt Ölçü Protokolü ile yapılmıştır (Leonardt ve diğ.,2003). Paleoşiddet ölçümleri İstanbul Üniversitesi Doç.Dr. Yılmaz İspir Paleomanyetizma Laboratuvarı’nda gerçekleştirilmiştir.Tüm ölçüm sonuçları Leonhardt ve diğ., (2004) geliştirmiş oldukları Thellier-Tool4.0 programıyla saptanmıştır. Bu programda çizilen Aria grafiklerinden (Şekil 2a) şiddet değerleri ve istatistiksel parametreler elde edilmiştir.

Çalışma kapsamında elde edilen 10 mevkiden alınan ilk sonuçlara göre, işleme tabi tutulan 77 örneğin 33’ ünün paleoşiddet değerleri güvenilir bulunmuştur. Toplam Alan Paleoşiddet değerleri 0.08-2.6 My yaş aralığındaki 7 mevkide (NK3, NK4, NK8, NK11-NK14) 33.40 ± 4.3 - $73.22 \pm 8.10 \mu T$ arasında bulunmuştur. Çalışmadan elde edilen paleoşiddet değerlerinin önceki çalışmalardan elde edilmiş olan paleoşiddet değerleri ile karşılaştırılabilmesi için VDM hesaplanmış ve 7.13×10^{22} - $13.9 \times 10^{22} \text{ Am}^2$ arasında bulunmuştur. 4.4-6.0 My yaş aralığındaki 3 mevkide (NK15,NK17,NK18) ise paleoşiddet değerleri ortalama 21.72 ± 6.1 - $50.59 \pm 3.10 \mu T$ arasında bulunmuştur. Bu yaş aralığında paleoşiddet değerlerinden hesaplanan VDM değerleri ise 4.52×10^{22} - $10.1 \times 10^{22} \text{ Am}^2$ arasında hesaplanmıştır. Çalışmadan elde edilen tüm VDM değerleri IAGA veri tabanından alınan veriler ile karşılaştırılmıştır (Şekil 2b). Bu karşılaştırmayı yapmak için IAGA veri tabanından alınan veriler, yaş aralığı günümüzden 7 My’a kadar olan ve sadece kısmı ısı kalıntı miktarıslanma kontrollü Thellier yöntemi kullanılarak elde edilen VDM değerlerinden seçilmiştir. Elde edilen VDM değerleri dünya ölçeğindeki VDM’lerle uyumlu olduğu gözlenmiştir. 1.84 My ve 4.6 My yaşındaki 2 mevkiden elde edilen veriler dışında çalışılan tüm yaşlar için günümüzdeki VDM değerinden yüksek VDM değerleri bulunmuştur.



Şekil 2. a) Çalışmadan elde edilen 2 mevkie ait örnek Aria grafikleri. b) IAGA veri tabanından alınan 7 milyon yıl öncesinden günümüze dek olan dönemler için VDM dağılımı ve bu çalışmadan elde edilen VDM sonuçları.



TEŞEKKÜR

Bu çalışma İstanbul Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yürütücü Sekreterliğinin 25933 numaralı doktora projesi ile desteklenmektedir. Kaya manyetizması testlerinden histeresiz ölçümleri için laboratuvar desteği sağlayan Dr. Norbert R. Nowaczyk 'e teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

Baydemir, N. (1996). Mesudiye (Ordu) bölgesinin Miyosen (?) -Pliyosen yaşlı kayalarından saptanan yermanyetik alanının paleoşiddet değeri, *TÜBİTAK Turkish Journal of Earth Sciences*, 5, 11-19.

Baydemir, N., Hisarlı, Z. M., Çinku, M. C., Keskin, M., Kaya, N. (2012). Doğu Anadolu Bölgesi Kuvaterner Yaşlı Bazaltik Kayalardan Yermanyetik Alan Şiddetinin Saptanması, *İstanbul Yerbilimleri Dergisi*, cilt: 25, sayı: 2.

Coe, R. S. (1967a). The determination of paleo-intensities of the earth's magnetic field with emphasis on mechanisms which could cause non-ideal behaviour in Thellier's method, *J. Geomag. Geoelect.*, 19, 157-179.

Coe, R. S. (1967b). Paleointensities of the earth's magnetic field determined from Tertiary and Quaternary rocks, *J. Geophys. Res.*, 72, 3247-3262.

Kaya N., Baydemir N., Cengiz Çinku M., Hisarlı Z.M., Keskin M., Leonhardt R., (2015). Intensity Of The Earth's Magnetic Field Over The Past 6 Million Years; A Case Study From Basaltic Rocks In East Anatolian, *EGU General Assembly 2015*, Viyana, Avusturya.

Langel, R.A. (1987). The main geomagnetic field, in Geomagnetism, ed. Jacobs, J.A., *Academic Press*, London.1, 249-512.

Leaton, B. R. ve Malin, S. R. C. (1967). Recent changes in the magnetic dipole moment of the earth. *Nature*, 213, 1110.

Leonhardt, R., Matzka, J. ve Menor, E.A. (2003). Absolute paleointensities and paleodirections of Miocene and Pliocene lavas from Fernando de Noronha, *Brazil. Phys. Earth Planet. Int.*, 139, 285-303.

Leonhardt, R., C. Heunemann, ve D. Krasa. (2004). Analyzing absolute paleointensity determinations: Acceptance criteria and the software Thellier-Tool4.0, *Geochem. Geophys. Geosyst.*, 5, doi:10.1029/GC000807.

McDonald, K L ve Gunst, R H. (1968). Recent trends in the earth's magnetic field: *Jour Geophys Research*, 73, 6, 2057-2067.

Platzman H. S., Tapırdamaz C., Sanver M. (1998). Neogene anticlockwise rotation of central Anatolia (Turkey) : preliminary paleomagnetic and geochronological results, *Tectonophysics*, 99, 175-189.



Marmara Denizi'nin Yüksek Çözünürlüklü Paleomanyetik Kayıtları

Özlem Makaroğlu¹, Norbert Nowaczyk², Kadir Eriş³, Nurcan Kaya¹, Z.Mümtaz Hisarlı¹,
Namık Çağatay³, Naci Orbay¹

¹ *İstanbul Üniversitesi, Jeofizik Müh. Bölümü, Avcılar, İstanbul*

² *GFZ (Deutsches GeoForschungsZentrum), Potsdam, Almanya*

³ *İTÜ, Maden Fakültesi, Jeoloji Müh. Bölümü, Maslak, İstanbul*

Email: ozlemm@istanbul.edu.tr

ÖZET

Bu çalışmada, yermanyetik alanının yüksek çözünürlüklü kayıtlarını belirlemek için Marmara Denizi'nin batı sırtından, 580 m. su derinliğinden alınan MD01-2430 karotundan elde edilen paleomanyetik kayıtlar sunulacaktır. Bu kayıtlar, yermanyetik alan dinamiğini anlamak ve Karadeniz ile Akdeniz arasında önemli bir geçit olan Marmara Denizi'nin peleoşinografik evrimini ortaya koymak için oldukça önemlidir. Çalışılan karotun yaş modeli tefrakronoloji, radyokarbon tarihlleme ve karotlardan elde edilen Ca kayıtlarının küresel bir belirteç olan NGRIP (North Greenland Ice Core Project) verileri ile eşleştirilmesiyle oluşturulmuştur. Ca ve manyetik süseptibilite değişimleri MIS4-MIS2 (Marine Isotope Stage) boyunca $\delta^{18}O$ NGRIP kayıtları ile oldukça uyumlu bulunmuştur. Detaylı paleomanyetik ölçümler, örneklerin çoğunun duraylı karakteristik kalıntı mıknatıslanmaya sahip olduğunu göstermiştir. Marmara Denizinden elde edilen paleomanyetik kayıtlar (paleoşiddet ve eğim açısı) Karadeniz paleomanyetik kayıtları ve küresel jeomanyetik modellerle (CALS10k.1, GLOBIS-75 and PISO-1500) karşılaştırılmış ve uyumlu bulunmuştur. Tüm sonuçlar, karot boyunca elde edilen görece düşük paleoşiddet ve yaklaşık 0° civarındaki inklınasyon (eğim açısı) değerlerinin yermanyetik alanının ani terslenmeleri ile ilişkili olduğunu göstermiştir.

ANAHTAR KELİMELER: Paleomanyetizma, Marmara Denizi, Kuvaterner

High Resolution Paleomagnetic Records from the Sea of Marmara

Özlem Makaroğlu¹, Norbert Nowaczyk², Kadir Eriş³, Nurcan Kaya¹, Z.Mümtaz Hisarlı¹,
Namık Çağatay³, Naci Orbay¹

¹ *Istanbul University, Engineering Faculty, Dept. of Geophysics
34320, Avcilar, Istanbul, Turkey*

² *Deutsches GeoForschungsZentrum (GFZ), Section 5.2, Potsdam, Germany*

³ *İTÜ, Faculty of Mines, Dept. of Geology, Maslak, İstanbul*

Email: ozlemm@istanbul.edu.tr

ABSTRACT

We present paleomagnetic records obtained from core MD01-2430 recovered from water depth of 580 m on the Western High of the Marmara Sea to determine high-resolution record of the Earth's magnetic



field. These records are very important to understand of the Earth's magnetic field dynamic and for the reconstruction of the paleocenaographic evolution of the Sea of Marmara, which is a gateway between the Mediterranean Sea and the Black Sea. The age-depth model of the core was created by tephrochronology, radiocarbon dates and wiggle-matching the XRF-Ca record from the cores with the onsets of Greenland Interstadials. Ca and magnetic susceptibility record of the cores correlated well with the $\delta^{18}\text{O}$ of the NGRIP (North Greenland Ice Core Project) record of MIS4 (Marine Isotope Stage 4) to MIS2. The detailed paleomagnetic measurements show that stable and well defined characteristic remanent magnetization (ChRM) indicates reliable paleomagnetic directions for most of the samples. The paleomagnetic records (paleointensity and inclination) from the Sea of Marmara were correlated with the Black Sea paleomagnetic stack and geomagnetic field models (CALS10k.1, GLOBIS-75, PISO-1500). This correlation showed that the paleomagnetic records from the Sea of Marmara considerably agree with the global records. The results show that low paleointensities and inclinations are related with geomagnetic excursions.

KEYWORDS: Paleomagnetism, the Sea of Marmara, Quaternary

1. GİRİŞ

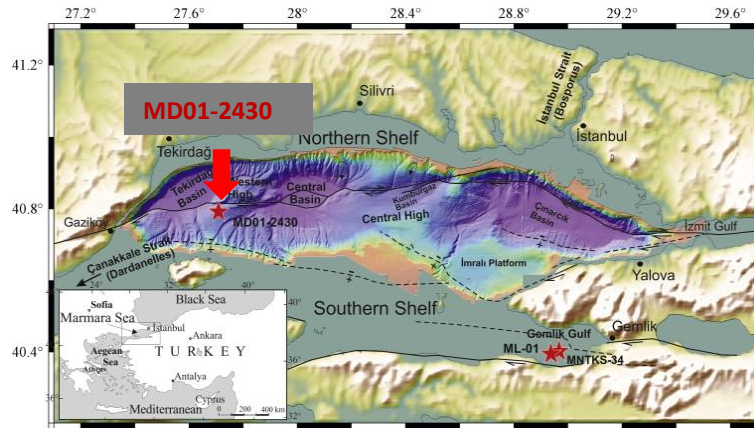
Manyetik mineral içeren kayalar oluştuğları sırada içinde buldukları yermanyetik alan doğrultusunda bir mıknatıslanma kazanırlar. Bu oluşum anında kazanılan kalıntı mıknatıslanma, yerkürenin jeolojik zaman boyunca fiziksel özelliğinin detaylı olarak belirlenmesine olanak tanıyan en önemli jeofiziksel özelliktir (Tarling, 1971). Okyanus ortası sırtlarda yapılan manyetik ölçümlerden elde edilen manyetik anomaliler, deniz sedimanlarının ve lav örneklerinin paleomanyetik çalışmalarından elde edilen kalıntı mıknatıslanma ölçümleri, yermanyetik alanının 10^2 ile 10^8 yıl arasında değişen manyetik kutup terslenmeleri (reversals), paleoseküler (Paleosecular variation) ve ani değişimler (excursion) gibi karakteristik değişimlere sahip olduğunu göstermektedir. Yermanyetik alanın bu değişimlerinden elde edilen referans modeller kullanılarak yapılan karşılaştırmalar küresel ve bölgesel ölçekte jeolojik birimlerin ve arkeolojik materyallerin yaşlandırılmasına da olanak sağlamaktadır (Makaroğlu, 2012). Bu nedenle küresel ve bölgesel ölçekte bu kayıtların sayısının artırılması hem yaşlandırma çalışmaları açısından hem de yermanyetik alanının dinamiğinin anlaşılması açısından oldukça önemlidir. Özellikle, kutup terslenmeleri arasında meydana gelen 200-400 yıl arasında değişen ani terslenmelerin dinamiği ile ilgili hala belirsizlikler bulunmaktadır. Bu nedenle, özellikle bu kısa süreli değişimlerin meydana geldiği Kuvaterner sedimanlarının yüksek çözünürlükte paleomanyetik kayıtlarının elde edilmesi oldukça kritik bir konudur.

Derin deniz sedimanları yermanyetik alanının sürekli olarak kaydedildiği jeolojik alanlardır. Deniz basenlerinden 10-30 m arasında değişen uzunluklarda alınan sediman karotları yüksek çözünürlükte paleomanyetik kayıtların elde edilmesi için kullanışlı örneklerdir. 20-50 cm/binyıl oranında değişen sedimantasyon hızına sahip denizel sedimanlardan elde edilen paleomanyetik kayıtlar, yermanyetik alanının zaman içinde meydana gelen değişimlerinin ortaya konması ve dinamiğinin anlaşılması için oldukça kullanışlı jeofiziksel verilerdir. Bu nedenlerle, bu çalışmada Marmara Denizi'nden alınan MD01-2430 karotunda detaylı paleomanyetik analizlerin yapılması ve yermanyetik alanının uzun süreli değişimlerinin ortaya konması amaçlanmıştır. Akdeniz ile Karadeniz arasında önemli bir geçit olan Marmara Denizi'nde yüksek çözünürlükte paleomanyetik kayıtların sayısının artırılması, Marmara Denizi'nin paleo-öşinografik evrimini ortaya koymak için de oldukça kullanışlı bilgiler sağlayacaktır.

2. YÖNTEM

Karot M01-2430, 2001 yılında RV Marion gemisi ile Marmara Denizi'nin kuzeybatı bölümünde yer alan batı sırtından alınmıştır (Şekil 1). Tefrakronoloji, radyokarbon tarihleme ve jeokimyasal verilerin küresel belirteçlerle eşleştirilmesi ile oluşturulan yaş modeline göre Günümüzden Önce (GÖ) 70 binyıllık bir sediman birimine sahiptir (Çağatay vd 2015).

Manyetik analizler için karot, 6 cm³'lük plastik kutular kullanılarak 1 cm aralıklarla yönlü olarak örneklenmiştir. 1000 adet örneğin, manyetik süseptibilite, NRM (Doğal Kalıntı Miknatıslanma), 0'dan başlayarak 100 mT'ya kadar alternatif alanla temizleme (AF), ARM (Anhisteretik Kalıntı Miknatıslanma), SIRM (Eş-ısıtıl Kalıntı Miknatıslanma) ölçümleri Almanya'da bulunan GeoForschung Zentrum (GFZ) Paleomanyetizma Laboratuvarında yapılmıştır. Karakteristik miknatıslanma vektörleri Temel Bileşen Analizi (PCA) ile belirlenmiştir (Kirschvink, 1980). PSD (Paleoseküler Değişim) eğrilerini temsil edecek olan mutlak eğim açısı (inklinasyon), rölative sapma açısı (deklınasyon) ve şiddet değişimleri hesaplanmıştır. Denizel sedimanlarda sıklıkla rastlanılan, diyajenez ürünü demir sülfürlü manyetik mineral olan Gregit mineralinin bulunduğu örnekler alternatif alan temizleme eğrileri ve SIRM/K_f değerleri dikkate alınarak değerlendirme dışı bırakılmıştır. Karakteristik Kalıntı Miknatıslanma vektörlerinin belirlenmesi aşamasında kararlı paleomanyetik davranışa sahip örnekler ve demir sülfür örnekleri verilerden çıkartılıp sadece kararlı paleomanyetik vektör davranışına sahip olan demir oksit mineralleri kullanılmıştır.



Şekil 1. Marmara Denizi'nin lokasyonu morfolojik haritası ve MD01-2430 karotunun konumu (Çağatay vd., 2015).

3. SONUÇLAR

Ca ve manyetik süseptibilite değişimleri MIS4-MIS2 dönemi boyunca $\delta^{18}O$ NGRIP kayıtları ile oldukça uyumlu bulunmuştur. Bu sonuç, Marmara Denizinde manyetik minerallerin iklim kontrolünde depolandığını ve manyetik süseptibilitenin Ca elementi gibi bir paleoklim belirteci olarak kullanılabileceğini de göstermektedir.



Elde edilen ön sonuçlara göre, günümüzden önce yaklaşık 70 by boyunca depolanan MD01-2430 nolu karotun (Çağatay vd. 2015) 16.5-17 m derinliğinde görece düşük yermanyetik alan şiddeti ile düşük/negatif inklinasyon değerleri bulunmuştur. 15 m derinliğinde belirlenen Campanien Tefrası (GÖ 39 by) (Çağatay vd., 2015) öncesinde meydana gelmiş olan bu düşük şiddet ve inklinasyon değerlerinin 41 by önce meydana gelen Laschamp ani yermanyetik alan değişiminin bir kaydı olduğu düşünülmektedir. Ayrıca yaş modeline göre, GÖ 32 ve 18 by önce elde edilmiş olan düşük paleoşiddet değerlerinin de sırasıyla Mono Lake ve Hilina Pali terslenmeleri ile ilişkili olduğu bulunmuştur.

Elde edilen paleomanyetik kayıtlar (paleoşiddet ve inklinasyon) Karadeniz paleomanyetik kayıtları (Nowaczka vd., 2012), küresel jeomanyetik modeller olan CALS10k.1 (Korte vd 2011), GLOBIS-75 (Laj vd 2000) ve PISO-1500 (Channel vd 2009) verileri ile karşılaştırılmış ve uyumlu bulunmuştur. Tüm sonuçlar, karot boyunca elde edilen görece düşük paleoşiddet ve inklinasyon ($\sim 0^\circ$) değerlerinin yermanyetik alanının ani terslenmeleri ile ilgili olduğunu göstermiştir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma 115Y773 nolu TÜBİTAK projesi ile desteklenmektedir. TÜBİTAK'a ve ayrıca desteği için DAAD'ye (Deutscher Akademischer Austauschdienst) teşekkürlerimizi sunarız. Frank Bassinot'a ve Gülay İşgüder'e GIF-Sur-Yvette'deki örnekleme sırasındaki yardımları için teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- Çağatay M.N., Wulf S., Sancar Ü., Özmaral A., Vidal L., Henry P., Appelt O., Gasperinni L. (2015) The tephra record from the Sea of Marmara for the last ca. 70 ka and its palaeoceanographic implications, *Marine Geology*, **361**, 96–110.
- Channell, J.E.T., Xuan, C., Hodell, D.A. (2009) Stacking paleointensity and oxygen isotope data for the last 1.5 Myr (PISO-1500). *Earth Planet. Sci. Lett.* 283, 14–23
- Kirschvink, J.L. (1980) The least-squares line and plane and the analysis of palaeomagnetic data, *Geophys. J.R. Astr. Soc.*, **62**, 699–718.
- Korte, M, C. Constable, F. Donadanic, R. Holmed (2011). Reconstructing the Holocene geomagnetic field, *Earth and Planetary Science Letters*, 312,3-4, p 497-505.
- Laj, C., Kissel, C., Mazaud, A., Channell, J.E.T., Beer, J. (2000). “North Atlantic palaeointensity stack since 75 ka (NAPIS75) and the duration of the Laschamp event”, *Phil Trans. R.Soc. Lond.* **A358**,1009–1025.
- Makaroglu, O. (2012). "Paleomağnetik Tarihlendirme", Kuvaterner Bilimi, Ankara Üniversitesi Yayınları, Ankara, ss.547-570,
- Nowaczyk, N.R., Arz, H.W., Frank, U., Kind, J., Plessen, B. (2012). “Dynamics of the Laschamp geomagnetic excursion from Black Sea sediments”, *Earth and Planetary Science Letters*, **351–352**, 54–69.
- Tarling, D.H. (1971). Principles and applications of paleomagnetism. Chapman and Hall.



PALEOMANYETİK VERİLERDEN DOĞU PONTİDLERİN GEÇ KRATASE-ERKEN SENEZOYİKTEKİ TEKTONİK EVRİMİ

Z.Mümtaz Hisarlı¹ ve Naci Orbay¹

¹ Profesör, Jeofizik Müh. Bölümü, İstanbul Üniversitesi, Avcılar

Email: mhisarli@istanbul.edu.tr

ÖZET

Pontidler, Doğu Pontidlerde (EP) yukarıya doğru konkav şekillenmiş kıvrım kuşağı ile ve Batı Pontidlerde kuzeye ilerleyen kıta önü kıvrım ve bindirme kuşaklarını içeren Mesozoyik-Senezoyik kıvrım kuşakları ile karakterize edilir. Bu kıvrım kuşağının konkav yapısı, oroklinal bir kıvrımlanma göstererek Kafkaslara kadar uzanır. Tektonik rotasyon ve kıvrımın eğriliği arasındaki ilişkiyi daha iyi anlamak için Geç Kratase ve Orta Eosen volkanik ve sedimanter kayalarından 29 mevkiden örneklemeye yapılarak bir Paleomanyetik çalışma gerçekleştirilmiştir. Orta Eosen kayalarında Karakteristik mıknatıslanma ve günümüze yakın düşük unbloking sıcaklık/koversite bileşeni olmak üzere iki bileşen ayırt edilerek adım adım ısıl ve alternatif alan temizleme yöntemi ile izole edilmiştir. 15 mevkiden elde edilen Karakteristik mıknatıslanma doğrultusu $D_s = 332.3^\circ$, $I_s = 49.9^\circ$ ($k = 33.3$, $\alpha_{95} = 9.2^\circ$, $N = 15$) olarak hesaplanmıştır. %95 güvenirlikte pozitif kıvrım testi ve polarite testi bu sonuçların kayaların oluşumu sırasında kazanılan birincil bir mıknatıslanma olduğunu göstermektedir. Üst Kratase kayalarının bileşen analizinden ikincil mıknatıslanma kaldırıldıktan sonra karakteristik mıknatıslanma $D_s = 160.3^\circ$, $I_s = -45.0^\circ$, ($\kappa_s = 85.6$, $\alpha_{95} = 6.0^\circ$, $N = 8$) olarak elde edilmiştir. EP ve Aşağı Kafkaslarda (LC) Üst Kratase ve Orta Eosen paleomanyetik sonuçların her ikisi birden Paleosen Arabistan ve Avrasya arasındaki yakınsama ile eş oluşmuş oroklinal bir kıvrımlanmanın varlığını açıkça göstermektedir.

ANAHTAR KELİMELER: Paleomanyetizma, Pontid, Orta Eosen, Üst Kratase, Tektonik Evrim

USING PALEOMAGNETIC DATA ON LATE CRETACEOUS AND EARLY CENOZOIC TECTONIC EVOLUTION OF THE EASTERN PONTIDES

¹ Professor, Geophysics Eng. Department, İstanbul University, Avcılar
Email: mhisarli@istanbul.edu.tr

ABSTRACT

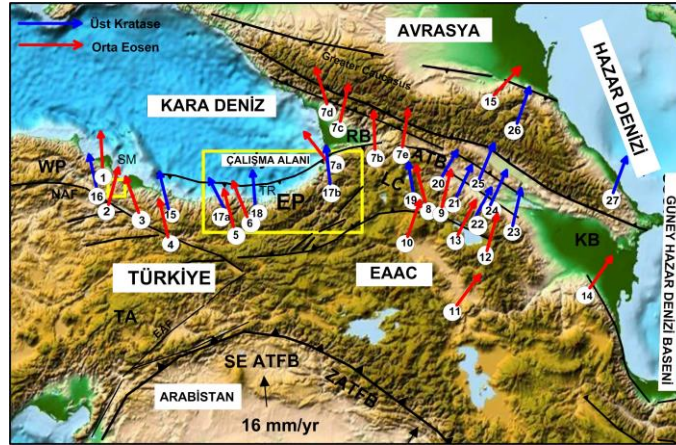
The Pontides are characterized by a series of Mesozoic-Cenozoic fold belts comprising a N-vergent foreland fold and thrust belt in the Western Pontides and a concave, upward-shaped fold belt in the Eastern Pontides (EP). The curvature of the fold belt follows the Caucasus which may imply a phase of oroclinal bending. In order to test whether the fold curvature represents a phase of oroclinal bending, a paleomagnetic study has been carried out in the Eastern Pontides on late Cretaceous and middle Eocene volcanic and sedimentary rocks from 29 sites. Stepwise thermal and alternating field demagnetization isolated two components of remanent magnetization in middle Eocene rocks comprising a low

unblocking temperature/coercivity component near the present field direction and a characteristic remanent magnetization (ChRM) component of $D_s = 332.3^\circ$, $I_s = 49.9^\circ$ ($k = 33.3$, $\alpha_{95} = 9.2^\circ$, $N = 15$ sites). A positive fold test at a 95% confidence level and a reversal test indicate a primary magnetization. Component analysis of the upper Cretaceous rocks identifies a stable ChRM $D_s = 160.3^\circ$, $I_s = -45.0^\circ$, ($k = 85.6$, $\alpha_{95} = 6.0^\circ$, $N = 8$ sites) following removal of secondary remanence. Both the upper Cretaceous and middle Eocene paleomagnetic data from the Eastern Pontides and the Lesser Caucasus clearly demonstrate evidence of oroclinal bending that occurred contemporaneously with the convergence between Arabia and Eurasia in the Paleocene.

KEYWORDS: Paleomagnetism, Pontides, Middle Eocene, Late Cretaceous, Tectonic Evolution

1. GİRİŞ

EP 500 km uzunluğunda ve 100 km genişliğinde iyi korunmuş geniş bir dağ kuşağıdır (Şekil 1). Batı sınırında Batı Pontidler (WP), kuzey doğu sınırında Achara-kuşağı (ATB), kuzeyinde Büyük Kafkaslar (GC), güneyinde Torid-Anatolid (TA) yer almaktadır (Şekil 1). LC nin doğusunda gözlenen bindirme ve kıvrım eksenleri (Şekil 1). KB-GD yönlerindedir (Bazhenov ve Burtman, 2002; Banks ve Robinson, 1997) ve GC'de gözlemlenen bindirme faylarına paraleldir (Forte ve ark., 2010; Philip ve diğerleri, 1989). Bu paralel yapılar ATB den (Banks ve Robinson, 1997) EP yay ardı havzasının



Şekil 1: Pontid, LC ve GC civarında daha önceki çalışmalardan elde edilen Üst Kratase ve Orta yaşlı paleomanyetik sonuçlar. AFTB: Anadolu Kıvrım ve Bindirme Kuşağı; EAAC: Doğu Anadolu Yığılma Kompleksi; EAF: Doğu Anadolu Fayı; EP: Doğu Pontid; IB: İran Blok; KB: Kura Havzası; LC: Aşağı Kafkasya; RB: Rioni Havzası; NAF: Kuzey Anadolu Fayı; SM: Samsun; SA: Güney Ermenistan; H: Hopa; ET: Doğu Toroslar; TR: Trabzon.

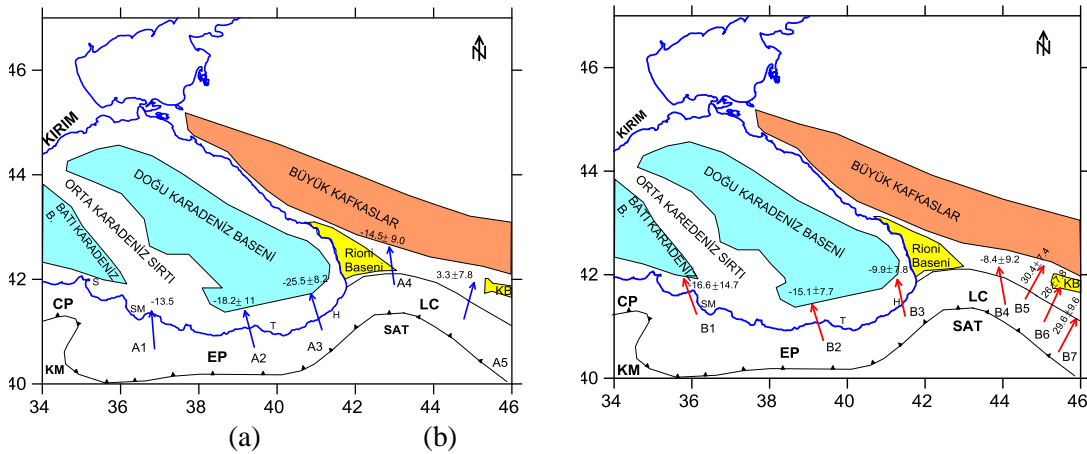
güneyine doğru havzasının güneyindeki E-W bindirme doğrultularından sapmalar göstererek kabaca KD-GB doğrultusunu alır (Okay ve Sahintürk 1997). Bütün bu ana yapılar kabaca, EP ve LC boyunca uzanan bir oroklinal kıvrımı göstermektedir. EP'de paleomanyetik verilerin bulunmamasına rağmen oroklinal bükülme modelini, bölgedeki bindirme ve kıvrım eksenlerinin doğrultuları destekler niteliktedir. Bununla birlikte, oroklinal bükülme mekanizması ve zamanı hala anlaşılabilir değildir. Bu amaçla EP de Orta Eosen ve Geç Kratase yaşlı volkanik ve sedimenter kayalardan eksik olan paleomanyetik mevkiilerin sayılarını artırmak (Şekil 1) ve bölgedeki Oroklinal bükülmenin varlığını ortaya koyabilmek amacıyla paleomanyetik çalışma gerçekleştirilmiştir.

2. PALEOMANYETİK ÖRNEKLEME YAPILAN YERLER VE BULGULAR

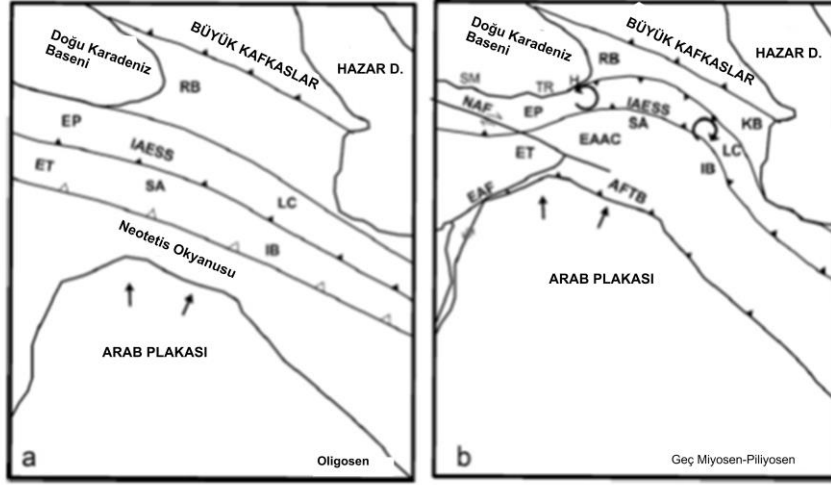
Bu çalışmada, bölgedeki Oroklinal bükülme ve zamanını daha iyi anlayabilmek amacıyla Üst Kretase-Orta Eosen zaman aralığında mostra veren volkanik ve sedimanter kayalardan toplam 29 mevkiden paleomanyetik örnekleme yapılmıştır. Tüm mevkilerden elde edilen hysteresis eğrilerinden mevkilere ait kalıntı mıknatıslanmanın Yalancı tek Domen (Pseudo Single Domen) davranış göstermiştir. Bu sonuç, çalışmada kullanılan örneklerin mıknatıslanmalarının güvenilir olduğunu göstermiştir. Tüm numuneler sistematik olarak termal ve alternatif alan tekniği kullanılarak manyetik alan temizlenmiştir. Orta Eosen yaşlı 15 mevkiden elde edilen tektonik düzeltme sonrası karakteristik ortalama mıknatıslanma doğrultusu $D_s = 332.3^\circ$, $I_s = 49.9^\circ$ ($k = 33.3$, $\alpha_{95} = 9.2^\circ$, $N =$ olarak hesaplanmıştır. %95 güvenirlikte pozitif kıvrım testi ve polarite testi bu sonuçların kayaların oluşumu sırasında kazanılan birincil bir mıknatıslanma olduğunu göstermektedir. Üst Kratase kayalarının bileşen analizinden ikincil mıknatıslanma kaldırıldıktan sonra tektonik düzeltme sonrası ortalama karakteristik mıknatıslanma $D_s = 160.3^\circ$, $I_s = -45.0^\circ$, ($\kappa_s = 85.6$, $\alpha_{95} = 6.0^\circ$, $N = 8$) olarak elde edilmiştir. Bölgede daha önce yapılmış paleomanyetik çalışmalar ve bu çalışmadan elde edilen sonuçlar birlikte gruplandırılarak Üst Kratase ve Orta Eosen yaşlı kayalar için ortalamalar elde edilmiştir. Orta Eosen kayaları için 40 my ve Üst Kratase yaşları içinse 70 my baz alınarak ve Besse ve Courtillot (2002) nin stabil Avrupa pole pozisyonu kullanılarak tüm bölgenin Avrupa'ya göre rotasyonu ($R \pm \Delta R$) hesaplanmıştır. Elde edilen rotasyonlar oklarla temsil edilerek Orta Miyosen ve Üst Kratase için ayrı ayrı Şekil 2'de gösterilmiştir.

3. TARTIŞMA VE SONUÇ

Şekil 2 incelendiğinde, kıvrımın etkisinin hem Kratase ve hemde Orta Eosen yaşlı kayalarda izlenmiş olması, oroklinal kıvrımlanmaya neden olan tektonik olayın Orta Eocene volkanizması ve sonrasında gelişmiş ve neotektonik olaylarla ilişkili olduğunu göstermektedir. Doğu Pontidlerin jeolojisi Kratase'den günümüze kadar şekillenmesinde Neotetis okyanus baseni ve onun kuzeye doğru kapanması ile yakından ilgilidir (Boztuğ, 2009). Anatolid-Torid ve Doğu Pontid arasındaki kırsal çarpışma, Mezozoyik ve Tersiyer de kuvvetli orojenik olayların oluşmasına neden olmuştur (Şekil 3) (Okay ve şahintürk, 1997; Bazhenov and Burtman, 2002; Boztuğ, 2009).



Şekil 2. Bu çalışma ve daha önceki çalışmalardan elde edilen a) Orta Eosen b) Üst Kratase grup ortalamaları. Okların üzerindeki rakamlar Avrupaya göre rotasyonları göstermektedir.



Şekil 3. EP ve LC'deki paleomanyetik rotasyonları açıklayan tektonik model. (a) Neotetis'in güney kolunun kademeli tüketimi sırasında Arap Platformu ve Doğu Anadolu, Paleosen-Oligosen döneminde çarpışmaya başlamış (b) Arap platformunun Avrasya'ya kuzey-güney doğrultusunda sıkıştırarak kabuğun kalınlaşmasına, Orta-Alt Miosen sırasında Anadolu'nun batıya doğru tektonik olarak kaçışına ve Arap Platformunun daha fazla girinti yapmasına neden olmuştur. Bu sırada Pontidler ve Kafkasya'da paleomanyetik rotasyonlarla tutarlı bir oroklinal bükülme meydana gelmiştir. Kısaltmalar Şekil 1 alt yazısında verilmiştir.

KAYNAKLAR

- Banks, C. J., Robinson, A.G. (1997). Mesozoic strike-slip back-arc basins of the Western Black Sea. In: A.G. Robinson (Editor), *Regional and Petroleum Geology of the Black Sea and Surrounding Region American Association of Petroleum Geologists Memoir*, **68**, pp. 53–62 Tulsa, OK .
- Bazhenov, M.L., Burtman, V.S. (2002). Eocene paleomagnetism of the Caucasus (southwest Georgia): oroclinal bending in the Arabian syntaxis. *Tectonophysics* 344, 247–259.
- Besse, J., V., Courtillot (2002). Apparent and true wander and the geometry of the geomagnetic field over the last 200 Myr. *Journal of Geophysical Research*. **107**, pp.2300-2331.
- Boztug, D. (2009). Timing of magnetic episodes in the composite Kaçkar batholiths, Eastern Pontides, Turkey: 2nd International Symposium on the Geology of the Black Sea region (ISGB), pp. 35-36.
- Boztug, D. (2009). Timing of magnetic episodes in the composite Kaçkar batholiths, Eastern Pontides, Turkey. In: 2nd International Symposium on the Geology of the Black Sea region (ISGB), pp. 35–36.
- Forte, A.M., Cowgill, E., Bernardin, Kreylos, T.O., Hamann, B. (2010). Late Cenozoic deformation of the Kura fold-thrust belt, southern Greater Caucasus. *GSA Bulletin*. 122, p. 465–486.
- Okay, A. I., Şahintürk, O. (1997) . Geology of the Eastern Pontides. In A Robinson, Editor, *Regional and Petroleum Geology of the Black Sea and Surrounding Region Am. Assoc. Pet. Geol. Mem.* **68**, pp. 291–311.
- Philip, H., Cisternas, A ., Gvishiani, A., Gorshkov, A. (1989). The Caucasus: an actual example of the initial stages of continental Collision, *Tectonophysics*. 161, pp. 1-21.



PRE-MODERN DÖNEMDEN MODERN DÖNEME OSMANLI COĞRAFYASINDA JEOFİZİK DÜŞÜNCELER VE ÖLÇÜMLER ÜZERİNE BİR İNCELEME

F. Özçep¹

¹ *Profesör, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, İstanbul Üniversitesi, Avcılar İstanbul
Email: ferozcep@istanbul.edu.tr*

ÖZET

Çalışmanın amacı, modern-öncesi dönemden modern döneme geçişte Osmanlı İmparatorluğu'nda Jeofizik kavramlar/düşünceler ve ölçümler üzerine bir incelemeyi kapsamaktadır. Bu amaçla Harvard Üniversitesi Bilim Tarihi Bölümü'ndeki ve bizim sahip olduğumuz Batı ve Osmanlı bilim ve düşünce literatürü kaynakları karşılaştırılacak, değerlendirilmiş ve analiz edilmiştir. Türkiye'de jeofizik, İstanbul Rumeli Hisarı civarında Bebek'te manyetik sapma açısının batı olarak Türkler tarafından ölçülmesi ile 1727 yılında başlatılabilir. Bu tarihlerden önce pusulanın kullanıldığına ilişkin Piri Reis'in yazdığı deniz coğrafyasına ait Kitab-ı Bahriye adlı eserinde ve diğer bir kaç kaynakta bilgi vardır. Daha sonrasında Rasathanenin kurulması ile birlikte kısmen sistematik çalışmalar yapılmıştır. Geleneksel İslam bilimsel düşüncesi ve modern bilim dönemine geçiş süreci öncesi ve sonrasında Osmanlı İmparatorluğundaki jeofizik kavramların/düşüncelerin algılanışı ve ilk jeofizik ölçümler ve bunların yorumlanması, değerlendirilmesi ve analizi bu projenin temel çatısını oluşturmuştur. Jeofizik ölçümler sadece bilim tarihi açısından değil aynı zamanda Yerküre'deki zaman bağımlı fiziksel verinin (sismoloji, jeomanyetizma, meteoroloji vb) elde edilmesinde de önemli bir bilimsel veridir. Ayrıca, Farklı coğrafyalardaki jeofizik kavramların ve düşüncelerin incelenmesi uygarlık tarihinde de önemli bir bilgi kaynağıdır.

ANAHTAR KELİMELEER: Jeofizik Tarihi, Bilim Tarihi, Osmanlı Coğrafyası

AN INVESTIGATION ON GEOPHYSICAL IDEAS AND MEASUREMENTS IN OTTOMAN GEOGRAPHY IN TRANSITION FROM PREMODERN TO MODERN PERIODS

¹ *Professor, Geophysical Engineering Department, Istanbul Univeristy, Avcılar İstanbul
Email: ferozcep@istanbul.edu.tr*

ABSTRACT

The aim of the study is to include a review of geophysical concepts / ideas and measurements in the Ottoman Empire during from the pre-modern to the modern era. To this aim, the sources of Western and Ottoman science and thought literature in the Department of History of Science at Harvard University



were compared, evaluated and analyzed. In geophysics Turkey, Istanbul Rumeli around the Bebek with magnetic declination in 1727 by measuring of the Turks. There are some other sources that written by Piri Reis about the use of the compass before these dates. Later, partly systematic studies were carried out with the establishment of Observatory. Before and after the transition to the traditional Islamic scientific thought and modern science period, the perception of the geophysical concepts / ideas in the Ottoman Empire and the first geophysical measurements and their interpretation, evaluation and analysis constituted the basic framework of this project. Geophysical measurements are important not only in terms of science history but also in obtaining time-dependent physical data (seismology, geomagnetism, meteorology, etc.) in the Earth. In addition, the examination of geophysical concepts and ideas in different geographies is an important source of information in the history of civilization.

KEYWORDS: History of Geophysics, History of Science, Ottoman Geography

1. GİRİŞ

Ağırlıklı olarak yabancı uzmanlar ve kısmen de Türkler tarafından yapılmış tarihsel jeofizik ölçümler araştırılması, derlenmesi ve analiz edilmesi (1) bu çalışmanın sonuçları Osmanlı İmparatorluğundaki bilimin tarihsel gelişimine bir katkı sağlayacaktır. İkincisi, (2) bu çalışma tarihsel dönemlerde jeofizik ölçümlerin değerlerinin bilinmesi açısından jeofizik bilimleri bakış açısıyla yerküre'nin fiziksel davranışının tarihsel dönemlerdeki seyrini verecektir ki bu bilimsel açıdan önemli bir konudur. Ayrıca çalışmanın eş zamanlı ikinci ilgi alanı Osmanlı İmparatorluğu içindeki klasik İslam bilimi içindeki jeofizik kavramlar/düşünceler ve bu düşünceler/kavramların modern bilime geçiş sürecindeki evrimi de incelenecektir.

2. JEOFİZİKSEL ÇERÇEVE

18. yüzyılın sonu ve 19. yüzyıl boyunca **Yerküre** hakkında belirgin biçimde birbirinden ayrı **iki farklı** düşünce biçimi vardı. Fransa'da Leonce Elie de Beaumont ve Georges de Buffon, İngiltere'de William Thomson (Lord Kelvin) ve William Hopkins, Amerika'da James Dwight Dana gibi insanlar öncelikle fizik ve kimyanın yasaları ile Yerküre'nin tarihini anlamaya çalıştılar. Bu insanların bilimi **matematikselsel ve tümdengelimci (deductive)** idi ve fizik, matematik, astronomi ve sonradan da kimya ile yakın ilişki içinde idi. Bazı istisnaları olmakla birlikte, bu insanlar sahada deneysel gözlem yapmak üzere çok az zaman harcadılar. Bu insanlar "**dışarı**"dan (sahadan/doğadan) daha çok "**içeri**"ye (laboratuara) daha aşına idiler. Bugünkü anlamıyla yaptıkları bu çalışmalar "**jeofizik gelenek**" olarak bilinmektedir. Bu yapılanların tersine, Almanya'da Abraham Gottlieb Werner, Fransa'da George Cuvier, İngiltere'de Charles Lyell gibi insanlar; öncelikle kayaçlarda kaydı tutulan / kayaçların kaydettiği fiziksel kanıtlar ile Yerküre tarihini açıklamaya/aydınlatmaya çabaladılar. Bu insanların bilimi ise **gözlemsel ve tümevarımcı (inductive)** idi. Entelektüel olarak ve kurumsal olarak fizik ve kimyadan özerk/bağımsız idiler. Bazı istisnaları ile birlikte, onlar laboratuarda ya da kara tahta başında çok az zaman harcadılar, çünkü kayaçların kaydı "**dışarı**"da idi. 19. yüzyıl başlarından itibaren kendilerini "**jeolog**" olarak adlandırdılar. Bu iki gelenek – jeofizik ve jeolojik-, modern yer bilimlerinin ne olması gerektiği yönünde



birlikte bir ajandayı tanımladılar. Jeofizikçiler ve jeologlar; Yerküre'nin iç yapısı ve yaşı, okyanus ve kıtaların oluşumu/farklılaşması, dağ kuşaklarının oluşumu, yerküre ikliminin gelişimi/tarihçesi ve benzeri gibi bilinen/yaygın problemler ile kendilerini ortaya koydular (Orekes ve Doel, 2008). Evren'e ve özelde Yerküre'ye ilişkin gözlemler ve inançlar bütün kadim uygarlıkların (Mezopotamya, Mısır, Hindistan, Çin, Orta Asya, Afrika, Avrupa veya Amerika kıtası) mitos'larında yada dinsel inançlarında yer alsada, tarihte ilk defa Anadolu topraklarında Milet kentinde yaşayan Thales Evren'in (Dünya'nın) neden oluştuğuna yönelik soruya yanıt olmak üzere, temel öge (*arkhe*) yi Su'yu kabul etmiştir.

3. OSMANLI İMPARATORLUĞUNDA JEOFİZİK KAVRAMLAR VE ÖLÇMLER

3.1. Pre-modern Dönem

Osmanlı İmparatorluğunda depremlerle (depremlerin oluşum nedenleri) ilgili birçok kitap vardır. Bu tür kitaplarda genelde klasik Aristoteles'in depremlerle ilgili görüşleri ile diğer mitolojik görüşler sunulmuştur. Anadolu-Türk folklorundaki meteorolojik tahmin, "Cemre" (veya Imre) kavramıyla temsil edilir. Meteorolojik konular buhar, sis, yağmur, kar, dolu, rüzgar, şimşek, gökkuşağı, göktaşı, gelgit gibi sınıflandırılmıştır. Bunların hepsi İslam'da "Risale fi Ahdasil-Cevv" veya "Risale Fil Asaril Ulviye" olarak bilinir (Izgi, 1997). İslam dünyasındaki meteoroloji çalışmaları ağırlıklı olarak Kindi'nin çalışmalarıdır. Bunlar Aristo'nun Meteorologica'sına dayanmaktadır. Osmanlı Medrese alimler ağırlıklı olarak Ay hareketleri, Gökkuşakları ve gelgitlerle ilgilenmektedir (Izgi, 1997). Osmanlı İmparatorluğundaki gelgitlerle ilgili bir kitap vardır: Abdülkadir b. Ahmet, "Yetimetul-asr fil Med ve'l Cezr" adlı eserinde, Güneş'in hareketleri gibi gelgit nedenlerine ilişkin görüşleri kritik edilmiştir. Pusulanın Osmanlı İmparatorluğu'nda ilk kez ne zaman kullanıldığını bilmiyoruz, ancak 16. yüzyılın başlarında açıkça kullanılıyordu. Piri Reis, 1521'de el yazması olarak yazılan Kitab-ı Bahriye'de (Sahil Seyir Defteri) manyetik pusuladan ilk kez bahsetmiştir (Sipahioğlu 1957, Özcep ve Özcep 2014). Piri Reis'in 1500 yılında bir gemi kaptanı olduğu bilinmektedir. Muhtemelen bu dönemlerde Piri Reis denizcilik pusulasını alıp kullanmıştır. Piri Reis'in Kitab-i Bahriye'sinden Osmanlılar tarafından kullanılan pusulaların batı kökenli olduğu anlaşılabilir (İhsanoğlu 2004). Kitabı Bahriye ve diğer Osmanlıca metinlerinde pusula, İtalyanca bussallo kelimesinden türetilmiştir (İhsanoğlu 2004). Kitabı Bahriye, Piri Reis'in en tanınmış kitabı olup, her bölümün Akdeniz'in belirli bir yer veya bölgesine ayrıldığı ve bir çizelgenin eşlik ettiği bölümlere ayrılmıştır (Soucek 1992). Bu kitap aynı zamanda gelgitler, deniz fırtınalarının sınıflandırılması, pusulalar, yedi deniz, 1513 haritasını çizmek için kullanılan yöntem, Columbus'un Amerika'yı keşfetmesi, portolan grafiğini kullanmanın en iyi yolu, harita (Vlahakis ve diğerleri 2006).

3.2. Modern Dönem

Seyit Ali Reis, Muhit adlı kitapta manyetik pusulanın değişimlerinden veya sapmadan söz eden ilk kişi oldu. O günlerde, Almanya'dan ithal edilen denizci pusulaları Osmanlı İmparatorluğu'nda yaygınlaştı. Onyedinci yüzyılda Katip Çelebi, Evliya Çelebi ve on sekizinci yüzyılda İbrahim Hakkı Erzurumlu'nun da pusulalar hakkında bilgi vardı (Sipahioğlu 1957). İbrahim Muteferrika, 1727'de Bebek'de (İstanbul)



ilk kez sapma açısının ölçülmesinin gerçekleştirildiğini belirtti. 1868'de İstanbul'da Rasathane-i Amire (Emperial Observatoire Meteorologique) adıyla telgraf ile veri aktarım yöntemiyle meteorolojik amaçlı gözlemevi kurulmuştur. Paris Gözlemevi Müdürü Urbain Le Vernier'nin (Fettahoğlu, 2002) önerisi ile Gözlemevinin ilk müdürü Coumbary Efendi (Aristid Coumbary) atandı. Tarihi kayıtlar, Osmanlı coğrafyasının (özellikle Anadolu yarımadasında) kent merkezlerini tahrip eden ve yok eden bir çok büyük deprem şoku yaşadığını göstermektedir. Osmanlı coğrafyasında XIX. Yüzyılda yaşanan en büyük depremlerden biri olan 1894 İstanbul Depremiyle Osmanlılarda depreme ilgi başladı. Dünya Savaşı sırasında, müttefiki Alman hükümeti ile Osmanlı İmparatorluğu, Ağustos 1915'te Kuruçeşme'de (İstanbul) "Kuvva-ı Havaiye Mufettisligi Rasat-ı Havaiye Müdürlüğü" adı altında bir meteorolojik yapılanma kuruldu. Prof. Weikman bu görev ile atandı (Atabay ve Aytac, 2002).

TEŞEKKÜR

Bu çalışma BAP Birimi tarafından **FUA-2016-20557** nolu proje ile ve **TÜBİTAK** Yurtdışı soktora sonrası burs programı ile desteklenmiş ve Harvard Üniversitesi Bilim Tarihi Bölümünde 2016 ve 2017 yıllarında üçer aylık dönemlerde yapılmıştır.

KAYNAKLAR

- Atabay, M. Aytac, M, 2002, Birinci dünya savaşı sırasında Osmanlı İmparatorluğu topraklarında Almanların kurduğu askeri meteoroloji örgütü ve buna ait rapor. DMI Yayinlari
- Fettahoglu, K., 2002, Rasathane-I Amirenin Kurulus ve Faaliyetleri, M.Sc. Thesis, Marmara Universitesi, Istanbul.
- Ihsanoğlu, E., 2004, Science, Technology and Learning in The Ottoman Impire: Western influence, local institutions and transfer of knowledge, Asgate publishing Limited, London.
- Izgi, C., 1997, Osmanli medreselerinde Ilim, Vol.2, *Iz Yayincilik, Istanbul.*
- Oreskes, N., & Doel, R. E. (2008). The Physics and Chemistry of the Earth. In M. Nye (Ed.), The Cambridge History of Science, Vol. 5, The Modern Physical and Mathematical Sciences (pp. 538-557). Cambridge: Cambridge University Press
- Ozcep, F., Ozcep T., 2014, Notes On The History Of Geophysics In Ottoman Empire, History Of Geo-and Space Sciences, vol.5, pp.163-174.
- Sipahioglu, O. N., 1957b, Geomagnetic measurements in Turkey, Turkish Physics Society Pub., no: 5, Istanbul (in Turkish).
- Vlahakis, G.N., Malaquias, I.M., Brooks, N.M., Regourd, F., Gunergun, F., Wrigth, D., 2006, Imperialism and Science: Social impact and interaction, ABC-CLIO Pub.



EMAG2 MANYETİK ANOMALİLERİNDEN TUZ GÖLÜ HAVZASI VE CİVARININ GÖMÜLÜ ÇİZGİSELLİKLERİNİN GÖRÜNTÜLENMESİ

Bülent Oruç¹ ve Muammer Çelik²

¹ *Profesör, Jeofizik Müh. Bölümü, Kocaeli Üniversitesi, İzmit-Kocaeli*

² *Jeofizik Mühendisi, Jeofizik Müh. Bölümü, Kocaeli Üniversitesi, İzmit-Kocaeli*

Eposta: bulent.oruc@kocaeli.edu.tr

ÖZET

Bu çalışmada Tuz gölü havzası ve civarının güncel uydu manyetik verileri (EMAG2) derlenmiştir. EMAG2 toplam alan verileri CHAMP uydusundan, WGS84 referans elipsoidine göre 4 km yüksekliğe indirgenen yüksek çözünürlüklü anomalilerdir. EMAG2 anomalilerine kutba indirgeme, süzgeçleme, Yatay Türevlerin Genliği (YTG), Tilt Açıları (TA) ve Euler Dekonvolüsyonu (ED) teknikleri uygulanarak gömülü anomali kaynaklarının yatay konumları ve derinlikleri belirlenmiştir. Özellikle Tuz gölünün batısında KB-GD doğrultulu şiddetli doğrusal anomali, bu kesimde uzanan İnönü Eskişehir Fay Zonu ile yaklaşık olarak uyumludur. Bölgenin kuzey doğu ve güney batı kesimindeki yerel kapanımlar ise Orta Anadolu Volkanik Bölgesinin (OAVB) yapısal rölyefleri ile açıklanmaktadır.

ANAHTAR KELİMELER: Manyetik, Anomali, Fay, Tilt, Euler

IMAGING OF SUBSURFACE LINEAMENTS FROM EMAG2 MAGNETIC ANOMALIES OF TUZ LAKE BASIN AND SURROUNDING

¹ *Professor, Geophysical Eng. Department, Kocaeli University, İzmit-Kocaeli*

² *Geophysical Engineer, Geophysical Eng. Department, Kocaeli University, İzmit-Kocaeli*

Email: bulent.oruc@kocaeli.edu.tr

ABSTRACT

In this study, total field satellite magnetic data (EMAG2) of Salt Lake basin and surrounding are compiled. EMAG2 total intensity data are high resolution anomalies from the CHAMP satellite at 4 km above WGS84 ellipsoid. The horizontal locations and depths of buried anomaly sources were detected by applying Horizontal Gradient Magnitude (HGM), Tilt Angle (TA) and Euler Deconvolution (ED) techniques to EMAG2 anomalies reduced to pole. In particular, a strong linear magnetic anomaly in NW-SE direction to the west of Salt Lake is approximately correlated with İnönü Eskişehir fault zone that extends in the western part of Salt Lake. Local anomalies in the north eastern and south western part of the study area are explained by the structural reliefs of the Central Anatolian Volcanic Province (OAVP).

KEYWORDS: Magnetic, Anomaly, Fault, Tilt, Euler

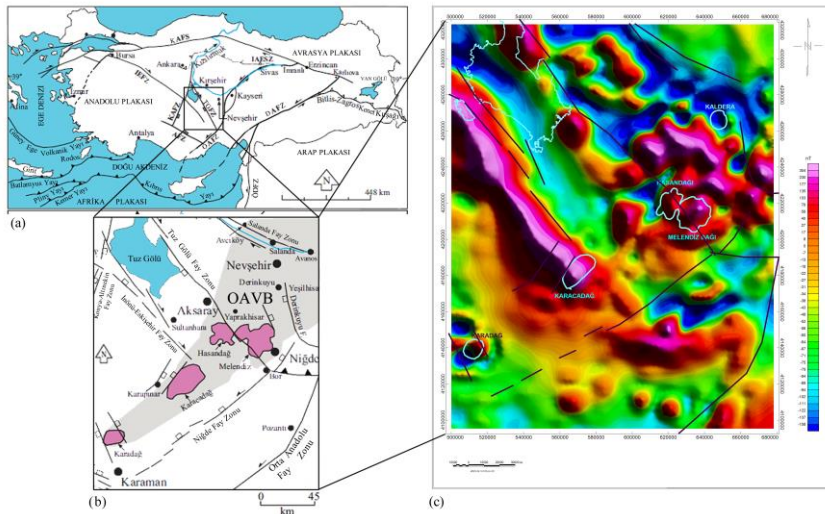
1. TUZ GÖLÜ HAVZASI GENEL TEKTONİĞİ VE EMAG2 ANOMALİLERİNİN YORUMU



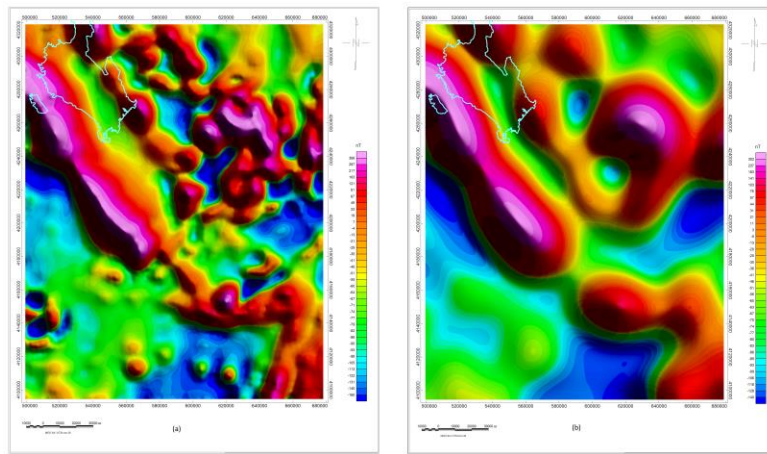
Tuz gölü havzasını içine alan Orta Anadolu bölgesinde (Şekil 1a) iki farklı neotektonik rejim hakimdir. Bunlardan biri çek-ayır tipine bağlı olarak normal faylanma sistemi ve diğeri sıkışma-açılma tipine bağlı olarak ortaya çıkan doğrultu atım faylanma sistemidir. KB-GD doğrultusunda uzanan Tuz gölü havzası, her iki sisteminde izlerini taşıyan (Koçyiğit ve Doğan, 2016) Orta Anadolu'nun kıta içi havzaları içinde en büyük olanıdır. Havza genel olarak KB-GD doğrultulu faylarla sınırlanır. Havzanın batı kenarını İnönü Eskişehir Fay Zonunun (İEFZ) uzantısı, doğu kenarını Tuz Gölü Fay Zonu (TGFZ) ve güney kenarını Niğde Fay Zonu (NFZ) denetler (Koçyiğit ve Doğan, 2016).

Arama jeofiziği yöntemlerinden manyetik yöntemin amacı, yer kabuğunun derinliklerinde uzanan jeolojik kaynakların yer manyetik alanında oluşturdukları anomalileri belirlemektir. Böylece metalik maden yatakları, kırık zonları, temel kaya ve jeotermal rezervuarlar bulunabilmektedir. Yerkürenin ilk manyetik anomali haritası (WDMAM) uydu, deniz ve havadan alınan ölçümlerin derlenmesiyle, Uluslararası jeomanyetizma ve aeronomi birliği (IAGA) tarafından 2007 yılında yayınlanmıştır (Maus vd., 2007). CHAMP uydusundan alınan veriler de birleştirilerek, referans elipsoidinden 4 km yüksekliğine kadar indirilen uzun dalga boylu manyetik anomaliler 2009 yılında EMAG2 v.3 olarak haritalanmıştır (Maus vd., 2009). EMAG2 küresel veri setinden derlenen ve ülkemizde ilk kez bu çalışmada kullanılan manyetik anomaliler, Tuz gölü ve civarının manyetik anomali kaynaklarına yeni bakış açıları sunmaktadır. Şekil 1c'de çalışma alanının EMAG2 toplam alan manyetik anomali haritası görülmektedir. Çalışma alanının kuzey doğusunda yer yer büyük genlikli ve kısa dalga boylu anomaliler dikkat çekmektedir. Bu bölge Nevşehir ve Kapadokya volkanik bölgesine karşılık gelmektedir. Bölge aynı zamanda kuvaterner volkanizmasının sona erdiği ve volkanik aktivitenin bazaltik, andezitik, dasidik lav akıntılarının ve piroklastiklerin dağılım gösterdiği bölgedir (Pasquare vd., 1988). Bu tip jeolojik yapıların en önemli özellikleri büyük genlikli; ancak kısa dalga boylu anomaliler üretmesidir. Bu durumda söz konusu bölgede manyetik anomalilerin volkanizmanın yüzey belirtileri ile iyi korele olduğu sonucuna ulaşılabılır. Genel olarak süseptibilitenin yüksek veya düşük olmasına göre manyetik anomaliler de yüksek (pozitif) ve düşük (negatif) genliklere sahip olmaktadır. Şekil 1c'de gözlenen başka bir özellik Hasandağ, Melendiz dağı, Karacadağ ve Karadağ üzerinde manyetik anomali yığılmasıdır. Bu bölgelerde EMAG2 anomalilerinin bu şekilde volkanizma kökenli topoğrafyadan da etkilendiği anlaşılmaktadır. Çalışma alanındaki en belirgin anomali olan Tuz Gölünün batısında KB-GD doğrultulu doğrusal özellikteki şiddetli anomali, Şekil 1b'deki İEFZ'nin bulunduğu kesimde gelişmiştir. Çalışma alanının bir başka önemli anomalisi, güney doğu kesiminde D-B ve K-G yönlü lokal ve doğrusal pozitif anomalidir. Bu bağlamda tüm önemli anomaliler ve olası kaynaklarına yönelik gözlemsel ve sayısal yorumlama işlemleri kutba indirgeme ve görüntüleme teknikleri uygulandıktan elde edilen haritalarla yapılacaktır. Manyetik anomali haritalarını karakterize eden esas olarak kaynak derinlikleri, uzanımları, süseptibiliteleri ve mıknatıslanma doğrultularıdır. Mıknatıslanma doğrultusunun düşeyden farklı olması durumunda anomali ile kaynak arasında konum kayması oluşur. Bu sorunun üstesinden gelmek için kutba indirgeme işlemi uygulanır. Böylece mıknatıslanma doğrultusu düşey doğrultuya çekilerek anomali ve kaynak arasında istenen odaklanma sağlanmaya çalışılır. Bölgesel manyetik parametrelere (manyetik eğim açısı 55.7° ve sapma açısı 5.18°) göre kutba indirgenmiş harita, Baranov ve Naudy (1964) tarafından verilen yöntemle hesaplanarak Şekil 2a'da gösterilmiştir. Bilindiği gibi düşey uzanımlı kaynaklarda düşey mıknatıslanma doğrultusunun da doğal bir sonucu olarak kaynak üzerinde pozitif anomaliler elde edilir. Kutba indirgenmiş anomali haritasında anomalilerin dipolar özelliğinin çoğunlukla korunmasından, anomali kaynaklarının belli dalımlarla uzandıkları anlaşılmaktadır. Potansiyel alanlarda doğrusal anomaliler genel olarak dayk tipi yapılar veya kırık zonları ile temsil edilir. Belli doğrultuda uzanmayan yaklaşık dairesel kapanımlar ise yerel yapısal rölyef biçiminde jeolojik yapılara karşılık gelir. Buna göre Tuz gölünün batısındaki doğrusal ve şiddetli anomali ile Şekil 1b'de tektonik çizgisellik haritasında yer alan İEFZ yaklaşık olarak korele edilmektedir. Fernandez-Blanco vd.

(2013) Cihanbeyli formasyonunun birimleri olarak Tuz gölünün batısında zayıf konsolide olmuş kireçtaşları, marn ve kilttaşlarının yer aldığı göstermiştir. Buna göre zayıf manyetik özellikli sedimanter basen içinde uzanan bu ölçüde şiddetli anomalinin (~ 300 nT) varlığı, İEFZ'nin derinde yüksek manyetik özellikli (yüksek süseptibilite ve mıknatıslanma şiddeti) ve doğal olarak manyetik içeriği yüksek volkanik veya metamorfik kayalarla kesmesiyle açıklanabilir. Bununla birlikte Şekil 1b'de verilen NFZ üzerinde, kutba indirgenmiş anomalinin bu ölçüde şiddetli doğrusal anomali ile gözlenmemesi fay zonunun derinde izlenmemesi veya bu zon üzerinde kalın genç sedimentlerle örtülü olmasından kaynaklanabilir. Şekil 2a'da yaklaşık dairesel kapanımlar ise yaygın olarak OAVB boyunca izlenmektedir. Şekil 2b'deki anomali haritası kutba indirgenen verinin spektral analizinden 0.16 km^{-1} dalga sayısına Butterworth süzgeçleme yöntemi ile elde edilmiştir.



Şekil 1. (a) Tuz gölü havzası ve civarı. (b) Fay zonları ve çizgisellikler (Koçyiğit ve Doğan, 2016). OAVB: Orta Anadolu Volkanik Bölgesi. (c) EMAG2 toplam alan manyetik anomali haritası.

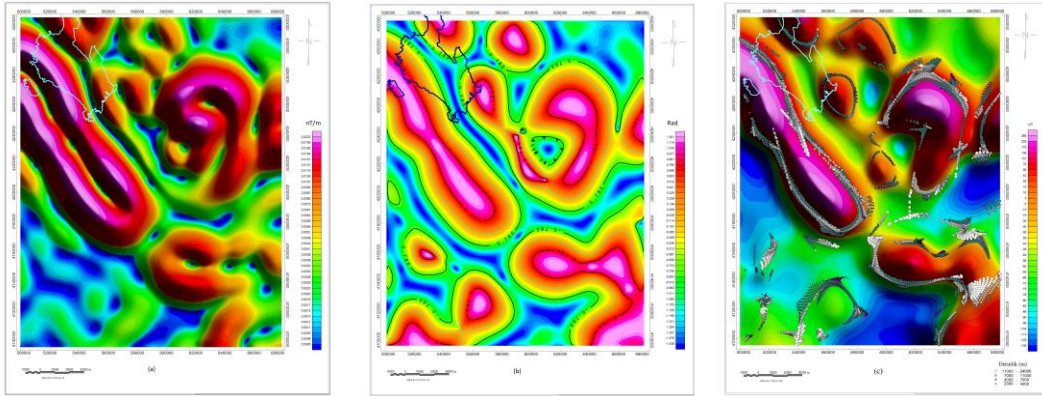


Şekil 2. (a) Kutba indirgenmiş anomali haritası. (b) Alçak geçişli süzgeçlenmiş harita

1.1. Jeolojik Sınır Analizleri

Tuz gölü havzası ve civarının anomali kaynaklarının sınırlarının kabuk içi konumlarını izlemek için YTG, TA ve ED teknikleri kullanılmıştır. Tüm teknikler Şekil 2b'deki alçak geçişli süzgeçlenmiş

anomali haritasına uygulanmıştır. YTG verileri yatay türevlerin karelerinin toplamının karekökünden hesaplanmıştır (Cordell, 1979). YTG'nin maksimum zonları kaynak sınırlarını izler (Cordell, 1979). Tuz gölünün batısında KB-GD doğrultulu anomaliye ait gradyent zonları (Şekil 2a), türevler ve sonrasında YTG ile yığılarak iki maksimum zonla sınırlanmıştır. Kaynak sınırları Miller ve Singh (1994) tarafından geliştirilen TA tekniği ile bulunan haritada sıfır konturları (Şekil 3b) ve ED yönteminde yatay konum çözümleriyle de desteklenmiştir. ED çözümlerinde fay tipi kaynaklar için geçerli olan yapısal indeks değeri 0 olarak alınmıştır. Hareketli pencere boyu ise faydalı anomali boylarını kapsayacak şekilde (7×7 veya $\sim 9 \text{ km}^2$) seçilmiştir. TA haritasında $\pm\pi/4$ Radyan konturları arasındaki uzaklığın yarısı düşey atımlı sınırların yaklaşık derinliğini verir (Miller ve Singh, 1994). Bu durumda TA haritasında kaynak derinlikleri 5-15 km ve ED yönteminde ise 2-24 km aralığındadır. YTG, TA ve ED yöntemlerinden bulunan sınırların konumları genel olarak birbirini desteklemektedir.



Şekil 3. (a) YTG haritası. (b) TA haritası (c) Şekil 2b'deki harita üzerinde ED çözümleri.

KAYNAKLAR

- Baranov, V., Naudy, H. (1964). Numerical calculation of the formula of reduction to the magnetic pole, *Geophysics*, 29, 67–79.
- Cordell, L. (1979). Sedimentary facies and gravity anomaly across master faults of the Rio Grande rift in New Mexico: *Geology*, 7, 201–205.
- Fernandez-Blanco, D., Bertotti, G. ve Çiner, T.A. (2013) Cenozoic tectonics of the Tuz Gölü Basin (Central Anatolian Plateau, Turkey). *Turkish Journal of Earth Sciences*. doi:10.3906/yer-1206-7.
- Koçyiğit, A. ve Doğan, U. (2016) Strike-slip neotectonic regime and related structures in the Cappadocia region: a case study in the Salanda basin, Central Anatolia, Turkey. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 25, 393-417.
- Maus, S., Sazonova, T., Hemant, K., Fairhead, J. D. ve Ravat, D. (2007), National Geophysical Data Center candidate for the World Digital Magnetic Anomaly Map. *Geochem. Geophys. Geosyst.*, 8, Q06017, doi:10.1029/2007GC001643.
- Maus, S., Barckhausen, U., Berkenbosch, H., Bourmas, N., Brozena, J., Childers, V., Dostaler, F., Fairhead, J.D., Finn, C., Von Frese, R.R.B, Gaina C, Golynsky S, Kucks R, Lühr H, Milligan P, Mogren S, Müller RD, Olesen O, Pilkington M, Saltus R, Schreckenberger B, Thébaud E, Caratori Tontini F (2009). A 2-arc min resolution Earth Magnetic Anomaly Grid compiled from satellite, airborne, and marine magnetic measurements. *Geochem Geophys Geosyst* 10(8).doi:10.1029/2009GC002471
- Miller, H.G. ve Singh, V. (1994). Potential field tilt—a new concept for location of potential field sources. *J. Appl. Geophys.* 32, 213–217.



YER MANYETİK X BİLEŞENİN SÜREKLİ DALGACIK DÖNÜŞÜMLERİ VE YEREL MANYETİK FIRTINA İNDİSİ İLE MARMARA BÖLGESİNİN SİSMİK RİSK DEĞERLENDİRMESİ

Bülent Oruç¹, Cengiz Çelik², Kader Zengin³ ve Aybala Büşra Yücel³

¹ Profesör, Jeofizik Müh. Bölümü, Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli

² Doç.Dr., Boğaziçi Üniversitesi, Kandilli Rasathanesi, Deprem Araştırma Enstitüsü, İstanbul

³ Jeofizik Mühendisi, Jeofizik Müh. Bölümü, Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli

Eposta: bulent.oruc@kocaeli.edu.tr

ÖZET

Bu çalışmada Marmara bölgesi ve civarının yerel manyetik fırtına indisi ve deprem oluş sıklığı arasındaki ilişkiler bulunmaya çalışılmıştır. Ayrıca manyetik alanının X bileşeninin sürekli dalgacık dönüşümünün (SDD) genlik kesitlerinde görüntülenen yerel maksimumların manyetik alanın ani değişimlerinin olduğu konumlara karşılık geldiği gözlenmiştir. Bununla birlikte manyetik fırtınanın aktif olduğu dönemin genlik kesitlerinde oluşan yerel maksimumların daha fazla sayıda ve daha farklı şekillerde geliştiği ortaya çıkarılmıştır. Bu türden karakteristik özellikler, K indisinden başka manyetik fırtınanın ölçüsü olarak değerlendirilebilir. Sismomanyetik etkinin sonucu olarak tüm analizlerden elde edilen sonuçlar deprem sıklığının azalacağı veya artacağı dönemlere ait öngörüler taşıyabilir.

ANAHTAR KELİMELER: Manyetik Fırtına, Dalgacık Dönüşümü, Deprem Sıklığı

SEISMIC RISK ASSESSMENT OF MARMARA REGION USING LOCAL GEOMAGNETIC STORM INDEX AND CONTINUOUS WAVELET TRANSFORM OF X COMPONENT OF GEOMAGNETIC FIELD

¹ Profesör, Jeofizik Müh. Bölümü, Kocaeli Üniversitesi, İzmit-Kocaeli

² Doç.Dr, Boğaziçi Üniversitesi, Kandilli Rasathanesi, Deprem Araştırma Enstitüsü

³ Jeofizik Mühendisi, Jeofizik Müh. Bölümü, Kocaeli Üniversitesi, İzmit-Kocaeli

Eposta: bulent.oruc@kocaeli.edu.tr

ABSTRACT

In this study, the relationships between the local magnetic storm index and the frequency of occurrence of earthquakes in the Marmara region and surrounding were tried to be found. It has also been observed that the local maxima corresponding to the locations where the sudden changes on the X component of the earth's magnetic field in the modulus of the continuous wavelet transform (CWT). However, it was discovered that the local maxima in the modulus sections of the period when the magnetic storm was active developed in a greater number and in different forms. Such characteristic features can be considered as the measure of the magnetic storm other than the K index. As a consequence of the seismomagnetic effect, the results obtained from all the analyzes may have predictions of the periods in which the frequency of earthquakes will decrease or increase.



KEYWORDS: Magnetic Storm, Wavelet Transform, Earthquake Frequency

1. Potansiyel Alanların Sürekli Dalgacık Dönüşümleri

Potansiyel alanların dalgacık dönüşümleri sürekli ve ayrık olmak üzere iki yaklaşımla bulunabilir. SDD jeofizikte potansiyel alanların yorumunda son yıllarda yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Yöntem özellikle gömülü anomali kaynaklarının konum ve derinliklerinin kestiriminde çeşitli yazarlar tarafından ele alınmıştır (Sailhac vd., 2000; Oudfeul ve Aliouane, 2010). SDD işleminde çeşitli ölçeklerde alınan ‘ana dalgacık’ veri üzerinde bir tür konvolüsyon işlemi şeklinde uygulanarak veri içerisinde yer alan detay bilgiler ortaya çıkarılmaktadır. Bu durumda SDD ile elde edilen bilgiler dalgacık konumu ve ölçeğine bağlı olarak elde edilmektedir.

Moreau vd. (1997) sürekli bir $f(x)$ fonksiyonunun SDD işlemini ‘ana dalgacık’ ile konvolüsyon çarpımı şeklinde ifade etmiştir:

$$W_{\psi|f}(b, a) = \int_{-\infty}^{\infty} \frac{1}{a} \psi\left(\frac{x-b}{a}\right) f(x) dx = (D_a \psi * f)(b) \quad (1)$$

Burada w ana dalgacık veya analiz eden dalgacık, a ölçekleme, b konum, D_a ise ölçekleme operatörü olarak

$$D_a \psi(x) = \frac{1}{a} \psi\left(\frac{x}{a}\right) \quad (2)$$

eşitliği ile verilir. Dalgacık dönüşümleri karmaşık özelliklidir. Buna göre gerçel ve sanal terimleri ile

$$\psi_c^\gamma(x) = \psi_x^\gamma(x) - i\psi_z^\gamma(x) \quad (3)$$

olarak yazılabileceğinden (Moreau vd.,1997), aynı zamanda potansiyel alanın karmaşık dalgacık dönüşümü de gerçel ve sanal bileşenleri cinsinden

$$W_{\psi_c^\gamma|f}(x, a) = W_{\psi_x^\gamma|f}(x, a) - iW_{\psi_z^\gamma|f}(x, a) \quad (4)$$

şeklinde ifade edilebilir (Moreau vd.,1997). Bu durumda SDD’nin genlik veya fazı hesaplanabilir.

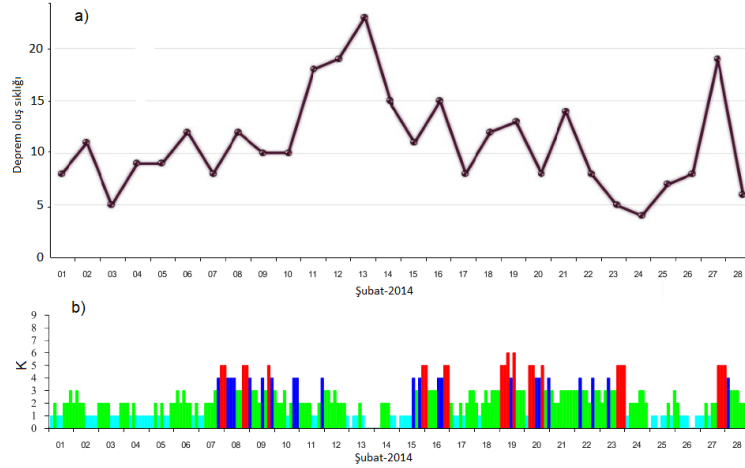
1.2. Manyetik Fırtına İndisi-Deprem Sıklığı İlişkileri ve Yatay Bileşenin Sürekli Dalgacık Dönüşümleri

Yermanyetik alanını oluşturan bileşenler yere ve zamana bağlı olarak değişim gösterirler. Güneş rüzgarları ve patlamaları ile ortaya çıkan yüklü partiküller yerkürenin manyetik alanında ani değişimlere ve yüksek genlikli bozulmalara neden olurlar. Bu değişimler önceden kestirilemezler. Bununla birlikte ölçüldükleri dönemlere ait yer manyetik alanının ve yerküre dinamiklerinin karakteristik özelliklerine yönelik bilgiler taşıyabilirler. Bu amaçla öncelikle Marmara bölgesinin önemli bir kısmını içine alan 38°K-42°K enlemleri ve 26°D-32°D boylamları arasında kalan bölgenin 2014 yılının Şubat ayı dönemine ait derlenen moment magnitudü 1’den büyük olan depremlerin oluş sıklıkları ile manyetik fırtına indisinin karşılaştırılması amaçlanmıştır. Deprem verileri Kandilli rasathanesinden (Şekil 1a) ve

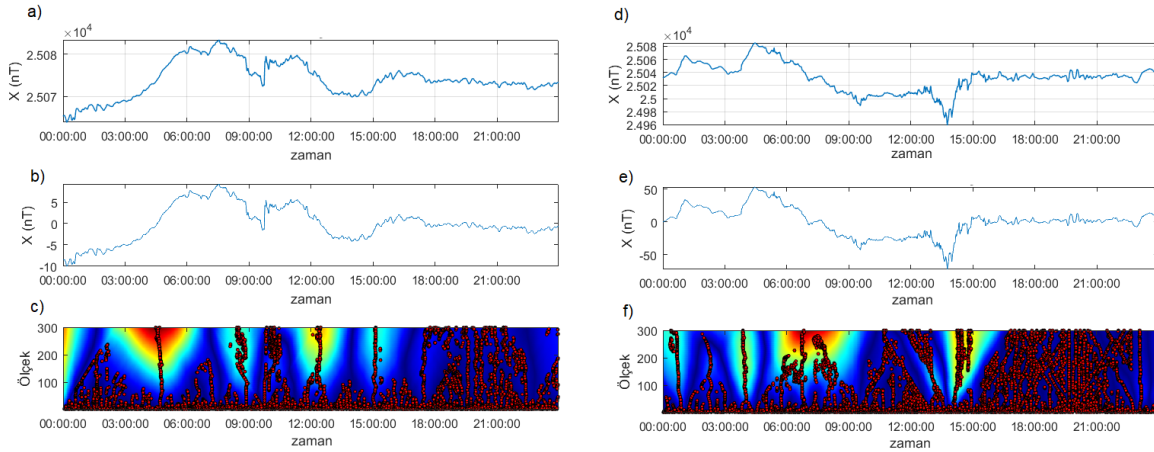


yerel manyetik fırtına göstergesi olarak K indisi değerleri ise İznik Yer Manyetik Gözlemevi'nden derlenmiştir (Şekil 1b). Şekil 1a'daki oluş sıklığı grafiğinde depremlerin en fazla tekrarladığı dönemin 13 Şubat 2014 ve en az tekrarladığı dönemin ise 24 Şubat 2014 tarihi olduğu açıkça görülmektedir. K indisi verileri ile karşılaştırıldığında yüksek tekrarlanmanın olduğu dönemde indeks oldukça düşük değerlere sahip olmaktadır. Ayrıca 13 Şubat-24 Şubat 2014 tarihleri arasında deprem sıklığında genel olarak azalma olmakta ve indeks değerinde güçlü manyetik fırtınalara karşılık gelecek şekilde artışlar gözlenmektedir. Bu bağlamda deprem sıklığı verileri ile güçlü manyetik fırtına dönemleri arasında ters ilişki dikkat çekmektedir. Şekil 1b'de K indisi değişiminden görüldüğü gibi 13 Şubat 2014 tarihi manyetik olarak "sessiz" dönemi temsil ederken, 19 Şubat 2014 tarihi ise K indisinin 4-6 arasındaki değerleri ile "aktif" ve "büyük fırtına" dönemine karşılık gelmektedir.

Birbirinden farklı manyetik özelliklere sahip olan sözkonusu dönemlerde, yer manyetik alanının X bileşen kaydının (manyetik fırtına indisinin hesaplanmasında esas alınan yatay bileşenlerden biri) SDD genliklerinin ne ölçüde değiştiği araştırılmıştır. Buna göre Şekil 2a ve Şekil 2d'de sırasıyla 13 Şubat 2014 ve 19 Şubat 2014 tarihlerinde İznik Jeomanyetik gözlemeviden elde edilen X bileşen kaydı 1 dakika aralıklarda çizilmiştir. İlk bakışta bu iki veri seti arasında karakteristik olarak önemli farklar gözlenmektedir. Bununla birlikte Şekil 2d'deki grafikte manyetik fırtına döneminden beklendiği gibi verinin bütününde en büyük ve en küçük genlik değişimleri arasındaki fark yüksek olmakta (~130 nT) ve veri daha hızlı ve yüksek frekanslı özelliğe sahip olmaktadır. Uygulamada SDD işlemi yaygın olarak verinin pozitif ve negatif bölgelerine duyarlı bir şekilde çözüm vermekte ve veri karakteristiği ve detayları genlik kesitlerinde yüksek çözünürlüklü olarak görüntülenebilmektedir. Bu amaçla orjinal veri değerleri, verinin ortalamasından her bir noktada çıkarılmıştır. Böylece verinin karakteristik değişimi korunarak SDD için gerekli olan söz konusu pozitif ve negatif bölgeler elde edilmiş olmaktadır (Şekil 2b ve Şekil 2e). SDD işlemi "sıfır ortalamalı veriye" uygulanarak genlik kesitleri hesaplanmıştır. Uygulamada ana dalgacık olarak Haar dalgacığı farklı ölçek seviyelerinde kullanılmıştır. Manyetik alandaki ani değişimlerin (jeomanyetik jerk) konumları SDD genlik kesitlerinin "yerel maksimum bölgeleri" biçiminde görüntülenmiştir. Ayrıca bu bölgeler içinde her bir noktada oluşan maksimum değerler de işaretlenerek gösterilmiştir (Şekil 2c ve Şekil 2f). Tüm kesit boyunca yerel maksimumların uzanımları manyetik fırtına aktivitesinin daha fazla olduğu tarihte çok daha fazla yoğunluk göstermektedir. Ayrıca söz konusu tarihte yerel maksimum bölgeler daha dar bantta gelişmektedir. Sonuç olarak K indisinin düşük değerler (0-3) aldığı aktivitenin "sessiz" dönemlerinde gözlenen X bileşeninin ani değişim özelliği, yüksek değerler aldığı (4-7) manyetik fırtına dönemlerinde ise daha fazla olmaktadır. Böylece bu iki veri seti arasında SDD genlik maksimumları bağlamında pozitif korelasyon söz konusudur. K indisi ve deprem oluş sıklığı arasında ise negatif korelasyon geçerlidir. Korelasyon bilgileri manyetik fırtına dönemlerinde deprem sıklığının azalacağı veya manyetik olarak sessiz dönemlerde deprem sıklığının artacağı öngörüsünü vermektedir. Bununla birlikte bu türden analizlerin çok sayıda dönem ve diğer yatay manyetik bileşenler için de analiz edilmesi, bölgesel sismik risk değerlendirmesi açısından yeni veri setleri ve güçlü yaklaşımlar sunması açısından önemlidir.



Şekil 1. a) 01-28 Şubat 2014 döneminde Marmara bölgesinde moment magnitüdü 1’den büyük depremlerin oluş sıklığı. Deprem verileri Kandilli Rasathanesi’nden derlenmiştir. b) Aynı dönemde yerel manyetik fırtına K indisinin değişimi. K indisi değerleri İznik Jeomanyetik gözlemeviden derlenmiştir.



Şekil 2. a)13.02.104 döneminin manyetik X bileşen kaydı. b) X bileşeninin sıfır ortalamalı değişimi. c)Sıfır ortalamalı değişimin SDD genlik kesiti ve yerel maximumlar. d)19.02.2014 döneminin manyetik X bileşen kaydı X bileşeninin sıfır ortalamalı değişim grafiği. e) Sıfır ortalamalı bileşenin SDD genlik görüntüsü ve yerel maximumlar.

KAYNAKLAR

Moreau, F., Gibert, D., Holschneider, M., Saracco, G., 1997. Wavelet analysis of potential fields. *Inverse Problem* 13 165–178.

Ouadfeul, S. and Aliouane, L., 2010. Multiscale of 3D GPR data using the continuous wavelet transform *IEEE*, doi: 10.1109/ ICGPR.2010.5550177 1-4.

Sailhac P, Galdeano A, Gibert D, Moreau F and Delor C 2000 Identification of sources of potential fields with the continuous wavelet transform: Complex wavelets and applications to magnetic profiles in French Guiana, *J. Geophys. Res.*, 105, 19,455– 19, 475.



TUJJBK TÜRKİYE ULUSAL
JEODEZİ VE JEOFİZİK BİRLİĞİ
BİLİMSEL KONGRESİ
30 Mayıs - 2 Haziran 2018, İzmir



TUJAK

TÜRKİYE ULUSAL JEOMAGNETİZM VE AERONOMİ KOMİSYONU
NATIONAL COMMISSION OF GEOMAGNETISM AND AERONOMY

POSTER



YERMANYETİK ALANIN AY'A BAĞLI GÜNLÜK DEĞİŞİMİ

Cengiz Çelik¹

¹Boğaziçi Üniversitesi, Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü,
İzmit Deprem Zararlarının Azaltılması Hizmet Merkezi, 16840, Bursa
Email: celikc@boun.edu.tr

ÖZET

Yermanyetik alanın sakin günlük değişimine iyonosfer katmanında meydana gelen elektrik akımlarının neden olduğu bilinmektedir. Söz konusu akımlar, atmosferin iyonosfer katmanında Güneş'in radyasyon ve ısı etkisi (Güneş dinamo, S), Ay'ın çekim etkisi (Ay dinamo, L) sonucu meydana gelmektedir. S ile L dinamoların frekanslarının farklı olması her iki dinamo etkisinin birbirinden ayrılmasını olanaklı kılmaktadır. Bu çalışmada, iyonosfer katmanlarında elektron yoğunluğu dağılımı L dinamo akım yoğunluğu dağılımı ile karşılaştırılarak L dinamo bölgesi araştırılmıştır. L dinamonun iyonosferin E ve F1 katmanlarında etkili olduğu düşünülmektedir.

ANAHTAR KELİMELER: Jeomanyetik günlük değişim, İyonosfer, Ay dinamo

GEOMAGNETIC LUNAR DAILY VARIATION

¹Boğaziçi University, Kandilli Observatory and Earthquake Research Institute,
İzmit Earthquake Hazards Mitigation Centre, 16840, Bursa
Email: celikc@boun.edu.tr

ABSTRACT

Electric currents in the ionosphere layer leads to geomagnetic daily variations. These current systems are caused by solar radiation and heating (solar dynamo, S) and lunar gravitation (lunar dynamo, L). The frequencies of the both dynamos are different from each other, so it makes possible to separate the effects of the both dynamos. In this study, L dynamo region is investigated by comparing the variation of electron density of ionosphere layers with the current density of the L dynamo. It is thought that L dynamo may work in the E and F1 layers of the ionosphere.

KEYWORDS: Geomagnetic daily variation, Ionosphere, Lunar dynamo

1. GİRİŞ

Güneş'in radyasyon ve ısı etkisi atmosferin iyonosfer tabakasına hem iletkenlik hem de hareketlilik kazandırmaktadır (Güneş dinamo, S). Ayrıca Ay'ın çekim etkisi, Güneş etkisiyle iletkenlik kazanan, iyonosfer tabakasını yermanyetik alan kuvvet çizgilerini kesecek şekilde hareketlendirmektedir (Ay dinamo, L). Bu dinamoların ortak etkisi, Güneş aktivitesinin düşük olduğu günlerde birbirini takip eden periyodik değişimler olarak göze çarpmaktadır ve periyodik günlük değişimler olarak nitelendirilmektedir. Günlük değişime neden olan S ve L dinamonun iyonosferin hangi yüksekliklerinde



etkin olduğu jeomanyetizmada araştırılan konulardan biridir. Chapman v.d. (1971), Malin v.d. (1975), Çelik (2013, 2014) dinamoların güneş leke çevrimine olan cevabına baktıklarında farklı sonuçlara ulaşmışlardır. Matsushita ve Maeda (1965) ve De Meyer (2003) gibi araştırmacılar ise her iki dinamonun cevabının iyonosferin E katmanıyla aynı olduğunu söylemişlerdir. Bu çalışmada, L dinamo kaynaklı akım yoğunluğu dağılımı, farklı yüksekliklerdeki iyonosfer katmanları elektron yoğunluğu dağılımı ile karşılaştırılarak L dinamo bölgesi araştırılmıştır.

2. VERİ VE YÖNTEM

Çelik (2013 ve 2014) 217 rasathane verisini analiz ederek Wolf oranı ile birlikte hem S hem de L dinamo için yermanyetik alanı modelini oluşturmuştur. Elektron yoğunluğu verisi ise IRI2012 (International Reference Ionosphere-2012) iyonosfer modeli kullanılarak 90-300 km yükseklikleri arasında 5 km artışlarla 1958 den 2012 yılına kadar saatlik olarak küresel ölçekte (20x20 enlem ve boylam) üretilmiştir.

İyonosfer tabakası elektrik iletkenliğinin zamanla değişmediğini düşünürsek (Okyanuslar gibi), L nin yerel güneş zamanından bağımsız olduğunu söyleyebiliriz. Çünkü Ay'ın çekim etkisi güneş zamanına bağlı değildir. Bu durumda, güneş zamanına göre L de meydana gelen değişimler iyonosfer tabakası iletkenlik değişimini yansıtacaktır. İyonosfer katmanı iletkenlik değişimini küresel ölçekte belirlemek amacıyla dış kaynaklı akım fonksiyonu kullanılabilir. Bu yaklaşımda, herhangi bir nokta için emf (electromotive force) nin değişmediği kabul edilmiştir. Çünkü emf Ay'ın çekim etkisine ve yermanyetik alan gücüne bağlıdır ve bu etkiler güneş zamanıyla önemli ölçüde değişmemektedir.

Dış kaynaklı akım fonksiyonu Malin (1973) tarafından aşağıdaki gibi verilmiştir.

$$J = -r_e \sum_k Q_k \left(\frac{a}{r_e}\right)^k \sum_m (\gamma_k^m \cos mv + \sigma_k^m \sin mv) P_k^m(\cos u), \quad (1)$$

Burada,

$$Q_k = (10/4\pi) (2k + 1)/(k + 1),$$

u : ko-latitüd, v : doğu boylamı, γ_k^m , δ_k^m : küresel harmonik katsayılar, r_e : Yer yarıçapı,

a : referans küresi yarıçapı, $P_m^k(\cos u)$: Associated Legendre polinomu, m ve k : tamsayılar.

J nin kuzey-güney gradienti, $J_A = 1/r_e \partial J/\partial u$, doğu batı yönünde akım yoğunluğunu verir ampères km^{-1} . Benzer şekilde, J nin doğu-batı gradienti, $J_B = 1/(r_e \sin u) \partial J/\partial v$, kuzey-güney yönünde akım yoğunluğunu verir. Herhangi bir (u, v) noktasında toplam akım yoğunluğu, C , aşağıdaki gibi verilebilir;

$$C = (J_A^2 + J_B^2)^{1/2} \quad (2)$$

$$J_A = - \sum_k Q_k \sum_m (\gamma_k^m \cos mv + \sigma_k^m \sin mv) \left(\frac{a}{r_e}\right)^{k-1} k X_k^m, \quad (3)$$

ve



$$J_B = - \sum_k Q_k \sum_m (\gamma_k^m \sin mv - \sigma_k^m \cos mv) \left(\frac{a}{r_e}\right)^{k-1} kY_k^m, \quad (4)$$

$$kX_k^m(\cos u) = \frac{\partial}{\partial u} \{P_k^m(\cos u)\} \text{ ve } kY_k^m(\cos u) = \frac{m}{\sin u} P_k^m(\cos u). \quad (5)$$

$$\gamma_k^m = \sum_{n=1}^4 (\gamma_k^m(a_n) \cos(nt^* - 2\upsilon) + \gamma_k^m(b_n) \sin(nt^* - 2\upsilon)), \quad (6)$$

σ_k^m de benzer şekilde verilebilir. $\gamma_k^m(a_n)$, $\gamma_k^m(b_n)$, $\sigma_k^m(a_n)$ ve $\sigma_k^m(b_n)$ katsayıları Çelik (2014) tarafından verilmiştir.

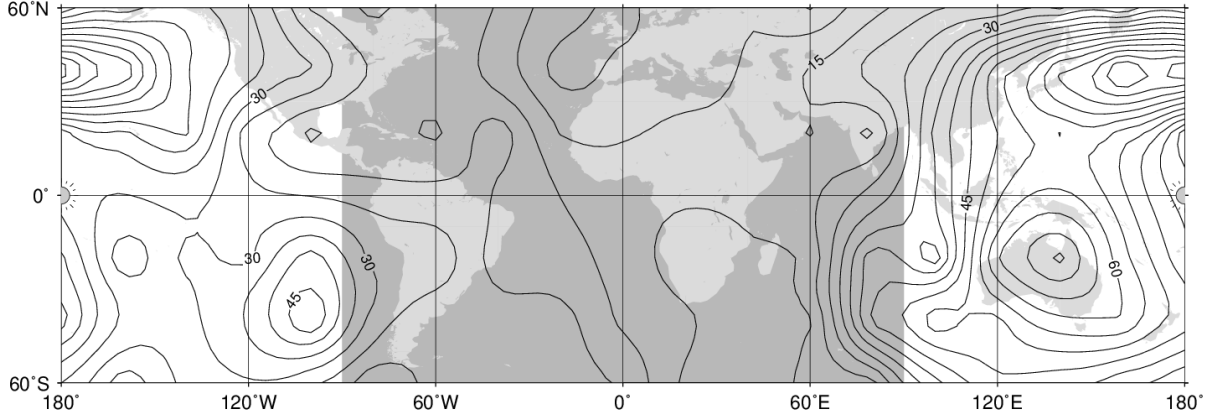
Sabit bir nokta (u, v) ve zaman U.T. (Universal Time, t^*) için, C sadece Ay safhası (υ) nin bir fonksiyonudur ve C değeri $\upsilon = 1, 2, \dots, 12$ için hesaplanarak maksimum olduğu akım yoğunluğu (C_{max}) belirlenir. Aynı işlem $t^* = 0, 1, 2 \dots 23$ için tekrarlanır ve her bir saat için maksimum akım yoğunluğu bulunur. C_{max} değerlerinin t^* ne göre grafiği o lokaysan için iyonosfer iletkenlik değişimini yansıtacaktır.

4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Yer'in atmosferi içerisinde yer alan iyonosfer tabakası, iyonlaşma derecesine göre farklı katmanlar oluşturmaktadır. Yer'in gündüz tarafında D, E, F1 ve F2 katmanları oluşurken, gece tarafında ise serbest elektronların pozitif iyonlarla tekrar birleşmesi sonucu D katmanı tamamen kaybolmaktadır ve E katmanı ise oldukça zayıflamaktadır. F1 ile F2 katmanları birleşerek F katmanını oluşturmaktadır.

90 km ile 300 km arasında iyonosfer katmanlarının elektron yoğunluğu IRI2012 modelinden hesaplanmıştır. IRI2012 modeline göre 90-150 km arasında Yer'in gece tarafında elektron yoğunluğu tamamen yok olmaktadır. 150 km den sonra 200 km civarına kadar gece tarafında elektron yoğunluğunda artış izlenmektedir ve bu yükseklikten sonra artış devam etmektedir. Aynı zamanda Yer'in aydınlık tarafında izlenen akım yoğunlukları yükseklik arttıkça gece tarafına doğru genişlemektedir.

L dinamo akım yoğunluk dağılımı küresel ölçekte $t^* = 0$ zamanında hesaplanmıştır (Şekil 1). Şekilde görüldüğü gibi Yer'in gündüz tarafında akım yoğunlukları yüksektir, ancak gece tarafında düşük olmakla birlikte tamamen kaybolmamaktadır. Bu nedenle, iyonosfer katmanlarında elektron yoğunluk dağılımı göz önüne alındığında, L dinamonun E ve F1 katmanlarında daha etkili olabileceği düşünülmektedir.



Şekil 1. $t^* = 0$ için L dinamo akım yoğunluğu dağılımı. Kontur aralığı 5 kA dir. Gölge kısmı Yer'in gece tarafı göstermektedir.

TEŞEKKÜR

Çalışmada kullanılan verileri sağlayan veri merkezleri INTERMAGNET ve WDDC'a, ayrıca IRI2012 modeli için <http://irimodel.org> merkezine teşekkür ederim. Çalışmayı her aşamasında yaptığı yorumlarla destekleyen Prof. Dr. S.R.C. Malin'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

KAYNAKLAR

Celik, C. (2013). The solar daily geomagnetic variation and its dependence on sunspot number, *J. Atmos.Solar-Terr. Phys.*, **104**, 75-86.

Celik, C. (2014). The lunar daily geomagnetic variation and its dependence on sunspot number, *J. Atmos.Solar-Terr. Phys.*, **119**, 153-161.

Chapman, S., Gupta J. C. ve Malin S.R.C. (1971). The sunspot cycle influence on the solar and lunar daily geomagnetic variations. *Proc. Roy. Soc. Lond.*, **A324**, 1-15.

De Mayer, F. (2003). A modulation model for the solar and lunar daily geomagnetic variations, *Earth Planets Space*, **55**, 405-418.

Matsushita ve Maeda S. H. (1965). On the geomagnetic solar quiet daily variation field during the IGY, *Journal of Geophysical Research*, V.70, No 11.

Malin, S.R.C.(1973).Worldwide distribution of geomagnetic tides. *Philosophical Transactions of the Royal Society London* A274, 551-594.

Malin, S. R. C., Cecere A. ve Palumbo A. (1975). The Sunspot Influence on Lunar and Solar Daily Geomagnetic Variations, *Geophys.J. R. astr. Soc.*, **41**, 115-126.



YERMANYETİK ALAN DEĞİŞİMLERİNİN İNCELENMESİ (1900-2015)

Y. Yılmaz¹ ve T. İşseven²

¹ Jeofizik Müh. Bölümü, İstanbul Teknik Üniversitesi, 34469, Maslak-İstanbul

² Doçent, Jeofizik Müh. Bölümü, İstanbul Teknik Üniversitesi, 34469, Maslak-İstanbul
Email: yilmazyi@itu.edu.tr

ÖZET

Yerkürenin manyetik alanının devamlı olarak değiştiği bilinen bir gerçektir. Dünya'nın manyetik alanındaki değişimleri takip edebilmek için gözlemleri manyetik bileşenleri ve değişimlerini ölçmektedir. Bu çalışmada yermanyetik alanının değişimlerinin küresel olarak incelenip yorumlanması amaçlanmıştır. Bu amaçla öncelikle IGRF yermanyetik alanı modeline 150 farklı gözlemevinin koordinatları ve yükselteleri girilerek 1900-2015 yılları arasında beşer yıl arayla veri setleri elde edilmiştir. Toplam alan, seküler değişim ve deklinasyon verilerinden kontur haritaları oluşturulup, oluşturulan haritalarda zaman aralığındaki değişimler gözlenmiş ve yorumlanmıştır.

ANAHTAR KELİMELER: Jeomanyetizma, Seküler Değişim, Deklinasyon, Manyetik Alan

INVESTIGATION OF EARTH'S MAGNETIC FIELD VARIATIONS (1900-2015)

¹ Geop. Eng. Department, Istanbul Technical University, 34469, Maslak-İstanbul

² Associate Professor, Geop. Eng. Department, Istanbul Technical University, 34469, Maslak-İstanbul
Email: yilmazyi@itu.edu.tr

ABSTRACT

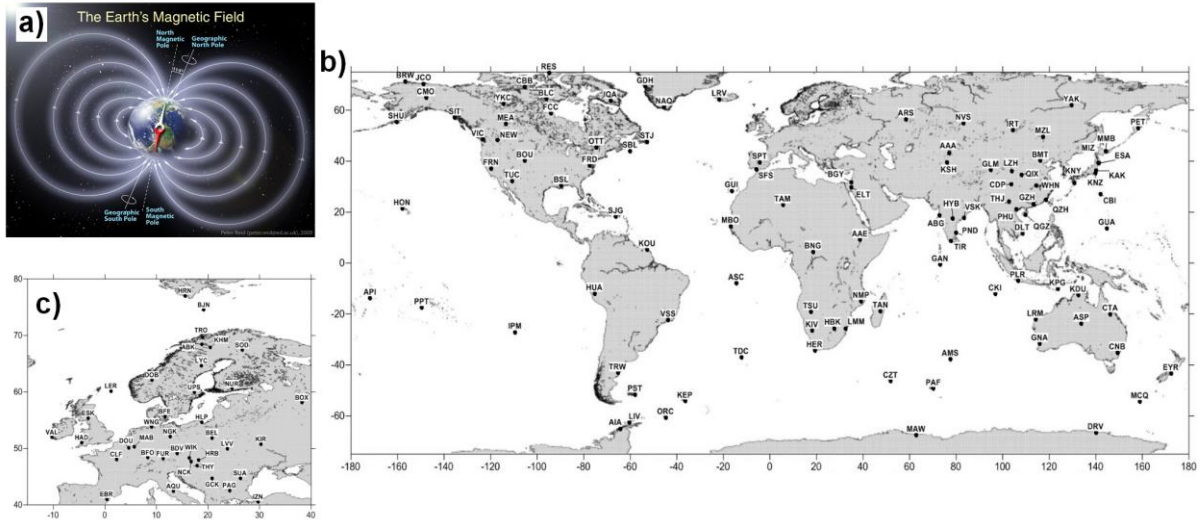
It is a known fact that the Earth's magnetic field constantly changes. The observatories have been measuring the magnetic elements to understand the variations at the Earth's magnetic field. The purpose of this study is to examine and interpret the geomagnetic variations globally. The geomagnetic secular variations were studied from global perspectives. For this purpose, 150 different observatories' coordinates and elevations were input to the IGRF magnetic field model to obtain data sets in five-year time intervals from 1900 to 2015. After the data series obtained, global contour maps were generated based on the total intensity, secular variations and declination data. Here, the variations at the contour maps were observed for the given time interval and interpretations were derived.

KEYWORDS: Geomagnetism, Secular Variations, Declination, Magnetic Field

1. GİRİŞ

Yerkürede bir manyetik alanın varlığı, bu alanın oluşum nedeni ve başlangıcının saptanması, uzun yıllar boyunca araştırmacıların ilgi odağı olmuştur. Yerkürenin manyetik alanı zaman içinde sürekli değiştiğinden, gelecekte nasıl bir şekilde karşımıza çıkacağı tam olarak bilinmese de düzenli ölçümler sayesinde seneler içinde nasıl değiştiği tahmin edilebilir (Şekil 1.a).

Bu çalışmada, yermanyetik alanının 1900-2015 seneleri içinde nasıl değiştiğinin gözlemlenmesi ve yorumlanması amaçlanmıştır. Öncelikle International Geomagnetic Reference Field (IGRF) manyetik alan modeli kullanılıp, 150 gözlemevinin koordinat ve yükseklikleri belirlenerek 1900-2015 yılları arasındaki manyetik bileşen değerleri elde edilmiştir (Şekil 1.b ve 1.c). Verilerden, global yorumlama için toplam alan, toplam alanın seküler değişimi ve deklinasyon açısı kontur haritaları hazırlanmıştır. Elde edilen grafikler ve haritalar söz konusu zaman aralığında, dünyanın manyetik alanının durumu da göze alınarak yorumlanmıştır.



Şekil 1. a) Yermanyetik alanı. b) Global istasyonlar. c) Avrupa'daki istasyonlar.

2. VERİLERİN ELDE EDİLMESİ

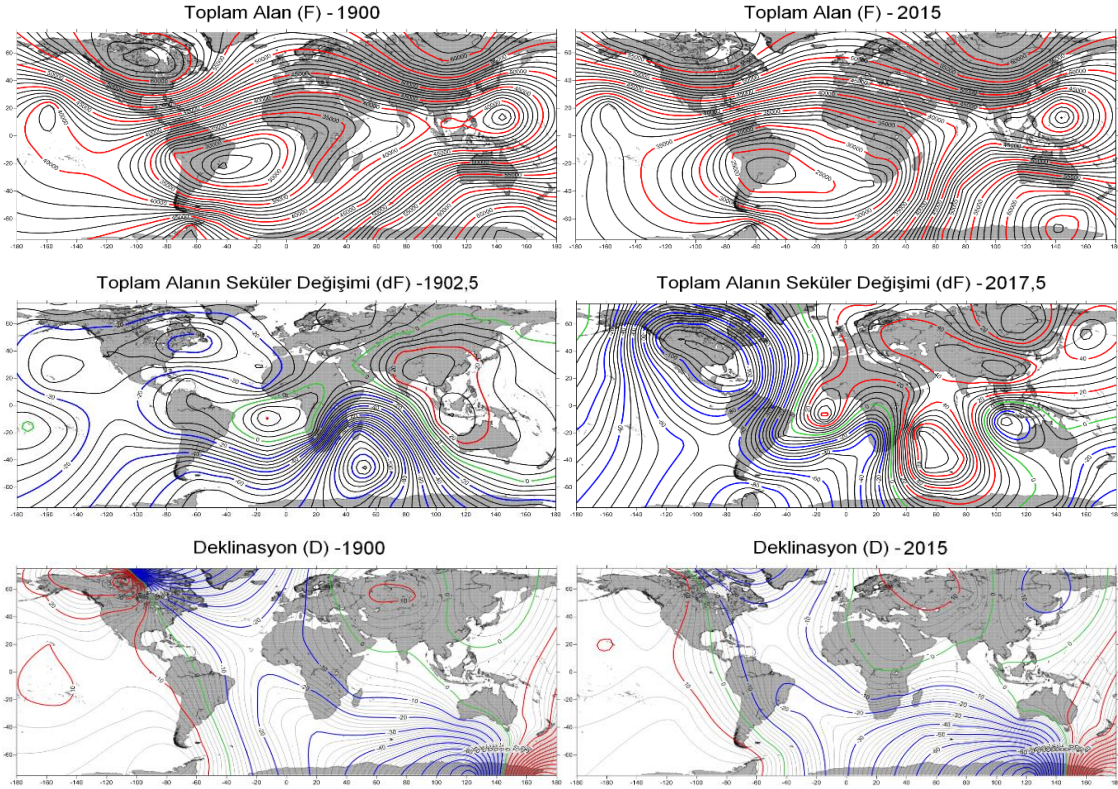
Günümüzde yermanyetik alanının değişimleri manyetik gözlemleri tarafından sürekli olarak ölçülmekte, dijital olarak kayıt edilmekte ve online olarak paylaşılmaktadır. Yerküre üzerindeki gerekli verileri toplayabilmek için bu çalışmada Geomag 7.0 yazılımı, IGRF'in hazırladığı IGRF12 manyetik modeli ile kullanılmış ve manyetik alan değerlerini istenen enlem, boylam, yükseklik ve tarih değerlerine göre hesaplanmıştır. Toplamda 150 farklı gözlemevinin koordinatları ve yükselteleri girilerek veri serileri elde edilmiştir. Bütün gözlemlerinin 1900-2015 yılları arasındaki manyetik bileşenleri ve 5 yıllık seküler değişimlerinin verilerine ulaşılmıştır. Daha sonra bu veriler GMT'de oluşturulmuş bir dünya haritası üzerine oturtulmuş ve toplam alan, seküler değişim ve deklinasyon verilerini içeren toplamda 72 adet kontur haritası elde edilmiştir.

3. HARİTALARIN YORUMLANMASI

Toplam alan (F) haritalarına bakıldığında, 1900-2015 yılları arasında bazı noktalarda büyük değişikliklerin olduğu bazı bölgelerde ise dikkate değer değişikliklerin olmadığı görülmüştür (Şekil 2, üst). Kuzey yarım kürede kuzeyden ekvatora doğru inildiğinde toplam alan değerlerinin azaldığı, güney yarım küre ise ekvattan güneye doğru inildikçe toplam alan değerlerinin arttığı görülmektedir. Ancak kıta ölçekli anomali olan bölgelerde ise söz konusu trendin enlemsel olarak yer değiştirdiği gözlenmektedir.

Haritalarda 1900 yılı verilerinde yedi farklı anomali göze çarpmaktadır. 2015 senesinde de aynı yedi anomali gözlenebilmektedir. Fakat bu anomalilerin farklı hızlarda “Toplam alan değişimleri” göstererek batıya kaymıştır. Bu anomalilerin belki de en önemli olanı bütün Brezilya kıyılarını içine alarak Güney Afrika’ya kadar uzanan “Güney Atlantik Anomalisi” (GAA) ’dir. İç Van Allen Radyasyon Kuşağı’nın dünyaya en yakın olduğu yer bu alandır. Manyetik alanın bu denli zayıf ve Van Allen Radyasyon Kuşağının bu denli yakın olması bölgede bulunan uydulara zarar vermektedir (Heitzler, 2002). GAA’yı maddeler halinde yorumlayacak olursak:

- Anomali araştırma yapılan zaman aralığında her yöne genişlemiştir.
- Anomali merkezi 1900-2015 yılları arasında yaklaşık 10° batıya kaymıştır ($\sim 0.09^\circ/\text{yıl}$).
- Anomalinin merkezinin 1900 yılındaki toplam alan değeri yaklaşık 26000 nT’dir. 2015 yılına kadar ise toplam alanın anomalinin merkezinde yaklaşık 3000 nT kadar azaldığı görülür.
- GAA barındırdığı görece düşük toplam alan değeri yüzünden otoriteler tarafından manyetik terslenmenin başlangıç noktası olabileceği düşünülmektedir (Gubbins, 1994).



Şekil 2. Toplam alan (F, üstte), seküler değişim (dF, ortada) ve deklinasyon (D, altta) konturları.

Kuzey Amerika’da ve Doğu Antarktika’da iki farklı anomali gözlenmiştir. Kuzey Amerika’daki anomalinin merkezindeki toplam alan değeri 1900 yılında yaklaşık 63000 nT, Doğu Antarktika’daki anomalinin merkezindeki toplam alan değeri ise yaklaşık 68000 nT’dir. Her iki anomali de 2015’e kadar kuzeybatıya doğru kaymış ve toplam alan değerlerinde azalma gözlenmiştir. Değişimi en az olan anomali dünyada en az değişimin yaşandığı bölge olan Kuzeybatı Pasifik’te bulunan anomalidir (Fisk, 1931). 1900-2015 yılları arasında anomali merkezinde kayma ve toplam manyetik alan değerlerinde çok az değişim yaşanmıştır.



Seküler değişim (dF) haritaları incelendiğinde, 1902,5 yılında beş anomali gözükmemektedir (Şekil 2, orta). Asya'nın güneyi ve Avustralya'yı kapsayan anomalinin iki farklı odak noktası bulunmaktadır. Bu anomali ve Afrika'nın batı kıyısının açıklarındaki anomali hariç herhangi bir pozitif değişim yoktur. Bunun dışında Afrika'nın güney doğusunda ve Kuzey Amerika'daki negatif anomaliler dikkat çekmektedir. 1937,5 yılına kadar Asya'daki pozitif anomalinin merkezlerinin biri yaklaşık 55°, diğeri ise yaklaşık 35° batıya kaymış ve alanları oldukça genişlemiştir. Diğer net bir değişim ise Afrika'nın güneydoğu ucundaki anomalidedir. 30° batıya kaymış ayrıca global olarak en düşük negatif değişimlerin yaşandığı nokta burasıdır. Kuzey Amerika'daki anomalinin de batıya kaydığı gözlenmiştir. Bunların dışında bazı anomaliler birleşmiş, bazı yeni anomaliler gözlenmeye başlanmıştır. Bu dönemden sonra başta görülen bazı anomaliler varlığını sürdürse de bunlardan başka birçok odak noktası ortaya çıkmış ve anomaliler 1960'lı yıllara kadar dengeye kavuşmamıştır. 1900 yılında görülen özellikle Afrika'nın güney ucundaki anomali ile Asya ve Avustralya'da görülen pozitif anomalilerin odak noktaları farklı olmasına rağmen devam ettiği söylenebilir. Bundan sonra 2017,5 yılına kadar bu anomaliler genişlemiş ve batıya kaymaya devam etmiştir.

Deklinasyon açısı global olarak incelendiğinde, 1900-2015 yılları arasında jeomanyetik kutup noktaları ile bazı anomaliler görülebilmektedir (Şekil 2, alt). Çalışılan süre zarfında bütün kontur çizgilerinin farklı hızlarla batıya doğru kaydığı söylenebilir. Özellikle Atlantik Okyanusu merkezli anomali toplamda yaklaşık 35° olmak üzere diğer konturlara göre, büyük bir hızda kaymaktadır. Bu da yılda yaklaşık 0.3°/yıl kayma hızına karşılık gelmektedir. Jeomanyetik kutuplardaki kaymaların ikisi de kuzeybatı yönlüdür. 1900 yılında kuzey jeomanyetik kutup noktası görülürken, 2015 yılında ise kuzeye kaydığı gözlenmiştir. Güney jeomanyetik kutup noktası için de deklinasyon açısı gradyan değerinin geçen süre içinde sıklaştığı söylenebilir.

4. SONUÇLAR

1900-2015 yılları arasına ait izodinamik haritalara bakıldığında, izoporik merkezlerin genelde oval şekilli olduğu, anomali sayısının değişmediği, izoporik merkezlerin farklı hızlarda batıya kaydığı, jeomanyetik kutupların kuzeybatıya doğru kaydığı, toplam alan ve deklinasyon açısındaki en büyük değişimin Güney Atlantik üzerinde olduğu, toplam alanındaki değişimin genel anlamda negatif trend gösterdiği ve manyetik alanın zayıfladığı görülmektedir. Özellikle yerkürenin manyetik alanının zayıflaması varlığı kanıtlanmış olan manyetik terslenmenin de başlangıç unsurlarından biri olarak kabul edilmektedir.

KAYNAKLAR

Fisk, H. W. (1931) Isopors and isoporic movements, *Intern. Geodet. Geophys. Union, Section Terrest. Magnet. Elec.*, Bull. 8, Stockholm, **19(30)**, 280- 292.

Gubbins, D. (1994). Geomagnetic polarity reversals: A connection with secular variation and core-mantle interaction? *Reviews of Geophysics*, 61-83.

Heirtzler, J. A. (2002). Ever-present South Atlantic Anomaly damages spacecraft. *EOS, TRANSACTIONS, AMERICAN GEOPHYSICAL UNION*, **83(15)**, 165-172.

Sanver, M., İşseven T. (2007). *Gravite ve Manyetik Arama Yöntemleri*. İTÜ-Nobel Yayın Dağıtım Basını, 1.Baskı, İstanbul. 368 sayfa. ISBN: 978-9944-77168-9.



DOĞAL POTANSİYEL VERİLERİNİN TÜREV TABANLI YÖNTEMLERLE BİÇİM VE DERİNLİK DEĞİŞTİRGENLERİNİN SAPTANMASI

Emre Timur¹ ve Coşkun Sarı²

¹ Doçent, Jeofizik Müh. Bölümü, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir

² Profesör, Jeofizik Müh. Bölümü, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir
Email: emre.timur@deu.edu.tr

ÖZET

Doğal gerilim verilerinin yorumlanması ve modellenen yapının şekli, derinliği, kutuplaşma açısı ve elektrik dipol moment katsayısı gibi değiştirgenlerin saptanması amacıyla birçok grafiksel ve sayısal yöntem geliştirilmiştir. Bu yöntemlerin çoğu gömülü yapının şekli hakkında bilgiye gerek duyar. Bu çalışmanın amacı, anomaliye neden olan yapının şeklini ve derinliğini saptamaktır. Bu amaçla, gömülü yapıların şeklini ve derinliğini saptamak için ardışık pencere uzunluklu süzgeçler yardımıyla doğal potansiyel verilerinin birinci ve ikinci yatay türevleri kullanılmıştır. Sabit bir pencere uzunluğu için, yapının derinliği her şekil faktörü için basit bir formül kullanılarak saptanmıştır. Hesaplanan derinlikler şekil faktörüne göre bir grafik üzerinde çizdirilmiştir. Gömülü yapının derinliği ve şekli pencere eğrilerinin ortak kesişim noktası ile belirlenir. Yöntemin geçerliliği kuramsal veriler ve Türkiye’den bir arazi örneği üzerinde denenmiştir. Pencere eğrileri yöntemi ayrıca ardışık pencere uzunluklu süzgeçler kullanılarak doğal potansiyel verilerinden elde edilen kayan ortalama rezidüel anomalilerine de uygulanmıştır.

ANAHTAR KELİMELER: Biçim faktörü, derinlik, doğal potansiyel, türev

DETERMINATION OF SHAPE AND DEPTH PARAMETERS OF THE SELF-POTENTIAL DATA USING DERIVATIVE BASED METHODS

¹ Assoc. Professor, Geophysical Eng. Department, Dokuz Eylul University, Izmir

² Professor, Geophysical Eng. Department, Dokuz Eylul University, Izmir
Email: emre.timur@deu.edu.tr

ABSTRACT

Several graphical and numerical methods have been developed for interpreting the self-potential anomalies and determining the body parameters such as shape, depth, polarization angle and the electric dipol moment coefficient. Most of these methods require knowledge of the shape of the buried body. The aim of this study is to introduce a new method in order to determine the shape and the depth of the causative bodies. For this purpose, first- and second-order numerical horizontal derivatives of the self-potential anomaly have been used to determine the shape and the depth of buried structures by using filters with successive windows lengths. For a fixed window length, the target depth was determined for each shape factor using a simple formula. The computed depths are plotted against the shape factors.



The solution for the shape and depth of buried structure was obtained by the intersection point of the window curves. The validity of the method was tested using both theoretical data and a field example from Turkey. The window curves method was also applied to moving average residual self-potential anomalies obtained from self-potential data using filters of successive window lengths.

KEYWORDS: Depth, derivation, self potential, shape factor

1. GİRİŞ

Doğal potansiyel (SP) ölçümleri, metalik sülfidlerin yerinin belirlenmesi (Yungul, 1950), jeotermal araştırmalar (Corwin ve Hoover, 1979; Fitterman ve Corwin, 1982), mühendislik ve çevre jeofiziği (Markiewicz ve diğ., 1984) araştırmaları ile yeraltı boşluklarının saptanması (Schiaivone ve Quarto, 1992) gibi geniş bir uygulama alanında kullanılmaktadır. Buna karşın, SP verilerinin yorumlanması manyetik ve gravite verilerinin yorumlanmasında da olduğu gibi her zaman çok çözümlüdür (Abdelrahman ve El-Araby, 1993). Doğal potansiyel anomalilerinin yorumlanması ve anomaliye neden olan yapının şekli, derinliği, kutuplaşma açısı ve elektrik dipol moment katsayısı gibi değiştirgenlerin saptanması amacıyla birçok araştırmacı tarafından birkaç grafiksel ve sayısal yöntem geliştirilmiştir (Yungul, 1950; Paul ve diğ., 1965; Bhattacharyya ve Roy, 1981; Ram Babu ve Rao, 1988). Bu yöntemlerin çoğu anomaliye neden olan gömülü yapının şeklinin bilinmesini gerektirir. Bu çalışmada farklı uzunlukta ardışık pencere uzunlukları kullanılarak, gözlenen SP verilerinin sayısal birinci ve ikinci yatay türevleri ile kayan ortalama rezidüel değerleri yardımıyla gömülü yapının biçimi ve derinliği belirlenmiştir. Yöntem, kuramsal veriler ve Türkiye’den bir arazi örneğine uygulanmıştır.

2. YÖNTEMİN TANIMI

Gömülü, polarize olmuş bir yapının SP anomalişi;

$$V(x, z, \theta, q) = k \frac{x_i \cos \theta + z \sin \theta}{(x_i^2 + z^2)^q} \quad i = 1, 2, \dots, N \quad (1)$$

olarak tanımlanabilir (Yungul, 1950). Bu bağıntıda z ; derinlik, θ ; polarizasyon açısı, k ; elektriksel dipol moment, x ; yatay konum koordinatı, q ; yapı faktörüdür. Yapı faktörü yapı yatay levhaya benzedikçe 0 'a, küreye benzedikçe $1,5$ değerine yaklaşır. Pencere uzunluğu $s=1, 2, \dots, M$ olmak üzere (1) no.lu bağıntısı ile verilen SP anomalişinin 1. yatay türevi ve 2. yatay türevi hesaplandıktan sonra kayan ortalama rezidüel anomalişi,

$$V_r(x_i, z, \theta, q, s) = \frac{k}{2} \left\{ \frac{2x_i \cos \theta + 2z \sin \theta}{(x_i^2 + z^2)^q} - \frac{(x_i - s) \cos \theta + z \sin \theta}{((x_i - s)^2 + z^2)^q} - \frac{(x_i + s) \cos \theta + z \sin \theta}{((x_i + s)^2 + z^2)^q} \right\} \quad (2)$$

bağıntısı ile tanımlanır. Yapı faktörünün işlevi olan tüm yapılar için 1. yatay türev bağıntısı $x_i=0$ 'da

$$V_x(0) = - \frac{k \cos \theta}{(s^2 + z^2)^q} \quad (3)$$

değerini verir. Burada $V_x(0)$ orijindeki ($x_i=0$) gradyan anomali değeridir. Buradan 1. Yatay türev bağıntısı düzenlenip $x_i=\pm s$ için ilgili bağıntılar elde edildikten sonra z ve F için aşağıdaki bağıntılar elde edilebilir:

$$z = s \sqrt{\frac{4F^{1/q} - 1}{1 - F^{1/q}}} \quad \text{ve} \quad F = \frac{V_x(s) + V_x(-s)}{2V_x(0)} \quad (4)$$

Bağıntıdaki F değeri anomali üzerinde okunan $V_x(s)$, $V_x(-s)$ ve $V_x(0)$ değerlerinden hesaplanabilir. Benzer işlemler ikinci sayısal yatay türev bağıntısı için de uygulanırsa kayan ortalama rezidüel anomali değerleri için ise

$$F = \frac{1}{(s^2 + z^2)^q - z^{2q}} \left\{ \frac{2z^{2q}(4s^2 + z^2)^q - (4s^2 + z^2)^q(s^2 + z^2)^q - z^{2q}(s^2 + z^2)^q}{(4s^2 + z^2)^q} \right\} \quad (5)$$

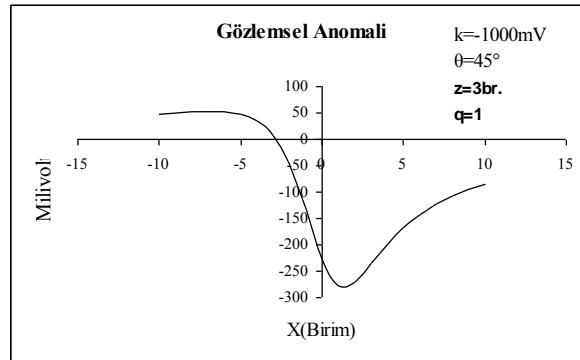
bağıntısı elde edilir. F ve s bilindiğinde derinlik

$$z = \left[\frac{F \left\{ (s^2 + z^2)^q - z^{2q} \right\} (4s^2 + z^2)^q + (4s^2 + z^2)^q (s^2 + z^2)^q}{2(4s^2 + z^2)^q - (s^2 + z^2)^q} \right]^{1/2} \quad (6)$$

bağıntısından saptanabilir. (5) ve (6) no.lu bağıntılar doğrusal olmayan sistemlerin çözümü için geliştirilen standart yöntemlerle veya basit yineleme yöntemiyle çözülebilirler.

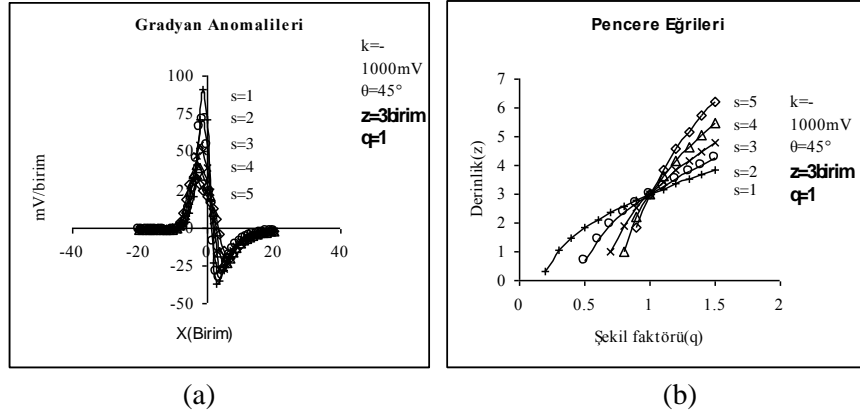
3. YÖNTEMİN UYGULANMASI

Yatay silindir biçimli bir yapının kuramsal doğal potansiyel anomali (Şekil 1) hesaplanmış ve sayısal türev işlemi uygulanmıştır. Her giriş verisine 5 ardışık pencere işlemi uygulanmıştır (Şekil 2).



Şekil 1. Yatay silindir biçimli bir yapının kuramsal doğal potansiyel anomali

Yapının biçim değiştirgeni (q) 0.1-1.5 arasında 0.1 aralıklarla alınarak ardışık pencere boyu (s) örnekleme aralığının 1, 2, 3, 4 ve 5 katları için yapının derinliğine (z) ilişkin değerler hesaplanmıştır. Her pencere boyu için saptanan derinlik değerleri ile 0.1-1.5 arasında değişen biçim değiştirgeni grafikleri çizilerek yatay eksen biçim faktörü ve dikey eksen derinlik olmak üzere kesişim noktalarından yeraltındaki yapının gerçek derinliği ve biçimi saptanmıştır. Bu değerler kullanılarak kutuplaşma açısı ve elektrik dipol moment değerleri de hesaplanmıştır.



Şekil 2. Yatay silindir doğal potansiyel anomalisinin (a) 1. yatay türevleri, (b) pencere eğrileri yöntemiyle değerlendirilmesi

4. SONUÇLAR

Gömülü basit jeolojik yapıların (küre, yatay/düşey silindir gibi) oluşturduğu doğal potansiyel anomalileri tanımlanan pencere eğrileri yöntemi kullanılarak değerlendirildiğinde yeraltında bulunan yapının biçimi ve derinliği kolaylıkla belirlenebilir. Pencere eğrileri yöntemini kullanılması çok basit olup, doğal potansiyel anomalisi hatalar içerdiğinde de iyi sonuçlar vermektedir. Bu çalışmada, farklı derinlik, kutuplaşma açısı ve elektrik dipol moment gibi değiştirenler sahip küre, yatay/düşey silindir gibi yapıların doğal potansiyel anomalilerinin 1. ve 2. yatay türevleri ve kayan ortalama değerleri pencere eğrileri yöntemi kullanılarak değerlendirilmiş anomaliye neden olan yapıya ilişkin bilgilere ulaşılmıştır.

KAYNAKLAR

- Abdelrahman, E.M. ve El-Araby, H.M. (1993). Shape and depth solution from gravity data using correlation factors between successive least-squares residuals. *Geophysics*, **59**, 1789-1791.
- Bhattacharya, B.B. ve Roy, N. (1981). A note on the use of nomogram for self-potential anomalies. *Geophys. Prospect.*, **29**, 102-107.
- Corwin, R.F. ve Hoover, D.B. (1979). The self potential method in geothermal exploration. *Geophysics*, **44**, 226-245.
- Fitterman, D.V. ve Corwin, R.F. (1982). Inversion of self-potential data from the Cerro-Prieto geothermal field Mexico. *Geophysics*, **47**, 938-945.
- Markiewicz, R.D., Davenport, G.C. ve Randall, J.A. (1984). The use of self-potential surveys in geotechnical investigations. In: 54. Annu. Int. Meet. Soc. Expl. Geophys., Expanded Abstracts. Soc. Expl. Geophys., Tulsa, Session: SP. 6.
- Paul, M.K., Data, S., ve Banerjee, B. (1965). Interpretation of self-potential anomalies due to localized causative bodies. *Pure and Appl. Geophys.*, **61**, 95-100.
- Ram Babu, H.V. ve Rao, D. (1988). A rapid graphical method for the interpretation of the self-potential anomaly over a two-dimensional inclined sheet of finite depth extent. *Geophysics*, **53**, 1126-1128.
- Schiavone, D. ve Quarto, R. (1992). Cavities detection using the self-potential method. 54th Meet. Eur. Assoc. Expl. Geophys., Abstracts, 362-363.
- Yungul, S. (1950). Interpretation of spontaneous polarization anomalies caused by spheroidal ore bodies. *Geophysics*, **15**, 237-246.



ARKEOMANYETİK VERİLERİN 3-BOYUTLU TERS ÇÖZÜMLE MODELLENMESİ

Emre Timur¹

¹ Doçent, Jeofizik Müh. Bölümü, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir
Email: emre.timur@deu.edu.tr

ÖZET

Manyetik prospeksiyon yöntemi, gömülü arkeolojik kalıntıların bulunması amacıyla kullanılan en etkili yöntemlerden birisidir. Duvarlar, metalik nesnelere, ocaklar gibi mıknatıslanabilir elementler içeren yapıların yer yüzeyinde oluşturdukları ölçülebilir manyetik alan değişimlerinin ölçülmesi, bu yapıların konumlarının ve geometrilerinin belirlenmesinde uzun yıllardır kullanılmaktadır. Çalışma kapsamında, 3-boyutlu farklı prizmatik modeller kuramsal olarak incelenmiş ve yapı geometrisini belirlemek amacıyla uygulanarak yinelemeli ters çözümle sonuca ulaşılmıştır. Ayrıca, Magnesia arkeolojik alanının Agora'sının içinde yer alan Zeus tapınağının yeri toplam manyetik alan ölçümleriyle araştırılmış, uygun kazı yeri olası yapı belirlenerek önerilmiştir. Yöntemin uygulanmasından önce toplam manyetik alan anomali haritası kutba indirgeme ve yapma gravite dönüşümü gerçekleştirilmiştir. Sınırları belirlenen yapının köşe koordinatları ters çözümde kullanılarak olası yapının yeri ve derinliği belirlenmiştir.

ANAHTAR KELİMELER: Arkeoloji, manyetik yöntem, modelleme, ters çözüm

INTERPRETATION OF ARCHAEO-MAGNETIC DATA USING 3-D INVERSION TECHNIQUES

¹ Assoc. Professor, Geophysical Eng. Department, Dokuz Eylul University, Izmir
Email: emre.timur@deu.edu.tr

ABSTRACT

Magnetic prospection method is one the very useful methods to detect buried archeological objects. The measurable magnetic field variations over the walls, metallic objects or furnaces containig magnetisable elements, which are used for many years, yield us to determine the location and geometry of them. In this study, 3-D prismatic models were investigated theoretically with iterative inversion method to define the boundaries and the parameters of the model. Besides, total magnetic field investigations were carried out over Zeus temple in Agora of Magnesia archeological site and suitable excavation site is suggested by designating possible structure location. In addition to these methods, pseudo-gravity and reduction to pole methods were applied to data in order to achieve more information about the location of the object. As a result, 3-D inversion method was found successful both on field and theoretical data on determining boundaries and depth of the buried structure.

KEYWORDS: Archaeology, inversion, magnetic method, modelling

1. GİRİŞ



Yer yüzeyinden gerçekleştirilen jeofizik çalışmalar, gömülü arkeolojik yapılarda herhangi bir hasara yol açmadan kalıntının yeri, geometrisi, derinliği ve mevcut durumu hakkında bilgi elde edilmesini sağlayarak kazı çalışmalarına büyük katkı sağlamaktadır. Arkeolojik yapıların, çevresindeki jeolojik ortam içerisinde tek parça veya dağınık halde bulunmaları ile yapının ve jeolojik birimin fiziksel özelliklerinin farklılık göstermesi, yapılan çalışmaların başarısını etkileyen en önemli etkenlerin başında gelmektedir.

Arkeolojik alanlarda yapılan ilk jeofizik çalışmalar, 1940'lı yıllarda İngiltere'de başlamıştır. Bilinen ilk araştırma Atkinson tarafından 1946 yılında İngiltere'de bir öz direnç ölçer kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Atkinson, 1952). İlk manyetik inceleme ise, proton manyetometrelerinin gelişiminden sonra 1957 yılında Kuzey Amerika'da Belshe tarafından uygulanmıştır. Bu çalışmayı Oxford Üniversitesi'nden Aitken'in (1974) yaptığı çalışma izler. Arkeolojik yerleşimlerde toprağın manyetik duyarlılığındaki değişimler önem taşımaktadır ve ölçülebilir özellikteki bu değişimler yoluyla manyetik duyarlık değişim haritaları oluşturularak, gömülü arkeolojik nesnelere belirlenebilmektedir. Manyetik yöntemler yardımıyla arkeolojik alanlarda gömülü duvarlar, yollar, yapı girişleri ve temelleri, yanma bölgeleri, ocaklar, fırınlar, çöplük ve mezarlık alanları gibi birçok yapısal birim kolayca saptanabilmektedir. Ülkemizde arkeojeofizik çalışmalar 1960'lı yılların başında Giges ve Nemrut dağında bulunan tümülüslerin araştırılması ve Keban kurtarma kazılarında gerçekleştirilmiştir (Yaramancı, 1968). Bunun dışında Kerkenes Dağı (Erdem, 2002), Ortaköy Şapınuva Hitit antik kenti (Özyalın, 2003); Amorium (Afyon) (Kaya vd., 2003), (Ekinçi, 2005); Magnesia (Aydın) (Timur, 2003) çalışmaları da öne çıkan uygulamalar arasındadır. Magnesia arkeolojik alanında ilk jeofizik çalışma, 1989 yılında Başokur (1992) tarafından Argavlı Tümülüsü'nün girişinin araştırılması amacıyla uç gerilim yöntemi uygulanarak gerçekleştirilmiştir.

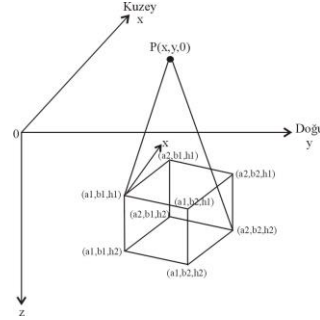
Bu çalışma kapsamında, Magnesia Antik Kenti'nin Agora'sında bulunan Zeus tapınağının yerinin belirlenmesi amacıyla toplam manyetik alan verileri ölçülmüştür. Elde edilen bu verilere Blakely (1995) tarafından geliştirilen yapay gravite (Baranov, 1957) dönüşümü (pseudogravity) ve kutba indirgeme (Baranov ve Naudy, 1964) işlemleri uygulanmıştır. Gravite dönüşümü uygulanan veri kullanılarak belirlenen anomali başlangıç modelinin geometrisinde kullanılarak 3-boyutlu ters çözüm işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu yöntemler kullanılarak olası yapının bulunduğu yer ve geometrisi belirlenmeye çalışılmıştır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Magnesia Antik Kenti Agora'sında yapılan arkeojeofizik çalışmalar kapsamında yapılan toplam manyetik alan ölçümleri, Scintrex firmasının ürettiği ENVI-MAG cihazı ile ± 0.1 nT duyarlılıklı proton manyetometresi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Ölçümler, 35 profil üzerinde 35 noktada, profil ve ölçüm aralıkları birer metre olmak üzere alınmıştır.

Manyetik verilerin 3 boyutlu modellenmesi için geometrik olarak düşey konumlanmış prizmatik modellerin kullanılması çok sık kullanılan bir yöntemdir. Bu prizmalardan kaynaklanan anomalilerin yinelemeli ters çözümünde Marquardt algoritması (Marquardt, 1963) tekniği yine sıklıkla uygulanmaktadır. Hesaplama zamanını azaltmak amacıyla Kunatraram (1981) Cholesky ayrıştırma yöntemini geliştirmiştir. Rao ve Babu (1991;1993) yaptıkları çalışmada anomali ve türevlerin hesaplanması için yaklaşık bağıntılar elde etmişler ve hesaplamada bunları kullanarak işlem zamanını

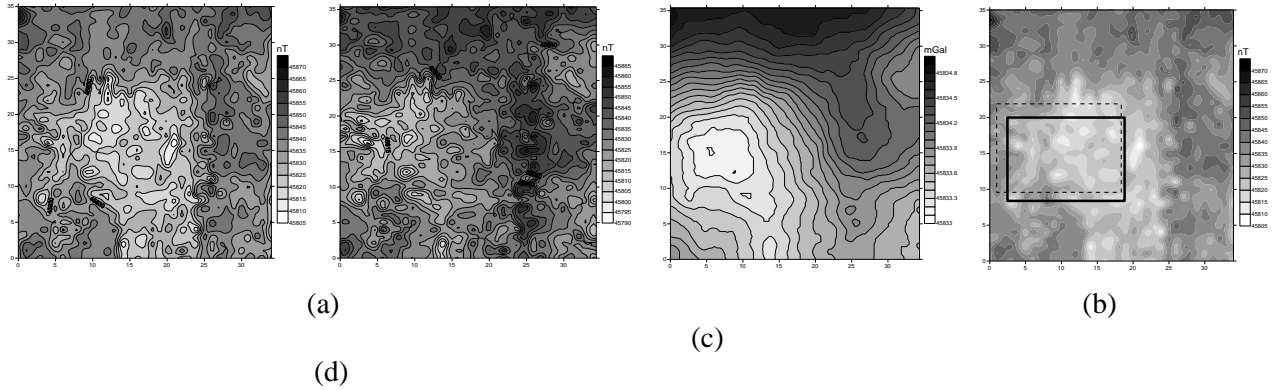
azaltmışlardır. Çizgi kütle olarak bir prizmanın (Şekil 1) neden olduğu belirti ile ilgili işlemler Rao ve Babu'nun (1991) çalışmasında ayrıntılarıyla anlatılmaktadır.



Şekil 1. 3-Boyutlu dikdörtgen prizma (Rao ve Babu, 1993'ten düzenlenmiştir).

3. İNCELEME ALANI VE ARAZİ UYGULAMALARI

Magnesia ad Meandrum (Menderes Magnesiası), Aydın İli, Germencik İlçesi Ortaklar Bucağına bağlı Tekin Köy sınırları içinde yer almaktadır. Kent antik kaynaklara göre, Thessalia'dan gelen ve Magnetler olarak adlandırılan bir kavim tarafından kurulmuştur. Kent suru ile çevrili, yaklaşık 1.5 km. çapında bir alanı kapsayan, ızgara planlı cadde ve sokak sistemine sahip bir kent olan Magnesia; Priene, Ephesos, Tralleis üçgeni arasında ticari ve stratejik açıdan önemli bir konuma sahipti. Kent M.S. 17 de yıkıcı bir deprem geçirdiği için epeyce zarar görmüştür (Bingöl, 2005). Magnesia Arkeolojik Alanı Agorası içinde bulunan Zeus tapınağının yerini belirlemek için toplam manyetik alan ölçümleri yapılmıştır. Bu ölçümlere ait toplam manyetik anomali haritası (Şekil 2a), kutba indirgenmiş manyetik anomali haritası (Şekil 2b), yapma gravite anomali haritası (Şekil 2c), ve ters çözüm sonucu (Şekil 2d) aşağıda sunulmuştur.



Şekil 3. (a) Agora'da toplanan verilerden hazırlanan toplam manyetik alan anomali haritası, (b) Agora verilerinin kutba indirgenmiş manyetik anomali haritası, (c) Agora verilerinin yapay gravite anomali haritası, (d) başlangıç modeli (kesikli çizgi) ve ters çözüm sonucu (düz çizgi).

Tablo1. 3-boyutlu modele ait parametre değerleri.

Arazi Verisi	X ₁ (m)	X ₂ (m)	Y ₁ (m)	Y ₂ (m)	Z ₁ (m)	Z ₂ (m)	I ₀ (Derece)	D ₀ (Derece)	Θ (Derece)	EI (cgs)
--------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	----------------------------	----------------------------	---------------	-------------



Başlangıç Değerleri	1,5	17	9,5	22	2	5	57	3	0	1
Ters Çözüm Sonucu	2,5	18,4	8,3	20	2,75	4,6	48	7,4	0	2,3

SONUÇLAR

Bu çalışma manyetik veriler üzerinde denenmesi ve Magnesia Arkeolojik Alanı Agora'sında bulunan Zeus tapınağının yerinin belirlenmesi amacıyla yapılmıştır. Çalışma kapsamında elde edilen kutba indirgeme ve yapma gravite anomali haritaları yardımıyla ters çözümde kullanılacak başlangıç modelinin yeri belirlenmiştir. Elde edilen model sonuçlarından derinlik değerleri de çalışma alanındaki gömülü kalıntıların ortalama derinlikleri ile uyumludur. Yapılan değerlendirme sonucunda araştırılan tapınak yapısının yeri ve derinliği belirlenerek kazı için önerilmiştir.

KAYNAKLAR

- Aitken, M.J. (1974). *Physics and Archeology*, 2nd ed., Clarendon Press, Oxford.
- Atkinson, R.J.C. (1952). *Methodes Electriques De Prospection En Arceologie*, A. Laming (Ed.), La Decouverte Du Passe, Picard, 59-70.
- Baranov, V. (1957). A new method for interpretation of aeromagnetic maps pseudo-gravimetric anomalies. *Geophysics*, **22**, 359-383.
- Baranov, V. ve Naudy, H. (1964). Numerical calculation of the formula of reduction to the magnetic pole. *Geophysics*, **29**, 67-79.
- Başokur, A.T. (1992). Magnesia ad Meandrum (Ortaklar) Argavlı Tümülüsünde jeofizik çalışmalar, VIII. Arkeometri Sonuçları Toplantısı, Ankara.
- Bingöl, O. 2005. Menderes Magnesiası/Magnesia on the Meander: Theatron. Homer Yayınları, İstanbul.
- Blakely, R.J. (1995). *Potential Theory in Gravity & Magnetic Applications*. Cambridge University Press.
- Ekinci, Y.L. (2005). Amorium Antik Kenti'nin Manyetik Yöntemle Araştırılması. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Erdem, E. (2002). Kerkenes (Yozgat) Sahasında Arkeolojik Amaçlı Jeofizik Çalışmalar. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Kaya, M.A., Şeren, A., Balkaya, Ç., Şengül, E., Yiğit, P. (2003). Amorium Antik kenti 2002 Yılı Arkeoloji Jeofiziği Araştırmaları. Türkiye 15. Jeofizik kurultayı ve Sergisi, İzmir.
- Kunartram, K. (1981). Simplified expressions for the magnetic anomalies due to vertical rectangular prisms. *Geophysical Prospecting*, **29:6**, 883-890.
- Marquardt, D. W. (1963). An algorithm for least squares estimation of non-linear parameters. *Journal of the Society of Industrial and Applied Mathematics*, **11**, 431-441.
- Özyalın, Ş. (2003). Potansiyel Alanlarda Otomatik Değerlendirme Teknikleri ve Arkeolojik Alanlarda Uygulanması. Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeofizik Anabilim Dalı, Doktora Tezi.
- Rao, D.B. ve Babu, N.R. (1991). A rapid method for three-dimensional modeling of magnetic anomalies. *Geophysics*, **56:11**, 1729-1737.
- Rao, D.B. ve Babu, N.R. (1993). A Fortran-77 Computer Program For Three-Dimensional Inversion of Magnetic Anomalies Resulting from Multiple Prismatic Bodies. *Computers & Geosciences*, **19:6**, 781-801.
- Timur, E. (2003). VLF Yönteminin Arkeolojik Alanlarda Uygulanması. DEÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Yaramancı, A. (1968). Keban projesi jeofizik araştırmaları Ön Raporu. 1968 Yaz Çalışmaları. ODTÜ Keban Projesi Yayınları, Seri:1, Yayın:1, Türk Tarih kurumu Basımevi, Ankara.



TUJJBK TÜRKİYE ULUSAL
JEODEZİ VE JEOFİZİK BİRLİĞİ
BİLİMSEL KONGRESİ
30 Mayıs - 2 Haziran 2018, İzmir



TUJK

TÜRKİYE ULUSAL JEODEZİ KOMİSYONU
NATIONAL COMMISSION OF GEODESY

SÖZLÜ / *ORAL*



KONYA-ÇUMRA GÖMÜLÜ OFİYOLİTİ

N.G. Aydın¹ ve T. İşseven²

¹ Araştırma Görevlisi, Jeofizik Müh. Bölümü, İstanbul Teknik Üniversitesi, 34469, Maslak-İstanbul

² Doçent, Jeofizik Müh. Bölümü, İstanbul Teknik Üniversitesi, 34469, Maslak-İstanbul
Email: aydinn@itu.edu.tr

ÖZET

Sütür kuşağı üzerinde yer almasına rağmen Konya-Çumra çevresinde gözlenen ofiyolit yüzeylenmelerinin sayıca az olmasının nedeni, bölgedeki ofiyolitlerin Konya Ovası'nı oluşturan genç karbonatlar tarafından örtülmüş olmasıdır. Bölgedeki olası ofiyolitik kayaçların çevre kayaçlarla olan yoğunluk farkından ötürü gravite yöntemiyle tespit edilmesi mümkündür. Çumra çevresine ait Bouguer gravite anomalisinin görece yüksek değerleri ve dalga boyları gömülü derin bir kütleyi gösterir niteliktedir. Anomalilerin spektral analizle incelenmesi sonucu bu olası kütlemin yaklaşık 4.8 kilometre derinde olduğu saptanmıştır. Düşey Prizmalar Yöntemi ile modelleme yapılarak kütlemin homojen bir ara katman olması durumunda sahip olacağı geometrik model hesaplanmış ve bu geometrik model kullanılarak anomaliye neden olan jeolojik yapının yaklaşık 67 GTON'luk bir kütleyle sahip olması gerektiği hesaplanmıştır.

ANAHTAR KELİMELER: Tektonik, Tetis Okyanusu, Gravite, Modelleme

BURIED OPHIOLITE IN KONYA-CUMRA

¹ Research Assistant, Geop. Eng. Department, Istanbul Technical University, 34469, Maslak-İstanbul

² Associate Professor, Geop. Eng. Department, Istanbul Technical University, 34469, Maslak-İstanbul
Email: aydinn@itu.edu.tr

ABSTRACT

Despite being located over a suture zone, Ophiolite outcrops around Konya-Çumra area appears to be few in number, since the ophiolites probably are covered with a sheet of young sediments, forming today's Konya Basin. Buried ophiolitic rocks could be located using Bouguer gravity anomalies. Positive directed Bouguer anomalies around Çumra indicate a deep and dense mass with its relative high values and wavelengths. Spectral analysis of the anomalies showed that the mass should be about 4.8 kilometers deep. Then a modelling study is carried using Vertical Prisms Method to estimate the mass' geometry depending on Bouguer anomalies. Lastly, the calculated model is used on extra mass calculations, which point out the requirement of about 67 GTONs extra mass in order to produce such gravity high.

KEYWORDS: Tectonics, Tethys Ocean, Gravity, Modelling

1. GİRİŞ

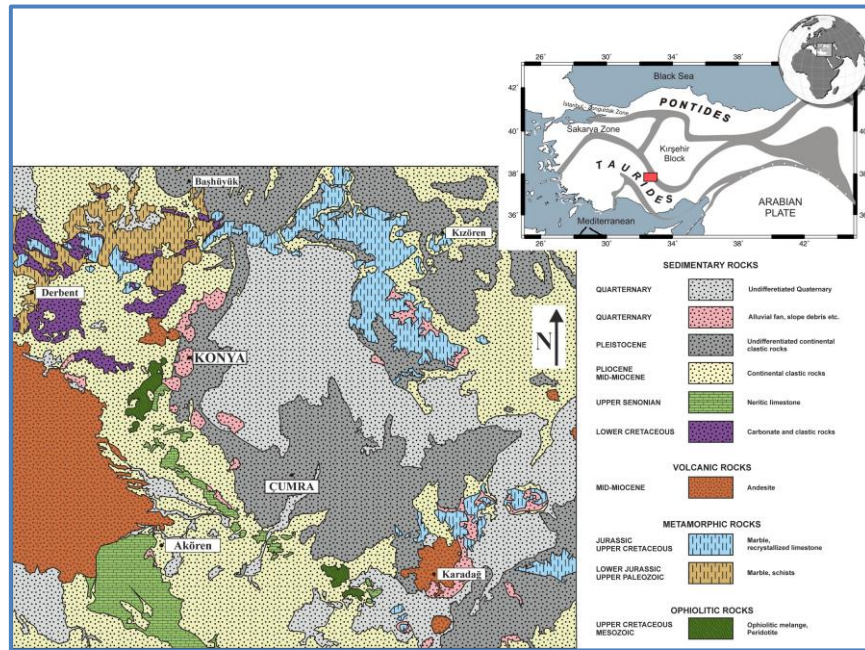
Anadolu Levhası, Tetis Okyanusu'nun kapandığı bölgede yer alması ve sütür kuşakları içermesi açısından karışık bir jeolojik yapıya sahiptir. Okyanusların kapanmaya başlamasıyla kuzey yönlü bir

dalma-batma zonu gelişmesinin ardından Anatolit-Torit platformları üzerine yerleşmiş olan ofiyolitler bu suture kuşaklarını takip etmektedir. Bu suture kuşaklarından biri üzerinde yer alan Konya-Çumra bölgesinde ise ofiyolit yüzeylenmelerinin sayıca az olduğu dikkat çekmektedir.

Bu çalışmada Konya-Çumra civarındaki ofiyolitlerin bir kısmının bölgedeki sedimanlar tarafından örtüldüğü düşünülmüş ve bu amaçla bölgenin Bouguer gravite anomalisi incelenmiştir. Konya Ovası üzerine denk gelen yüksek Bouguer değerlerinin gömülü bir ofiyoliti işaret edebileceğinden yola çıkılarak anomalinin güç spektrumu ile derinlik kestirimi yapılmıştır. Daha sonra “Düşey Prizmalar Yöntemi” ile modelleme çalışması yapılmış ve elde edilen model ile kütle fazlalığı hesaplanmıştır.

2. TEKTONİK VE JEOLJİK ÖZELLİKLER

Anadolu Levhası, Paleotetis ve Neotetis okyanuslarının kapandığı alanda yer aldığından jeolojik açıdan karmaşık bir yapıya sahiptir (Robertson, et al., 2009) (Şekil 1). Orta-Jura döneminde Paleotetis okyanusu kapanmış ve Alt-Kretase dönemine kadar karbonatlı sedimanlar birikmiş ve Neotetis ofiyolitleri oluşmaya başlamıştır (Smith, 1971; Şengör & Yılmaz, 1981). Üst-Kretase döneminde, Neotetis okyanusal kabuğu kuzeye doğru dalmaya başlayarak şiddetli volkanik aktivitelere ve ofiyolitlerin Anatolit-Torit platformunun üzerine yerleşmesine neden olmuştur (Okay, 2011). Alt-Miyosen döneminde Arap ve Avrasya plakaları çarpışmış, Neotetis okyanusu tamamen kapanarak Anadolu’da günümüz tektonik yapıları oluşmaya başlamıştır (Okay, 2008).



Şekil 1. Çalışma alanının sadeleştirilmiş jeolojik haritası.

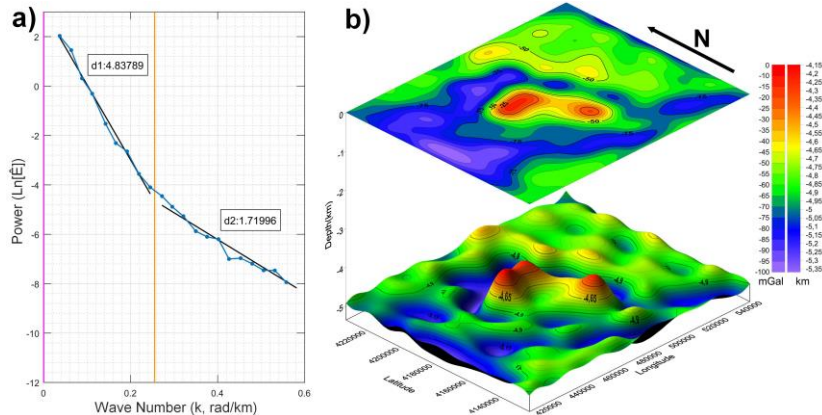
Çalışma bölgesindeki sedimanların yaşları Orta-Miyosen ile Kuvaterner arasında değişmektedir. Kuzeybatıda, güneydoğuda ve güneybatıda Paleozoyik-Kretase yaşlı geniş mermer kayaları yüzlekler vermektedir. Bölgenin çoğunlukla batısında volkanik kayalar ve bu kayalardan türeyen genç sedimanlar yer alır. Ofiyolitlere ise, bölgenin güney kısmından başlayarak batıya doğru daha dar alanlarda rastlanmaktadır.

3. GRAVİTE VERİSİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Bölgenin Bouguer anomalisi incelendiğinde -75 ve -40 mGal arasında değişen anomalilerin Paleozoyik ve Jura-Kretase mermer yapıları ile neritik kireçtaşıdan kaynaklandığı görülmektedir. Alanın batısında yer alan volkanik kayaç ve sedimanların -100 mGal'e yakın düşük değerler verdiği görülmektedir. Çalışma alanının merkezinde yer alan Konya Ovası ise tamamıyla Kretase klastik sedimanlarıyla kaplı olmasına rağmen -15 mGal'e varan yüksek gravite değerleri içermekte ve bu durum sedimanların altında, çevredeki kireçtaşı ve mermerlerden daha yoğun bir kütle gömülü olduğuna işaret etmektedir.

Bouguer gravite verilerinin güç spektrumunun hesaplanmasıyla anomaliye neden olan kütlelerin yaklaşık derinliklerini kestirmek mümkündür (Spector & Grant, 1970). Çalışma bölgesine ait Bouguer gravite anomalilerinin güç spektrumu hesaplanarak derinlik kestirimi yapıldığında 4.84 km ve 1.72 km olmak üzere iki farklı derinlik elde edilmiştir (Şekil 2a). Söz konusu pozitif yönlü anomalinin dalga boyu düşünüldüğünde kütlelerin 4.84 km'lik derinlikte olması gerektiği öngörülmüştür.

Yaklaşık derinlik değeri ve ofiyolitlerin ortalama yoğunlukları göz önünde bulundurularak Düşey Prizmalar Yöntemi ile modelleme çalışması yapılmıştır. Düşey Prizmalar Yöntemi yeraltındaki ondülasyonlu bir tabakanın birim taban alanına sahip prizmalara bölündüğünü varsayar (Cordell & Henderson, 1968). Her bir prizmanın gravite katkısı ayrı ayrı hesaplanır ve yineleme yoluyla prizmaların yükseklikleri düzenlenerek minimum hatalı model elde edilmeye çalışılır. Konya'ya ait Bouguer verisinin modellenmesinin sonucunda Şekil 2b'de verilen yapı elde edilmiştir.



Şekil 2. a) Bouguer verisinin güç spektrumu. b) Modelleme sonucu elde edilen model.

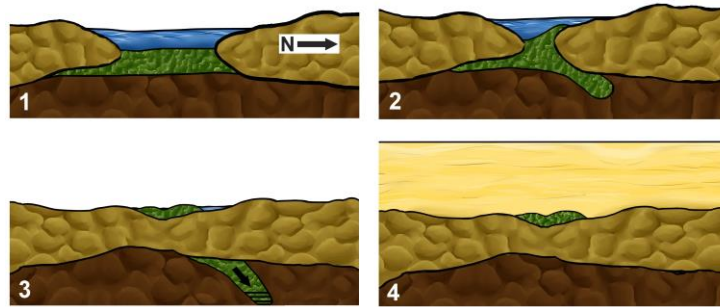
Modelleme sonucunda elde edilen yapı ayrı bir kütle yerine ondülasyonlu bir katmanı ortaya koysa da bu katman ile olası ayrı kütlelerin sınırları belirlenebilir. Modelin bu sınırlardan kesilmesi ve normalize edilmesinin ardından hacminin hesaplanmasıyla bu yapının ortaya koyacağı kütle fazlalığı hesaplanabilir. Alanın ortasındaki yükseltinin 4.9 km derinlik ile sınırlanarak üstünde kalan alanın kütle fazlalığı hesaplandığında yaklaşık 67 GTon'luk bir kütle fazlalığı olduğu hesaplanmıştır.

4. SONUÇLAR

Anadolu Levhası üzerindeki suture kuşaklarından birinin üzerinde yer alan Konya-Çumra bölgesindeki ofiyolit yüzeylenmelerinin az sayıda olması, bölgede gömülü başka ofiyolitler olması ihtimalini düşündürmektedir. Bölgenin Bouguer gravite anomalisi tamamen sedimanlarla kaplı Konya Ovası

üzerinde görece yüksek değerler vermekte ve gömülü yoğun bir kütleyle işaret etmektedir. Spektral analiz sonuçları bu yapının yaklaşık 4.84 km derinlikte olduğunu ortaya koymuştur. Düşey Prizmalar Yöntemi'yle uygulanan modelleme ile sınırları belirlenen ve yaklaşık kütlesi hesaplanan bu yapının 67 GTon civarında bir kütle fazlalığına neden olduğu ortaya konmuştur.

Neotetis Okyanusu tabanı üst-Kretase'de kuzeye doğru batmaya ve okyanusal kabuk kısmen kıtasal kabuk üzerine sıyrılmaya başlamıştır. Alt-Miyosen'de okyanusun tamamen kapanmasıyla sıyrılan ofiyolitler kıtasal kabuk üzerinde kalmıştır. Konya civarındaki suture kuşağı üzerinde Alt-Miyosen'den günümüze kadar sedimanlar birikmiş ve bölgedeki ofiyolitlerin bir kısmının üzerini örtmüştür (Şekil 3).



Şekil 3. Tetis Okyanusu'nun kapanmasıyla ofiyolitlerin yerleşmesi ve üzerinin örtülmesi.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Nedim Gökhan AYDIN'ın yüksek lisans tez çalışmasının bir yan ürünü olup İstanbul Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi ile desteklenmiştir (ITU-BAP, Project ID:40703).

KAYNAKLAR

Cordell, L. ve Henderson, R. G. (1968). Iterative three dimensional solution of gravity anomaly data using a digital computer. *Geophysics*, **33**, 596-601.

Okay, A. I. (2008). Geology of Turkey: A Synopsis. *Anschmitt*, **21**, 19-42.

Okay, A. I. (2011). Tavşanlı Zonu: Anatolid-Torid Bloku'nun Dalma-Batmaya Uğramış Kuzey Ucu. *MTA Dergisi*, **142**, 195-226.

Robertson, A. H., Okay, A., Parlak, O. ve Ustaömer, T. (2009). The Tectonic Setting and Development of the Anatolian Suture Zones: Problems and Possible Solutions. *Ankara: MTA*.

Smith, A. G. (1971). Alpine deformation and the oceanic areas of Tethys, Mediterranean and Atlantic. *Geol. Soc. Am. Bull.*, **82**, 2039-2070.

Spector, A. ve Grant, F. S. (1970). Statistical Models for Interpreting Aeromagnetic Data. *Geophysics*, **35**, 293-302.

Şengör, A. M. C. ve Yılmaz, Y. (1981). Tethyan evolution of Turkey : A plate tectonic approach. *Tectonophysics*, **75**, 181-241.



TÜRKİYE SABİT GNSS AĞI GÜVENİLİR VERİ İLETİŞİMİ VE GÜVENLİĞİ

Sedat BAKICI¹, Bilal ERKEK², Volkan MANTI³ ve Alper ALTEKİN⁴

¹ *Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü Harita Dairesi Başkanı*

² *TKGM Harita Dairesi Başkanlığı Kaynak Yönetimi Birimi Şube Müdürü*

³ *TKGM Harita Dairesi Başkanlığı Kaynak Yönetimi Birimi-Mühendis*

⁴ *TKGM Harita Dairesi Başkanlığı Kaynak Yönetimi Birimi-Mühendis*

E-mail: aaltekin@tkgm.gov.tr

ÖZET

Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü Türkiye’de harita, tapu ve kadastro hizmetlerini sağlamak üzere üç önemli görevi yürütmektedir. TUSAGA-Aktif, Harita Bilgi Bankası ve Ortofoto Servisleri projeleri ise Harita Dairesi Başkanlığı bünyesinde yürütülmektedir. TUSAGA-Aktif Sistemi, Kamu, üniversiteler ve özel sektör dahil yaklaşık 10bin kullanıcıya 7/24 sürekli 146 sabit istasyonu ve iki adet-biri asıl diğeri yedek olmak üzere-Sistem Merkezi ile yer kontrol noktasına ihtiyaç duymadan uygun hava ve iletişim koşulları ve yeterli sayıda uydu bağlantısı sağlandığında santimetre hassasiyetinde konum belirleme hizmeti sağlamaktadır. Bu bildiri, Sistemin sürekli çalışırılığının sağlanması, istasyonlar ile merkez ve merkez ile kullanıcılar arasında veri iletişiminin kalitesi ve veri güvenliğinin sağlanması ile ilgili hususlara yer verilmiştir.

ANAHTAR KELİMELER: GNSS/GPS, Veri İletişimi, RTK GNSS Ağları, CORS-Tr, Siber Güvenlik

TRUSTED DATA COMMUNICATION AND SECURITY ISSUES IN GNSS NETWORK OF TURKEY

¹ *Head of Map(Geomatics) Department of Turkish General Directorate of Land Registry and Cadastre*

² *Head of Resource Management Unit at Map Department of Turkish GDLRC*

³ *Engineer at Resource Management Unit of Map Department of Turkish GDLRC*

⁴ *Engineer at Resource Management Unit of Map Department of Turkish GDLRC*

E-mail:aaltekin@tkgm.gov.tr

ABSTRACT

General Directorate of Land Registry and Cadastre has three important missions as Mapping, Land Registry and Cadastre services in Turkey. TUSAGA-Aktif (CORS-Tr), Metadata Geoportals and Orthophoto Services Projects are conducted by Map(Geomatics) Department of Turkish GDLRC. TUSAGA-Aktif serves position data at cm level accuracy in a few seconds without the need of ground control points by using 146 gnss stations, 2 system centers (one main and a back-up) for its almost 10000 users from private and public sector and universities if adequate numbers of GNSS satellites are observed



and communication possibilities are present. . This paper focuses on service continuity issues, the quality of data communication between stations and system center and between system center and users and also maintaining data security of TUSAGA-Aktif.

KEYWORDS: GNSS/GPS, Data Communication, RTK GNSS Network, CORS-Tr, Cyber Security

1. GİRİŞ

TUSAGA-Aktif (CORS-Tr) Sistemi sürekli çalışan referans istasyonlarından oluşur. Birkaç santimetrelik hassasiyette konum bilgisini çok kısa sürelerde sağlar ve bu sayede madencilik, bilimsel araştırma, kadastro/harita, hassas tarım gibi birçok alanda kullanılmaktadır. Proje 2006 yılında TÜBİTAK desteği ile İstanbul Kültür Üniversitesi yürütücülüğünde başlamış ve 2009 yılında tamamlanmıştır. TKGM ve Harita Genel Komutanlığı projede sistemin ortak müşterisi olarak yer almışlardır. 2011 Temmuz tarihine kadar sistem ücretsiz hizmet vermiş, bu tarihten sonra ücretli hale gelmiştir. Bakanlıklararası Harita İşlerini Koordinasyon ve Planlama Kurulu tarafından belirlenen ücretleri Çevre ve Şehircilik Bakanlığı ile Milli Savunma Bakanlığının onayı ile yürürlüğe girer.

TUSAGA-Aktif Sistemi, Kamu, üniversiteler ve özel sektör dahil yaklaşık 10bin kullanıcıya 7/24 sürekli 146 sabit istasyonu ve iki adet-biri asıl diğeri yedek olmak üzere-Sistem Merkezi ile yer kontrol noktasına ihtiyaç duymadan uygun hava ve iletişim koşulları ve yeterli sayıda uydu bağlantısı sağlandığında santimetre hassasiyetinde konum belirleme hizmeti sağlamaktadır. 146 istasyondan gelen veriler çevrimiçi olarak merkez ve yedek sistem merkezlerine gönderilmektedir. Tüm kullanıcılar web sayfası, e-mail ve SMS ile gerekli bilgilendirmeleri alabilmekte aynı zamanda 444 46 77 numaralı Çağrı Merkezi üzerinden de destek alabilmektedir. TUSAGA-Aktif ile ağ RTK düzeltmeleri yanında DGPS düzeltmeleri ve Rinex verileri de alınabilmektedir. TUSAGA-Aktif hizmetleri Tablo 1’de gösterilmiştir.

Tablo 1. TUSAGA-Aktif Ana Uygulamalar

TUSAGA-Aktif Ana Uygulamalar			
RTO	Gerçek Zamanlı Konum Belirleme	İScope	Gerçek Zamanlı Kullanıcı İzleme
TDC	Dinamik Kontrol	TOP	Web Online Veri İşleme
VRSNet	Düzeltilmeler	TRI	Gezici Yönetimi
TIC	Cihaz Konfigürasyonu	TED	Ephemeris İndirme
TDS	Veri Satışı	TIM	Bütünlük Kontrolü
TAC	Abone Yönetimi	TSM	Sözleşme Yönetimi
Atmo	Atmosfer Modeli	TTG	Dönüştürme Kontrolü



2. TUSAGA-Aktif VERİ İLETİŞİMİ

Bir GNSS ağı, birbiriyle anında ve doğru hesaplamalar yapmaya olanak tanıyan güvenilir iletişim hatları ile bağlı birçok referans GNSS istasyonundan oluşur. Her istasyonda bir anten ve içinde akü, redresör, GNSS alıcısı ve iletişim cihazlarının olduğu bir kabinet bulunmaktadır. Tüm istasyonlardaki iletişim cihazları ve GNSS alıcısı cihazlar kontrol merkezinden yönetilebilmektedir.

TUSAGA-Aktif istasyonları Türk Telekom Omurgasını kullanarak merkez ile bağlantı kurarlar. Her istasyon, Kontrol Merkezine VPN tüneli ve yedek olarak da 3G GSM APN tüneli ile bağlanmaktadır. Türkiye genelinde iletişim sorunlarının en çok yaşandığı on beş istasyonda ise Bonding (Bağlama, bütünleme) cihazları ile hem VPN hem de 3G APN bağlantı aynı anda kullanılarak istasyonlardaki aküler sayesinde iletişimin çok uzun süreli elektrik kesintileri haricinde devamlılığı sağlanmıştır. Ayrıca kullanıcılar da Türkiye’de hizmet veren üç GSM operatöründen de APN ve/veya MGBS iletişim protokolleri ile bağlantı kurabilmektedir.

3. TUSAGA-Aktif SİBER GÜVENLİK ÇALIŞMALARI

Siber Güvenlik kavramı, ağların, sistemlerin, verilerin, bilgisayarların ve kullanıcıların bilinçli veya bilinçsiz içeriden ve/veya dışarıdan gelecek saldırılardan korunmasını içermektedir. TUSAGA-Aktif sisteminin Siber Güvenlik Bileşenleri aşağıda açıklanmıştır.

3.1. Uygulama Güvenliği

Birinci bölüm Tablo 1 üzerinde gösterilen uygulamaların içeriden ve dışarıdan, bilinçli veya bilinçsiz saldırılardan korunması ile ilgili hususlardır. Bu hususta yaşanan en büyük sorun 2013 yaz döneminde yaşanan DDOS saldırısı nedeniyle 3 ay boyunca her gün 2 saatlik bir periyotta Sistemin hizmet veremez noktasına gelmesi olmuştur. Bu sorunun çözümü DDOS önleme cihazı temin edilerek sağlanmıştır. Bu tarihten sonra Sistem hiçbir DDOS saldırısından etkilenmemiştir. Ayrıca Sistemin kullandığı bant genişliği de 150 mbps seviyesine yükseltilerek artan kullanıcı sayısına ve veri talebine çok rahat cevap verebilecek seviyeye getirilmiştir.

3.2. Bilgi Güvenliği

Birinci bölümde anlatılan uygulamalardan elde edilen ve servis edilen verilerin uygun veritabanlarında tutulması için SQL altyapısı kurulmuş ve veritabanları talimatlara uygun şekilde yedeklenmeye başlanmıştır. Çağrı Merkezi telefon kayıtları da yedeklenmektedir. Ayrıca sunucu ve kullanıcı bilgisayarlarında da gerekli antivirus yazılımları ve zararlı içerik tespit ve engelleme yazılımları kullanılmaktadır. Bunun yanında sistem kontrol merkezine erişim kontrollü ve giriş/çıkışlar da kameralar ile kayıt altına alınmaktadır.

3.3. Ağ Güvenliği



TKGM Harita Dairesi Başkanlığında iki adet ana ağ kullanılmaktadır. Birincisi TAKBİS sistemi ağıdır. Bu ağın güvenliği ve idamesi Bilgi Teknolojileri Dairesi Başkanlığınca sağlanmaktadır. Diğer ise TUSAGA-Aktif Sisteminin hizmet verdiği METRO ağıdır. Bu ağın idamesi ve güvenliği Harita Dairesi Başkanlığınca sağlanmaktadır. Bu iki ağın çeşitli iletişim izinleri haricinde hiçbir bağı ve ortak fiziksel altyapısı bulunmamaktadır. Ayrıca ikinci bölümde de belirtildiği üzere istasyonlarla Merkez, Merkez ile de kullanıcılar arasında VPN ve APN tünel sistemleri kurulmuş, istasyonlar ile Merkez ve kullanıcılar arasında veri güvenliği sağlanmıştır. Bunun yanı sıra Merkez kullanıcılarının veri güvenliğini sağlamak ve izinsiz erişimleri engellemek amacıyla Güvenlik Duvarı, Güvenlik İhlali Tespit Sistemleri kurulmuştur. Sahada kullanılan TKGM'ye ait GNSS cihazlarının amacı dışında kullanımını önlemek amacıyla GNSS cihazı IMEI adresini, SIM kart hizmet numarasını, kullanıcı adı ve şifresini kullanarak 3 faktörlü erişim kontrolü ve izleme sistemi hizmete alınmıştır.

3.4. Felaket Kurtarma / İş Sürekliliği Planlaması

TUSAGA-Aktif Sistem Merkezinde Kesintisiz Güç Kaynağı, FM200 Yangın Alarm ve Söndürme Sistemi, izinsiz erişime karşı giriş kontrol sistemi ve kamera kayıt sistemi bulunmaktadır. İstasyonlarda da elektrik kesintilerine karşı akü kullanılmaktadır. Sistemin kontrol ve güvenlik yazılımları ve cihaz firmware yazılımları sürekli güncellenmektedir. 2014 yılında ise Sistem Merkezi sunucu donanımları yenilenmiştir.

3.5. Personel Durumu ve Son Kullanıcı Farkındalığı/ Eğitimi

Projenin bilgi teknolojileri kısmı daha önce Başkanlıkta görevli harita mühendislerince yürütülmek zorunda kalmışken 2014 yılından itibaren bilgisayar ve elektrik-elektronik mühendisi personeller tarafından yürütülmeye başlanmış ve bu sayede de harita mühendisleri kendi alanlarındaki işlemlere daha fazla ilgi gösterebilmesi ve BT cihazları üzerinde yapılabilecek hatalı işlem riskinin ortadan kalkması sağlanmıştır. Ayrıca TKGM bazında kullanıcılara her yıl Bilgi Güvenliği Farkındalık Eğitimi verilerek bilinçsiz iç kaynaklı sistem aksamalarının önüne geçilmesi amaçlanmaktadır. Başkanlık bazında da talimatlar hazırlanmış ve önlemler uygulamaya konmuştur.

Sistemin son kullanıcılarına e-mail, web sayfası, sosyal medya hesapları, çağrı merkezi ve SMS vasıtası ile gerekli bilgilendirmeler yapılarak hatalı kullanımların önüne geçilmektedir.

KAYNAKLAR

[1] URL1:http://www.sage.unsw.edu.au/currentstudents/ug/projects/Gowans/Thesis/What_is_it.html

[2] URL2: <http://whatis.techtarget.com/definition/cybersecurity>



BÖLGESEL GNSS AĞLARI VE RAVINSONDA VERİLERİ İLE SU BUHARI KESTİRİMLERİ

**E. Tanır Kayıkcı¹, S. Zengin Kazancı^{2,3}, M. Yalçinkaya⁴, J. Kaplon⁵, W. Rohm⁵, S.N.
Çelik⁶, C. Beşel²**

¹*Doçent, Harita Mühendisliği Bölümü, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon*

²*Araştırma Görevlisi, Harita Mühendisliği Bölümü, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon*

³*Misafir Araştırmacı, Institute of Geodesy and Geoinformatics, Wrocław University of
Environmental and Life Sciences, Wrocław, Poland*

⁴*Profesör, Harita Mühendisliği Bölümü, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon*

⁵*Doçent, Institute of Geodesy and Geoinformatics, Wrocław University of Environmental and
Life Sciences, Wrocław, Poland*

⁶*Yüksek Lisans Öğrencisi, Harita Mühendisliği Bölümü, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon*

Email: etanir@ktu.edu.tr

ÖZET

Türkiye’de 2000’li yıllardan bu yana şiddetli yağış ve seller v.b. ekstrem hava olaylarında ciddi bir artış söz konusudur. 2015 yılı ekstrem olay sayısı 959 ile rekor rakama ulaşmıştır. Karadeniz Bölgesi ise hidrolojik kaynaklı ekstrem hava olaylarından çok ciddi bir şekilde etkilenmektedir. Ayrıca 2100 yılına kadarki süre için yapılan iklim değişikliği senaryolarına göre iklim değişikliğine bağlı olarak ekstrem hava olaylarında, özellikle şiddetli yağış ve sel olaylarında artış beklenen bölgelerden birinin de Doğu Karadeniz bölgesi olacağı öngörülmüştür. Bu durum, sağlam ve güvenilir bir hava izleme ve tahmin sistemine ihtiyaç olduğunu ortaya koymaktadır. Ekstrem hava olaylarının oluşumunu tahmin etme ve izleme kabiliyeti hassas bir su buharının bilinmesine bağlıdır.

GNSS meteorolojisi ve GNSS tomografisini kullanarak GNSS istasyonlarında kestirilen zenit troposferik gecikmeler (ZTD) ve eğik ıslak gecikmeleri (SWD) ve meteorolojik veriler kullanılarak uygun dönüşüm modelleriyle yağışa dönüşebilir su buharı (PWV) hesaplanabilir. Literatürde GNSS meteorolojisi ve tomografisi alanında Dünya’da jeodezi ve meteoroloji alanında çeşitli çalışma gruplarının yapmış olduğu araştırmalar mevcuttur. Ülkemizde ise GNSS meteorolojisi ve GNSS tomografisi alanında gerçekleştirilmiş çok az çalışma bulunmaktadır. TÜBİTAK 116Y186 projesi; Karadeniz Bölgesinde iki ilde (Samsun, Trabzon) tesis edilecek GNSS istasyonları, bu istasyonların çevresindeki TUSAGA-Aktif istasyonları ve Türkiye ve dünyadan seçilen IGS/EUREF ağına bağlı istasyonlardan oluşan bir GNSS ağına GNSS tomografi ve GNSS meteorolojisi modelleri ile su buharı dağılımı belirlemeyi ve böylece hidrolojik afet değerlendirilmesi açısından Türkiye’deki meteorolojik tahminlere katkı sağlamayı hedeflemektedir. Çalışmada ilk olarak, 1 Kasım 2017-31 Ocak 2018 tarihleri arasında GNSS meteorolojisi ve ravinsonde ölçülerinden hesaplanan su buharı değerleri karşılaştırılmış ve elde edilen sonuçların doğruluk analizleri yapılmıştır.

ANAHTAR KELİMELER: Su Buharı, Ravinsonde, GNSS Meteorolojisi, Meteoroloji, Ekstrem Hava Olayı



WATER VAPOUR ESTIMATION FROM REGIONAL GNSS NETWORK AND RAWINSONDE DATA

E. Tanır Kayıkcı,¹ S. Zengin Kazancı^{2,3}, M. Yalçınkaya⁴, J. Kaplon⁵, W. Rohm⁵, S.N. Çelik⁶, C. Beşel²

¹Assoc. Prof. Dr, Geomatics Engineering, Karadeniz Technical University, Trabzon

²Research Assistant, Geomatics Engineering, Karadeniz Technical University, Trabzon

³Guest Researcher, Institute of Geodesy and Geoinformatics, Wrocław University of Environmental and Life Sciences, Wrocław, Poland

⁴Prof. Dr, Geomatics Engineering, Karadeniz Technical University, Trabzon

⁵Assoc. Prof. Dr., Institute of Geodesy and Geoinformatics, Wrocław University of Environmental and Life Sciences, Wrocław, Poland

⁶MSc Student, Geomatics Engineering, Karadeniz Technical University, Trabzon

Email: etanir@ktu.edu.tr

ABSTRACT

In Turkey, severe weather events have increased substantially since beginning of years 2000s. In 2015, the numbers of severe weather events, have reached to record level of 959/pa. According to hazard management data of last 20 years, Blacksea Region has been affected mostly by hydrological origin severe weather events. Moreover, according to climate change scenarios (until 2100), it has been foreseen that East Blacksea Region will be one of the regions where severe weather events, especially heavily rain and flood, will increased. This situation states a necessity of reliable weather monitoring and prediction system. The capacity of prediction and monitoring of severe weather events depends on accurate water vapor information.

Precipitable water vapor (PWV) and 3D WV distribution can be estimated: 1) using direct estimation of Zenith Tropospheric Delay (ZTD) or 2) involving more sophisticated processing applying GNSS tomography principle, respectively. In recent years a number of research groups in the World have performed researches on development of GNSS meteorology methodologies, including GNSS tomography. In our country, there have been a few researches on topic of GNSS meteorology and GNSS tomography. The TUBITAK project 116Y186 aims to determine water vapor distribution derived by GNSS Meteorology and GNSS Tomography from a network with new constructed GNSS stations in two cities Samsun and Trabzon of Black Sea Region, TUSAGA-Aktif GNSS stations and IGS/EUREF GNSS stations to evaluate possible contribution of GNSS to prediction of hydrological hazards and taking precautions. At the first part of the project, water vapour distributions calculated by GNSS meteorology and rawinsonde data between November 1, 2017 and January 31, 2018 has been compared and accuracy analyses has been performed for water vapor distributions.

KEYWORDS: Water Vapour, Rawinsonde, GNSS Meteorology, Severe Weather Events.

1. GİRİŞ

GNSS uydularından iletilen radyo sinyalleri yeryüzündeki alıcılara ulaşmadan önce atmosfer tarafından troposferik gecikmeye uğrar (Teke vd., 2011; 2013; Lutz, 2009). GNSS meteorolojisini ile GNSS istasyonlarında kestirilen zenit troposferik gecikmeler (ZTD) ve meteorolojik veriler kullanılarak uygun



dönüşüm modelleriyle yağışa dönüşebilir su buharı (PWV) hesaplanabilir. Atmosferik su buharının izlenmesi yağışın ve ekstrem hava olaylarının daha hassas tahmini ve iklim değişimlerinin daha iyi anlaşılmasına yardım eder. Su buharının izlenmesinde en çok rawinsonde tekniği kullanılmaktadır. Ülkemizde İklim değişikliğine bağlı olarak ekstrem hava olaylarında, özellikle şiddetli yağış ve sel olaylarında artış beklenen bölgelerden birinin de Doğu Karadeniz Bölgesi olacağı öngörülmektedir. Türkiye’de 8 tane olan rawinsonde istasyonlarından sadece Samsun istasyonu Karadeniz Bölgesi içerisinde. Bu da gerçek su buharı dağılımı ölçülerinin Karadeniz Bölgesi meteorolojisi için yeterli olmadığı anlamına gelmektedir. GNSS ürünlerinin meteorolojik amaçlı ve böylece iklimsel yorumlamalarda kullanımı 1990’lı yılların başından bu yana bilim insanlarının ilgi alanındaki konular arasındadır (Bender ve Raabe 2007; Bender vd., 2010; Rohm ve Bosy 2010; Deniz ve Mekik 2013 Mekik 2014, Gurbuz vd., 2015).

1.1. Bölgesel GNSS Ağlarından Su Buharı Hesabı

Bu çalışmada, özellikle şiddetli yağış ve sel gibi ekstrem hava olaylarında, artış öngörülen bölgelerden biri olan Karadeniz Bölgesi çalışma alanı olarak seçilmiştir. Çalışmada, Samsun’da rawinsonde istasyonu yakınlarında biri (SOMU) Ondokuz Mayıs Üniversitesi (OMU) Kampüs alanında diğeri ise (SAME) Meteoroloji 10. Bölge Müdürlüğü(Samsun/Atakum) tesislerinde olan 2 sabit GNSS istasyonu tesis edildi. Trabzon’da TRAB sabit GNSS istasyonuna ilave olarak KTÜ Maçka Meslek Yüksekokulu’na 1 adet sabit GNSS istasyonu (MACK) tesis edildi. SAME ve SOMU istasyonlarının verileri Kasım 2017’den bu yana MACK istasyonu verileri Aralık 2017’den bu yana, mevcut TRAB istasyonu verileri ise 2015’den bu yana arşivlenmektedir. Çalışmanın ilk bölümünde, post process ile SAME, SOMU ve MACK istasyonlarına ait ZTD’ler Bernese 5.2 Otomatik Post Process ile elde edildi ve enterpolasyon ile elde edilen meteorolojik veriler kullanılarak uygun dönüşüm modelleriyle PWV hesaplandı. Bu amaçla, Samsun ve Trabzon’da tesis edilen SAME, SOMU ve MACK (ve mevcut TRAB istasyonu)’nundan oluşan 4 istasyon KTÜ/TÜBİTAK, 15 istasyon TUSAGA Aktif ve 33 istasyon ise IGS/EUREF grubunda olmak üzere toplam 52 istasyonlu bir ağ oluşturuldu.

1.2. Ravinsonda Su Buharı Hesabı

Samsun ravinsonda istasyonu için veriler, Samsun GNSS istasyonlarında veri kayıtlarının başlatıldığı 1 Kasım 2017’den itibaren 31 Ocak 2018’e kadar ki günler için <https://ruc.noaa.gov/raobs/> linkinden temin edilmiştir. Su buharı miktarını belirlemek için bir birim kuru hava kütlelerinde bulunan su buharı kütlesi yaklaşımı dikkate alındı. Karışım oranı veya özgül nem (Hs) ve su buharı (W)

$$Hs = 0.622 \frac{e}{p}, e = 6.11 * 10^{\left(\frac{7.5 * Td}{237.3 + Td}\right)}$$
$$W = \int_0^z \rho_v dz = \int_P^{P_0} \frac{\rho_v}{\rho} \frac{1}{g} \int_P^z Hs dp \quad (1)$$

eşitliklerinden hesaplanmıştır. Burada e kısmi basınç, Td çiğ sıcaklığıdır (Raudkivi, 1979)

1.3. Meteorolojik Verilerin Enterpolasyonu

Proje kapsamında tesis edilen 3 adet sabit GNSS istasyonlardaki basınç, nem, sıcaklık, bağıl nem gibi meteorolojik veriler Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon (IDW) yöntemiyle hesaplanmıştır. Basıncın



düşey değişkenliği istasyonun yüksekliğine karşı hassastır bu nedenle farklı yüksekliklerde verilen basınç ve sıcaklık ölçülerinin Ortalama Deniz Seviyesine (MSL) dönüştürülmesi gerekmektedir. İstasyon seviyesi ve ortalama deniz seviyesine ait veriler arasındaki ilişki;

$$\begin{aligned} P_{MSL} &= P_{SL} / (1 - 2,26 \cdot 10^{-5} \cdot H)^{5,225} \\ T_{MSL} &= T_{SL} + 0,0065 \cdot H \end{aligned} \quad (2)$$

olarak tanımlanmaktadır (Baltink, K. vd.,1999; Böhm 2007).

TEŞEKKÜR

Bu çalışma TÜBİTAK-ÇAYDAG 116Y186 numaralı proje kapsamında yapılmıştır.

KAYNAKLAR

- Bender, M. ve Raabe. A. (2007). Preconditions to Ground-Based GPS Water Vapour Tomography, *Annales Geophysicae*, **25**, 1727-1734.
- Bender, M., Stosiusa, R., Zus, F., Dick, G., Wickert, J., ve Raabe, A. (2010). GNSS Water Vapour Tomography - Expected Improvements By Combining GPS, GLONASS And Galileo Observations, *Advances in Space Research*, **47-5**, 886-897.
- Boehm J, Heinkelmann R and Schuh H (2007). Short Note: A Global Model of Pressure and Temperature for Geodetic Applications, *Journal of Geodesy*, **81(10)**, 679-683.
- Deniz, İ. ve Mekik C. (2013). Determination of Wet Tropospheric Zenith Delay and Integrated Precipitable Water Vapour Derived From Radiosonde Data, *Proceedings of International Symposium on Global Navigation Satellite Systems (ISGNSS-2013)*, Session 10A, **23**, 22-25 Ekim, İstanbul, Türkiye.
- Gürbüz, G., Mekik Ç., Deniz İ., ve Szabolcs R.. (2014). Radyosonda ve GPS Verileri ile Elde Edilen Yoğuşabilir Su Buharı Değerlerinin Karşılaştırılması, *Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi*, **6 (3)**, 32-39, Aralık 2014.
- Lutz S. (2009). High-resolution GPS tomography in view of hydrological hazard assessment, *PhD thesis*, Swiss Federal Institute of Technology, Zürih.
- Mekik, C. (2014). GNSS Meteorology and Water Vapour Estimation in Turkey, *GNSS4SWEC MC and Working Group Meeting*, Varna, Bulgaristan, 11-12 Eylül, 2014.
- Rohm, W. ve Bosy, J. (2010). The Verification of GNSS Tropospheric Tomography Model in A Mountainous Area, *Advances in Space Research*, doi: 10.1016/j.asr.2010.04.017.
- Teke K., Böhm J., Nilsson T., Schuh H., Steigenberger P., Dach R., Heinkelmann R., Willis P., Haas R., Espada S.G., Hobiger T., Ichikawa R., ve Shimizu S. (2011). Multi-Technique Comparison of Troposphere Zenith Delays And Gradients During CONT08, *Journal of Geodesy*, **85(7)**: 395-413, doi: 10.1007/s00190-010-0434-y.
- Teke K., Nilsson T., Böhm J., Hobiger T., Steigenberger P., Espada S.G., Haas R., ve Willis P. (2013). Troposphere Delays From Space Geodetic Techniques, Water Vapor Radiometers, And Numerical Weather Models Over A Series of Continuous VLBI Campaigns, *Journal of Geodesy*, **87(10)**: 981-1001, doi: 10.1007/s00190-013-0662-z.
- Raudkivi, A.J.,(1979). Hydrology:An Advanced Introduction to Hydrological Processes and Modelling Xieufeng He and Junjie W. (2013). Regional PWV Estimation Using Interpolated Surface Meteorological Data from NCEP CFSV2, *China Satellite Navigation Conference Proceedings*, Lecture Notes in Electrical Engineering, **243**.



EŞLENİK GNSS VE SİSMİK İSTASYON VERİLERİNDEN ELDE EDİLEN YERDEĞİŞTİRMELER

Murat Doruk ŞENTÜRK¹, Bahadır AKTUĞ²

¹ *AFAD Uzmanı, Deprem Dairesi Başkanlığı, Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Ankara*

² *Profesör, Jeofizik Müh. Bölümü, Ankara Üniversitesi, Ankara*

email: mdoruk.senturk@afad.gov.tr

ÖZET

Türkiye’ de depremlerin parametreleri sismometrelerden elde edilen yüksek örnekleme aralıklı hız ve ivme dalga formları kullanılarak belirlenmektedir. Bunun yanında GNSS verilerinin ile de deprem parametrelerinin belirlenmesinde kullanılabilirliği bulunmaktadır ayrıca, GNSS alçak frekanslarda sismometrelere göre daha yüksek duyarlık sağlayan bir ölçme sistemi olarak karşımıza çıkmakta ve sismometrelerden elde edilemeyen, kalıcı yerdeğiştirmelerin yer merkezli sabit bir sistemde yüksek doğrulukta belirlenebilmesini sağlamaktadır. Bu çalışmada, iki veri kümesinin sağladığı yerdeğiştirme dalga formları karşılaştırılarak birbirlerine göre üstün ve zayıf yönleri incelenmiştir.

ANAHTAR KELİMELER: GPS, yerdeğiştirme, sismometre, ivmeölçer, sismojeodezi

BROADBAND DISPLACEMENTS FROM COLLOCATED SEISMIC AND GNSS STATIONS DATA

¹ *Professor, Geophysical Eng. Department, Ankara University, Ankara*

² *AFAD Specialist, Earthquake Department, Disaster and Emergency Management Presidency, Ankara*

Email: aktug@ankara.edu.tr

ABSTRACT

In Turkey monitoring of earthquakes is realized via the velocity and acceleration waveforms obtained from seismometers. There is also availability of determination of earthquake parameters from GNSS data. Furthermore, GNSS system provides higher sensitivity than seismometers at low frequencies and allows to determine high accuracy permanent displacements in ground base fixed system which cannot be obtained from seismometers. In this study, the stronger and weaker aspects of two datasets are investigated by comparing the displacement waveforms in both data sets.

KEYWORDS: GPS, displacement, seismometer, accelerometer, seismogeodesy

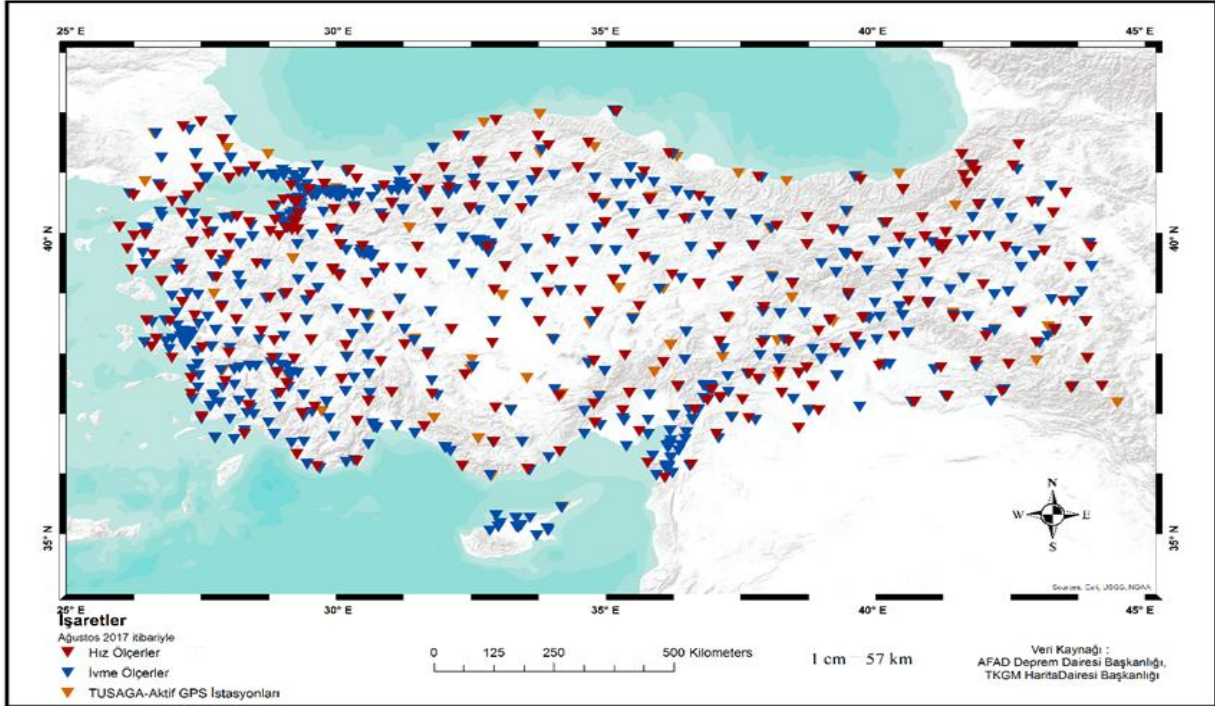
1. YÜKSEK DUYARLIKLILIK SİSMOJEODEZİK GÖZLEM

Sismojeodezi kavramı, jeodezik ölçülerin depreme yönelik çalışmalarda kullanımı ile doğmuştur ve jeodezinin sismolojide kullanımı anlamına gelmektedir. Bu doğrultuda jeodezik verilerden elde edilen yerdeğiştirmeler ile jeofizik verilerden elde edilen hız ve ivme değerlerinin birlikte kullanılması da

sismojeodezi kapsamında değerlendirilmektedir. Bahsi geçen iki veri grubunun optimal olarak birleştirilmesi de ayrı ayrı birbirlerine dönüştürülmesi de mümkündür. Sismometrelerin yüksek örnekleme aralığı (100-200 Hz) ve yüksek frekanslardaki duyarlılığı ile GPS ile elde edilen yerdeğiştirmelerin optimal olarak birleştirilmesi ve bu şekilde yüksek örnekleme aralıklı (kullanılan sismometre örnekleme aralığında), yüksek duyarlıklılı (sismometrelerin uzun dalga boylu etkilerinin arındırıldığı) yerdeğiştirme dalga formlarının elde edilmesi çok güncel bir araştırma konusudur (Geng vd., 2013; Melgar vd., 2013; Crowell vd., 2013). GPS ve sismometre verilerinin optimal kestirimi ile elde edilen yerdeğiştirme ve hız dalga formlarının, yakın alanda 4.5-5.5 ve daha büyük depremlere ait P-dalgasının tespit edilmesi için yeterli olduğu ortaya konmuştur (Geng et al., 2013; Crowell et al., 2013).

1.1. Türkiye' deki Sismojeodezik altyapı

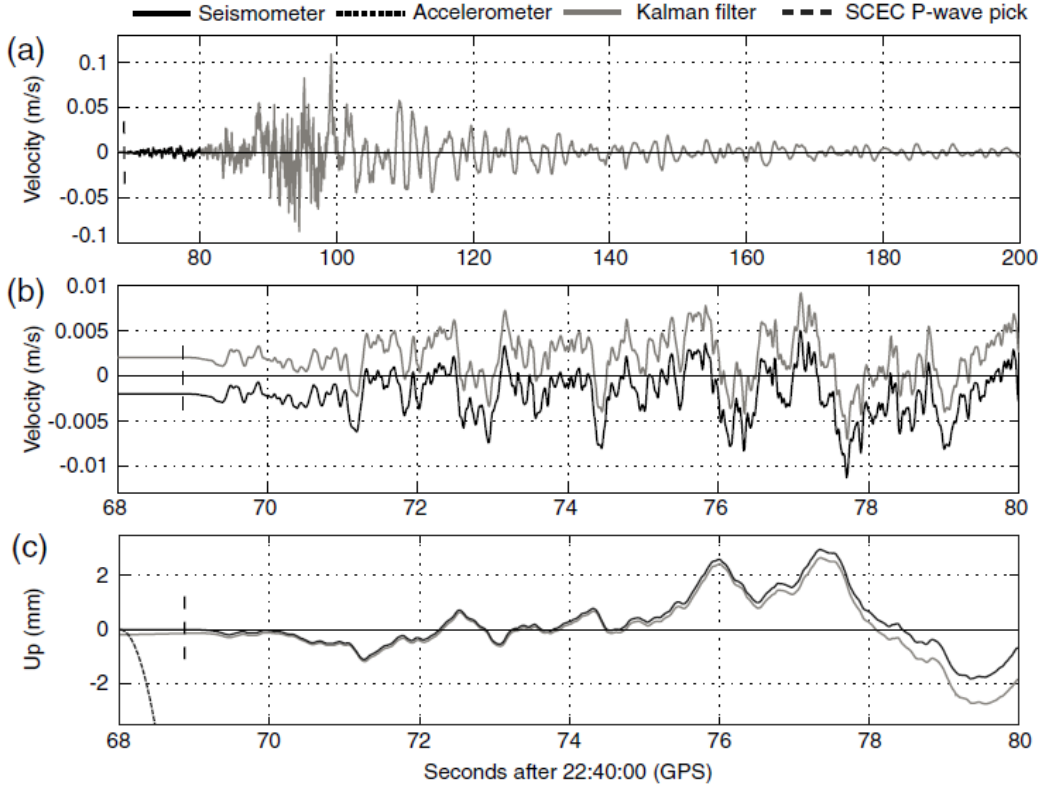
GPS ve sismometre verilerinin birlikte analizi için aynı lokasyonda bulunmaları gerekmektedir. Buna karşın, belirli bir yakınlık bulunanlar da aynı lokasyonda kabul edilebilmektedir.



Şekil 1. Türkiye' deki sismik istasyonlar ile GPS istasyonlarının birlikte gösterimi

AFAD ve KRDAE tarafından işletilen kuvvetli ve zayıf yer hareketi ağları ile Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü tarafından verileri sunulan TUSAGA-Aktif GPS istasyonları arasında tesadüfen veya lojistik sınırlamalar nedeniyle birbirine çok yakın istasyonlar bulunmaktadır (Şekil 1). 1 sn örnekleme aralıklı GPS verisi ile 0.01 sn örnekleme aralıklı hızölçer verisinin Kalman filtresi ile optimal birleştirilmiş dalga formu ile işleme tabi tutulmamış hızölçer verisinin karşılaştırması Şekil 2'de verilmiştir. (a)'daki dalga formu m/s cinsinden hızölçer verisi olup, deprem kaydının 68 ile 80. saniyeleri arasındaki veri alınmış, GPS verisi de dahil edilerek Kalman filtresine tabi tutulmuş ve (b) oluşturulmuştur, burada Kalman sonucu ile hız verisi birlikte gösterilmiştir. Kalman çıktısı ile hız kaydının birebir örtüştüğü

görülmektedir. (c)' de ise ivmeölçer verisi ile GPS verisine Kalman filtresi uygulanmış ve yerdeğiştirme dalga formu elde edilmiştir, burada aynı zamanda integrali alınmış ivme kaydı da ayrıca gösterilmiştir. 69. saniyede ise P dalgası varışı görülmektedir.



Şekil 2. (a)Genişbant sismometrenin düşey bileşen hız kaydı (b)Kalman filtresi kullanılarak 1 Hz GPS ve 100 Hz hızölçer verisinin optimal kombinasyonu sonucu elde edilmiş hız çıktısı.(c) İvmeölçer ve GPS kullanılarak Kalman filtrelenmiş yerdeğiştirme dalga formu (Bock, 2011b)

2. SİSMOJEODEZİNİN AVANTAJLARI

GPS ve sismik verilerin birlikte kullanımı ile daha kısa sürelerde yüksek doğrulukta deprem büyüklüğü hesabı yapmak, deprem sonrası yürütülecek müdahale çalışmalarının etkinliğini arttıracaktır. Bu bağlamda söz konusu teknolojinin ülkemiz tarafından kullanılabilir vaziyete getirilmesi önem arz etmektedir. Jeofizik ve jeodezik verilerin birlikte kullanımı daha kısa sürelerde yüksek doğrulukta deprem büyüklüğü hesabı yapılmasına olanak sağlamaktadır. Bunun yanında doğrudan kalıcı yerdeğiştirmelerin hesaplanması ile depremden etkilenen alanın büyüklüğü daha doğru belirlenebilecektir.



Tablo 1. Jeodezik verilerin sismolojide kullanımında avantajlar ve dezavantajlar

Yöntem	Avantajlar	Dezavantajlar
Sismojeodezi	<ul style="list-style-type: none">• Yüksek duyarlılıklı yerdeğiştirmeler ile yüksek doğrulukta büyüklük hesabı• Gerçek zamanlı gözlem• ~ 1 mm hassasiyet• 0.01 sn örnekleme aralığı• Uzun dalga boylu hatalardan ayıklanmış genişbant dalga formu• Düşük sinyal/gürültü oranı• Erken uyarı altyapısı için uygun	<ul style="list-style-type: none">• GPS İstasyon ağının gerekli noktalarda sıklaştırılması ve fay hattı üzerindeki GPS istasyonlarına ilave sismik cihaz yerleştirilmesi gerekliliği• Sistemin işler hale gelmesi için yazılım ihtiyacı

TEŞEKKÜR

Bu çalışma 116Y199 numaralı “Jeodezik Ölçüler ile Yüksek Duyarlılıklı Genişbant Sismik Yerdeğiştirmelerin Elde Edilmesi” başlıklı TÜBİTAK projesi ile desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

Aktuğ, B., Kaypak, B., & Çelik, R. N. (2010). Source parameters of 03 February 2002 Çay earthquake Mw 6.6 and aftershocks from GPS data, southwestern Turkey. *Journal of Seismology*, (14), 445-456.

Aktuğ, B., Ozener, H., Turgut, B., Dığru, A., & Georgiev, I. (2014). Preliminary results of 24 May 2014 Gökçeada earthquake, Ms6.5 as captured by continuous GPS stations. *WEGENER 2014: Measuring and Modelling our Dynamic Planet*. 1-4 Eylül 2014 University of Leeds, UK.

Bock, Y., Crowell, B., & Melgar, D. (2011a). Real time GPS/Seismic and EEW Results from El Mayor Cucapah and Tokoku-oki Earthquakes. *Earthquake Early Warning Summit: Delivering Earthquake Warnings to the U.S. West Coast*. Berkeley.

Bock, Y., Melgar, D., & Crowell, B. (2011b). Real-time strong Motion broadband displacements from collocated GPS and accelerometers. *Bull.Seismol.Soc.Am.*, (101), 2904-2925.

Crowell, B. W., Bock, Y., & Squibb, B. (2009). Demonstration of earthquake early warning using total displacement waveforms from real-time GPS networks. *Seis. Res. Lett.*, (80),768-778.

Crowell, B. W., Melgar, D., & Bock, D. (2013). Earthquake magnitude scaling using seismogeodetic data. *Geophysical Research Letter*, 40(23), 6089-6094.

Melgar, D., Bock, Y., Sanchez, D., & Crowell, B. W. (2013). On robust and reliable automated baseline corrections for strong motion seismology. *Journal of Geophysics Research-Solid Earth*, 118:1177-1187.



2003-2016 YILLARI ARASI TÜRKİYE İYONOSFERİNİN ZAMANSAL DEĞİŞİMİNİN İNCELENMESİ

E. ŞENTÜRK¹ ve M.S. ÇEPNİ²

¹ Araştırma Görevlisi, Harita Müh. Bölümü, Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli

² Doçent, Harita Müh. Bölümü, Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli

Email: erman.senturk@kocaeli.edu.tr

ÖZET

Bu çalışmada, 2003-2016 yılları arasında CODE tarafından üretilen küresel iyonosfer haritalarından elde edilen günlük ortalama TEİ değerleri ile 14 yıllık zaman diliminde günlük, aylık, mevsimsel ve yıllık olarak iyonosferde meydana gelen değişimler incelenmiştir. İyonosferin 14 yıllık ortalama TEİ değerleri 2 saatlik zamansal çözünürlükte günlük olarak incelendiğinde gün içi en yüksek TEİ değerinin yerel zamana göre 13:00 da ve en düşük TEİ değerinin yerel zamana göre 03:00 da olduğu görülmüştür. Aylık değişime göre, en yüksek TEİ değerleri Nisan ayında ve en düşük TEİ değerleri Aralık ayında gerçekleşmektedir. Mevsimsel değişimde, TEİ değerleri ve standart sapmaları ekinoks dönemlerinde gündönümü dönemlerinden daha yüksektir. Buna ek olarak, yıllık ortalama TEİ değerleri direk olarak güneş aktivitesine bağlı olarak değişmektedir.

ANAHTAR KELİMELELER: İyonosfer, Küresel İyonosfer Haritası, Toplam Elektron İçeriği, Zamansal Değişim

INVESTIGATION OF IONOSPHERIC CHANGES AS TEMPORAL IN TURKEY BETWEEN THE YEARS OF 2003-2016

¹ Research Assistant, Department of Surveying Engineering, Kocaeli University, Kocaeli

² Associate Professor, Department of Surveying Engineering, Kocaeli University, Kocaeli

Email: erman.senturk@kocaeli.edu.tr

ABSTRACT

In this study, diurnal, monthly, seasonal and annual changes occurring in the ionosphere over a period of 14 years were investigated with the daily mean TEC values obtained from global ionospheric maps generated by CODE between 2003 and 2016. When the 14-year average TEC values of the ionosphere are examined as daily in a 2-hour temporal resolution, it was observed that the highest TEC at 13:00 LT and the lowest TEC at 03:00 LT in the daytime. The highest TEC values occur in April and the lowest TEC values occur in December according to monthly variation. In seasonal variation, TEC values and standard deviations are higher in equinox periods than solstice periods. In addition, annual mean TEC values vary directly with solar activity.

KEYWORDS: Ionosphere, Global Ionospheric Map, Total Electron Content, Temporal Variation

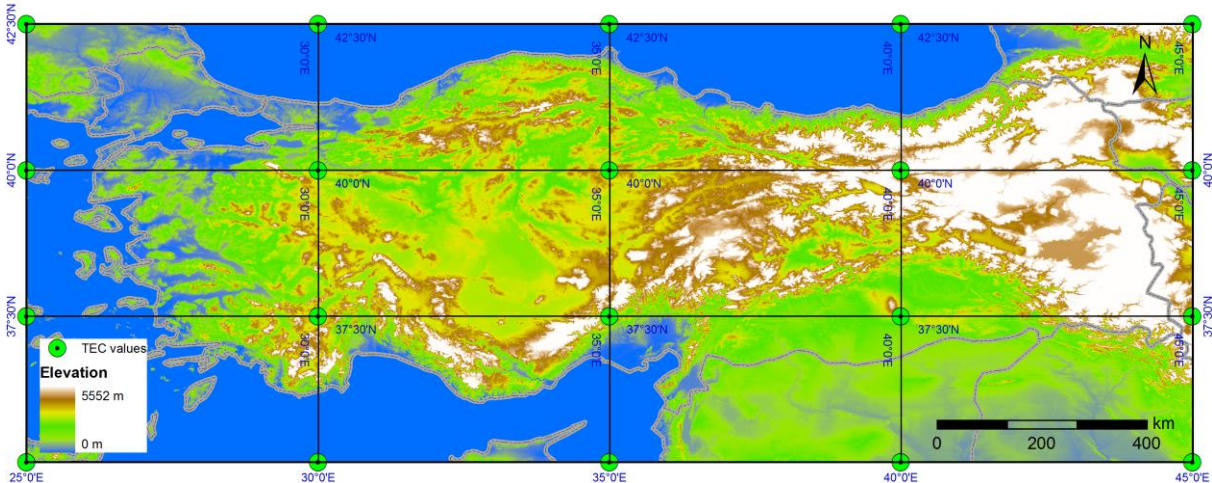
1. GİRİŞ

İyonosfer, atmosferin bir katmanı olarak oldukça değişken olan üç boyutlu iyon ve serbest elektron alanıdır. İyonosferdeki serbest elektron miktarı atmosferden geçen sinyallerin yayılımını etkiler. Seyrüsefer amacıyla kullanılan GPS/GNSS sinyalleri de atmosfer geçişi sırasında iyonosferden etkilenir. Bu etki frekans bağımlıdır ve bu bağımlılık sayesinde birden fazla frekans yardımıyla iyonosferdeki toplam serbest elektron miktarı hesaplanabilir. Bu miktar Toplam Elektron İçeriği (TEİ) olarak tanımlanmaktadır. TEİ'nin birimi TECU'dur ve 1 TECU 10^{16} elektron/m²'dir.

İyonosferik TEİ, günlük, 27-günlük, mevsimsel, altı aylık, yıllık ve 11 yıllık gibi zamansal ve mekansal olarak bazı kalıcı ve düzenli değişimlere sahiptir. Buna ek olarak, uzay-iklim koşulları (güneşsel etkiler, jeomanyetik fırtınalar vb.), doğa olayları (deprem, tsunami, volkanik patlamalar vb.) ve insan kaynaklı bazı olaylar (roket fırlatma, nükleer patlamalar vb.) iyonosferde beklenmedik düzensiz değişimlere neden olur. Bu değişimler, iyonosferik değişim ve/veya aykırılık olarak adlandırılır. Daha önce birçok çalışmada TEİ'nin periyodik (yıllık, altı aylık, mevsimlik, günlük vb.) ve rasgele (güneş / jeomanyetik aktivite) değişimleri araştırılmıştır (Li ve diğ., 2013; Inyurt ve diğ., 2015; Guo ve diğ., 2015; Ansari ve diğ., 2017). Bu çalışmada, CODE-GIM'den 2 saatlik zaman aralığında elde edilen TEİ değerleri, Türkiye iyonosferinin günlük, aylık, mevsimsel ve yıllık varyasyonlarını incelemek için kullanılmıştır. TEİ değerlerinin 14 yıllık zaman dilimindeki değişiminin ortalama ve standart sapma değerlerine göre en yüksek ve en düşük olduğu zaman dilimleri belirlenmiştir.

2. VERİ VE YÖNTEM

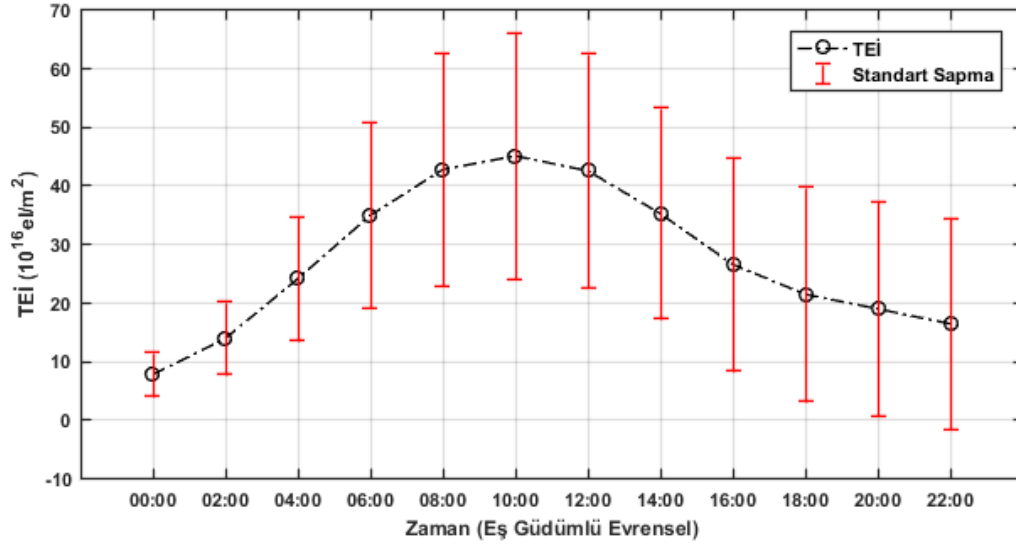
Türkiye, 36°-42° kuzey enlemleri ve 26°-45° doğu boylamları arasında iyonosferin orta enlem bölgesinde yer almaktadır. 2003-2016 yılları arasındaki 14 yıllık zaman diliminde Türkiye bölgesindeki TEİ değerleri, günlük 2 saatlik zamansal çözünürlükte, 5 boylam (25° ila 45°) ve 4 enlem (35° ila 42.5°) arasındaki 20 CODE-GIM ızgara noktasının TEİ değerlerinin ortalaması olarak hesaplanmıştır. CODE-GIM verileri $\pm 87.5^\circ$ enlem ve $\pm 180^\circ$ boylam aralığında, $2.5^\circ \times 5^\circ$ mekansal çözünürlükte (5184 hücre) ve 2 saat zamansal çözünürlükte. Küresel iyonosfer haritaları IONEX formatında NASA sitesinden elde edilmiştir (<ftp://cddis.gsfc.nasa.gov/gps/products/ionex/>). Türkiye bölgesi ve CODE-GIM ızgara noktalarının konumu Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1 Türkiye bölgesi ve CODE-GIM ızgara noktalarının konumu

3. SONUÇLAR

İyonosferin zamansal değişiminin, güneşin iyonosfer üzerindeki baskın kontrolünden dolayı günlük güneş varyasyonuna benzer bir şekilde olması beklenmektedir. TEİ'nin günlük değişimi, gün doğumundan yerel zamana göre öğle saatlerine kadar istikrarlı bir şekilde artmakta, burada en yüksek değerine ulaşmakta ve gün batımına doğru TEİ değerleri düşmektedir (Pundhir, 2017). Bu işlem, bir gün boyunca elektron konsantrasyonunun yükselmesine/azalmasına neden olan foto-iyonizasyon oranının artmasına/azalmasına bağlıdır (Wu ve diğ., 2004). Şekil 2'de 14 yıl boyunca her 2 saatte bir elde edilen TEİ değerlerinin ortalama ve standart sapma değerleri gösterilmiştir. Standart sapma değerleri yerel zamanda 03:00-07:00 arasında 14 yıl boyunca TEİ değerinde çok büyük bir değişimin gözlenmediğini kanıtlamaktadır. Şekilde bu zaman diliminde gösterilen TEİ değerleri deneysel iyonosfer modelleri için anlamlı bir veri olarak ele alınabilir.



Şekil 2 14 yıllık ortalama TEİ değerlerinin 2 saat zamansal çözünürlükte günlük değişimi ve standart sapma değerleri

Tablo 1'de TEİ değerleri ve standart sapmaları en yüksek ve en düşük değerlerine göre günlük, aylık, mevsimsel ve yıllık olarak özetlenmiştir.

Tablo 1 Varyasyon tiplerine göre en yüksek ve en düşük TEİ değerleri ve standart sapmaları

Varyasyon Tipi	En yüksek TEİ	En düşük TEİ	En yüksek standart sapma	En düşük standart sapma
14 yıllık ortalama 2 saatlik TEİ	44.9 TECU (13:00 LT)	7.6 TECU (03:00 LT)	±21 TECU (13:00 LT)	±3.7 TECU (03:00 LT)



Yerel zaman 13:00'a göre aylık ortalama TEİ	58.8 TECU (Nisan)	35.3 TECU (Aralık)	±24.3 TECU (Mart)	±13.8 TECU (Haziran)
Yerel zaman 13:00'a göre mevsimsel ortalama TEİ	52.9 TECU (Mart Ekinoksu)	38.8 TECU (Aralık Gündönümü)	±23.4 TECU (Mart Ekinoksu)	±17.2 TECU (Haziran Gündönümü)
Yerel zaman 13:00'a göre yıllık ortalama TEİ	72.4 TECU (2014)	23.8 TECU (2009)	±21.8 TECU (2014)	±5.1 TECU (2009)

İyonosferin değişkenliğini belirlemek, deprem öncülü, seyrüsefer konumlandırma, radyo iletişim vb. çalışmalar için daha kesin sonuçlar elde etmek açısından oldukça önemlidir. Çalışmadaki sonuçlar TEİ varyasyonunun, yıllık, mevsimsel, aylık ve günlük olarak değişkenlik gösterdiğini kanıtlamaktadır ve bu değişimin en önemli nedeni güneşsel aktivitedir. Türkiye ionosferinin zamansal değişimiyle birlikte yerel mekansal (enlem ve boylam) özelliklerinin araştırılması, gelecek çalışmalar için bir motivasyon kaynağı olacaktır. Ayrıca, GPS/GNSS verileri dışında ionosonda, NeQuick, altimetre (Topex, Jason vb.) ve benzeri diğer veri kaynakları ile çalışmayı desteklemek yararlı olacaktır.

KAYNAKLAR

- Ansari, K., Corumluoglu, O. ve Panda, S.K. (2017). Analysis of ionospheric TEİ from GNSS observables over the Turkish region and predictability of IRI and SPIM models. *Astrophysics and Space Science*, **362:4**, 65.
- Guo, J., Li, W., Liu, X., Kong, Q., Zhao, C. ve Guo, B. (2015). Temporal-spatial variation of global GPS-derived total electron content, 1999-2013. *PloS one*, **10:7**, e0133378.
- Inyurt, S., Mekik, C. ve Yildirim, O. (2015). Monitoring Ionospheric Variation for a Definite Period Time in Turkey. *The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, **40:1**, 339-342.
- Li, S., Peng, J., Xu, W. ve Qin, K. (2013). Time series modeling and analysis of trends of daily averaged ionospheric total electron content. *Advances in Space Research*, **52:5**, 801-809.
- Pundhir, D., Singh, B., Singh, O.P. ve Gupta, S.K. (2017). A morphological study of low latitude ionosphere and its implication in identifying earthquake precursors. *J. Ind. Geophys. Union*, **21:3**, 214-222.
- Wu, C.C., Fry, C.D., Liu, J.Y., Liou, K. ve Tseng, C.L. (2004). Annual TEİ variation in the equatorial anomaly region during the solar minimum: September, 1996-August 1997. *J. Atmos. Terr. Phys.*, **66**, 199-207.



KARADENİZ GRAVİTE VERİLERİNİN YORUMLANMASI

S. Demirel¹ A. Kaymaz² F. Adatepe³

¹*Yrd.Doç.Dr., Deniz Bil. ve İşl. Enst. İstanbul Üniversitesi, İstanbul*

²*Y.Müh. Özel Sektör, İstanbul*

³*Profesör, Deniz Bil. ve İşl. Enst. İstanbul Üniversitesi, İstanbul*
Email:sinan@istanbul.edu.tr

ÖZET

Yapılan çalışma kapsamında, gravite verilerinden yararlanılarak Karadeniz'in jeolojik yapısı ve bu yapıların fiziksel özelliklerini belirlemek amacı ile bir dizi çalışma gerçekleştirilmiştir. Bu bağlamda, mevcut gravite haritası üzerinden temel tektonik yapıları tanımlayacak şekilde üç ayrı doğrultuda kesitler alınmıştır.

Bu profillerden biri Doğu Karadeniz Basenini diğeri Batı Karadeniz Basenini dik olarak, üçüncüsü ise Karadeniz'i boydan boya doğu-batı doğrultusunda kesmektedir. Her üç doğrultu üzerine gravite ters çözüm yöntemi uygulanarak sonuçların daha önce yapılan sismik yansıma ve gravite sonuçları ile uyumluluğu değerlendirilmiştir. Verilere iki boyutlu (2D) ter çözüm modelleme yöntemi uygulanmıştır. Gravite modellemelerine girdi olarak, daha önce yapılan çalışmalarından elde edilen yoğunluk değerleri kullanılmıştır.

Yapılan tüm değerlendirmeler, gerek Doğu Karadeniz ve gerekse Batı Karadeniz Basenleri altındaki çökellerin yaklaşık 10-12 km kalınlığa kadar ulaştığını göstermiştir. Orta Karadeniz'de bu kalınlığın 8 km dolayında olduğu saptanmıştır. Karadeniz'in gravite verilerinin yorumlanması sonucunda elde edilen bulgular, daha önce yapılan sismik yansıma ve diğer çalışma sonuçları ile (özellikle Doğu Karadeniz Baseni için) uyumlu olduğu belirlenmiştir.

ANAHTAR KELİMELEER: Karadeniz, Gravite data, ters çözüm yöntemi, iki boyutlu modelleme

INTERPRETATION OF THE BLACK SEA GRAVITY DATA

S. Demirel¹ A. Kaymaz² F. Adatepe³

¹*Assistand Professor., Institute Marine Sciencs and Management, İstanbul University, İstanbul*

²*Y.Müh. private sector, İstanbul*

³*Professor, Institute Marine Sciencs and Management, İstanbul University, İstanbul*
Email:sinan@istanbul.edu.tr

ABSTRACT

The aim of this study is to determine the geological structure and physical properties beneath the Black Sea by using gravity data. For this purpose, three separate gravity profiles, which will define the basic tectonic structures, were taken on the gravity map of the region.

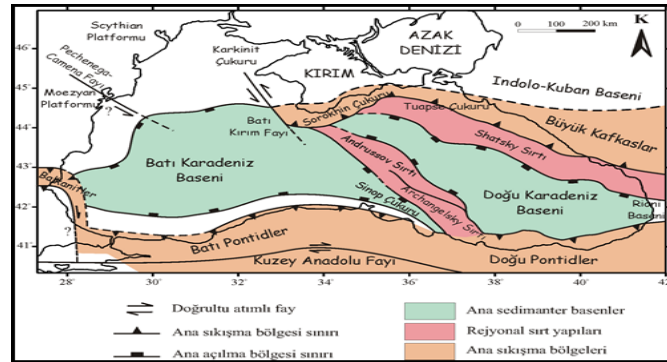
One of the gravity profiles is located perpendicularly on the Eastern Black Sea Basin and the second profile on the Western Black Sea Basin. The third profile is throughout the east-west direction of Black Sea. Gravity inversion method was performed on all these three gravity profiles. The results obtained from gravity inversion were compared with those of seismic reflection and gravity studies formerly investigated. For the inversion applications, the inputs of gravity modeling were defined by using the density values collected from previous gravity studies.

According to the inversion results, sedimentary rocks were show to go down to 10-12 km depths under both the Eastern Black Sea and the Western Black Sea Basin. Depth of sedimentary basin under the Central Black Sea was seen to be about 8 km. This study showed that the inversion results conform to previous data obtained from seismic reflection and other studies, particularly those of Eastern Black Sea Basin.

KEYWORDS: Black Sea, Gravity data, inversion method, 2D modelling

1. GİRİŞ

Alp-Himalaya Dağ Kuşağında yer alan Karadeniz, sıkışma kuşakları ile çevrili olmasına karşın açılma tektoniği özelliği gösterir. Bu sıkışma kuşakları, güneyde Pontidler, doğuda Kafkaslar, kuzeyde Kırım ve batıda Balkanitler'dir (Şekil 1). Batimetrik olarak tek bir basen görünümünde olan Karadeniz, derin sismik veriler ışığında Doğu Karadeniz Baseni (DKB) ve Batı Karadeniz Baseni (BKB) olmak üzere iki ana açılma baseni şeklinde ayrılmaktadır (Nikishin v.d., 2003; Starostenko v.d., 2004; Dondurur, 2008).

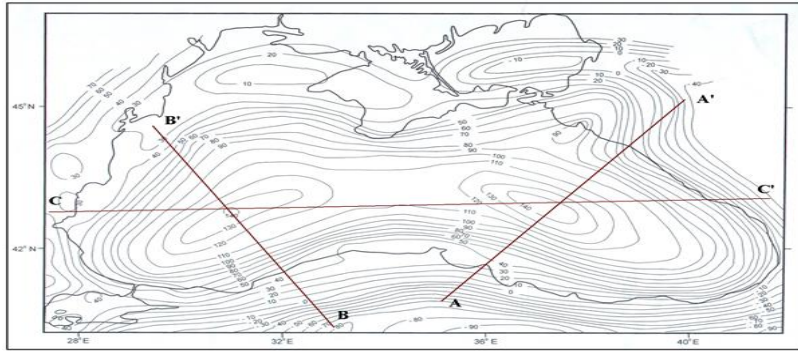


Şekil 1. Karadeniz'in Jeolojik Modeli (Dondurur, 2008).

Karadeniz havzası çevresinde görülen dikey kabuksal hareketler, orta bölümdeki çöküntünün ve çevrenin çoğundaki yükselmenin halen farklı oranlarda devam ettiğini göstermektedir (Erinç, 1984).

2. MATERYAL VE METOD

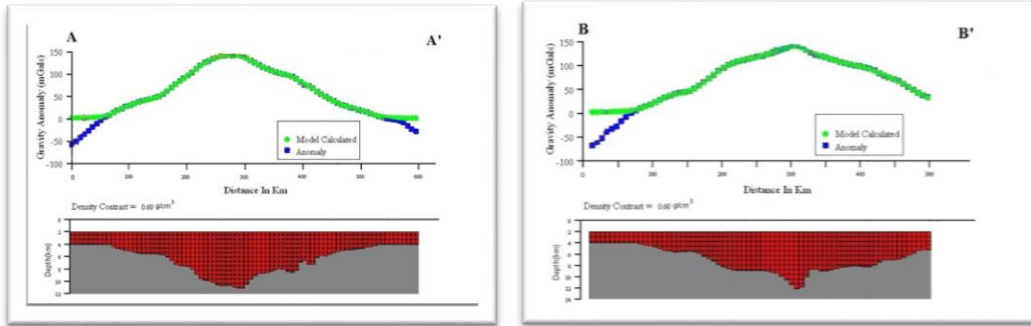
Karadeniz tabanındaki yapıları irdelemek üzere; Şekil 2' de verilen gravite haritası kullanılarak, alınan profillere 2D (gravmod yazılımı, Hounslow, 2006) ters çözüm yöntemi uygulanmıştır. Bu amaçla, mevcut gravite haritası üzerinden temel tektonik yapılar tanımlanacak şekilde 2'de gösterilen üç ayrı doğrultuda profiller alınmıştır.

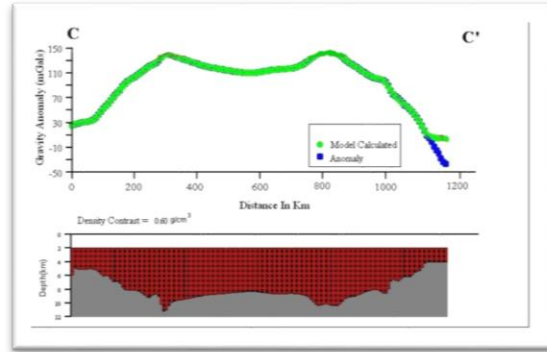


Şekil 2. Bölgenin gravite haritası ve alınan profiller. Kontur aralıkları 10 mGal dir (Ergün, 2009).

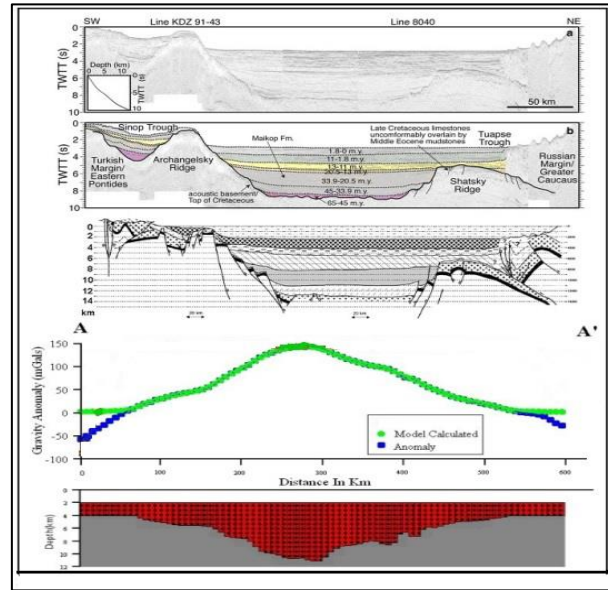
3. BULGULAR

Alınan gravite profillerine (AA', BB' ve CC') ters çözüm yöntemi (Hounslow, 2006) uygulanmıştır (Şekil 3). Gravite ters çözüm yönteminden elde edilen sonuçlar, daha önce yapılan çalışmalardaki sismik yansıma ve gravite verileri ile karşılaştırılmıştır. Bunlardan Doğu Karadeniz Baseni üzerinde GB-KD doğrultusunda alınan ölçülen sismik yansıma, gravite profili ile değerlendirme sonuçları birlikte yorumlanarak Şekil 4'de örnek olarak sunulmuştur.





Şekil 3. AA', BB', CC' profilleri ve 2D (gravmod) ters çözüm yöntemi uygulama sonuçları.



Şekil 4. Doğu Karadeniz Baseni üzerinde GB-KD doğrultusunda ölçülen sismik yansıma, gravite profili ve değerlendirme sonuçları (Shillington v.d., 2008, Meredith ve Egan, 2002, Kaymaz 2010).

4. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Ters çözüm sonuçlarına göre:

- 1- Doğu Karadeniz ve Batı Karadeniz Havzası'nda tortul kayaçların yaklaşık 10-12 km kalınlıkta olduğu belirlenmiştir.
- 2- Orta Karadeniz'in altındaki sedimanter havzanın kalınlığı da yaklaşık 8 km'dir.
- 3-Bu çalışmada elde edilen ters çözüm modelleme sonuçlarının, sismik yansıma ve özellikle Doğu Karadeniz Havzası'ndaki diğer araştırmalarda belirlenen önceki verilerle uyumlu olduğu görülmüştür.



KAYNAKLAR

Dondurur, D.(2008): Samsun Açıklarında Aktif Faylanmalar Ve Olası Tsunami Riski, TMMOB Samsun İl Koordinasyon Kurulu, Samsun Kent Sempozyumu'nun Bildiriler Kitabı, 27-29 Kasım 2008.

Erinç, S. (1984). Geomorphological and Structural Characteristic of the Black Sea Basin and its Morphometry. Bulletin, Institute of Marine Sciences and Geography, İ.Ü., vol.1,1.15-22.

Ergün, M. (2009). Karadeniz'in Oluşumu Yapısı ve Hidrokarbon Olanakları. İ.Ü. Mühendislik Fak. Seminerleri dizisi, 29.04.2009.

Hounslow, M.W. (2006). A Free-ware program for simple analysis and modelling (2D-dual-density) of bouguer anomaly gravity data. <http://geography.lancs.ac.uk/cemp/resources/software.htm>.

Kaymaz A. (2010). Karadeniz Gravite Verilerinin irdelenmesi. İ.Ü. Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü Yüksek Lisans tezi (Yayınlanmamış).

Nikishin, A.M., Korotaev, M.V., Ershov, .A.V., Brunet, M.F. (2003): The Black Sea basin: tectonic history and Neogene–Quaternary rapid subsidence modelling Sedimentary Geology 156, 149–168.

Meredith, D.J. and Egan, S.S. 2002. The geological and Geodynamic Evolution of the eastern Black Sea basin: insights from 2-D and 3-D tectonic modelling. Tectonophysics 350,157-179.

Shillington, D.J., White, N., Minshull, T.A., Edwards, G.R.H., Jones, S.M., Edwards, R.A., Scott, C.L. (2008): Cenozoic evolution of the eastern Black Sea: A test of depth-dependent stretching models. Earth and Planetary Science Letters, 265 (2008) 360–378.

Starostenko, V., Buryanova V., Makarenkoa, I., Rusakova, O., Stephensonb, R., Nikishinc, A., Georgiev, G., Gerasimov, M., Dimitriuf, R., Legostaeva, O., Pchelarov, R., Sava, C. (2004): Topography of the crust–mantle boundary beneath the Black Sea Basin, Tectonophysics 381,211–233.



MGEX ÜRÜNLERİNİN ÇOKLU-GNSS PPP PERFORMANSINA OLAN ETKİSİ

Berkay Bahadır¹ ve Metin Nohutcu²

¹ *Araştırma Görevlisi, Geomatik Müh. Bölümü, Hacettepe Üniversitesi, Beytepe, Ankara*

² *Yardımcı Doçent, Geomatik Müh. Bölümü, Hacettepe Üniversitesi, Beytepe, Ankara*

Email: berkaybahadur@hacettepe.edu.tr

ÖZET

Son on yılda, uygulama kolaylığı, maliyeti düşürmesi, sabit istasyon ihtiyacını ortadan kaldırması gibi faydalarından dolayı PPP GNSS kullanıcıları arasında oldukça ilgi görmüştür. PPP birçok GNSS uygulamasında yaygın olarak kullanılmasına rağmen, görece uzun yakınsama süresi hala PPP'nin en büyük dezavantajıdır. Son zamanlarda, GLONASS'ın tam faaliyete geçmesi ve Galileo ve BeiDou gibi yeni uydu sistemlerinin ortaya çıkması PPP performansının iyileştirilmesi için önemli bir fırsat sunmaktadır. Günümüzde IGS MGEX projesi kapsamında altı IGS ajansı GPS'e ek olarak GLONASS, Galileo, BeiDou ve QZSS verilerini de içeren uydu yörünge ve saat bilgilerini üretmektedir. MGEX ürünleri kısa süre içerisinde GNSS kullanıcıları tarafından mühendislik ve bilimsel amaçlar için kullanılmaya başlansa da, MGEX ürünlerinin kalitesinin ve GNSS konum belirleme doğruluğuna olan etkisinin araştırılmaya ihtiyacı vardır. Bu nedenle, bu çalışma MGEX ürünlerinin çoklu-GNSS PPP performansına olan etkisini değerlendirmeyi amaçlamaktadır.

ANAHTAR KELİMELER: Hassas Nokta Konumlama, PPP, Çoklu-GNSS, MGEX

THE IMPACT OF MGEX PRODUCTS ON MULTI-GNSS PPP PERFORMANCE

¹ *Research Assistant, Geomatics Eng. Department, Hacettepe University, Beytepe, Ankara*

² *Assistant Professor, Geomatics Eng. Department, Hacettepe University, Beytepe, Ankara*

Email: berkaybahadur@hacettepe.edu.tr

ABSTRACT

Over the past ten years, PPP has increasingly attracted attention within the GNSS community due to its benefits, such as operational simplicity, cost-effectiveness, elimination of base station requirement, etc. Although PPP has been widely utilized in a lot of GNSS applications, relatively long convergence time is still the main limitation of PPP. In recent years, the fulfillment of GLONASS constellation and emergence of new satellite systems such as Galileo and BeiDou have provided a considerable opportunity to improve the PPP performance. For the time being, six IGS agencies produce multi-GNSS orbit and clock products, which include GLONASS, Galileo, BeiDou and QZSS data in addition to GPS as part of IGS MGEX project. Whereas in a short time MGEX products have begun to be utilized by GNSS users for engineering and scientific purposes, it is still required to investigate the quality of MGEX products and the effect of them on the GNSS positioning performance. Therefore, the study aims at evaluating the impact of MGEX products on the performance of multi-GNSS PPP.

KEYWORDS: Precise Point Positioning, PPP, Multi-GNSS, MGEX



1. GİRİŞ

Hassas Nokta Konumlama (Precise Point Positioning – PPP) küresel ölçekte yalnızca tek bir alıcı ile santimetre seviyesinde doğruluk sağlayabilen uydu tabanlı bir konum belirleme tekniğidir (Zumberge ve ark. 1997; Kouba ve Heroux 2001). Son yıllarda PPP tekniği, sabit istasyon ihtiyacını ortadan kaldırması, işletim maliyetini düşürmesi ve uygulamada getirdiği kolaylıklar sebebiyle GNSS kullanıcıları arasında oldukça ilgi çekici bir konu olmuştur. Ancak, yüksek konum doğruluğuna ulaşmak için gereken uzun yakınsama süresi hala PPP tekniğinin en büyük dezavantajıdır. PPP tekniğinde 10 cm veya daha iyi yatay doğruluğa ulaşmak için yaklaşık 50 dakika ölçü yapılması gerekir (Choy ve ark 2017). Bu durumun, PPP tekniğinin daha geniş uygulama alanlarına ulaşmasına engel olduğu söylenebilir. Çevre koşulları, coğrafi konum ve gözlem uzunluğuna ek olarak, yakınsama süresi çoğunlukla görünür uydu sayısına ve uyduların geometrisine bağlıdır. Son zamanlarda GLONASS’ın tam kapasiteyle çalışmaya başlaması ve Galileo ve BeiDou gibi yeni sistemlerin ortaya çıkması, diğer tüm GNSS uygulamaları gibi PPP açısından da ek uydu kaynağı ve yeni frekanslar sağlamıştır. GPS’e ek olarak diğer sistemlerin kullanılması (çoklu-GNSS) görünür uydu sayısını arttırması ve uydu geometrisini iyileştirmesi sayesinde, konum doğruluğu ve yakınsama süresi bakımından PPP performansını arttırmak için önemli bir fırsat sunar.

PPP’nin temel gücü yayın efemerisi yerine küresel bir ağdan elde edilen yüksek doğruluğa sahip uydu yörünge ve saat ürünlerini kullanmasıdır. Bilindiği üzere, birçok üniversite, araştırma enstitüsü, uydu ve jeodezi kuruluşunun bir araya gelerek oluşturduğu gönüllü bir oluşum olan IGS (International GNSS Service) uzun süredir GPS kullanıcılarına hassas uydu yörünge ve saat bilgisi sağlamaktadır. Ancak standart IGS ürünleri GLONASS uydu yörüngeleri dışında diğer sistemler için uydu yörünge ve saat bilgilerini içermez (<http://www.igs.org/products>). Neyse ki IGS farklı navigasyon sistemlerinin birlikte çalışabilmesini sağlamak için 2011 yılında başlattığı MGEX (Multi-GNSS Experiment) çalışmasını 2016 yılı itibarıyla “IGS Multi-GNSS” pilot projesine çevirdi. Bu proje kapsamında altı farklı ajans diğer sistemler için de hassas yörünge ve saat bilgilerini yayınlamaya başladı (Montenbruck ve ark 2017). Aynı referans ve zaman sistemi kullanılarak oluşturulan bu ürünler sayesinde birden fazla navigasyon sisteminin ortak kullanımı oldukça kolaylaşmıştır. Böylelikle MGEX ürünleri kısa süre içerisinde GNSS kullanıcıları tarafından benimsenmiş ve kullanılmaya başlanmıştır. Ancak özellikle PPP gibi doğrudan uydu yörünge ve saat bilgisine güvenen teknikler için MGEX ürünlerinin konum belirleme performansına olan etkisi önemli bir araştırma konusudur.

Navigasyon sistemleri arasında referans tanımı, zaman sistemi ve sinyal yapısı farklılıkları çoklu-GNSS PPP modelinde dikkate alınmalıdır. Genellikle, sistemler arasındaki uyumu sağlamanın yolu koordinat ve zaman sistemi dönüşümleri gerçekleştirmektir. Ancak, aynı referans ve zaman sisteminde oluşturulan hassas ürünler kullanıldığında referans ve zaman sistemi farklılıkları ortadan kalktığı için bu dönüşümlere gerek kalmaz. Yine de, donanım-kaynaklı hataların ve GLONASS uyduları arasındaki frekanslar-arası hataların göz önünde bulundurulması gereklidir (Cai ve Gao 2013). Çoklu-GNSS PPP modeli ile ilgili matematiksel eşitlikler ve detaylı açıklamalar için (Bahadur 2017) yüksek lisans tezine bakılabilir.

2. MGEX ÜRÜNLERİ

MGEX projesi kapsamında uydu ve saat ürünleri sağlayan altı ajans şunlardır; CNES/CLS (Centre National d’Etudes Spatiales/Collecte Localisation Satellites), CODE (Center for Orbit Determination in Europe), GFZ (Deutsches GeoForschungsZentrum), TUM (Technische Universität München), WUHAN

(Wuhan University) ve JAXA (Japan Aerospace Exploration Agency). Tablo 1’de, bu altı ajans tarafından yayınlanan MGEX ürünlerinin özellikleri verilmektedir.

Tablo 1. MGEX ürünlerine genel bakış (Montenbruck ve ark 2017).

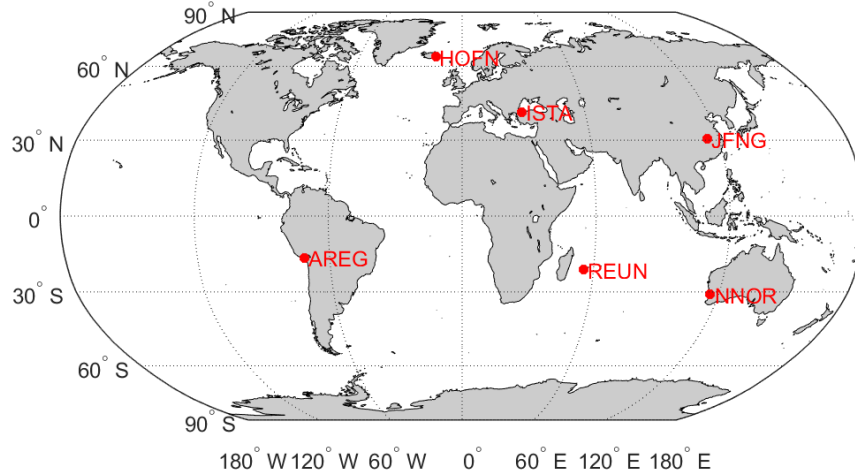
Ajans	Kısaltma	Sistem	Yörünge	Saat
CNES/CLS	grm	GRE	15 dk	30 san
CODE	com	GRECJ	15 dk	5 dk
GFZ	gbm	GRECJ	5 dk	30 san
TUM	tum	EJ	5 dk	-
WUHAN	wum	GRECJ	15 dk	30 san
JAXA	qzf, jaxa	GJ	5 dk	-

*G: GPS, R: GLONASS, E:Galileo, C:BeiDou, J:QZSS

3. UYGULAMA

MGEX ürünlerinin çoklu-GNSS PPP performansına olan etkisini araştırmak için 21-25 Mayıs 2017 tarihleri arasında altı adet IGS istasyonunun 30 saniye aralıklı günlük gözlem dosyaları (RINEX3 formatında) BKG (German Federal Agency for Cartography and Geodesy) veri merkezi aracılığıyla elde edilmiştir. Şekil 1 bu IGS istasyonlarının coğrafi konumlarını göstermektedir. Bu gözlem dosyaları GPS, GLONASS, Galileo ve BeiDou sistemlerinin tamamı için uydu yörünge ve saat çözümleri sağlayabilen CODE, GFZ ve WUHAN ajanslarına ait ürünler kullanılarak ayrı ayrı işlenmiştir. Çoklu-GNSS PPP işlemi yazarlar tarafından geliştirilen PPPH adlı yazılımda gerçekleştirilmiştir (Bahadır 2017). PPPH yazılımında kullanılan modeller ve işleme stratejisi Tablo 2’de sunulmuştur. Multi-GNSS PPP işleme esnasında Kalman filtresi her 3 saatte bir sıfırlanarak her bir istasyon için günde 8, 5 gün için ise 40 periyot elde edilmiştir.

Şekil 1. IGS istasyonlarının coğrafi konumları.



Elde edilen sonuçlar konum hatası, karesel ortalama hata ve yakınsama süresi açısından değerlendirilmiştir. Konum hatası 3 saat sonunda ulaşılan koordinatlardan IGS haftalık çözümlerinden alınmış istasyon koordinatlarının çıkarılması sonucu lokal koordinat sisteminde (kuzey, doğu, yukarı) hesaplanmıştır. Aynı şekilde, karesel ortalama hata yakınsama anından itibaren tüm epoklar dikkate alınarak hesaplanmıştır. Yakınsama süresi ise üç boyutlu konum hatasının 10 cm altına düştüğü ve



sonraki 15 dakika 10 cm altı konum doğruluğunu sağlayan an olarak tanımlanmıştır. Tablo 3 üç ayrı ajansın ürünlerini kullanılarak elde edilen sonuçları her istasyon için ayrı ayrı göstermektedir.

Tablo 2. PPPH yazılımında uygulanan işlem stratejisi.

Dahil edilen sistemler	GPS, GLONASS, Galileo, BeiDou
İşleme modu	Sabit
Uydu saat ve yörünge bilgisi	CODE, GFZ, WUHAN
Uydu ve alıcı anten faz merkezi düzeltmesi	IGS Antex
Gözlemler	Fark alınmamış iyonosfer-serbest faz ve kod gözlemleri
Gözlem ağırlıkları	Yükselme açısına bağlı
Gözlemlerin standart sapması	Faz gözlemi: 0.003 m, Kod gözlemi: 3 m
Troposfer	
Kuru kısım için model	Saastamoinen (Saastamoinen 1972)
Meteorolojik veriler	GPT2 (Global Pressure and Temperature Model 2, Lagler ve ark. 2013)
Islak kısım	Bilinmeyen olarak kestiriliyor.
İzdüşüm fonksiyonu	GMF (Global Mapping Function, Boehm ve ark. 2006)
Rölativistik düzeltmeler	Uygulandı (Kouba 2015)
Faz dönüklüğü düzeltmesi	Uygulandı (Wu et al 1993)
Katı yer gelgiti ve okyanus yüklemesi	Uygulandı (Petit and Luzum 2010)
Dengeleme yöntemi	Genişletilmiş Kalman filtresi

Tablo 3. Her üç ürün grubu için istasyon bazında elde edilen sonuçlar.

İstasyon	Mod	Ürün	Konum hatası (mm)				KOH (mm)			Yakınsama anı (epok)
			K	D	Y	3B	K	D	Y	
AREG	Çoklu-GNSS	Code	13.1	22.0	22.7	38.5	19.8	29.3	34.8	96.8
		GFZ	9.6	19.1	26.3	36.9	13.8	26.4	33.3	48.9
		Wuhan	13.6	18.6	27.2	39.4	16.8	26.6	33.9	54.5
HOFN	Çoklu-GNSS	Code	12.9	13.5	21.0	31.6	20.8	24.5	31.0	79.8
		GFZ	9.7	12.2	18.6	27.0	16.0	18.6	28.6	23.3
		Wuhan	10.9	13.6	19.7	29.2	16.6	20.1	28.6	23.4
ISTA	Çoklu-GNSS	Code	12.5	26.3	27.8	44.6	16.6	31.0	37.9	112.4
		GFZ	10.7	21.3	17.3	31.9	16.9	27.3	30.3	51.7
		Wuhan	12.0	21.4	17.4	33.0	17.7	27.7	30.6	54.6
JFNG	Çoklu-GNSS	Code	14.1	15.5	30.7	41.4	19.5	23.7	46.7	120.1
		GFZ	9.8	22.1	32.4	44.6	15.3	29.3	43.4	63.6
		Wuhan	9.7	22.3	32.5	44.8	15.2	29.1	43.1	65.6
NNOR	Çoklu-GNSS	Code	12.3	23.8	16.6	35.2	22.0	30.8	30.1	84.6
		GFZ	10.1	18.3	19.4	31.2	17.4	26.5	28.2	41.1
		Wuhan	10.1	17.0	20.3	31.5	17.6	25.4	27.4	42.3
REUN	Çoklu-GNSS	Code	8.2	30.5	21.0	42.2	13.0	38.6	33.8	104.6
		GFZ	10.3	19.5	22.0	33.9	15.1	27.4	37.8	61.3
		Wuhan	8.6	21.9	24.3	36.0	14.6	28.1	38.5	69.2

Tablo 3 incelendiğinde GFZ ve WUHAN ürünleri konum hatası ve karesel ortalama hata yönünden küçük iyileştirmeler gösterse de özellikle yakınsama süresi açısından CODE ürünlerine göre oldukça iyi



sonuçlar ürettiği görülmektedir. Bunun en önemli nedeni olarak GFZ ve WUHAN saat ürünlerinin daha kısa veri aralığında sunulmuş olması gösterilebilir. Tablo 4 her üç ürün grubu için toplamda 240 periyottan elde edilen sonuçların konum hatası ve yakınsama süresi açısından minimum, maksimum ve ortalama değerlerini vermektedir. CODE, GFZ ve WUHAN için ortalama 3 boyutlu konum hatası sırasıyla 38.8, 34.4 ve 35.6 mm olarak hesaplanmıştır. CODE ürünlerini kullanarak elde edilen maksimum değer ise diğer ürünlere göre 2 cm fazladır. Diğer taraftan, CODE, GFZ ve WUHAN için ortalama yakınsama süresi değerleri sırasıyla 99.3, 48.6 ve 51.6 epok olarak hesaplanmıştır. Bu sonuçlardan da Çoklu-GNSS çözümü için GFZ ve WUHAN ürünlerini kullanmanın PPP performansını özellikle yakınsama süresi açısından önemli oranda iyileştirdiği görülmektedir. GFZ ve WUHAN ürünleri arasında bir kıyaslama yapıldığında ise bu iki ürünü kullanarak elde edilen sonuçların birbirine bir hayli yakın olmakla birlikte GFZ ürünlerinin bir miktar daha iyi sonuçlar ürettiği söylenebilir.

Tablo 4. Her üç ürün grubu için tüm istasyon verilerinin birlikte değerlendirilmesi ile elde edilen sonuçlar.

		Konum hatası (mm)				Yakınsama anı (epok)
		N	E	U	3D	
CODE	Min	0.1	0.1	0.2	5.2	23.0
	Max	104.7	120.0	81.1	146.7	337
	Ort.	12.2	21.9	23.2	38.8	99.3
GFZ	Min	0.1	0.2	0.1	4.7	9.0
	Max	65.8	107.8	94.4	122.7	304.0
	Ort.	10.1	18.7	22.7	34.4	48.6
WUHAN	Min	0.1	0.2	0.4	1.4	9.0
	Max	66.0	93.9	98.4	123.1	305.0
	Ort.	10.8	19.0	23.6	35.6	51.6

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada MGEX ürünlerinin çoklu-GNSS PPP performansı üzerine olan etkisi araştırılmıştır. GPS, GLONASS, Galileo ve BeiDou sistemleri için uydu yörünge ve saat bilgisi sağlayan CODE, GFZ ve WUHAN ajanslarının ürünleri PPP sonuçları açısından değerlendirilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde konum doğruluğu açısından ürünler arasında önemli bir fark gözlenirse de çoklu-GNSS PPP için GFZ ve WUHAN ürünlerinin kullanılması CODE ürünlerine kıyasla ortalama yakınsama süresini sırasıyla %51 ve %48 oranında iyileştirmiştir. Bu durumun özellikle veri sıklığı temelli enterpolasyon hatasından kaynaklandığı söylenebilir. PPP gibi doğrudan uydu yörünge ve saat verilerine güvenen teknikler için bu ürünlerin kalitesi ve sıklığı önem arz etmektedir. Öte yandan GPS'e ek olarak diğer uydu sistemlerinin devreye girmesi PPP açısından büyük fırsatlar sunmaktadır. Bu nedenlerle çoklu-GNSS uygulamalarına olanak sağlayan MGEX projesi kapsamında sunulan ürünlerin takibi ve değerlendirilmesi yakın gelecekte önemli bir araştırma konusu olacaktır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma kapsamında kullanılan verileri temin ettiğimiz IGS ve BKG'ye teşekkürlerimizi sunarız.

KAYNAKLAR



Bahadır, B. (2017). Improving the performance of Precise Point Positioning with multi-GNSS, Yüksek Lisans Tezi, Geomatik Müh. Bölümü, Hacettepe Üniversitesi, Ankara.

Boehm, J., Niell, A., Tregoning, P., Schuh, H. (2006). Global Mapping Function (GMF): A new empirical mapping function based on numerical weather model data. *Geophysical Research Letters* 33:7.

Cai, C., Gao, Y. (2013). Modelling and assessment of combined GPS/GLONASS precise point positioning. *GPS Solutions* 17:2, 223-236.

Choy, S., Bisnath, S., Rizos, S. (2017). Uncovering common misconceptions in GNSS Precise Point Positioning and its future prospect. *GPS Solutions* 21:1, 13-22.

Defraigne, P., Baire, Q. (2011). Combining GPS and GLONASS for time and frequency transfer. *Advances in Space Research* 47:2, 265–275.

Kouba, J., Héroux, P. (2001). GPS precise point positioning using IGS orbit products. *GPS Solutions* 5:2, 12-28.

Kouba, J. (2015). A Guide to Using the IGS Products. IGS Website. <https://kb.igs.org/hc/en-us/articles/201271873-A-Guide-to-Using-the-IGS-Products>. Son erişim tarihi 12 December 2017.

Lagler, K., Schindelegger, M., Böhm, J., Krásná, H., Nilsson, T. (2013). GPT2: Empirical slant delay model for radio space geodetic techniques. *Geophysical Research Letters* 40:6, 1069-1073.

Montenbruck, O., Steigenberger, P., Prange, L., Deng, Z., Zhao, Q., Perosanz, F., Romero, I., Noll, C., Stürze, A., Weber, G., Schmid, R., MacLeod, K., Schaer, S. (2017). The Multi-GNSS Experiment (MGEX) of the International GNSS Service (IGS) – Achievements, prospects and challenges. *Advances in Space Research* 59:7, 1671-1697.

Petit, G., Luzum, B. (2010) IERS Conventions 2010 (IERS Technical Note; 36). Frankfurt am Main: Verlag des Bundesamts für Kartographie und Geodäsie, 2010. 179 pp., ISBN 3-89888-989-6.

Saastamoinen, J. (1972). Contributions to the theory of atmospheric refraction. *Bulletin Geodesique* 105:1, 279–298.

Wanninger, L. (2011). Carrier-phase inter-frequency biases of GLONASS receivers. *Journal of Geodesy* 86:2, 139-148.

Wu, J., Wu, S., Hajj, G., Bertiger, W., Liechten, S. (1993). Effects of antenna orientation on GPS carrier phase. *Manuscripta Geodaetica* 18:2, 91-98.

Zumberge, J.F., Heflin, M.B., Jefferson, D.C., Watkins, M.M., Webb, F.H. (1997). Precise point positioning for the efficient and robust analysis of GPS data from large networks. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth* 102:B3, 5005:5017.



ULTRA YÜKSEK ÇÖZÜNÜRLÜKLÜ GGMPPLUS JEOİT MODELİNİN YEREL ÖLÇEKTE İNCELENMESİ

A. Soycan¹ ve M.Soycan²

¹ Doçent, Harita Müh. Bölümü, YTÜ, İstanbul

² Profesör, Harita Müh. Bölümü, YTÜ, İstanbul

Email: soycan@yildiz.edu.tr

ÖZET

Bu çalışmanın amacı ultra yüksek çözünürlüklü bir model olan GGMPPLUS modelinin yerel düzeyde kalite doğrulamasını yapmaktır. Çalışmada öncelikle jeoid belirleme yöntemlerine kısaca değinilmiş ve Türkiye'de kullanılan jeoit modelleri özetlenmiştir. Daha sonra, GGMPPLUS modelinin Türkiye bazında doğrulama ve karşılaştırma sonuçları sunulmuştur. Karşılaştırmada kullanılan bölgesel jeoid modeli, 2003 yılında Harita Genel Komutanlığı tarafından kara ve deniz gravite verileriyle, dijital arazi modelinden hesaplanan topografik yükseklikleri ve GPS ve Nivelman verilerinin de kapsayan ulusal jeoid modeli Türkiye-Jeoid2003'ü (TG-03) dür. Ayrıca, Türkiye'nin farklı yerel test alanlarındaki GPS ve Nivelman verileri kullanılarak, GGMPPLUS jeoit modeli değerlendirilmiştir. Değerlendirmede, ölçülen ve modelden hesaplanan jeoit yükseklikleri arasındaki farklar incelenmiştir. Bu farklara ilişkin istatistikler sunulmuştur.

ANAHTAR KELİMELER: Jeoit, GPS/GNSS, Nivelman, Yükseklik

INVESTIGATION OF ULTRA HIGH RESOLUTION GGMPPLUS JEOIT MODEL AT LOCAL SCALE

A. SOYCAN¹ ve M.SOYCAN²

¹ Associate Professor, Geomatic Eng. Department, Yildiz Technical University, Istanbul

² Professor, Geomatic Eng. Department, Yildiz Technical University, Istanbul

Email: soycan@yildiz.edu.tr

ABSTRACT

The main purpose of this work is to verify the quality of the GGMPPLUS model, which is an ultra-high resolution model, at the local level in TURKEY. The paper primarily briefly describes are methods to determine the jeoit and jeoit models used are summarized in Turkey. Then, GGMPPLUS model validation and comparison results are presented on the basis of Turkey. The regional jeoit model used in the comparison, in 2003 by the General Command of Mapping of land and marine gravity data, topographic height calculated from the digital terrain model and GPS and including the leveling data Turkey national jeoit model TG-03. In addition, the GGMPPLUS jeoit model was evaluated using GPS and Level data from three local test sites. The differences between assessed, measured and modeled jeoit heights are examined. Statistics on these differences are presented.

KEYWORDS: Geoit, GPS / GNSS, Leveling, Height



1. JEOİT KAVRAMI VE TÜRKİYE'DE JEOİT MODELLEME ÇALIŞMALARI

Denge durumundaki deniz yüzeyinin karaların altında da devam ettiği kabulüne dayanarak tanımlanan ve yeryuvarının ağırlık alanının bir nivo yüzeyi olan jeoit, Jeodezi'de düşey kontrol ağları için başlangıç yüzeyi olarak kabul edilmesine karşın; yatay kontrol ağlarındaki hesaplamaların elipsoit yüzeyinde yapılması; jeoit belirlemeyi Jeodezi' nin görevlerinden birisi haline getirmiştir (Torge, 1980). Jeoit, yoğunluğun ve kütle dağılımının bir fonksiyonu olup, jeoit belirlemede kullanılan veriler, yeryuvarı içerisindeki kütle yoğunluğunun dağılımını yansıtmaktadır. Jeoit yüzeyi, yeryüzünün genelinde ya da bir bölümünde değişik ölçme teknikleri ile elde edilen veriler kullanılarak belirlenebilir. Jeoit yüzeyi ele alınmış büyüklüğüne göre değişik dalga boylarına sahip bileşenlerden oluşur. Ultra kısa bileşen olarak adlandırılan kısım 20km ile 2 km arasında tanımlı olup, küresel 2000 dereceden 20000' kadar küresel harmonik açılımı gerektirmektedir.

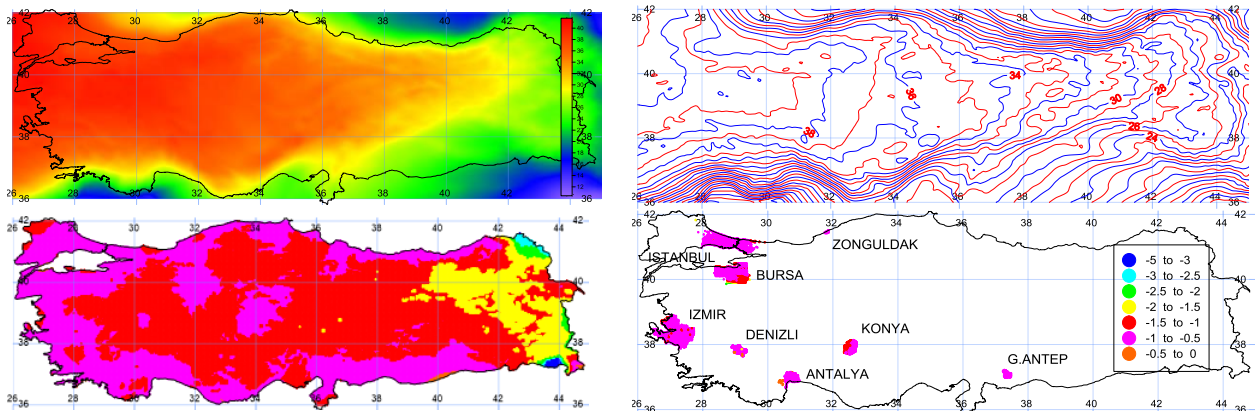
Jeoitdeki uzun dalga bileşeni, derindeki kütle anomalilerinin etkilerini yansıtır. Gravite anomalilerinin önemli bir parçasını oluşturan orta ve kısa dalga bileşenleri, bölgesel jeodezik ve topografik yapının etkileridir. Ultra-kısa dalga bileşeni, yerel topografik yapı ve yeraltındaki bozucu kütlelerin etkilerini yansıtmaktadır (Aksoy vd., 1999). Son yıllardaki uygulamalarda, uzun dalga boylu etkilerin jeopotansiyel katsayılar, orta dalga boylu etkilerin gravite, kısa ve ultra-kısa dalga boylu etkilerin ise, kombine yöntemlerden yararlanarak belirlenmesi yaklaşımları benimsenmiştir (Soycan, 2002).

Türkiye'de yerel ve bölgesel jeoid modellerinin belirlenmesi ve geliştirilmesi için 1970'li yıllardan günümüze kadar çeşitli çalışmalar sürdürülmektedir. Ayan (1978) tarafından yapılan ilk çalışmalarda 98 astronomik gözlem noktasındaki çekül sapma bileşenleri kullanılmıştır. Bu çalışmada kullanılan yetersiz ve homojen olmayan veriler nedeniyle istenen doğruluk düzeyine ulaşılamamıştır. Daha sonra, uydu teknolojilerinin gelişmesiyle, Güney Batı Anadolu Doppler jeoidi hesaplanmıştır (Ayhan vd., 1987). Türkiye'nin ilk gravimetrik jeoid modeli (TG-91), küresel jeopotansiyel modellerin yayınlanması ile birlikte yerçekimi ve arazi yüksekliği verileri de kullanılarak Harita Genel Komutanlığı tarafından hesaplanmıştır (Ayhan, 1993). GPM2-T1 küresel yer potansiyel modeli, yerçekimi verileri ve dijital arazi model verilerinden elde edilen topografik yükseklikler kullanılmıştır. 1992 yılında, uydu verilerinden türetilmiş elipsoid yükseklikler ve nivelman ağında yer alan ortometrik yükseklikleri bilinen 184 nokta Türkiye Doppler jeoidi (TDG-92), 1994 yılında astro-gravimetrik nivelman tekniğinden elde edilen verileri kullanarak hesaplanan Türkiye Astro-jeodezik jeoid (TAG-94) modelleri geliştirilmiştir. (Ayhan ve Alp, 1994). 2000'lerin başında, GPS datumu ile tutarlı bir jeoid modelinin oluşturulması için GPS-Nivelman verileri ve TG-91 Jeoid modelinin kombinasyonu ile Türkiye Jeoidi-1999 (TG-99) ve güncellenmiş versiyonu (TG-99A) oluşturulmuştur. Daha sonraki yıllarda küresel jeopotansiyel modelin geliştirilmesi, yüzey gravite verileri, GPS / tesviye jeoid yükseklikleri ve dijital arazi modellerinin geliştirilmesi sayesinde yeni jeoit modeli (TG-03) (Kılıçoğlu vd., 2005) Remove-Restore yöntemiyle hesaplanmıştır. (TG-03) önceki modelin gözden geçirilmiş bir versiyonu, kara ve deniz yerçekimi verilerini, dijital arazi modelinden topografik yükseklikleri ve uzun dalga boyları için EGM96 küresel jeopotansiyel modeli de dahil olmak üzere GPS ve Nivelman verileri kullanılarak hesaplanmış olup doğruluğu 8.8 cm olarak verilmektedir. Bunun yanı sıra, Türkiye'de yerel idareler ve belediyeler başta olmak üzere birçok kurum, dijital fotogrametrik harita ve ortofoto üretimi, mühendislik araştırmaları ve kadastro amaçları için jeodezik GNSS ve Nivelman ağları sıklaştırma çalışmalarında bulunmaktadır. Bu tip çalışmalar sonucunda elde edilen GPS ve Nivelman verileri de, GPS'den türetilen elipsoidal yüksekliklerin ortometrik yüksekliklere dönüştürülmesi için yerel jeoit modelleme çalışmalarında kullanılmaktadır. Ayrıca, üniversite ve bilimsel kuruluşlarda da söz konusu yöntem ve yaklaşımlar üzerinde çalışmalar sürdürülmektedir.

2. GGMPPLUS MODELİNİN TÜRKİYE BAZINDA DEĞERLENDİRİLMESİ

GGMplus (Global Gravity Model Plus), SRTM topografya verilerinden türetilen yüksek çözünürlüklü topografik veriler, uydu-uzay tabanlı gravite bilgileriyle mevcut yerçekimi modellerini ve karasal verileri de içeren bileşik bir modeldir. GGMplus, Dünya'nın yer çekiminin haritasını ve verilerini, + - 60 ° enlem arasında gezegenin tüm kara ve kıyı bölgelerinde 200 m çözünürlükte sağlamaktadır. Geçmiş yerçekimi alanı modelleme çabaları ya kısıtlı çözünürlükte ya da bölgesel olarak sınırlı alanlarda yerel ayrıntıların gösterilmesi ile küresel kapsama sağlamak üzerine odaklanırken GGMplus, ERTM2160 ile birlikte, Dünya'nın kütleçekim alanının ilk modelleri olup, büyük ölçüde küresel kapsama alanı ve daha yüksek yerel çözünürlük sağlamaktadır. GGMplus, Dünya'nın yerçekimi alanını, sıklıkla kullanılan fonksiyonlar olan; yerçekimi ivmeleri, yerçekimi bozulmaları, dikey ve Kuzey doğu ve doğu-batı yönlerinde çekül sapmaları ve quasijeoit yükseklikleri bileşenlerini içerecek şekilde 7.2 arc-saniye uzaysal çözünürlükte 3.062.677.383 nokta ile tanımlamaktadır. Veriler 0.002 derece grid çözünürlükte 5°*5° çerçeveler ile sunulmaktadır. GGMplus verilerinde yaklaşık 10 km'den daha kısa dalga boyu özellikleri, gözlemlerden değil, 2670 kg m⁻³ sabit yoğunluğunu varsayarak, yaklaşık 7.5 arc-saniye (~ 200 m) SRTM topografyadan hesaplanmıştır. GGMplus Yerçekimi istasyonlarının yoğun bir şekilde kapsadığı alanlarda (ör. Kuzey Amerika, Avrupa, Avustralya), ultra-yüksek çözünürlüklü kısa ölçekli modelleme nedeniyle orta derecede ek bilgiler sağlarken, seyrek yerçekimi kapsamı olan bölgeler (ör. Asya, Afrika, Güney Amerika) üzerinde önemli iyileştirmeler sağlamaktadır. Bu bölgeler dışında kalan alanlar için ise GGMplus, ultra-yüksek uzaysal çözünürlükte yerçekimi bilgileri ile oldukça geniş bir kapsama alanı sağlamakta ve bu yönde çalışmalarını sürdüren gelişmekte olan ülkelere katkılar sağlamaktadır. GPS ve Nivelman verileri ile, Amerika, Almanya ve İsviçre için yapılan karşılaştırmalarda sırasıyla, 0.070m, 0.041m ve 0.046m karesel ortalama hata elde edilmiştir. Quasijeoit yükseklikleri için 0.1 m veya daha iyi bir doğruluk sunduğu bildirilmektedir. Bu değerler, Asya, Afrika ve Güney Amerika gibi sınırlı veya çok sınırlı yersel gravite verisi bulunan bölgelerde 3-5 kata kadar çıkabilmektedir.

Çalışmanın bu bölümünde, ggmpplus jeoid modelini, farklı veri kaynakları ve farklı metodoloji kullanarak oluşturulan diğer jeoid modelleri ve GPS-Nivelman ile elde edilen jeoit yükseklikleri ile karşılaştırmak amaçlanmıştır. Bu amaçla, jeoid modelleri düzenli grid veri formatına dönüştürülmüş ve ardından grid köşelerindeki jeoid yükseklik farkları GGMPPLUS ve TG03 modelleri için karşılaştırılmıştır. Şekil 1'de sözkonusu modelin Türkiye sınırlarında jeoit yükseklikleri, eğrileri, TG-03 farkları ve yerel GPS-nivelman verileri kıyaslaması sunulmaktadır.



Şekil 1. GGMPPLUS modelinin değerlendirmeleri



4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu karşılaştırma ile GGMPPLUS modelinin TG03 modeline nasıl uyum sağladığını görmek, tutarsızlık gösterdiği yerleri belirlemek ve sistematik ve rasgele farklılıkları tespit etmek amaçlanmıştır. Ayrıca, test bölgeleri içerisinde yer alan homojen dağılımlı GPS-Nivelman noktaları ile de GGMPPLUS modelinin doğrulama işlemi yapılmıştır. Bilindiği gibi, GPS ve Nivelman verilerinden türetilen jeoid yükseklikleri, küresel veya bölgesel jeoid modellerini doğrulamada en yüksek kalitede ve en güvenilir veridir. Bu prosedürden elde edilen istatistikler, jeoit modelinin doğruluğunun önemli göstergelerindedir. Türkiye'nin farklı bölgeleri ve GGMPPLUS-TG03 kıyaslaması sonucu elde edilen farklılara için elde edilen istatistikler Tablo-1 de sunulmaktadır.

Tablo 1: Model Karşılaştırma sonuçları

Birim:m	TG-03 GRID	İSTANBUL	İZMİR	ANTALYA	BURSA	G.ANTEP	DENİZLİ	KONYA	ZONGULDAK
# values	32416	1134	1148	591	1280	218	911	1175	43
Min.	0.027	-1.534	-1.084	-0.900	-2.465	-0.889	-1.860	-1.440	-0.930
Mak.	4.865	-0.437	-0.449	0.078	-0.613	-0.630	-0.116	-0.766	-0.669
Ort.	1.111	-0.710	-0.834	-0.632	-1.021	-0.764	-0.822	-0.999	-0.838
Std. sp.	0.303	0.119	0.090	0.124	0.213	0.045	0.114	0.138	0.060

Standart sapma değerlerinin yerel alanlarda ortalama 10-11cm civarında olduğu, ortalama değerlerin düşey kayıklık olarak ele alınması durumunda dahi modelin birçok uygulama için yeterli olacağı söylenebilir. Bu bölgelerde daha sınırlı dayanak noktaları ile düzeltici yüzey uyarlama sonucu daha anlamlı sonuçların elde edilebilmesi mümkün olacaktır.

KAYNAKLAR

- Aksoy A., Ayan T., Çelik R.N., Demirel H., Deniz R., Gürkan O., (1999), "Güncel Gelişmeler ışığında Mekansal Bilgi Sistemleri İçin Jeodezik Altyapı ve Problemleri", Konferans, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi, İTÜ Sosyal Tesisleri Konferans Salonu, Maçka, İstanbul (In Turkish).
- Ayan, T. (1978). Türkiye Jeoit. Harita Dergisi, Sayı 85, ss5-17, Ankara (In Turkish).
- Ayhan, E., 1993, Jeoit Determination in Turkey (TG-91), Bulletin Geodesique, Vol.67, pp.10-22.
- Ayhan, M.E., Alp O., 1994, Türkiye Astrojeodezik Jeoidi – 1994 (TAG-94), İç Rapor, No. Jeof-94-2, Harita Genel Komutanlığı Jeodezi Dairesi Başkanlığı, Ankara. (In Turkish).
- Ayhan, M.E., E.Bank, O.Lenk, H.A.Şeker . South-Western Anatolia (aegean Region) Doppler Jeoit. Boll. di Geod. e Sci. Aff., Anno XLVI, No.4, pp.293-308, 1987.
- Hirt, C., S.J. Claessens, T. Fecher, M. Kuhn, R. Pail, M. Rexer (2013) New ultrahigh-resolution picture of Earth's gravity field, Geophysical Research Letters, Vol40(16), 4279-4283,doi: 10.1002/grl.50838.
<http://geodesy.curtin.edu.au/research/resolution/>
- Kılıçoğlu, A., Demir, C., Fırat, O., 2005, Yeni Türkiye Jeoidi (TG-03)'nin Hesabında Kullanılan Ölçüler ve Yöntemler, TUJK Jeoit ve Düşey Datum Çalıştayı Bildiri Kitabı, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon, s.53-76.
- Soycan, M., "JEOİT YÜKSEKLİKLERİNİN GPS VE HASSAS TRİGONOMETRİK NİVELMAN ÖLÇÜLERİ İLE BELİRLENMESİ", DOKTORA TEZİ, 2002, Y.T.Ü F.B.E,İSTANBUL.
- Torge, W., (1980). Geodesy. Walter de Gruyter, Berlin New York, 134–137.



ON THE ALGEBRAIC LEAST-SQUARES APPROACH WITHIN THE GENERAL GAUSS-MARKOV MODEL

Xing Fang

¹ Associate Professor, School of Geodesy and Geomatics, Wuhan University, China

Email: xfang@sgg.whu.edu.cn

ABSTRACT

In this contribution, Least-Squares (LS) within a general Gauss-Markov model (GMM) is investigated with a symmetric positive-(semi)positive definite cofactor matrix and the rank deficient coefficient matrix. In particular, the rank condition is not required any more that the augmented matrix of the coefficient matrix and the cofactor matrix has full rank. Thorough algebraic derivations are given within the general GMM including the precision description. In order to demonstrate its generality of our proposed method, a numerical example is given.

KEYWORDS: General Gauss-Markov Model; Least-Squares estimation; singular covariance matrix; rank-deficient coefficient matrix; generalized inverse

1. INTRODUCTION

The LS adjustment within the Original GMM

$$\begin{aligned} \mathbf{e} &= \mathbf{y} - \mathbf{A} \boldsymbol{\xi} \quad \text{rk}(\mathbf{A}) = m \\ \boldsymbol{\Sigma} &= \mathbf{I}_n \end{aligned} \quad (1)$$

was first published in Gauss followed by his famous work. In the Original GMM, \mathbf{y} and \mathbf{e} are the $n \times 1$ observation vector and its associated random error vector, respectively. Matrix \mathbf{A} is the $n \times m$ coefficient matrix ($n > m$). Matrix $\boldsymbol{\Sigma}$ is the covariance matrix. More than a hundred years later, the Original GMM model was extended by Aitken (1935) to treat the correlated data, where a positive definite weight matrix is considered in the adjustment of observations:

$$\begin{aligned} \mathbf{e} &= \mathbf{y} - \mathbf{A} \boldsymbol{\xi} \quad \text{rk}(\mathbf{A}) = m \\ \boldsymbol{\Sigma} &= \sigma_0^2 \mathbf{Q} = \sigma_0^2 \mathbf{P}^{-1} \end{aligned} \quad (2)$$

In the GMM with weights, the cofactor matrix \mathbf{Q} and the weight matrix \mathbf{P} are introduced, which connect to the covariance matrix via the unit of weights σ_0^2 .



Almost at the same time, Frisch was aware of multiple collinearity in econometric, which refers to a situation in which the coefficient matrix within the GMM is rank deficient:

$$\begin{aligned} \mathbf{e} &= \mathbf{y} - \mathbf{A} \boldsymbol{\xi} \\ \boldsymbol{\Sigma} &= \sigma_0^2 \mathbf{Q} = \sigma_0^2 \mathbf{P}^{-1} \end{aligned} \quad (3)$$

The multiple collinearity problem appeared also in geodesy, which is called datum problem.

To make further progress, the work of Grafarend and Schaffrin (1993) allowed for singular covariance matrices to be treated within the GMM with rank deficient coefficient matrix. However, the rank condition is assumed in their book that the augmented matrix of the coefficient matrix and the cofactor matrix is restricted to be full rank

$$\begin{aligned} \mathbf{e} &= \mathbf{y} - \mathbf{A} \boldsymbol{\xi} \quad \text{rk}([\mathbf{Q} \quad \mathbf{A}]) = n \\ \boldsymbol{\Sigma} &= \sigma_0^2 \mathbf{Q} \quad \mathbf{Q} \geq 0 \end{aligned} \quad (4)$$

The GMM in full generality was presented in Rao (1973), and also see Rao et al., (2008), where the rank condition always assumed in geodesy is removed:

$$\begin{aligned} \mathbf{e} &= \mathbf{y} - \mathbf{A} \boldsymbol{\xi} \\ \boldsymbol{\Sigma} &= \sigma_0^2 \mathbf{Q} \quad \mathbf{Q} \geq 0 \end{aligned} \quad (5)$$

The term ‘general’ attributed to the GMM means that there are no restrictions on the coefficient matrix and the nonnegative definite covariance matrix other than the both matrices are nonzero. For the general GMM, though Rao proposed a so called unified LS theory, the development of the theory is based on BLUE from a pure statistical aspect (see Rao 2008, p 300).

In this contribution, the general GMM is discussed via a pure algebraic approach based on the extended normal equations. The general inverse of the partitioned matrix is derived to represent the solution of the extended normal equations. Furthermore, the statistical analysis of the adjustment result is given. Moreover, we show that the solution is identical to the Rao’s solution and the algebraic algorithm is also a promising tool for the adjustment of the versatile model.

2. ANALYSIS AND RESULTS

As the cofactor matrix is singular in the general GMM, the weight matrix cannot be expressed by the regular inverse of the cofactor matrix, which is the key components in LS estimation.

Let \mathbf{U}_1 be the matrix constructed by the eigenvectors \mathbf{u}_i corresponding to the nonzero eigenvalues λ_i^2 of the matrix \mathbf{Q} and \mathbf{U}_2 be the matrix formed by the eigenvectors corresponding to the zero eigenvalues. We decompose the singular cofactor matrix by

$$\mathbf{Q} = \begin{bmatrix} \mathbf{U}_1 & \mathbf{U}_2 \\ n \times q & n \times (n-q) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Lambda^2 & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{0} \end{bmatrix} \mathbf{U}^T = \sum_{i=1, \dots, q} \lambda_i^2 \mathbf{u}_i \mathbf{u}_i^T, \quad (6)$$

and multiplies the both side of Eq **Hata! Başvuru kaynağı bulunamadı.** by $\Lambda^{-1} \mathbf{U}_1^T$ and \mathbf{U}_2^T as follows

$$\begin{aligned} \mathbf{e}_s &= \mathbf{y}_s - \mathbf{A}_s \boldsymbol{\xi} \\ \mathbf{U}_2^T \mathbf{e} &= \mathbf{0} \end{aligned} \quad (7)$$

where

$$\mathbf{y}_s := \Lambda^{-1} \mathbf{U}_1^T \mathbf{y} \quad \mathbf{e}_s := \Lambda^{-1} \mathbf{U}_1^T \mathbf{e} \quad \mathbf{A}_s = \Lambda^{-1} \mathbf{U}_1^T \mathbf{A} \quad (8)$$

$$D(\mathbf{U}_2^T \mathbf{e}) = \mathbf{0}_{n-q} \quad \text{and} \quad D(\mathbf{e}_s) = \sigma_0^2 \mathbf{I}_q \quad (9)$$

Based on the transformed model Eq (7), the objective function can be formed by

$$\begin{aligned} \min (\mathbf{y}_s - \mathbf{A}_s \boldsymbol{\xi})^T (\mathbf{y}_s - \mathbf{A}_s \boldsymbol{\xi}) \\ \text{subject to } \mathbf{U}_2^T \mathbf{e} = \mathbf{0} \end{aligned} \quad (10)$$

which is equivalent to

$$\begin{aligned} \min (\mathbf{y} - \mathbf{A} \boldsymbol{\xi})^T \mathbf{Q}^- (\mathbf{y} - \mathbf{A} \boldsymbol{\xi}) \\ \text{subject to } \mathbf{e} \in R(\mathbf{Q}) = R(\mathbf{U}_1) \end{aligned} \quad (11)$$

where $R(\cdot)$ stands the operator for the column space of the matrix in the bracket.

Based on $\mathbf{e} \in R(\mathbf{Q})$, it is assumed throughout that the model is consistent, i.e. $\mathbf{y} \in R([\mathbf{A} \quad \mathbf{Q}])$ with probability 1. In other words, the inference base is not self-contradictory.

To formulate the objective function irrespective of the choice of the generalized inverse of the equivalent covariance matrix \mathbf{Q}^- , we define $\mathbf{e} := \mathbf{Q} \boldsymbol{\mu}$ due to $\mathbf{e} \in R(\mathbf{Q})$ and therefore the objective function becomes

$$\begin{aligned} \min \boldsymbol{\mu}^T \mathbf{Q} \boldsymbol{\mu} \\ \text{subject to } \mathbf{y} - \mathbf{A} \boldsymbol{\xi} = \mathbf{Q} \boldsymbol{\mu} \end{aligned} \quad (12)$$

In order to solve the optimization problem (12), a Lagrangian approach is taken by introduction an unknown $n \times 1$ vector of Lagrange multipliers $\boldsymbol{\lambda}$. The Lagrange target function is written as



$$\Omega = \frac{1}{2} \boldsymbol{\mu}^T \mathbf{Q} \boldsymbol{\mu} + \boldsymbol{\lambda}^T (\mathbf{y} - \mathbf{Q} \boldsymbol{\mu} - \mathbf{A} \hat{\boldsymbol{\xi}}) = \text{stationary} \quad (13)$$

The Euler-Lagrange (or first order) necessary conditions are satisfied by

$$\begin{aligned} \left. \frac{\partial \Omega}{\partial \hat{\boldsymbol{\xi}}} \right|_{\hat{\boldsymbol{\xi}}, \hat{\boldsymbol{\lambda}}, \hat{\boldsymbol{\mu}}} &= -\mathbf{A}^T \hat{\boldsymbol{\lambda}} = \mathbf{0} \\ \left. \frac{\partial \Omega}{\partial \hat{\boldsymbol{\lambda}}} \right|_{\hat{\boldsymbol{\xi}}, \hat{\boldsymbol{\lambda}}, \hat{\boldsymbol{\mu}}} &= \mathbf{y} - \mathbf{Q} \hat{\boldsymbol{\mu}} - \mathbf{A} \hat{\boldsymbol{\xi}} = \mathbf{0} \\ \left. \frac{\partial \Omega}{\partial \hat{\boldsymbol{\mu}}} \right|_{\hat{\boldsymbol{\xi}}, \hat{\boldsymbol{\lambda}}, \hat{\boldsymbol{\mu}}} &= \mathbf{Q} \hat{\boldsymbol{\mu}} - \mathbf{Q} \hat{\boldsymbol{\lambda}} = \mathbf{0} \end{aligned} \quad (14)$$

Here hats and tildes are placed over the unknown nonrandom and random vectors, respectively, to indicate these variables that satisfy the homogeneous system of condition equations. The Hessian matrix can be derived from the second partial derivatives of Ω with respect to $\boldsymbol{\mu}$, which yields

$$\frac{\partial^2 \Omega}{\partial \boldsymbol{\mu} \partial \boldsymbol{\mu}^T} = \mathbf{Q}. \quad (15)$$

Therefore, the sufficient condition of optimization – namely that the Hessian matrix is nonnegative definite – is satisfied. Based on Eq (14), the general robust normal equation is obtained as

$$\begin{bmatrix} \mathbf{Q} & \mathbf{A} \\ \mathbf{A}^T & \mathbf{0} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{\boldsymbol{\lambda}} \\ \hat{\boldsymbol{\xi}} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{y} \\ \mathbf{0} \end{bmatrix}$$

REFERENCES

- Aitken, AC (1934) On Least squares and linear combinations of observations. Proc. Roy. Soc. Edinb. A 55, 42-47
- Grafarend E, Schaffrin B (1993) Ausgleichungsrechnung in Linearen Modellen. Wissenschaftsverlag, Mannheim
- Rao CR (1973) Unified theory of least squares, communications in statistics, Part A – theory and methods 1: 1-8
- Rao CR, Toutenburg H, Shalabh, Heumann C (2008) Linear models and generalizations, least squares and alternatives. 3rd Edition Springer Berlin Heidelberg New York



ASTRO-JEODEZİK ZENİT KAMERA SİSTEMİ

M. Albayrak¹, K. Halıcıoğlu², B. Başoğlu³, M.T. Özlüdemir⁴,

¹ Araştırma Görevlisi, Geomatik Müh. Bölümü, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul

² Dr. Mühendis, Boğaziçi Üniversitesi, İstanbul

³ Yüksek Lisans Öğrencisi, Geomatik Müh. Bölümü, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul

⁴ Doçent Doktor, Geomatik Müh. Bölümü, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul
Email: tozlu@itu.edu.tr

ÖZET

GNSS tekniği ile elde edilen elipsoidal yüksekliklerin pratik (ortometrik) yüksekliklere dönüştürülmesi amacıyla kullanılan geoid modellerinin geliştirilmesi için jeodezik ve gravimetrik yöntemlerin yanı sıra astro-jeodezik çekül sapmalarının elde edilmesini sağlayan astro-jeodezik yöntemler kullanılmaktadır. Astro-jeodezik çekül sapması verilerinin elde edilmesinde Sayısal Zenit Kamera Sistemlerinden de (SZKS) yararlanılmaktadır. Bu çerçevede astro-jeodezik verilerin yerel geoid modellerine katkılarını incelemek amacıyla 2015 yılında Türkiye'nin ilk SZKS geliştirilmiştir ve Astro-jeodezik Kamera Sistemi (AKS) olarak adlandırılmıştır. AKS, 2016 yılından bu yana yazılım ve donanım güncellemeleri ile geliştirilmeye devam edilmektedir. Bu nedenle modernizasyon ve güncellemeleri devam eden bu sistem, AKS2 olarak yeniden isimlendirilmiştir. Bu çalışmada, geliştirilen AKS2 tanıtılmakta ve elde edilen sonuçlar paylaşılmaktadır.

ANAHTAR KELİMELEER: Çekül sapması, Geoid, Astro-jeodezik geoid, Sayısal Zenit Kamera Sistemi

ASTRO-GEODETTIC ZENITH CAMERA SYSTEM

¹ Research Assistant, Geomatik Müh. Bölümü, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul

² Dr. Engineer, Boğaziçi Üniversitesi, İstanbul

³ MSc Student, Geomatik Müh. Bölümü, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul

⁴ Assoc. Professor Dr., Geomatik Müh. Bölümü, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul
Email: tozlu@itu.edu.tr

ABSTRACT

In addition to the geodetic and gravimetric methods, astro-geodetic methods enabling us to determine the astro-geodetic deflections of vertical are also employed in geoid models used to transform GNSS derived ellipsoidal heights to practical (orthometric) heights. For the determination of astro-geodetic deflections of vertical digital zenith camera systems (DZCS) are also used. In this context, the first DZCS of Turkey was developed in 2015 for evaluating the contribution of astro-geodetic data to local geoid modelling. This system has been improved with software and hardware upgrades since 2016. Therefore,



the improved system has been renamed as AKS2. In this study, the developed DZCS and the results obtained are discussed.

KEYWORDS: Astro-geodetic deflections of vertical, Geoid, Geoid modelling, Digital Zenith Camera System

1. GİRİŞ

Geoit modelleri GNSS tekniklerinin kullanılması ile elde edilen elipsoidal yüksekliklerinin pratik çalışmalarda kullanılan ortometrik yüksekliklere dönüştürülmesinde kullanılırlar. Geoit belirleme çalışmaları; gravite ölçüleri, astro-jeodezik çekül sapmaları, GNSS/Nivelman verileri, uydu gravite verileri, uydu altimetre verileri ve bu verilerin kombinasyonları ile üretilen jeopotansiyel modeller kullanılarak sürdürülmektedir. Türkiye’de, mühendislik çalışmalarında kullanılacak geoit bilgisi, gereksinimlere bağlı olarak, halihazır alımları esnasında, “Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretimi Yönetmeliği”ne göre ve yerel geoit olarak üretilmektedir. Tüm Türkiye için sürekliliği olan, mühendislik çalışmalarına ve mekansal bilgi sistemlerine altlık olacak bir ulusal geoit modelinin oluşturulması çalışmaları ise Türkiye jeodezi topluluğunun gündeminde olan bir konudur.

Geoit modellerinde istenilen doğruluğa erişmek için jeodezik, gravimetrik ve astro-jeodezik yöntemler ile elde edilen farklı veri setlerinden yararlanmak gerekmektedir. Astro-jeodezik teknik ile elde edilen çekül sapması verileri yerin gravite alanı ile ilgili bilgi sağladığı için oldukça önemlidir. Birçok ülkede bilim insanları astro-jeodezik çekül sapmalarını ölçebilmek için genel olarak Sayısal Zenit Kamera Sistemi olarak adlandırılan modern aletler geliştirmişlerdir. Bu aletlerden biri olan, Astro-jeodezik Kamera Sistemi (AKS), 111Y125 numaralı “CCD Kameralar ile Astro-jeodezik Çekül Sapmalarının Belirlenmesi” TÜBİTAK projesi kapsamında 2015 yılında Türkiye’de geliştirilmiştir. Geliştirilen AKS ile 0.2-0.3” (2-3 mm/km) doğruluklarla çekül sapmalarının belirlenebileceği görülmüştür (Halıcıoğlu, 2015). Bu projenin ardılı niteliğinde olan ve bu bildiriye altlık oluşturan, 2016 yılından bu yana sürdürülen 115Y237 numaralı TÜBİTAK projesi kapsamında ise anılan SZKS, yazılım ve donanım güncellemeleri ile modernize edilerek AKS2 olarak yeniden isimlendirilmiştir. Bu bildiriye, AKS2’nin geliştirilme süreci ve test ve kalibrasyon ölçmelerine önemli oranda yer verilmiştir. AKS2, İstanbul Teknik Üniversitesi Kampüsünde seçilen bir noktada 5 gün tekrarlı olarak test edilmiştir. İstanbul ili metropoliten alanında oluşturulan ve İGNA/İNA ağları ile ilişkisi kurulan bir astro-jeodezik ağda kullanılmaya başlanmıştır. Yapılan gözlemler sonucunda elde edilecek geoit yüksekliği değişimlerinin, İstanbul Nivelman Ağının ham GNSS/Nivelman verilerinden elde edilen geoit yüksekliği değişimleri ile karşılaştırılması ve bu verilerin geoit modellerinin geliştirilmesine olan katkılarının irdelenmesi amaçlanmaktadır.

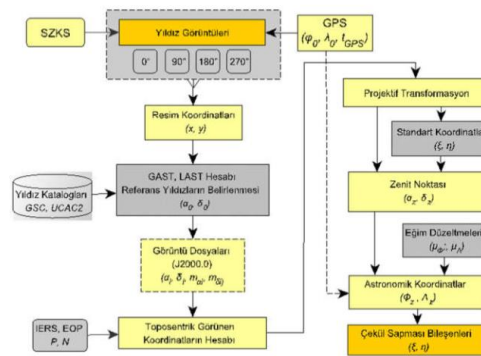
2. ASTROJEODEZİK KAMERA SİSTEMİ 2

Sayısal Zenit Kamera Sistemi (SZKS), astro-jeodezik teknikle geoit modellemede çekül sapmasının tanımlanmasında kullanılmaktadır. Çekül sapması bileşenleri, yer gravite alanı ile ilgili bilgi sağladıkları ve geoit modeli geliştirilmesi için gerekli geoit yüksekliği değişimlerini belirleyebildikleri için oldukça önemlidir. SZKS’nin temel bileşenleri; teleskop, CCD, eğimölçer, odaklayıcı (focuser), tek frekanslı GPS alıcısı ve sistemi taşıyıcı altyapıdır. Teknolojinin gelişimine paralel olarak, SZKS’lerin bu temel

bileşenleri güncellenmektedir. Örneğin 1986 yılında geliştirilen Taşınabilir Zenit Kamera 3 (Transportable Zenith Camera 3-TZK3) ve TZK3'ün ikiz modeli olan ve TZK3 ile birlikte geliştirilen TZK2, CCD'nin icadı ile birlikte güncellenerek modernize edilmişlerdir. Nitekim TZK2 ve TZK3'e entegre edilen CCD'ler ile birlikte, SZKS'ler sırasıyla Taşınabilir Zenit Kamera 2-Sayısal sistem (Transportable Zenith Camera 2-Digitalsystem-TZK2-D) ve Sayısal Astronomik Sapma Ölçme Sistemi (Digital Astronomical Deflection Measuring System-DIADEM) olarak yeniden isimlendirilmiştir (Hirt ve Bürki, 2006). Benzer şekilde Türkiye'de de 2015 yılında ilk defa geliştirilen ve Astro-jeodezik Kamera Sistemi (AKS) olarak isimlendirilen SZKS'nin temel bileşenlerinden eğimölçer, focuser ve taşıyıcı altyapı, SZKS'nin hem doğruluğunu arttırmak hem de kullanımının daha kolay olması için güncellenerek modernize edilmiştir. Modernizasyon sonrası sistem, Astro-jeodezik Kamera Sistemi 2 (AKS2) olarak yeniden adlandırılmıştır. AKS2'nin modernizasyon sürecine 1 nanoradyan doğrulukta, Yüksek Çözünürlüklü Eğimölçer (High Resolution Tiltmeter-HRTM) ve sıcaklığa duyarlı odaklayıcı temin edilerek başlanmıştır. Bu bileşenlerin, AKS'ye entegre edilebilmesi için, tüm bileşenlerin birlikte test ve kalibrasyon ölçmeleri öncelikli olarak tamamlanmıştır. İlk AKS'de manuel olan, sistemin tesviyesinin ve gözlem süresinin çok uzun sürmesi gibi birçok dezavantaj bulunduran taşıyıcı altyapı, yazılım ve donanım güncellemeleri ile modernize edilerek tamamen otomatize edilmiştir (Albayrak vd, 2017). Otomatizasyonu, lineer motorlar ve ardünyo ile sağlanmıştır. Şekil 1'de fotoğrafı paylaşılan AKS2 İstanbul Teknik Üniversitesi Ayazağa kampüsünde seçilen bir noktada tekrarlı astro-jeodezik gözlemler ile test edilmiştir.



Şekil 1. Astro-jeodezik Kamera Sistemi 2



Şekil 2. Çekül sapması bileşenlerinin elde edilmesi için iş akış şeması

AKS ile çekül sapması elde etmek için, astro-jeodezik gözlem esnasında elde edilen yıldız görüntüleri değerlendirilmektedir. Bu değerlendirme aşamasında, eğimölçerler tarafından elde edilen eğim değerleri



ve görüntü bilgilerinin zaman bilgisi ile ilişkilendirmesini sağlayan tek frekanslı GPS donanımından elde edilen zaman bilgisinden yararlanılmaktadır. Elde edilen görüntülerdeki yıldızlar prezisyonlu yıldız katalogları yardımıyla tanımlanmakta ve ölçme epoğundaki koordinatları hesaplanmaktadır. Yıldız görüntülerinin değerlendirilmesi sonucu hesaplanan Astronomik koordinatlar, GPS ile elde edilen jeodezik koordinatlar ile ilişkilendirilerek Şekil 2’de gösterilen iş akışı çerçevesinde çekül sapması bileşenleri elde edilmektedir (Halıcıoğlu 2015, Halıcıoğlu vd. 2017).

3. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada ele alınan AKS2, 2015 yılında geliştirilen sistemin eğimölçer, odaklayıcı ve sistemi taşıyıcı bir altyapı ile güncellenmesi sonucunda oluşturulmuştur. Yüksek Çözünürlüklü Eğimölçer ve Sıcaklığa duyarlı bir odaklayıcı eklenen ve hareketleri lineer motorlarla sağlanan donanımın test ve kalibrasyon işlemleri tamamlanmış, otomatizasyonuna yönelik çalışmalar gerçekleştirilmiştir. İTÜ Ayazağa kampüsünde seçilen test noktasında 5 gün tekrarlı astro-jeodezik gözlemler ile AKS 2’i test edilmiştir. AKS2 ile İstanbul astro-jeodezik test ağında gözlemler güncel olarak sürdürülmektedir. Bu çalışmada AKS2’nin geliştirilmesi sürecindeki çalışmalar ele alınmakta, astro-jeodezik gözlemler ve gözlemlerin değerlendirmesi ile ilgili son duruma ilişkin bilgi verilmektedir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma TÜBİTAK tarafından 115Y237 numarası ile 1001 kodlu Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Projelerini Destekleme Programı kapsamında desteklenmektedir. Proje kapsamında Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü Jeodezi Anabilim Dalı’na katkılarından dolayı teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

Albayrak M., Halıcıoğlu K., Basoğlu B., Uluğ R., Özlüdemir M. T., Deniz R., "Modernizing and Upgrading the Astrogeodetic Camera System for Determining Vertical Deflections", 12/2017, 2017 AGU Fall Meeting, New Orleans, LA, USA, 11.12.2017 - 15.12.2017
Ayan, T., Deniz, R., Arslan, E., Çelik, R.N., Denli, H.H., Akyılmaz, O., Özşamlı C., Özlüdemir, M.T., Erol, S., Erol, B., Acar, M., Mercan, H. ve Tekdal, E., (2006). İstanbul GPS Nirengi Ağı 2005-2006 Yenileme Ölçü ve Değerlendirmesi (İGNA 2005). Teknik Rapor, İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Jeodezi Anabilim Dalı, 2. cilt, ISBN 978-975-561-299-7.
Halıcıoğlu, K. (2015). Sayısal Zenit Kamera Sistemi ile Astro-Jeodezik Çekül Sapmalarının Belirlenmesi. Doktora Tezi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, İstanbul Teknik Üniversitesi.
Halıcıoğlu, K., Özlüdemir, M.T., Deniz, R., Özener, H., Albayrak, M. Uluğ, R. ve Başoğlu, B. (2017). İstanbul Astro-jeodezik Test Ağında Sayısal Zenit Kamera Sistemi Gözlemleri. TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, 16. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, 3-6 Mayıs 2017, Ankara.
Hirt, C. and Bürki, B., (2006). Status of Geodetic Astronomy at the Beginning of the 21st Century. Wissenschaftliche Arbeiten der Fachrichtung Geodäsie und Geoinformatik der Universität Hannover Nr. 258, pp.81–99.



COĞRAFI BÜYÜK VERİ ÇERÇEVESİ; INSPIRE UYGULAMALARI

Onur Lenk¹, Hüseyin Bayraktar², Yıldırım Bayar² Mahir Güney¹, Erkan Tın³, Ali Toksoy³ ve Yasemin KOÇ²

¹ *İstanbul Üniversitesi, Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü, İstanbul ve BPR Danışmanlık Cyberpark, BİLKENT, Ankara*

² *T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, CBS Genel Müdürlüğü Ankara,*

³ *Ekinoks Yazılım.Ltd. Cyberpark, BİLKENT, Ankara
Email: onur.lenk@istanbul.edu.tr*

ÖZET

Ülke vatandaşları için çevre dostu koşulların sağlanmasında, coğrafi çözümlere yönelik uygulamalar kapsamındaki Bilgi Toplumuna dönüşüm çalışmaları, büyük ölçüde yerel yönetim ve onlarla birlikte çalışan kamu kurumlarının uygulama sorumluluğunda bulunmaktadır. Coğrafi büyük veri altyapısı ve kent bilgi sistemlerinin kurulması, kullanımı ve geliştirilmesine yönelik görev ve süreçler, Türkiye’de Avrupa Birliği Coğrafi Bilgi Alt Yapısı (INSPIRE) tabanlı kuralların uygulamaya 2003 yılından itibaren başlamasıyla ivmelenmiştir. 2013 ve 2017 yıllarındaki sırasıyla Bulut Bilişim tabanlı Kent Bilgi Sistemi ve INSPIRE Direktifinin Uygulanmasına Yönelik Yatay Sektörde Kapasite Geliştirme İçin Teknik Destek Projesi gibi güncel çalışmaların etkili sonuçlarının alınmasıyla, büyük verinin Akıllı Şehirlerdeki rollerine yönelik coğrafi çözümlerin elde edilmeye başlanıldığını ifade etmek mümkündür. INSPIRE Direktifinin Uygulanmasına Yönelik Teknik Destek Projesi temel olarak, yerel yönetimler ve birlikte çalışan kamu kurumlarına daha iyi standartlar sunmak üzere, sayısal toplumun işlevine hizmet edecek şekilde, INSPIRE uyumlu veri envanteri, bulut bilişim tabanlı standart coğrafi uygulama modüllerinin geliştirilmesi, bulut yönetimi yazılımı ve süreç modellemeleri kullanılarak, standartlaştırılmış yüksek etkinlikteki süreç işlemlerinin geliştirilmesi ve tüm bileşenlere yönelik yasal düzenlemelerin kurulması gibi bileşenleri içermektedir.

ANAHTAR KELİMELEER: Coğrafi Büyük Veri, INSPIRE, Bulut Bilişim Tabanlı Coğrafi Modüller, Süreç Modelleme.

GEOSPATIAL BIG DATA FRAMEWORK; INSPIRE IMPLEMENTATIONS

¹ *İstanbul University, Institute of Marine Sciences and Management, İstanbul and BPR Consulting Cyberpark, BİLKENT, Ankara*

² *Turkish Government, Ministry of Environment and Urbanization, G. Directorate of GIS, Ankara*

³ *Ekinoks Software Inc. Cyberpark, BİLKENT, Ankara.
Email: onur.lenk@istanbul.edu.tr*



ABSTRACT

Transformation to Information Society through the implementation of geospatial solutions rests dominantly on the responsibility of local administrations and collaborating governmental institutions to ensure environmental-friendly conditions for their citizens. Tasks and processes regarding the building, utilization and development of the spatial big data infrastructure and urban information systems have been accelerated by Infrastructure for Spatial Information in the European Community (INSPIRE) driving rules of implementations since 2003 in Turkey. Geospatial solutions are on the way of establishing big data driven roles of Smart Cities by getting effective results through recent projects like 'Cloud-based Urban Information System' and 'Technical Assistance for Capacity Building in the Horizontal Sector for the Implementation of INSPIRE Directive' in 2013 and 2017. Technical Assistance for the Implementation of INSPIRE Directive Project mainly encompasses some components as INSPIRE compatible data inventory, the development of cloud-based standardized geospatial software modules, development of cloud management software and setting standardized high efficiency procedures by using process modelling as well as constituting the legislative regulations for all components ensuring the functionality in the digital society, yielding better standards in local administrations and thus, collaborating governmental organizations.

KEYWORDS: Geospatial big data, INSPIRE, cloud-based geospatial software modules, process modelling.

1. COĞRAFİ BÜYÜK VERİ ÇERÇEVESİ İÇİN TEKNİK VE YASAL GEREKÇE

Toplumsal gereksinimlerin, gelişen teknolojik unsurlar çerçevesinde yeterince karşılanması kapsamında, bilgiye ulaşma, bilgiyi yönetme ve değerlendirme için hizmet sağlayan yönetimlerin, hacim ve çeşitleri artan verilerinin yönetilmesi kapsamında Bilgi Teknolojilerinden (BT) yararlanması günümüz koşullarında zorunlu hale gelmiştir. Özellikle yönetimlerin kendi içlerinde sürdürdükleri bilişim faaliyetleri, iş yüklerini azaltsa da bu faaliyetler ek maliyetleri beraberinde getirmektedir. Ayrıca, teknolojik yatırımlar yapma isteği olan küçük ölçekteki yönetimler için yüklü miktarda mali kaynak gerekmektedir. Yönetimlerin maliyetleri en aza indirme çabası, teknolojik yatırımlar gözönünde bulundurulduğunda, son on yılda hem teknolojik hem de ekonomik anlamda önemli mesafeler kat eden Bulut Bilişim (BB) teknolojisi ile yerine getirilebilmektedir. Söz konusu BB'in temel nitelikleri,

- Talep üzerine kendi kendine hizmet (On-demand self service),
- Geniş ağ erişimi (Broad network access),
- Kaynak havuzu (Resource pooling),
- Hızlı esneklik (Rapid elasticity),
- Ölçülen hizmettir (Measured service).

Bu özellikler ışığında BB, ihtiyaç duyulduğu anda ve ihtiyaç duyulduğu kadar, bulut hizmetini veren unsur ile herhangi bir etkileşime girmeden kullanıcı tarafından belirlenebilmektedir. Bunun yanında; bulutta saklanan veriye istenilen yerden (internete bağlı herhangi bir bilgisayardan), istenilen zamanda (sunucunun faaliyette olduğu herhangi bir zamanda) ve istenilen bilişim ortamından (bilgisayar, akıllı telefon, vb.) ulaşılabilir. Veri depolama, veri işleme, bellek ve bant genişliği gibi kaynakların kapasiteleri kullanıcının elinde olup istediğinde hızlıca değiştirilebilir, azaltılıp artırılabilir. Söz konusu temel olgular dikkate alındığında Yerel Yönetimler ve bu yönetimlerle veri ve yasal düzenleme işbirliğindeki kamu kurumları, sergiledikleri hizmetlerinde coğrafi veri ve dolayısıyla CBS'nin BB kapsamında kullanımını gerekli kılan birçok faaliyetin söz konusu olduğu görülmektedir. Bakanlar



Kurulu'nun 31 Aralık 2008 tarihli 27097 (5. Mükerrer) sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan Kararı uyarınca uygulanan Türkiye Ulusal Programı gereği, Avrupa Coğrafi Bilgi Altyapısı (INSPIRE) Direktifi'nin uygulanması çerçevesinde özet olarak,

- Türkiye'de INSPIRE Direktifinin hukuksal alt yapısının hazırlanması,
- Türkiye'de INSPIRE Direktifinin teknik alt yapı çalışmalarının hazırlanması öngörülmektedir.

INSPIRE Direktifi'nin yasal dayanağı olarak Avrupa Birliği Anlaşması (EC Treaty) 175.maddesi 1 inci fıkrası ve 174 maddesi gösterilmiştir. Bu maddeler kapsamında, çevre korumanın sağlanmasına yönelik politikaların formülasyonu, uygulanması, yönetimi ve değerlendirilmesi için coğrafi veriye erişime ve kullanıma ihtiyaç vardır. Bu gereksinimlerin toplumun her kesimi için 21'nci yüz yıl gerekleri dâhilinde karşılanması ise, büyük verisini içerecek şekilde BB tabanlı Coğrafi Alt Yapının kurulmasıyla mümkün olabileceği değerlendirilmektedir.

29/6/2011 tarih ve 644 sayılı T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığının Teşkilat ve Görevleri Hakkında Kanun Hükmünde Kararnamenin 2'nci maddesinin birinci fıkrasının (i) bendi ve 13'üncü maddesi çerçevesinde; özetle Ulusal Coğrafi Bilgi Sisteminin kurulmasına, kullanılmasına ve geliştirilmesine dair iş ve işlemleri; Kent bilgi sistemlerini oluşturulmak için gerekli düzenlemeleri yapmak ve coğrafi bilgi sistemleri uygulamalarını bütünleyen navigasyon, yönetim, otomasyon ve dokümantasyon sistemleri ile uzaktan algılama tekniği konularında uygulama, düzenleme, geliştirme ve izleme faaliyetlerini yürütmek hususlarını düzenlemektedir. Uygulanması gereken hükümlerin yapısı dikkat edildiğinde, ülke boyutunda bulut tabanlı bir coğrafi yapının kurulmasını gerektiren bir durumun aşikâr olduğu görülmektedir.

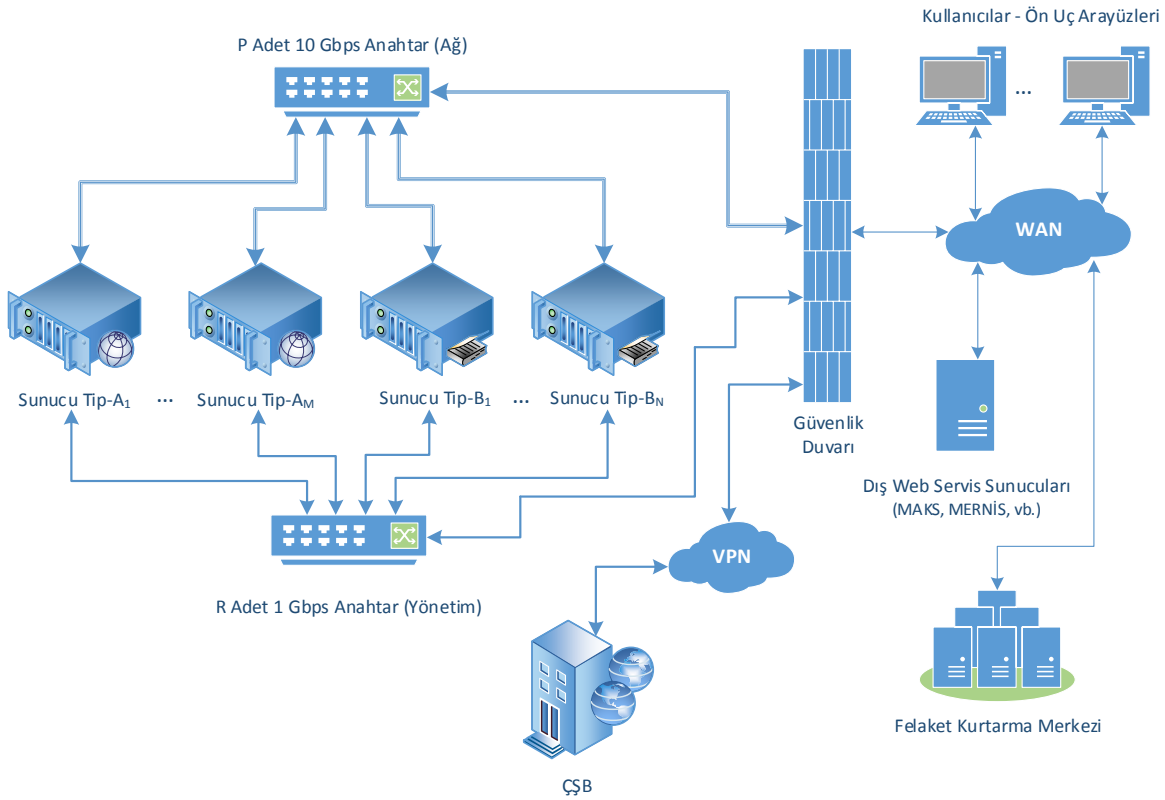
2. GERÇEKLEŞTİRİLEN UYGULAMALAR

İnsan yaşamıyla doğrudan veya dolaylı etkili olan coğrafi verinin, temel üretim sektörlerinde (enerji, çevre, ulaşım, bilişim teknolojileri, haberleşme ve savunma) kullanım oranları gün geçtikçe artmaktadır. Bu artışın sağlıklı olarak sürdürülebilir yapıya kavuşması, BB tabanlı standart paylaşım servislerin birlikte çalışabilirlik kurallarının özellikle vatandaşa hizmet sağlamakla sorumlu merkezi ve yerel yönetim (kamu) birimlerinin teknolojik gelişmelere süratle adapte olması ve onları şeffaf ve tam olarak uygulamasıyla mümkün olabilmektedir. Bu çerçevede INSPIRE Direktifinin Uygulanmasına Yönelik Teknik Destek Projesi ile sunulan coğrafi çözümler kapsamında bulut bilişim tabanlı coğrafi yazılımlar olarak,

- Altyapı Uygulama Yazılımı
- Bina Bilgi Yönetimi Uygulama Yazılımı
- Bina Envanteri Uygulama Yazılımı
- Bulut Depo Uygulama Yazılımı
- Halihazır Uygulama Yazılımı
- Kamulaştırma Uygulama Yazılımı
- Madde-18 Uygulama Yazılımı
- Mezarlık Uygulama Yazılımı
- Kent Rehberi
- Numarataj Uygulama Yazılımı
- Süreç Yönetim Aracı Uygulama Yazılımı

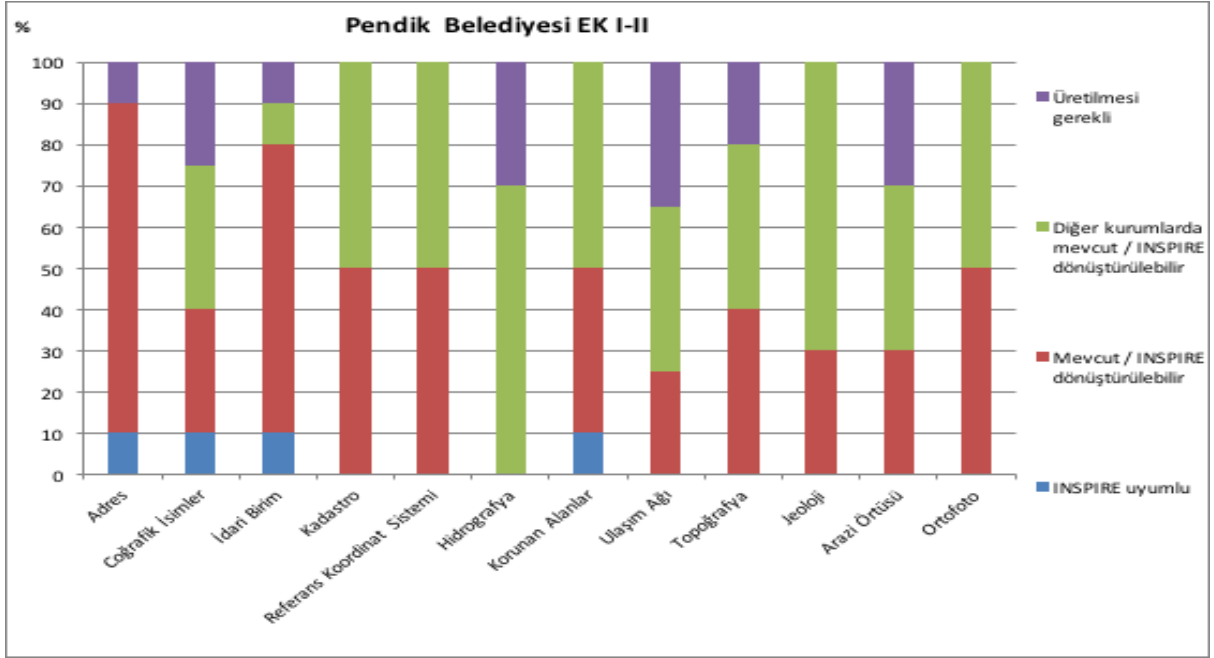
geliştirilmiştir. Söz konusu uygulama yazılımlarının çalıştırılacağı bulut platform, ihtiyaca dayalı olarak konfigüre edilebilir ağlar, sunucular, depolama alanları, uygulamalar ve servisler gibi bilgi teknolojisi kaynaklarının yer aldığı paylaşım havuzuna ağ üzerinden uygun bir şekilde erişim sağlayan, düşük yönetim eforları harcanarak hızlı bir şekilde söz konusu kaynakların tahsis edildiği ve serbest bırakıldığı

bir model sunmaktadır. Dolayısı ile bulut platform hizmetini sağlayacak olan donanım mimarisinin belirlenmesinde, yüksek bulunurluk, yüksek performans, güvenlik, dikey ve yatay genişleme olanağı, ölçeklenebilirlik, esneklik, yönetim kolaylığı gibi ana kriterler dikkate alınmıştır. Tasarlanan bulut platform temel donanım mimarisine ait bileşenler Şekil-1’de betimlenmiştir.

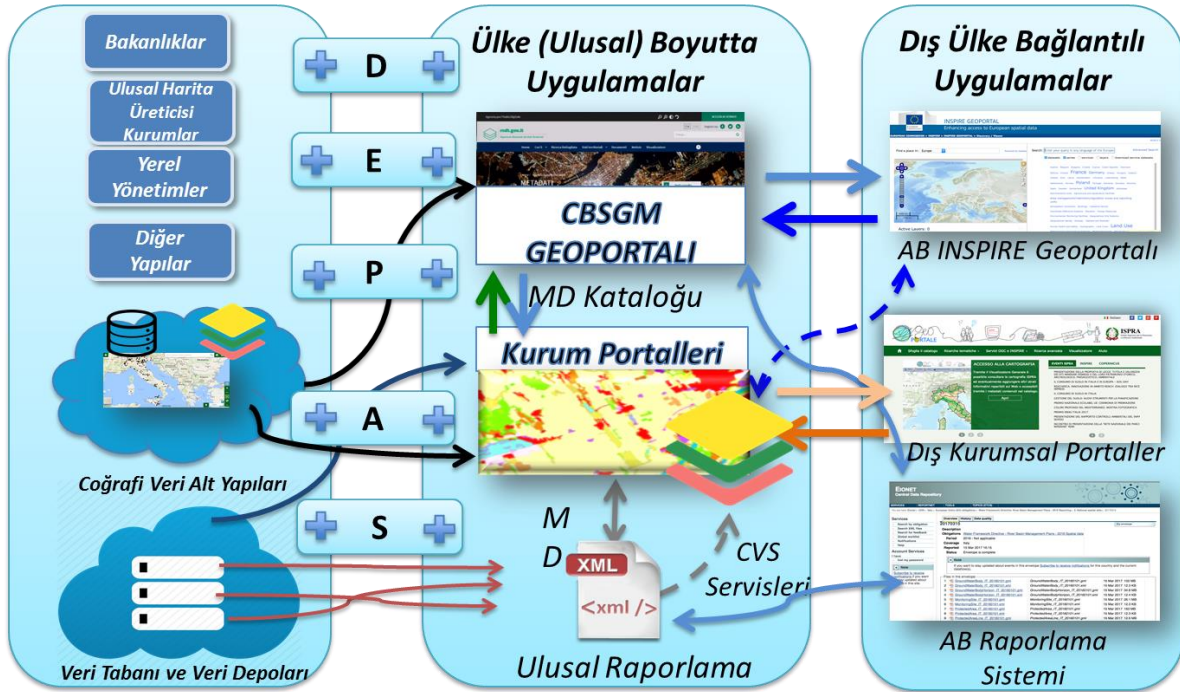


Şekil-1 Bulut Platform Yönetimi ve Temel Donanım Mimarisi (ÇŞB:Çevre ve Şehircilik Bakanlığı)

Anılan platform üzerinde çalışacak olan yazılım sistemlerinin kullanacağı coğrafi büyük verinin INSPIRE EK I, II ve III kapsamında belirlenen coğrafi veri temalarına ait veri içerik katalogları ve 34 coğrafi veri temasında tanımlanan her bir Uygulama Şeması için veri eşleşme tabloları hazırlanmıştır. Anılan çalışma dört farklı pilot bölge olarak Kayseri Büyükşehir Belediyesi, İstanbul-Pendik İlçe Belediyesi, Elazığ Belediyesi ve Muğla Büyük Şehir Belediyesi’de ayrı ayrı gerçekleştirilmiştir. Sonuçta, INSPIRE uyumlu ve dönüştürülebilir veri ile birlikte, üretilmesi gerekli veri grupları belirlenmiştir. Pendik Belediyesi için örnek INSPIRE EK I ve II sonucu Şekil 2’de gösterilmektedir. Pilot bölgeler ve merkezi kurumlarda (CBS çalışmaları yapan kamu kurumları) yapılan çalışmaların sonucunda INSPIRE yapısı ile uyumlu veri ve veri setlerinin hazırlanan ulusal Veri Değişim Stratejisi (VERDES) kapsamında, bir Değişim ve Paylaşım Ağ Sistemi (DEPAS) marifetiyle erişimi ve kullanımı öngörülmektedir. DEPAS’da üç temel işlemi içeren düzey uygulamalar mevcuttur. Bunlar, **Veri Düzeyi** (Veri ve Veri Setleriyle birlikte, bunların meta verilerini, ilgili servisleri ve kayıtları -registers), **Servis Düzeyi** (Bulma, Görüntüleme, İndirme, Transfer ve Çağrı servisleri ile Ağ Servis Grubunda, Ağın Servis Yolu (Bus Service)-Internet ve Hakların Yönetimi İşlemleri), **Uygulama Düzeyi**; (Geoportal ve diğer Uygulamaları -Mobil uygulamalar vs) içermektedir.



Şekil 2. Pendik Belediyesi INSPIRE Direktifi EK I ve II Temalarına göre Veri Durumu Özet Grafiği
DEPAS çerçevesinde öngörülen büyük verinin Akış Modeli ise Şekil 3’de verilmektedir



Şekil 3 DEPAS çerçevesi ve Ulusal ve Uluslararası Kurumsal Veri Akış Modeli



4. SONUÇLAR

Dünya ülkeleri örneklerinde olduğu üzere, büyük verinin dolaştığı bulut tabanlı uygulamalardan beklenen standart kazanımlar; yazılım ve donanım maliyetlerindeki sürdürülebilir etkinlik, deneyimli insan kaynağı, standart verinin süratli olarak yaygınlaştırılması ve kullanılması, farklı kurum ve kuruluşlar tarafından üretilen belirli altlık veriler ile detay verilere süratli ve maliyet etkin olarak erişimin sağlanmasıdır. Böylelikle, daha önce tamamlanmış olan Bulut Bilişim Tabanlı Kent Bilgi Sistemi Altyapı Projesi ile yeni tamamlanan INSPIRE Direktifinin Uygulanmasına Yönelik Teknik Destek Projesi çıktısı olan Yerel Yönetimler Bulut Coğrafi Altyapısının aynı bilişim konseptinde ve aynı kütüphane fonksiyonlarını kullanan uygulama modülleriyle yazılım ve verinin birlikte çalışabilirliğinin sağlanmıştır. Anılan özelliğin akıllı şehirlerin oluşumundaki temel aktörlere fonksiyonel olarak hizmet edeceği beklenmektedir.

INSPIRE düzenlemelerine göre, yerel yönetimlerin ve kamu kurumlarının INSPIRE veri temalarıyla uyumlu tüm coğrafi verileri gerektiği şekilde üretmeleri, hizmetleri kapsamında kullanmaları, ön görülen ağ sistemi vasıtasıyla veri paydaşları ile paylaşımları ve yayımlamaları gerekliliği, söz konusu kurumların hacmi ve çeşitliliği artan coğrafi büyük verisinin faydaya dönüşmesi için bir tercihten ziyade bir zorunluk haline gelmektedir.

INSPIRE yapısı ile uyumlaştırılmış veri seti örnekleri ve verinin değişimi ve paylaşımına yönelik hususları da beraberinde getirmesiyle, söz konusu çözümler Türkiye Ulusal Coğrafi Bilgi Alt Yapısına katkı sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

Lenk O., Tın E. (T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı CBS Gn. Müdürlüğü adına) (2018). INSPIRE Direktifinin Uygulanmasına Yönelik Teknik Destek Projesi Final Raporu (Henüz Yayımlanmadı).



VINCENTY YÖNTEMİ İLE ELİPSOİT YÜZEYİNDE TEMEL ÖDEV ÇÖZÜMLERİ

İbrahim Öztuğ BİLDİRİCİ¹ ve Osman Sami KIRTILOĞLU²

¹ Profesör, Harita Müh. Bölümü, Selçuk Üniversitesi, Konya

² Yrd. Doç. Dr., Harita Müh. Bölümü, İzmir Katip Çelebi Üniversitesi, İzmir
Email: bildirici@selcuk.edu.tr

ÖZET

Elipsoit yüzeyinde büyük uzunluklar için geliştirilmiş olan Vincenty yöntemi hesaplama ve kodlama açılarından irdelenmiş, kodlamada dikkate alınması gereken zayıf noktalara dikkat çekilmiştir. Yöntem, her tür uzunluk için kullanılabilir. Bu özelliğiyle diğer yöntemlere göre yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmada yöntem kodlama açısından analiz edilmiş, zayıflıkları ve hesaplama açısından karşılaşılabilecek riskleri ortaya konmuştur. Önerilen çözümler yapılan uygulama ile de test edilmiş, uygulama ve kodlar çevrimiçi olarak yayımlanmıştır.

ANAHTAR KELİMELER: Elipsoit yüzeyinde temel ödev, Vincenty Yöntemi, Matematiksel Jeodezi

DIRECT AND INDIRECT SOLUTION ON THE ELLIPSOID WITH VINCENTY METHOD

¹ Professor, Geomatics Eng. Department, Selcuk University, Konya

² Assistant Professor, Geomatics Eng. Department, Izmir Katip Celebi University, Izmir
Email: bildirici@selcuk.edu.tr

ABSTRACT

Vincenty method has been widely used for direct and inverse solution problem for long geodesics in mathematical geodesy. It can be applied both for long and short distances. In this study the method is analyzed in terms of deficiencies and computational risks in code development. For such problems suggestions are made. A map mashup application was developed and published online.

KEYWORDS: Direct and indirect solution on the ellipsoid, Vincenty Method, Geometrical Geodesy

NOTASYON



- a, b : Elipsoit yarıçapları
 $f = \frac{a-b}{a}$: Basıklık
 e, e' : Birinci ve ikinci dış merkezlik
 φ : Jeodezik enlem
 $\Delta\lambda$: Boylam farkı
 S : Jeodezik eğri uzunluğu
 α_1, α_2 : Jeodezik eğrinin P_1 ve P_2 deki azimutları
 α_{ek} : Jeodezik eğrinin ekvatordaki azimutu
 u^2 : $u^2 = e'^2 \cos^2 \alpha_{ek}$ (Kısaltma)
 β : İndirgenmiş enlem $\tan \beta = (1-f)\tan \varphi$
 $\Delta\omega$: Yardımcı küre üzerinde boylam farkı
 σ : $P_1 P_2$ arasında küresel açısal uzaklık
 σ_1 : Küre üzerinde ekvatoran P_1 noktasına küresel açısal uzaklık
 σ_m : Küre üzerinde jeodezik eğrinin orta noktasına küresel açısal uzaklık

1. GİRİŞ

Elipsoit yüzeyinde temel ödev çözümleri matematiksel jeodezinin önemli konularından biridir. Triangülasyon yöntemiyle ülke ağlarının oluşturulduğu dönemlerde, noktaların birbirini görme koşulundan dolayı geliştirilen ilk çözümler küçük uzunluklar (150km ve altı) için olmuştur. Uydu tekniklerinin gelişmesiyle büyük uzunluklar için de çözüm yöntemleri uygulamaya girmiştir. Temel ödev çözümleri 4 grupta toplanır. (Demirel ve Üstün 2013, Grossman 1976).

1. Jeodezik eğrinin diferansiyel denklemleri ile elde edilen Legendre serilerine dayanan yöntemler: Bu serilerde bazı kısaltılmalar yaparak hesaplamaya daha elverişli seriler elde edilmiştir. Bunların en çok bilinenleri Screiber'in birinci temel ödev çözümü ve Gauss Ortalama Enlem Yöntemi'dir. Bu yöntemler büyük uzunluklar için sonuç vermez.
2. Jeodezik eğriyi oluşturan noktalar ve kutbun oluşturduğu elipsoidal üçgen ile küresel üçgen arasındaki ilişkiden yararlanılan yöntemler: Bu yaklaşım büyük uzunluklar için geliştirilmiş olup, en yaygın kullanılanı Vincenty Yöntemi'dir (Vincenty 1975).
3. Elipsoidin düzleme ya da küreye izdüşümü yapıp, hesaplama bu yüzeylerde yapılır. Daha sonra elipsoide ters izdüşüm ile çözüm elde edilebilir. Bu grupta uygulamada en çok kullanılanı Gauss-Krüger Projeksiyonu'nda indirgeme bağıntıları ile yapılan çözümdür (Demirel ve Üstün 2013, s.180).
4. Bazı çözümlerde jeodezik eğri yerine kiriş, normal kesit yayı, loksodrom ya da uç noktalarındaki azimutları bu noktalardan geçen normal kesit eğrisinin azimutlarına eşit olan eğriler kullanılır.

Bu çalışmada büyük uzunluklar için geliştirilmiş olan Vincenty yöntemi incelenecek, yöntemin programlama tekniği açısından özellikleri ve zayıf noktaları ele alınacaktır. Önerilen yaklaşımlar JavaScript dili ile çevrimiçi Google Maps mashup uygulaması olarak da geliştirilmiş olup, uygulama çevrimiçi yayınlanmaktadır (<http://atlas.selcuk.edu.tr/maps>).

2. VINCENTY YÖNTEMİ

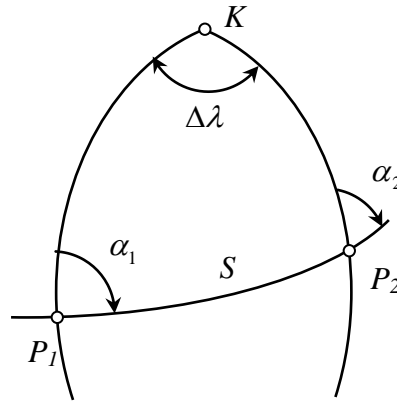
Temel ödev çözümleri coğrafi koordinatlar ve jeodezik kutupsal koordinatlar arasında dönüşüm işleminden başka bir şey değildir. Birinci temel ödevde bir noktanın coğrafi koordinatları (elipsoidal enlem ve boylam), ikinci noktaya olan jeodezik eğri uzunluğu ve jeodezik eğrinin birinci noktadaki azimutu biliniyor iken ikinci noktanın coğrafi koordinatlarının ve ikinci noktadaki azimutun bulunması istenir. İkinci temel ödevde ise iki noktanın coğrafi koordinatları biliniyorken aralarındaki jeodezik eğri uzunluğu ile jeodezik eğrinin verilen noktalarındaki azimutlarının bulunması istenir (Şekil 1). Özet olarak verilenler ve istenenler aşağıdaki gibidir.

Birinci Temel Ödev:

Verilenler: $\varphi_1, \lambda_1, \alpha_1, S$ İstenenler: $\varphi_2, \lambda_2, \alpha_2$

İkinci Temel Ödev:

Verilenler: $\varphi_1, \lambda_1, \varphi_2, \lambda_2$ İstenenler: S, α_1, α_2



Şekil 1. Elipsoit yüzeyinde birinci ve ikinci temel ödev

Kaynaklarda çok sayıda çözüm yöntemi vardır. Bildirici (2017) kısa uzunluklar için en yaygın kullanılan Schreiber ve Gauss Ortalama Enlem yöntemleri ile Vincenty yöntemini karşılaştırmış, ilk iki yöntemin hangi uzunluklara kadar kullanılabileceğini deneysel olarak göstermiştir. Vincenty yöntemi kısa uzunluklarda da geçerli olduğundan her tür uzunlukta kullanılması önerilmiştir. Yöntemde yarıçapı ekvator yarıçapı kadar olan bir yardımcı küreden yararlanılır. Jeodezik eğri ile yardımcı kürede oluşan büyük daire yayı arasında ilişki kurularak oluşturulan iç içe eşitliklere dayalı bir çözüm yapılmıştır (Vincenty 1975).

Birinci Temel Ödev

İlk olarak birinci noktanın indirgenmiş enlemi (β_1), yardımcı küre üzerinde ekvatorдан birinci noktaya kadar açısız büyük daire yayı uzunluğu (σ_1) ve jeodezik eğrinin ekvatordaki azimutu (α_{ek}) hesaplanır.

$$\tan \beta_1 = \frac{1}{\sqrt{1+e'^2}} \tan \varphi_1 \quad (1)$$



$$\tan \sigma_1 = \frac{\tan \beta_1}{\cos \alpha_1} \quad (2)$$

$$\sin \alpha_{ek} = \cos \beta_1 \sin \alpha_1 \quad (3)$$

A ve B büyüklükleri hesaplanır.

$$\bar{u}^2 = e'^2 \cos^2 \alpha_{ek}$$

$$A = 1 + \frac{\bar{u}^2}{16384} \{4096 + \bar{u}^2 [-768 + \bar{u}^2 (320 - 175\bar{u}^2)]\} \quad B = \frac{\bar{u}^2}{1024} \{256 + \bar{u}^2 [-128 + \bar{u}^2 (74 - 47\bar{u}^2)]\} \quad (4)$$

$\Delta\sigma$ parametresi, σ başlangıç değeri, $\sigma = \frac{S}{bA}$ alınarak, $\Delta\sigma$ parametresindeki değişim 10^{-14} değerinden küçük oluncaya kadar iteratif hesaplanır (5 bağıntıları tekrar edilir).

$$2\sigma_m = 2\sigma_1 + \sigma \quad (5)$$

$$\Delta\sigma = B \sin \sigma \left\{ \cos 2\sigma_m + \frac{1}{4} B [\cos \sigma (-1 + 2 \cos^2 2\sigma_m) - \frac{1}{6} B \cos 2\sigma_m (-3 + 4 \sin^2 \sigma) (-3 + 4 \cos^2 2\sigma_m)] \right\} \quad (6)$$

$$\sigma = \frac{S}{bA} + \Delta\sigma \quad (7)$$

İkinci noktanın coğrafi koordinatları,

$$\tan \varphi_2 = \frac{\sin \beta_1 \cos \sigma + \cos \beta_1 \sin \sigma \cos \alpha_1}{(1-f) \left[\sin^2 \alpha_{ek} + (\sin \beta_1 \sin \sigma - \cos \beta_1 \cos \sigma \cos \alpha_1)^2 \right]^{\frac{1}{2}}} \quad (8)$$

$$\tan \Delta\omega = \frac{\sin \sigma \sin \alpha_1}{\cos \beta_1 \cos \sigma - \sin \beta_1 \sin \sigma \cos \alpha_1} \quad (9)$$

$$C = \frac{f}{16} \cos^2 \alpha_{ek} [4 + f(4 - 3 \cos^2 \alpha_{ek})] \quad (10)$$

$$\Delta\lambda = \Delta\omega - (1-C)f \sin \alpha_{ek} \left\{ \sigma + C \sin \sigma [\cos 2\sigma_m + C \cos \sigma (-1 + 2 \cos^2 2\sigma_m)] \right\} \quad (11)$$
$$\lambda_2 = \lambda_1 + \Delta\lambda$$

İkinci noktadaki azimut,

$$\tan \alpha_2 = \frac{\sin \alpha_{ek}}{-\sin \beta_1 \sin \sigma + \cos \beta_1 \cos \sigma \cos \alpha_1} \quad (12)$$

İkinci Temel Ödev

İlk olarak ilk olarak iki noktanın indirgenmiş enlem değerleri hesaplanır. Yardımcı kürede boylam farkı değeri ($\Delta\omega$), başlangıç değeri, $\Delta\omega = \Delta\lambda$ alınarak, değişim 10^{-14} den küçük oluncaya kadar iteratif hesaplanır (13-17 bağıntıları tekrar edilir).



$$\tan \sigma = \frac{\sqrt{(\cos \beta_2 \sin \Delta \omega)^2 + (\cos \beta_1 \sin \beta_2 - \sin \beta_1 \cos \beta_2 \cos \Delta \omega)^2}}{\sin \beta_1 \sin \beta_2 + \cos \beta_1 \cos \beta_2 \cos \Delta \omega} \quad (13)$$

$$\sin \alpha_{ek} = \cos \beta_1 \cos \beta_2 \sin \Delta \omega / \sin \sigma \quad (14)$$

$$\cos 2\sigma_m = \cos \sigma - 2 \sin \beta_1 \sin \beta_2 / \cos^2 \alpha_{ek} \quad (15)$$

$$C = \frac{f}{16} \cos^2 \alpha_{ek} [4 + f(4 - 3 \cos^2 \alpha_{ek})] \quad (16)$$

$$\Delta \omega = \Delta \lambda + (1 - C) f \sin \alpha_{ek} \left\{ \sigma + C \sin \sigma [\cos 2\sigma_m + C \cos \sigma (-1 + 2 \cos^2 2\sigma_m)] \right\} \quad (17)$$

Jeodezik eğri uzunluğu ve azimutlar:

$$S = bA(\sigma - \Delta \sigma) \quad (18)$$

$$\tan \alpha_1 = \frac{\cos \beta_2 \sin \Delta \omega}{\cos \beta_1 \sin \beta_2 - \sin \beta_1 \cos \beta_2 \cos \Delta \omega} \quad \tan \alpha_2 = \frac{\cos \beta_1 \sin \Delta \omega}{-\sin \beta_1 \cos \beta_2 + \cos \beta_1 \sin \beta_2 \cos \Delta \omega} \quad (19)$$

3. İRDELEME

Yöntemdeki iteratif hesaplamalar, özel haller dışında en çok 6 adımda sona ermektedir. Tüm bağıntılarda tanjant fonksiyonunun tersi programlama dillerinde bulunan atan2 fonksiyonu ile alınmalıdır. Bu şekilde hem açıların $-\pi, \pi$ aralığında kalması sağlanır, hem de sıfıra bölümden kaçınılmış olur.

Vincenty (1975) yöntemin 20 000km civarındaki uzunluklar için kararsız olduğunu belirtmiştir. Bunun nedeni bu tür noktaların yaklaşık çapsal karşılıklı olmalarıdır. Bu durum iki şekilde ortaya çıkar. İkinci temel ödevde (13-17) eşitlikleri ile gerçekleştirilen iterasyon sona ermeyebilir. Bu durum kodlamada dikkate alınmalı, iterasyonun uzaması halinde döngü durdurulmalıdır. Birinci temel ödevde ise iterasyonla ilgili bir sorun çıkmaz. Ancak hesaplanan ikinci noktanın koordinatları doğru olmayabilir. Burada jeodezik eğri iki ya da daha çok parçaya bölünerek hesaplama aşamalı gerçekleştirilebilir. İki nokta iki jeodezik eğri ile birleştirilebilir. Bunlardan kısa olanı pratik olarak 20 000km den daha kısadır. Bu nedenle pratikte bu sorunla nadiren karşılaşılır.

Vincenty (1975) de dikkat çekilen ikinci bir durum noktaları ekvator üzerinde olmasıdır. Bu durumda

$$\beta_1 = 0, \sigma_1 = 0, \alpha_{ek} = \frac{\pi}{2} \text{ olacağından bağıntılarda sıfıra bölüm problemleri ortaya çıkar. Kodlamada bu}$$

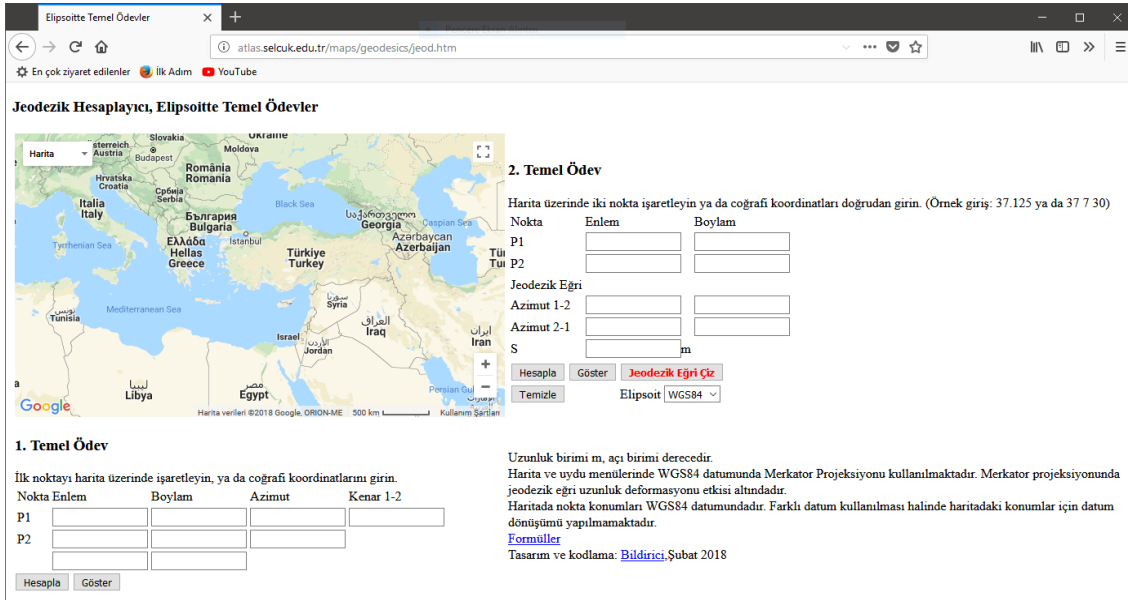
durum dikkate alınmalı, jeodezik eğri ekvatora çakışık ise ekvator yarıçapından yararlanarak hesaplamalar basitçe yapılmalıdır. Vincenty'nin dikkat çekmediği bir başka durum ikinci temel ödevde ekvatora yakın ve enlemleri eşit olan noktalar arasında ortaya çıkan hesaplama problemidir. Bu tür noktalardan geçen jeodezik eğrinin ekvatorla kesişimi belirsizleştiğinden (15) bağıntısında kosinüs değeri -1,1 aralığının hafifçe dışında olabilmektedir. Bağıntılarda σ_m açısı gerekmediğinden ters kosinüs alınmayıp doğrudan $\cos 2\sigma_m$ değeri kullanılarak sorun aşılabılır. Bu şekilde hesapsal bir problemle karşılaşılmayıp, doğru sonuçlar elde edilebilir. Noktaların aynı meridyen üzerinde yer alması hesapsal olarak bir sorun çıkartmaz, yöntem iki nokta arasındaki meridyen yay uzunluğunu kolaylıkla bulur.

Birinci temel ödevde noktaların konumuna bağlı olarak ikinci nokta boylamı $+\pi, -\pi$ aralığını aşabilmektedir. Bu durum kodlamada dikkate alınarak gerekli hallerde düzeltme yapılmalıdır.

A, B ve $\Delta\sigma$ parametreleri (4 ve 6 bağıntıları) için hesap doğruluğunu biraz düşüren kısaltılmış bağıntılar da verilmiştir. Günümüz bilgisayarlarında kısaltılmış bağıntıların sağlayacağı hız kazancı önemsizdir.

4. UYGULAMA

Yukarıda verilen irdelemeler de dikkate alınarak yöntem JavaScript dili ile kodlanmış ve bir Google Maps mashup uygulaması hazırlanmıştır. Uygulamada ilgili noktaların konumları da harita üzerinde gösterilmektedir. Harita üzerinde istenirse noktalar jeodezik eğri ile de birleştirilebilir. Değişik elipsoitler üzerinde hesaplama yapılabilir. Uygulamanın özellikle noktaların ve jeodezik eğrinin harita üzerinde gösterilmesi nedeniyle jeodezi eğitiminde yararlı olacağı değerlendirilmektedir.



Şekil 2. Google Map mashup uygulaması arayüzü

Uygulamaya, benzer başka uygulamaların da yer aldığı <http://atlas.selcuk.edu.tr/maps> adresinden erişilebilir. HTML kodundan bağımsız olarak hazırlanan <http://atlas.selcuk.edu.tr/maps/geodesics/geod2.js> kod dosyasına bağlantı sağlanarak hazırlanan fonksiyonlara web geliştiricilerinin ulaşması da mümkündür. Bu şekilde oluşturulan kodlar da çevrimiçi erişime açılmış durumdadır (Şekil 2).

5. SONUÇ

Elipsoit yüzeyinde büyük uzunluklar için geliştirilmiş olan Vincenty yöntemi hesaplama ve kodlama açılarından irdelenmiş, kodlamada dikkate alınması gereken zayıf noktalara dikkat çekilmiştir. Yöntem, her tür uzunluk için kullanılabilir. Bu özelliğiyle diğer yöntemlere göre yaygın olarak kullanılmaktadır. Hazırlanan bir uygulama ile yapılan çalışma hem uygulama hem de kod olarak çevrimiçi kullanıma açılmıştır.

KAYNAKLAR



- Bildirici, İ. (2017). Elipsoit Yüzeyinde Temel Ödev Çözümleri Üzerine Bir İnceleme. Geomatik, 2 (1), 53-59. DOI: 10.29128/geomatik.294992
- Demirel, H. ve Üstün, A. (2013) Matematiksel Jeodezi, Yayınlanmamış Ders Notu, <http://atlas.selcuk.edu.tr/1205429/dokumanlar/jeodezi2013.pdf>
- Grossman, W. (1976). Geodatische Rechnungen and Abbildungen in der Landesvermessungen, 3. Auflage. Konrad Wittwer, Stuttgart, (s 14), 63.
- Vincenty, T. (1975). Direct and inverse solutions of geodesics on the ellipsoid with application of nested equations. Survey review, 23(176), 88-93.



SİMETRİK KOORDİNAT DÖNÜŞÜMÜNÜN JEODEZİK ÇALIŞMALAR KATKISI: İKİ BOYUTLU ÖRNEKLER ÜZERİNDEN BİR İRDELEME

S. Ö. Uygur¹, C. Aydın² ve O. Akyılmaz³

¹ Araştırma Görevlisi, Harita Müh. Bölümü, Yıldız Teknik Üniversitesi, Esenler/İstanbul

² Doçent Doktor, Harita Müh. Bölümü, Yıldız Teknik Üniversitesi, Esenler/İstanbul

³ Profesör, Geomatik Müh. Bölümü, İstanbul Teknik Üniversitesi, Ayazağa/İstanbul

Email: ouygur@yildiz.edu.tr, caydin@yildiz.edu.tr, akyilma2@itu.edu.tr

ÖZET

Her koordinat dönüşümü aslında simetrik bir koordinat dönüşüm problemidir. Çünkü dönüşüme konu olan başlangıç (eski) ve hedef (yeni) sistem koordinatlarının her ikisi birden rasgele değişkendir. Bu dönüşüme ilişkin matematiksel modelde koordinat hataları ve dönüşüm parametreleri doğrusal olmayan bir fonksiyon olarak geçtiği için, çözümde çeşitli yaklaşımlar kullanılır: Bunlardan en bilineni, başlangıç sisteminin hatasız olduğu varsayılarak yapılan (ağırlıklı ya da ağırlıksız) klasik dengeleme çözümüdür. Bu öyle pratik ve yaygın bir çözümdür ki, jeodezik ve fotogrametrik çalışmalarda tek ve en doğru çözüm olduğu algısına bile yol açmıştır. TLS (toplam en küçük kareler) dengeleme çözüm algoritmalarının yaygınlaşması sonrasındaki süreçte –sınırlı ya da tek örnek üzerinden parametre düzeyinde- yapılan bazı karşılaştırma çalışmaları ile problemin “simetrik” olarak ele alınmasının aşırı bir çaba olduğu genellemesine de gidilmiştir. Her iki sisteme ilişkin koordinatların özdeş bir kovaryans matrisine sahip olması ve/veya “koordinat/hata” oranının büyük olması durumlarında simetrik ve klasik dönüşüm ile elde edilen ölçek ve dönüklük açılarındaki gerçekten küçük miktarlarda fark gözlenir. Ancak, bu tek başına, simetrik koordinat dönüşümünün gereksiz olduğu sonucunu üretmez. Dahası, son dönemdeki üç boyutlu çalışmalarımız, simetrik dönüşümün yeni noktaların prediksyonunda daha iyi sonuçlar verdiğini göstermektedir. Bu çalışma ise, klasik ve simetrik iki boyutlu koordinat çözümü sonrasında elde edilen yeni noktaların konum hatalarını karşılaştırmaktadır. Geniş bir parametre ve stokastik örnekleme stratejisine dayanan simülasyonlara göre, simetrik koordinat dönüşümünün yeni noktaların prediksyonunda nasıl daha doğru sonuçlar verdiği gösterilmekte ve tartışılmaktadır.

ANAHTAR KELİMELELER: Simetrik koordinat dönüşümü, toplam en küçük kareler, Gauss-Helmert modeli, Konum hatası

CONTRIBUTION OF SYMMETRIC COORDINATE TRANSFORMATION TO GEODETIC STUDIES: A DISCUSSION OVER TWO-DIMENSIONAL EXAMPLES

¹ Research Assistant, Geomatic Eng. Department, Geodesy Division, Yıldız Tech. Univ., İstanbul

² Associate Professor, Geomatic Eng. Department, Geodesy Division, Yıldız Tech. Univ., İstanbul

³ Professor, Geomatics Eng. Department, İstanbul Teknik Üniversitesi, Ayazağa/İstanbul

Email: ouygur@yildiz.edu.tr, caydin@yildiz.edu.tr, akyilma2@itu.edu.tr



ABSTRACT

Every coordinate transformation is actually a symmetric coordinate transformation since the coordinates of both start (old) and target (new) systems in the transformation problem are random variables. As the coordinate errors and unknown parameters are non-linear functions of each other in the mathematical model of this symmetric transformation, some approximations are essential. The well-known approximate solution is the classical (weighted or unweighted) adjustment solution in which the start system coordinates are assumed to be errorless. This is such a practical and common solution that even perceived to be unique and the best solution in geodetic and photogrammetric studies. With the widespread TLS (Total Least-Squares) algorithms, some studies based on a single example and parameter-only comparisons also generalized that considering the problem as “symmetric” was hastiness. When the covariance matrices of the coordinates of two systems are equivalent and/or the ratio of “coordinate/its error” is high enough, it is true that small differences are observed in scale and rotation estimates of symmetric and classical transformations. However, this result does not mean alone that the symmetric transformation is unnecessary. In addition to this, our recent studies show that the symmetric transformation in three-dimensional problems improves the prediction of the new points’ coordinates efficiently. In this study, the positioning errors of new points obtained with two-dimensional classical and symmetric coordinate transformations are compared. According to the simulations based-on an extensive parameter and stochastic sampling strategy, it is shown and discussed how the symmetric coordinate transformation leads to more accurate predictions for the new points.

KEYWORDS: Symmetric coordinate transformation, total least-squares, Gauss-Helmert model, Positioning error

1. İKİ BOYUTLU SİMETRİK KOORDİNAT DÖNÜŞÜMÜ

p sayıdaki noktanın başlangıç (\mathbf{x}_1) ve hedef (\mathbf{x}_2) sistem koordinatları arasında yazılan “ $\mathbf{x}_2=\mathbf{T}+\mathbf{H}\mathbf{x}_1$ ” iki boyutlu dönüşüm eşitliğinde koordinat rasgele hataları, $\mathbf{e}_1\sim\mathbf{N}(\mathbf{0}, \mathbf{C}_{x_1})$ ve $\mathbf{e}_2\sim\mathbf{N}(\mathbf{0}, \mathbf{C}_{x_2})$, düşünülürse,

$$\mathbf{x}_2-\mathbf{e}_2=\mathbf{T}+\mathbf{H}(\mathbf{x}_1-\mathbf{e}_1) \quad (1)$$

simetrik koordinat dönüşüm eşitliği elde edilir. Burada \mathbf{T} , $2p\times 2$ boyutlu “[$\mathbf{I} \dots \mathbf{I}$]^T \mathbf{t} ” öteleme matrisi; \mathbf{t} , 2×1 boyutlu bilinmeyen öteleme vektörü; \mathbf{H} , $2p\times 2p$ boyutlu bilinmeyen ölçek ve dönüklük parametrelerini içeren blok-köşegen dönüşüm matrisi (örneğin, benzerlik dönüşümünde her bir blok “[$\cos\varphi \ -\sin\varphi; \ \sin\varphi \ \cos\varphi$]” k ölçek çarpanı ve φ dönüklük açılı dönüşüm matrisini içerir, bkz. Demirel 2009) ve \mathbf{C} , $2p\times 2p$ boyutlu kovaryans matristir.

(1) dönüşüm eşitliği, “ $\mathbf{H}\mathbf{e}_1$ ” nedeniyle doğrusal değildir. Çözüm için Schaffrin ve Weiser (2008)’de verilen ağırlıklı TLS ilkesi ve ona bağlı olarak türetilen iteratif algoritmalar (bkz. Aydın vd. 2014) kullanılır. Yanı sıra, Neitzel (2010)’da verilen doğrusal-olmayan Gauss-Helmert modeli biçiminde de çözüm yapmak mümkündür. Bu “doğrusal olmayan iteratif dengeleme” çözümü, uygulamadaki kolaylıkları nedeniyle, birçok simetrik koordinat dönüşümü probleminde kullanılmaktadır. Tüm TLS algoritmaları özdeş dönüşüm parametre çözümleri verir.

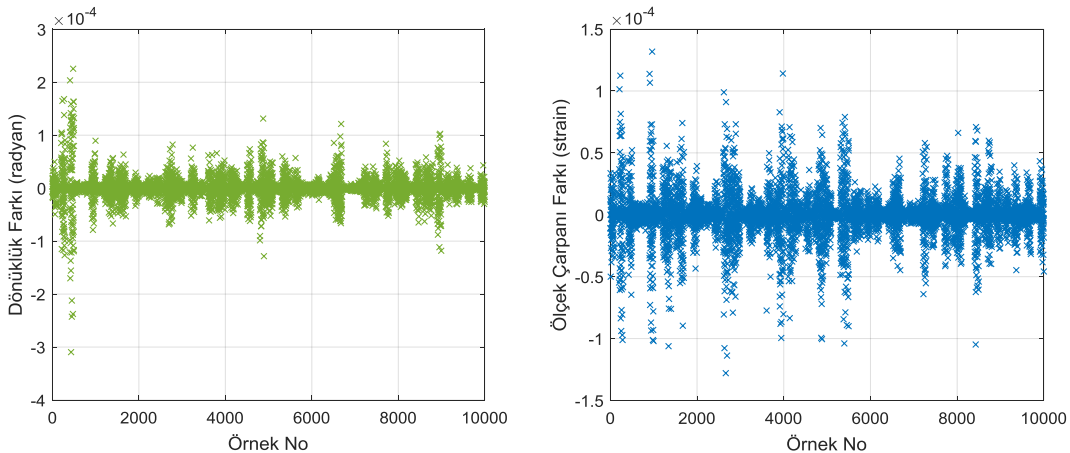
2. KONUM DOĞRULUĞU KARŞILAŞTIRMASI, SONUÇ ve ÖNERİLER

İki boyutlu simetrik benzerlik ve afin koordinat dönüşümünün klasik koordinat dönüşümüne göre nasıl katkı sağladığını incelemek için bir simülasyon çalışması tasarlanmıştır. Bu simülasyon, aşağıdaki stratejilere sahiptir:

I) Her bir örnek için, 5 ile 50 arasında rasgele seçilen noktanın başlangıç sistemi koordinatları $\langle 0 \text{ ile } 10000 \rangle \text{m}$ arasında olacak şekilde rasgele şekilde oluşturulmaktadır. Bu örnek için ötelemeler $\langle 0 \text{ - } 1000 \rangle \text{m}$ arasında, ölçek çarpanı $\langle 0.5 \text{ ile } 1.5 \rangle$ arasında, dönüklükler ise $\langle 0 \text{ ile } 360 \rangle$ derece arasında olacak şekilde rasgele belirlenmekte, bu parametreler yardımıyla hatasız hedef sistem koordinatları türetilmektedir. Bu koordinatların ağırlık katsayıları matrisleri, köşegenleri $\langle 0 \text{ ile } 1 \rangle$ arasında olacak şekilde uniform dağılımlı olarak üretilmekte, bunlara uygun şekilde bir noktanın koordinatları $\langle -0.80 \text{ ve } 0.80 \rangle$ arasındaki bir oranda ve noktalar ise $\langle -0.20 \text{ ile } 0.20 \rangle$ arasındaki bir oranda korelasyonlu olacak şekilde pozitif tanımlı olarak oluşturulmaktadır. Bu ağırlık katsayıları matrisleri, varyans çarpanlarıyla ölçeklendirilerek, kovaryans matrisine (C' 'ye) dönüştürülmektedir.

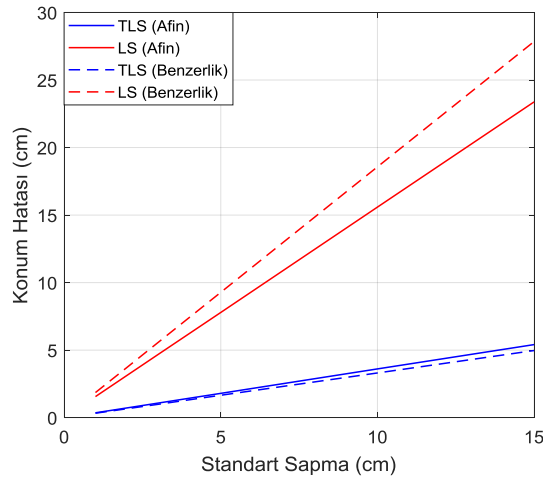
II) Her bir örnek için 100 farklı e_1 ve e_2 rasgele hata vektörü ilgili kovaryans matrisleri yardımıyla üretilmektedir. Bu hatalar bilinen koordinatlara eklenerek x_1 ve x_2 koordinat setleri elde edilmektedir. Her bir örneğe TLS çözümü ve başlangıç sisteminin kovaryans matrisinin dikkate alınmadığı klasik dengeleme çözümü uygulanmaktadır. Bir örnekteki merkez noktanın hedef sisteminde bilinen $\langle x_c \text{ ve } y_c \rangle$ koordinatları ile kestirilen parametrelerle elde edilen $\langle x_c' \text{ ve } y_c' \rangle$ koordinatlar arasındaki dx ve dy farkları incelenmektedir. Bir örnekteki 100 rasgele dx ve dy farklarından (hatalarından), $([dx^2+dy^2]/100)^{0.5}$ eşitliğine göre, konum hatası deneysel olarak elde edilmektedir.

Çalışmada sistem ve hedef koordinat kovaryans matrisleri özdeş varyans çarpanlarıyla ölçeklendirilmiştir: Bu varyans çarpanlarının karekökleri, 1, 2, 3, 5, 10 ve 15 cm'dir (bu, bir noktanın her iki sistemde yaklaşık bu kadar ya da 1.4 katı kadar konum hatalı demektir). Her bir varyans çarpanı için 100 farklı örnek ve her bir örnek için yukarıdaki ikinci stratejiye göre 100 farklı rasgele hata vektörleriyle (toplam 10 bin örnek ile) analiz yapılmıştır. Afin dönüşüme ilişkin 9 cm^2 varyans çarpanlı durum için TLS ve klasik dönüşüm ile elde edilen dönüklük ve ölçek çarpanı farkları Şekil 1'de gösterilmiştir (x ve y 'ler için hemen hemen aynı farklar bulunmuştur). Daha küçük varyans çarpanı için bu farklar azalmakta, daha büyük varyans çarpanı için en fazla 10^{-1} miktarda artmaktadır. Benzerlik dönüşümünde de benzer sonuçlar bulunmaktadır.



Şekil 1. İki boyutlu simetrik ve klasik afin koordinat dönüşümü arasındaki dönüklük ve ölçek farkları

Ancak, her bir örnekteki merkez nokta konum hatalarına bakıldığında, durum Şekil 1’dekinden oldukça farklıdır. 1’den 15 cm’ye kadar olan standart sapmalara karşılık gelen örneklerden elde edilen konum hataları benzerlik ve afin dönüşümler için Şekil 2’de özetlenmiştir (Her bir standart sapmaya karşılık gelen konum hatası, 100 örneğe ilişkin 100 örneklemeden elde edilen konum hatalarının aritmetik ortalamasıdır). Buradan nokta koordinat standart sapmaları büyüdükçe, simetrik ve klasik dönüşüme ilişkin konum hatalarının arttığı, ancak artış oranının simetrik koordinat dönüşümünde belirgin biçimde az olduğu görülmektedir: Şekil 2’deki sonuçlar dikkate alındığında, simetrik koordinat dönüşümünün, klasik dönüşüme göre yaklaşık 4 kat (benzerlik dönüşümünde 5.6 kat) daha doğru nokta prediksyonu sağladığı sonucuna ulaşılmaktadır. Bir başka deyişle, başlangıç sistem koordinatlarındaki rasgele hatalar dönüşüm parametre değerlerinde hissedilen bir değişim meydana getirmez, ancak bunların nokta konum hataları gibi başka fonksiyonlara etkisi, “anlamsız ve hissedilmez” olarak değerlendirilemez. Bu nedenle, iki boyutlu simetrik ve afin dönüşüm problemlerinde başlangıç sistem koordinatlarının hataları göz önüne alınmalı; problem simetrik koordinat dönüşümü olarak düşünülmelidir. Son olarak şu noktaya değinmek gerekir: Uygulamadan bilindiği üzere, buradaki gibi gerçekçi kovaryans matrislere ulaşmak her zaman mümkün değildir. O zaman, ne yapılmalıdır? İlk, varyans bileşen kestirim algoritmaları probleme dahil edilmelidir. Ancak, bunun için de güvenilir kofaktör bilgisi gerekir. Uygulamada bunlara da ulaşmak çok mümkün olmayabilir. Koordinatlar hatalyken bunları dönüşümün stokastik kısmında ele almamak, tersine, klasik dönüşüm ile küçük standart sapmalı sonuçlar elde edilmesi anlamına gelir. Bir başka deyişle, bir klasik dönüşüm sonucunda elde edilen standart sapma kestirimleri, bu yüzden, doğruluğu değil, hassasiyeti temsil eder (edebilir!).



Şekil 2. Nokta koordinat standart sapmalarına karşılık merkez nokta konum hataları değişimi

KAYNAKLAR

- Aydın, C., Uygur, M., Uygur, S. Ö. (2014). Ağırlıklı toplam en küçük kareler çözümü: Üç farklı algoritma ve 2-boyutlu afin dönüşümüne uygulanması. *Harita Dergisi*, **152**, 1-11.
- Schaffrin, B. ve Wieser, A. (2008). On weighted total least-squares adjustment for linear regression. *Journal of Geodesy*, **82**, 415-421.
- Neitzel, F. (2010). Generalization of total least-squares on example of unweighted and weighted 2D similarity transformation, *Journal of Geodesy*, **84**: 751-762.



YERÇEKİMİ İVMESİ BİRİMİNİN OLUŞTURULMASI VE ULUSLARARASI DENKLİĞİNİN SAĞLANMASI

C. Kırbaş¹, E. Bilgiç¹, E. Sadıkoğlu¹, İ. Coşkun¹ ve Y.A. Akdoğan²

¹ TÜBİTAK Ulusal Metroloji Enstitüsü, Gebze/KOCAELİ

² Harita Genel Komutanlığı, Cebeci/ANKARA

Email: cafer.kirbas@tubitak.gov.tr

ÖZET

Kuvvet, basınç biriminin mevcut tanımına ve kütle biriminin 2018 yılında yeni yapılacak tanımına uygun olarak oluşturulmasında, jeodezi ve jeoloji alanındaki araştırmalarda, yerçekimi ivmesi büyüklüğü kullanılmaktadır ve bu büyüklüğün yüksek doğrulukla belirlenmesi metroloji bilimi açısından bir gerekliliktir. Ülke içerisindeki yerçekimi ivmesi ölçümlerinin uluslararası alanda denkliğinin sağlanması için düzenli aralıklarla uluslararası karşılaştırmalara katılım sağlanmaktadır. Bu bildiriye yerçekimi ivmesi biriminin oluşturulması ve katılan uluslararası karşılaştırmalar hakkında bilgi sunulmaktadır.

ANAHTAR KELİMELER: Mutlak yerçekimi ivmesi, Uluslararası karşılaştırma, Gravimetre

ESTABLISHMENT OF ABSOLUTE GRAVITY UNIT AND ITS DEGREE OF EQUIVALANCE WITH INTERNATIONAL SYSTEM

¹ TÜBİTAK National Metrology Institute, Gebze/KOCAELİ

² General Commander of Mapping, Cebeci/ANKARA

Email: cafer.kirbas@tubitak.gov.tr

ABSTRACT

Absolute gravity is of utmost importance for the realization of the unit of force, pressure according to their definition as well as mass unit according to the new definition to be made in 2018, and also for the researches in the field of geodesy and geology. Thus it is a necessity for the realization of the unit of absolute gravity in metrology. Prove of the quality of the absolute gravity measurements in the country and their validation is ensured by participation in international comparisons. This paper presents the information about the establishment of gravity and participated international comparison on gravity.

KEYWORDS: Absolute gravity measurement, International Comparison, Gravimeter

1. GİRİŞ

Dünya üzerindeki nesnelere dünya merkezine doğru yerçekimi ivmesi (gravite) ile çekilmektedir. Newton'un çekim yasası denklemi üzerinden yapılan hesaplama sonucunda, dünya yüzeyindeki yerçekimi ivmesi, bulunan coğrafik konuma göre yaklaşık $(9,8 \pm 0,02) \text{ m/s}^2$ ortalama bir değere sahiptir. Bu değer dünya yüzeyindeki kütle dağılımı ve dünyanın dönüşüne de bağımlı olarak sırasıyla mGal ve μGal ($1 \text{ Gal} = 10^{-2} \text{ m/s}^2$) mertebesinde değişmektedir.



İlk olarak 17. yüzyılda ortaya atılan yerçekimi ivmesinin teorisi, başlangıçta basit sarkaç yöntemi kullanılarak hesaplanmaktaydı. Sonraki dönemlerde yapılan araştırmalar sonucunda, günümüzde yerçekimi ivmesi serbest düşme hareketi deneyine göre mutlak olarak belirlenmektedir. Serbest düşme hareketi yöntemine göre, vakum içerisinde bulunan ve belirli bir yükseklikten düşen cismin, düşme hareketi süresi boyunca yerdeğiştirme ve zaman veri çiftlerinin ölçülmesi ile yerçekimi ivmesi hesaplanabilmektedir. Serbest düşme hareketi yanı sıra, bir cisme bağlı olan yayın yerçekimi ivmesine göre uzaması fiziksel prensibine bağlı olarak da bağlı yerçekimi ivmesi ölçümleri yapılmaktadır. Atomik yerçekimi ivmesi ölçer cihazları ile yerçekimi ivmesi bağlı olarak ölçülebilmektedir. Günümüzde yerçekimi ivmesi ölçüm cihazları olan mutlak gravimetreler, serbest düşme yöntemi ile çalışmaktadır ve 2 μ Gal ile 10 μ Gal belirsizlikle ölçümler yapabilmektedirler.

2. YERÇEKİMİ İVMESİ BİRİMİ STANDARDININ OLUŞTURULMASI ve YAYGINLAŞTIRILMASI

Yerçekimi ivmesi fiziksel bir büyüklük olması nedeniyle en yüksek doğrulukla bilinmesi ve ölçülmesi gerekli olan büyüklüklerden biridir. Bu amaçla ülkelerin Ulusal Metroloji Enstitülerinde yerçekimi ivmesi birimi oluşturularak, periyodik ölçümlerle takibi yapılmakta ve zamana göre değişimleri gözlenmektedir. Ayrıca bazı büyüklüklerin tanımı içerisinde yerçekimi ivmesinin bilinmesi gerekmektedir. Kuvvet, basınç ve kütle gibi temel ve türetilmiş SI birimlerinin birincil standartlarının oluşturulmasında yerçekimi ivmesinin yüksek doğrulukla bilinmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Örneğin; kütle biriminin yeniden tanımlanmasına yönelik “Kıble Balance” sisteminde de yerçekimi ivmesinin birkaç μ Gal belirsizlikle belirlenmesi bir gerekliliktir. Yerçekimi ivmesi sadece metrolojide değil, jeodezi ve jeoloji alanlarında da ölçülmektedir. Bu alanlarda mutlak yerçekimi ivmesi yerine bağlı yerçekimi ivmesi ölçüm cihazları kullanılmaktadır. Bağlı cihazların izlenebilirliği mutlak yerçekimi ivmesi ölçümlerinin sonuçları üzerinden sağlanmaktadır.

Ülke genelinde gerçekleştirilen mutlak ve bağlı yerçekimi ivmesi ölçümlerinin izlenebilirliğinin sağlanmasına yönelik TÜBİTAK UME Akustik Laboratuvarında mutlak yerçekimi ivmesi standardı 2001 yılı itibarı ile oluşturulmuş olup, bu tarihten itibaren yerçekimi ivmesi gözlemleri A10 model 005 seri numaralı mutlak gravimetre ile yapılmaktadır. Oluşturulan birimin belirsizlik seviyesinin düşürülmesi amacıyla ve kütle biriminin yeniden tanımlanmasına yönelik 2 μ Gal ölçüm belirsizliğine sahip olan FG5X Model 254 seri numaralı mutlak gravimetre laboratuvar bünyesine 2 yıl önce kazandırılmıştır. Kazanılan bu yeni mutlak gravimetre ile birincil ve ikincil seviyeli yerçekimi ivmesi ölçer cihazlarının izlenebilirlikleri sağlanmaktadır. Şekil 1’de TÜBİTAK UME’deki mutlak gravimetre cihazları gösterilmektedir.

Yerçekimi ivmesi ölçümlerindeki izlenebilirlik, ölçüm sistemi içerisinde serbest düşme hareketi yapan bir cismin yerdeğişimini ölçen lazerin dalga boyu, ve hareketin zamanını ölçen rubidyum saati kalibrasyonlarının yapılması ile elde edilmektedir. Arazide kullanılan bağlı yerçekimi ivmesi ölçer cihazlarının kalibrasyonuna yönelik, baz istasyonları mutlak yerçekimi ivmesi ölçüm cihazları ile oluşturulmaktadır. Bu tür baz istasyonları üzerinden bağlı gravimetre cihazlarının ölçümlerinin kalibrasyonları yapılmakta ve bağlı yerçekimi ölçümlerinin izlenebilirliği sağlanabilmektedir. Yerçekimi ivmesi ölçümlerinin izlenebilirlik zinciri Şekil 1’de gösterilmektedir.



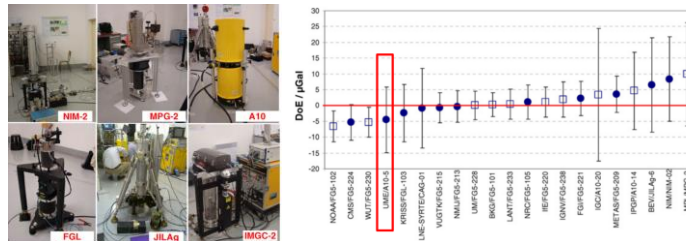
Şekil 1. Mutlak yerçekimi ölçerler ve yerçekimi ivmesi ölçümlerinde izlenebilirlik zinciri

3. ULUSLARARASI KARŞILAŞTIRMALAR

Ülke içerisinde yapılan ölçümlerin kalitesinin teminine ve uluslararası geçerliliğinin ispatlanmasına yönelik vazgeçilmez bir çalışma ise belirli aralıklarla düzenlenen uluslararası karşılaştırmalara katılımın sağlanmasıdır. Bu tür karşılaştırmalar sonucunda yapılan ölçümlerin kalitesi doğrulanmış ve ülkeler arasında mutlak yerçekimi ölçümleri ile ilgili denklik derecesi belirlenmiş olur.

Yerçekimi ivmesi alanındaki uluslararası karşılaştırmalar, Uluslararası Ağırlıklar ve Ölçüler Komitesi (CIPM) neznindeki Kütle ve Türetilmiş Birimler Danışmanlık Komitesi (CCM) tarafından organize edilmekte ve anahtar karşılaştırma olarak tanımlanmaktadır. Anahtar karşılaştırmalara Karşılıklı Tanıma Düzenlemesi'ne (CIPM MRA) imza atmış ülkelerin Ulusal Metroloji Enstitüleri (NMI) veya Atanmış Enstitüleri (DI) katılım sağlayabilmektedir. Karşılaştırmalar CCM'nin Gravite Çalışma Grubu'nda (WGG) alınan kararlarla dört yılda bir düzenlenmektedir. Karşılaştırma ölçümleri sonucunda karşılaştırmaya katılan her ülkenin ölçüm sonuçlarıyla anahtar karşılaştırma referans değeri (KCRV) belirlenmektedir. Katılan ülke sonucunun KCRV'den olan sapma denklik derecesi (Degree of Equivalence, DoE) olarak tanımlanmakta ve ölçüm belirsizliği dahil edilerek bu değer hesaplanmaktadır.

TÜBİTAK UME 2009 ve 2017 yıllarında gerçekleştirilen Uluslararası Yerçekimi İvmesi Anahtar Karşılaştırmalarına (ICAG 2009 ve ICAG 2017) katılım sağlamıştır. 2009 yılında Paris'de (Fransa) Uluslararası Ağırlıklar ve Ölçüler Bürosu (BIPM) tarafından organize edilen karşılaştırmaya A10-005 mutlak gravimetre ölçüm sistemi ile katılım sağlanmıştır (Şekil 2). Karşılaştırma sonucunda TÜBİTAK UME A10-005 ile yapılan yerçekimi ivmesi sonucu 10,4 μGal belirsizlik değeri ile beyan etmiş ve -3,3 μGal DoE değeri elde edilmiştir. Elde edilen DoE değeri sonucu beyan edilen belirsizlik değerinden küçük olması nedeniyle ICAG 2009 yılında yapılan uluslararası karşılaştırmadan başarılı bir sonuç elde edilmiştir.



Şekil 2. ICAG 2009 katılımı ve Karşılaştırma Sonuçları

2017 yılında Çin Metroloji Enstitüsü tarafından Pekin’de organize edilen karşılaştırmaya FG5X-254 Mutlak Gravimetre ölçüm sistemi ile katılım sağlanmıştır. Karşılaştırma ölçümleri, 18 farklı ülkeden 35 adet mutlak gravimetre cihazı ile gerçekleştirildi. Karşılaştırma ölçümleri Şekil 3’de gösterilmektedir. Ölçümlere katılan ülkelerin çoğu (%90’dan fazlası) yeni nesil mutlak yerçekimi ölçerler olan FG5(X) ile katılım sağlamıştır. Resmi karşılaştırma ölçümleri öncesi ölçüm sisteminde kullanılan İyot moleküllerinin enerji geçişine I₂ /He-Ne Lazer ve Rubidyum saatinin değerleri kontrol edildi. Lazer’in fiber çıkışındaki dalga demetinin boyut ölçümleri gerçekleştirildi. Ölçüm sistemi ile ön ölçümler gerçekleştirilerek karşılaştırma ölçümleri öncesi hazır hale getirildi. Bütün karşılaştırma ölçümleri, ölçüm takvimi içerisinde tamamlanmıştır. ICAG 2017 karşılaştırma sonuç değerleri ile ilgili karşılaştırma raporunun hazırlama çalışması halen devam etmektedir.



Şekil 3. ICAG 2017 Uluslararası Karşılaştırma

4. SONUÇ

Ülke içerisinde gerçekleştirilen yerçekimi ivmesi ölçümlerinin izlenebilirliklerinin sağlanmasına yönelik yerçekimi ivmesinin büyüklüğü TÜBİTAK UME tarafından $\pm 2 \mu\text{Gal}$ belirsizlikle oluşturulmuştur. Uluslararası düzeyde 2 adet CIPM anahtar karşılaştırmaya katılım sağlanarak yerçekimi ivmesi ölçümlerinin uluslararası alandaki denkliği belirlenmiştir. Karşılaştırmalar sonucunda uluslararası tanınırlığı simgeleyen yerçekimi ivmesi alanında kalibrasyon ölçüm kabiliyetini (Calibration Measurement Capability, CMC) BIPM Anahtar Karşılaştırma Veri Tabanı’nda (www.bipm.org/kcdb) yayınlanmak üzere CMC başvurusu yapılacaktır.

KAYNAKLAR

Niebauer T. M, Sasagawa G.S.,Flaer J.E. Hilt R., Klopping F. (1995), A new generation absolute gravimeters, *Metrologia* **32**, 159-180

I.A Robinson, S. Schlamming, (2016), The watt or Kibble balance: a technique for implementing the new SI definition of the unit of mass, *Metrologia* **53**, A46–A74

Z. Jiang at all, (2012), The 8th International Comparison of Absolute Gravimeters 2009: the first Key Comparison(CCM.G-K1) in the field of absolute gravimetry, *Metrologia* **49**, 666-684

M. Schiling, L. Timmen, (2015), Traceability of Hannover FG5X-220 to the SI Units.International Association in Geodesy Symposia, 226



GRACE GÖZLEMLERİNDEN C_{20} GRAVİTE KATSAYISI: YENİ SONUÇLAR

O. Akyılmaz¹, C.K. Shum², M. Uz³, K. Shang⁴, J.Y. Guo⁵, Y. Zhang⁶, A. Bezděk⁷, C. Güney⁸

¹ Profesör, Geomatik Müh. Bölümü, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul

² Profesör, Jeodezi Bölümü, Ohio Eyalet Üniversitesi, Columbus, OH

³ Araştırma Görevlisi, Geomatik Müh. Bölümü, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul

⁴ Araştırma Görevlisi Doktor, Jeodezi Bölümü, Ohio Eyalet Üniversitesi, Columbus, OH

⁵ Doktoralı Araştırmacı, Jeodezi Bölümü, Ohio Eyalet Üniversitesi, Columbus, OH

⁶ Araştırma Görevlisi, Jeodezi Bölümü, Ohio Eyalet Üniversitesi, Columbus, OH

⁷ Doktoralı Araştırmacı, Çek Bilimler Akademisi, Astronomi Bilimleri Enstitüsü, Ondřejov, Fričova

⁸ Doktor Öğretim Üyesi, Geomatik Müh. Bölümü, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul

Email: akyilma2@itu.edu.tr

ÖZET

GRACE uydusu misyonunun aylık gravite alanı çözümlerinin bilimsel amaçlı uygulamalarında tipik olarak C_{20} katsayıları 161 günlük peryoda sahip, jeofiziksel anlamı olmayan değişimlerden dolayı uydusu lazer ölçmelerinden (SLR) kestirilen değerler ile yer değiştirilirler. Gözlemlenen bu değişim yanlış olarak genellikle S2 gelgit modelindeki hatalara bağlansa da, yakın zamandaki çalışmalar bu değişimin uydusu yörüngelerindeki, KBR gözlemlerindeki ve ısınmaya bağlı olarak ivme ölçerlerde ortaya çıkan sistematik hatalardan kaynaklandığını ortaya koymaktadır. Bu çalışmada, 2003-2016 yılları arasında, aylık gravite alanı modelleri 60-ıncı derece ve mertebeye kadar olmak üzere, iyileştirilmiş enerji integrali yaklaşımı (EBA) ile kestirilmiş uydular arası yörünge üzeri potansiyel fark (GPD) gözlemlerinden hesaplanmıştır. Kestirilen aylık modellerden C_{20} katsayıları çekilerek SLR çözümleri (GRACE TN07) ve CSR, JPL RL 05 ve ITSG2016 resmi L2 çözümlerindeki değerler ile karşılaştırılmıştır. Sonuçlar, iyileştirilmiş EBA yaklaşımıyla kestirilen GPD gözlemlerinin inversiyonundan elde edilen C_{20} katsayılarının SLR çözümlerindeki değerler ile oldukça uyumlu olduğunu ($RMS=5 \times 10^{-11}$) açıkça göstermektedir. EBA yaklaşımında uygulanan yörünge iyileştirme ve ivmeölçer kalibrasyon yönteminin 2011 yılından sonraki batarya performansındaki düşüşe bağlı olarak ortaya çıkan termal problemlerden kaynaklanan sistematik hataları büyük ölçüde ortadan kaldırdığı düşünülmektedir. Bu nedenle, gerek mevcut GRACE verilerinin değerlendirilmesinde gerekse gelecekteki GRACE benzeri (GRACE-FO) uydusu verilerinin değerlendirilmesinde iyileştirilmiş EBA yaklaşımı alternatif bir yöntem olarak düşünülmelidir.

ANAHTAR KELİMELER: C_{20} , GRACE, zamana bağlı gravite alanı

C_{20} GRAVITY COEFFICIENT OBSERVED BY GRACE: RECENT RESULTS

¹ Professor, Geomatics Eng. Department, Istanbul Technical University, Istanbul



² *Professor, Division of Geodetic Science, The Ohio State University, Columbus, OH*

³ *Research Assistant, Geomatics Eng. Department, Istanbul Technical University, Istanbul*

⁴ *Research Assistant Dr., Division of Geodetic Science, The Ohio State University, Columbus, OH*

⁵ *Senior Research Scientist, Division of Geodetic Science, The Ohio State University, Columbus, OH*

⁶ *Research Assistant, Division of Geodetic Science, The Ohio State University, Columbus, OH*

⁷ *Senior Research Scientist, Astronomical Institute, Czech Academy of Sciences, Ondřejov, Fričova*

⁸ *Assistant Professor, Geomatics Eng. Department, Istanbul Technical University, Istanbul*

Email: akyilma2@itu.edu.tr

ABSTRACT

For science applications of Gravity Recovery And Climate Experiment (GRACE) monthly gravity field solutions, the C_{20} coefficient is typically replaced by the value estimated from satellite laser ranging (SLR) observations, due to an unexpected, non-geophysical variation at a period of 161 days. Though this variation is usually misinterpreted as a tide-like variation due to errors in S2 tide model, recent studies have shown that this variation is most likely the combined effect of the systematic errors in the orbit, in the KBR observations as well as the temperature dependent errors in the onboard accelerometers. In this study, we computed monthly gravity field solutions up to degree and order 60 using the geopotential difference (GPD) observations estimated by the improved energy balance approach (EBA) for the period 2003-2016. The estimated C_{20} coefficients were then retrieved and compared to those from SLR solutions (GRACE TN07) as well as to those of the official L2 data products from CSR, JPL RL05 and ITSG2016 solutions. The results clearly show that the C_{20} from the inversion of the GPD observations estimated using the improved EBA is quite consistent (with $RMS=5 \times 10^{-11}$) with the SLR solutions. The applied orbit reconstruction and the accelerometer calibration method through EBA approach seems to successfully mitigate the systematic errors arise from the thermal problems due to the loss of battery performance started after 2011. Therefore, the improved EBA approach should be considered as an alternative method for processing the current GRACE data and the upcoming GRACE-like mission (GRACE-FO) data.

KEYWORDS: C_{20} , GRACE, temporal gravity field

1. GİRİŞ

GRACE resmi veri analiz merkezleri (CSR, JPL, GFZ) rutin olarak aylık gravite alanı modellerini (L2 veri ürünleri) hesaplayarak yayınlamaktadır. Küresel harmonik katsayılar arasında C_{20} ayrı bir öneme sahiptir. Katsayılar arasında en büyük değere sahip olan C_{20} katsayısı yer yuvarının dinamik basınlığını ifade eder ve buzul çağı sonrası salınma bağlı olarak seküler bir azalma eğilimindedir. Uydu lazer ölçme (SLR) tekniği yer gravite alanının diğer düşük dereceli katsayılarının yanısıra C_{20} katsayısının da çok yüksek doğrulukla belirlenmesine olanak sağlamaktadır (Cheng vd., 2011).

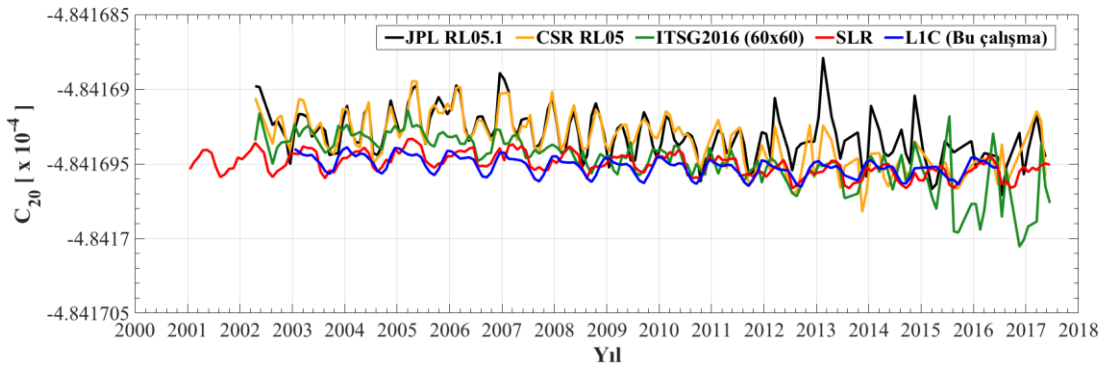
GRACE aylık gravite alanı modellerinin bilimsel amaçlı uygulamalarında C_{20} katsayıları genellikle ilgili aya ait SLR ile üretilmiş C_{20} katsayıları ile değiştirilirler. Bunun nedeni, aylık GRACE çözümlerindeki C_{20} katsayılarının 161 günlük periyoda sahip sistematik bir hata içermesidir. Birkaç yıl öncesine kadar bu hatanın okyanus gelgit modelinin S2 bileşenindeki model hatalarından ileri geldiği düşünülmekteydi. Bu

düşüncenin temel nedeni ise S2 gelgit bileşeninin periyodunun da yaklaşık olarak 161 gün olmasıdır. Ancak yakın zamanda yapılan araştırmalar, söz konusu sistematik hatanın S2 gelgitlerinden kaynaklanmadığını ortaya koymuştur (Klinger and Mayer-Gürr, 2016; Cheng ve Ries, 2017). Günümüzde bu hatanın, yörünge, KBR gözlemleri ve de termal kaynaklı ivmeölçer verilerindeki hatalardan ileri geldiği görüşü ağırlık kazanmıştır.

Bu çalışmada veri analiz merkezlerinin aylık C_{20} çözümleri ile, iyileştirilmiş EBA yaklaşımı ile hesaplanan jeopotansiyel fark gözlemlerinin global inversiyonuyla kestirilen aylık C_{20} gravite katsayıları, SLR gözlemlerinden hesaplanan aylık değerler ile karşılaştırılmıştır.

2. ANALİZ ve SONUÇLAR

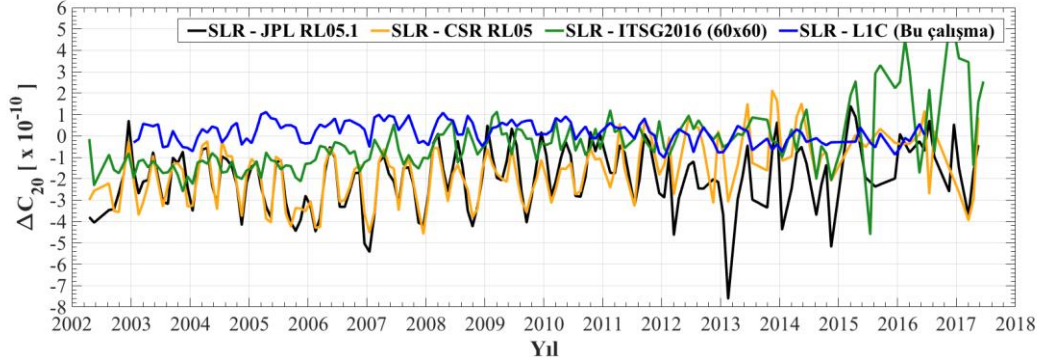
Farklı analiz merkezleri tarafından farklı yaklaşımlarla (klasik varyasyonel yörünge denklemleri, ivme yaklaşımı, kısa yay yaklaşımı vb.) hesaplanan aylık modeller, alternatif olarak iyileştirilmiş EBA yaklaşımı ile hesaplanmıştır. EBA yaklaşımı, yörünge boyunca bir uydunun toplam (kinetik + potansiyel) enerjisinin sabit olduğu varsayımına dayanır. Böylece, eğer zamana bağlı (gelgit ve atmosferik kütle değişimleri gibi) etkiler ve uyduya etkiyen korunumsuz kuvvetlerden kaynaklanan ivmelenmeler ölçülerle ya da modellerle belirlenip, uydunun yörünge bilgilerinden hesaplanabilen kinetik enerjisi ile birlikte uydunun toplam enerjisinden çıkarılırsa uydunun yörünge üzerinde maruz kaldığı çekim potansiyeli elde edilebilmektedir. Jekeli (1999), ilk kez EBA'yı alçak uydudan-alçak uyduya gözlemlerle uydular arası potansiyel farklarının belirlenmesine uygulamıştır. Jekeli (1999) daki yaklaşım modelindeki potansiyel dönme terimi daha sonra Guo vd. (2015) tarafından daha yüksek presizyonla hesaplanabilecek şekilde formüle edilmiş ve bu yeni yaklaşıma "iyileştirilmiş EBA" adı verilmiştir. Potansiyel dönme terimindeki iyileştirmenin yanında, bu çalışmada yörünge iyileştirmesi yapılmıştır. Burada en baştan başlayarak bir dinamik yörünge hesaplamak yerine, mevcut indirgenmiş dinamik GNV1B yörüngelerinin bütünlük arka plan modellere fit edilmesi yoluyla bir dinamik yörünge hesaplanmıştır. Ayrıca ivme ölçer kalibrasyonu da aynı yörünge iyileştirme aşamasında dinamik yörünge parametreleri ile birlikte gerçekleştirilmiştir. Bir diğer iyileştirme de, yörünge hız bileşenlerinin uydulararası uzaklık değişimine, dolayısıyla gravite alanına en duyarlı bileşeni de KBR gözlemlerinden hesaplanan değer ile değiştirilerek gerçekleştirilmiştir.



Şekil 1. Farklı GRACE C_{20} çözümleri ve SLR çözümleri

Söz konusu yeni dinamik yörünge ve KBR, ivme ölçer ve yıldız kamera verileri kullanılarak, iyileştirilmiş enerji eşitliği ile 5 sn epok aralıklı uydular arası jeopotansiyel farklar (GPD) günlük olarak hesaplanmış, ve aylık gravite alanı model katsayıları 60-ıncı derece ve mertebeye kadar en küçük kareler yöntemi ile kestirilmiştir.

Şekil 1’de resmi analiz merkezlerinin C_{20} kestirimleri ve iyileştirilmiş EBA yöntemiyle hesaplanmış GPD gözlemlerinin inversiyonundan hesaplanan C_{20} kestirimleri (LIC), SLR çözümleri ile birlikte gösterilmektedir. Şekil 2’de ise bu çözümlerin SLR çözümlerinden farkları gösterilmiştir. Söz konusu farklara ilişkin istatistikler de Tablo 1’de verilmiştir.



Şekil 2. GRACE C_{20} çözümlerinin SLR çözümlerinden farkları

Tablo 1. C_{20} çözümlerinin SLR çözümleri ile olan farklarının istatistiği

	Min.	Maks.	Mutlak Ortalama	Standart sapma
JPL RL05.1	-7.6051e-10	1.3871e-10	2.0710e-10	2.4680e-10
CSR RL05	-4.5744e-10	2.1134e-10	1.8752e-10	2.2138e-10
ITSG2016	-4.5941e-10	5.0255e-10	1.1062e-10	1.4555e-10
LIC(Bu çalışma)	-1.0208e-10	1.1143e-10	4.4331e-11	5.1858e-11

Şekil 2’den ve Tablo 1’de verilen değerlere bakıldığında, iyileştirilmiş EBA yaklaşımının gravite alanının uzun dalga boylarını diğer yöntemlerden daha yüksek doğrulukla belirlediği görülmektedir. Dolayısıyla, gerek mevcut GRACE verilerinin gerekse gelecekteki GRACE benzeri (GRACE-FO) verilerinin değerlendirilmesinde iyileştirilmiş EBA yaklaşımının da alternatif bir yöntem olarak düşünülmeye değerdir.

KAYNAKLAR

- Cheng, M., Ries, J.C., ve Tapley, B.D. (2011). Variations of the Earth's figure axis from satellite laser ranging and GRACE, *J. Geophys. Res.*, **116**, B01409, doi:10.1029/2010JB000850.
- Cheng, M. Ve J. C. Ries (2017). The unexpected signal in GRACE estimates of C_{20} . *J. Geod.*, **91**:8, 897-914.
- Guo, J., Shang, K., Jekeli, C., & Shum, C. (2015). On the energy integral formulation of gravitational potential differences from satellite-to-satellite tracking. *Celestial Mechanics and Dynamical Astronomy*, **121**:4, 415–429.
- Jekeli, C. (1999). The determination of gravitational potential differences from satellite-to-satellite tracking. *Celestial Mechanics and Dynamical Astronomy*, **75**, 85–101.
- Klinger, B. ve Mayer-Gürr, T. (2016). The role of accelerometer data calibration within GRACE gravity field recovery: Results from ITSG-Grace2016. *Adv. Space Res.*, **58**, 1597-1609.



AN EIGHT-YEAR DISPLACEMENT INVESTIGATION IN İZMIT BAY BASED ON GPS CONTROL SURVEY

A. Üstün¹, A. Erener¹, H. Konak¹, E. Şentürk¹, P. Küreç¹, M. A. Güvenaltın¹, S. Yalvaç²,
F. C. Çomut³

¹ *Geodesy and Geoinformation Eng. Department, Kocaeli University, Kocaeli*

² *Geomatics Eng. Department, Gümüşhane University, Gümüşhane*

³ *Provincial Directorate of Disaster and Emergency, Denizli*

Email: aydin.ustun@kocaeli.edu.tr

ABSTRACT

In this paper, a control survey to reveal horizontal and vertical deformation development of 8 years in İzmit Bay is presented. The study is a part of ongoing research project focusing on an investigation of subsidence occurrences caused by liquefaction and urbanization in İzmit Bay (the East Marmara). The space geodetic and remote sensing techniques, multi-band InSAR and GNSS are key measurement and monitoring tools in order to map spatio-temporal changes from past to the current state. For this purpose, the photogrammetric GPS network of Kocaeli Metropolitan Municipality established and measured in 2010 has been taken as reference to detect local displacements at sites existed in the field. A total of 20 Ground Control Points (GCPs) have been found, surveyed and processed on January 2018. After reprocessing of original measurements of 2010, the positional changes in terms of horizontal and vertical displacements are calculated by fixing a local stable station, İZMT. According to the results, the varying subsidence rates (max. 33 cm) have shown significant vertical deformation along the shorelines and recreated filling areas of İzmit Bay.

The main characteristics of horizontal displacements on the south shoreline of the bay are consistent with the well known kinematics of the east Marmara segment of North Anatolian Fault System (NAFS). At the control stations in the northern part there is no coherent horizontal positional change, however the river beds, the areas stating an increase in population and building disturb the ground stability in especially vertical direction that means subsidence. The findings require more investigation effort to understand the causes of surface deformation and subsidence problem. A further research will be performed by means of the analysis of multiband InSAR images and GNSS CORS network designed for this project.

KEYWORDS: Subsidence, İzmit Bay, GPS network, liquefaction, urbanization, kinematics of NAFS

ÖZET

Bu bildiriye, İzmit Körfezi'nde 8 yıllık yatay ve düşey yönlü deformasyon gelişimini ortaya çıkarmak için gerçekleştirilen kontrol ölçmelerinin sonuçları sunulmaktadır. Söz konusu çalışma devam eden bir araştırma projesinin parçasıdır ve Doğu Marmara'da (İzmit Körfezi ve çevresinde) zemin sıvılaşması ve kentleşme kaynaklı zemin çökmelerinin haritalanması amaçlanmaktadır. Çok bantlı InSAR ve GNSS gibi uzay jeodezik teknikler, geçmişten günümüze bölgedeki zamana ve mekâna bağlı değişimleri



izlemeye yarayan anahtar ölçme araçları olarak kullanılmaktadır. Bu amaçla, 2010 yılında tesis ve ölçmeleri gerçekleştirilen Kocaeli Büyükşehir Belediyesi fotogrametrik GPS ağı verileri, çalışma alanında mevcut istasyonlara ait yerel yer değiştirme büyüklüklerini tespit etmek için başlangıç alınmıştır. Toplam 20 yer kontrol noktası Ocak 2018’de yeniden ölçülmüş ve değerlendirilmiştir. Aynı noktalarda 2010 yılının orijinal verileri de bu doğrultuda yeniden değerlendirilmiş ve sabit İZMT istasyonuna göre yatay ve düşey konum değişimleri hesaplanmıştır. Sonuçlara göre, en büyüğü 33 cm’ye varan zemin çökme büyüklükleri, körfez kıyı boyunca ve dolgu alanlarında anlamlı düşey deformasyonlar bulunduğunu göstermiştir.

Körfezin güney kıyısındaki istasyonlara ait yatay yer değiştirme davranışlarının ana karakteristiği, Kuzey Anadolu Fay Sistemi (KAFS) doğu Marmara segmentinin bilinen kinematığıyla tutarlıdır. Fayın kuzeyindeki kontrol noktalarında, tutarlı ve anlamlı yatay konumsal değişim gözlenmemiştir. Öte yandan, nehir yatakları ile yapı ve nüfus yoğunluğu artan bölgelerin düşey yöndeki zemin karasızlığını (zemin çökmesi) tetiklediği sonucuna varılmıştır. Elde edilen bulgular, deformasyon ve çökme olaylarının nedenlerinin araştırılması için daha kapsamlı çalışma yapılmasını gerekliliğini ortaya koymaktadır. Bir sonraki çalışma çok bandlı InSAR görüntülerinin ve bu proje için oluşturulacak sürekli CORS ağı verilerinin analiziyle yürütülecektir.

ANAHTAR KELİMELEER: Zemin çökmesi, İzmit Körfezi, GPS ağı, sıvılaşma, kentleşme ve KAFS kinematığı

1. INTRODUCTION

The İzmit Earthquake, $M=7.4$ on August 17, 1999 has started a series of continuous research project in Marmara region because of the migrating phenomena of NAFS seismicity towards the west. From east to west of the Marmara Sea, a dense network which consist of GNSS CORS receivers and seismometers provide a monitoring of NAFS kinematics in real time or latency by governmental or research organizations. Since the motion of NAFS is driven by the strike slip regime, the monitoring studies address principally to the horizontal components of this motion. The geomorphological and geotechnical features of the İzmit Bay necessitate a special concern for vertical kinematics of the basin at least the horizontal regime of the NAFS. An alluvial plain lies between Samanlı Mountains in the south and Kocaeli Peneplain in the north. The basin deposits filled in Pliocene and Quaternary period and its ground conditions had endangered a destructive effect increasing the damage of the İzmit earthquake (Şengör et al. 1985, Emre et al. 1998, Barka et al. 2002, Çağatay et al. 2012, Tarı and Tüysüz 2016). At some control stations, vertical displacements rates to be observed by GNSS permit to evaluate the ground stability throughout the basin deposits with low topographic heights. In this scope, periodically measured or continuous reference network operated within a convenient time period serve to define ground movement trends. Otherwise, for a quick look, reliable historical data provide a good start to understand the current positions of the ground. In this study, the latter approach will be used for displaying local movements in İzmit Bay with respect to local stable reference station.

2. GEOMORPHOLOGY of STUDY AREA and DATA COLLECTION

Figure 1 depicts the study area and its topography which we investigate the ground displacements over İzmit Basin for both vertical and horizontal components. The geomorphology of the depression area

extending in east-west direction is controlled by the NAFS and surface waters coming from slopes of Samanlı Mountains and Kocaeli Penneplain. The basin takes occasional floods after excessive rainfall and snow precipitation on the surrounding hills. The deposits transported by the surface flows have remained a flat topography up to 50 m on east-west direction, around the Bay.

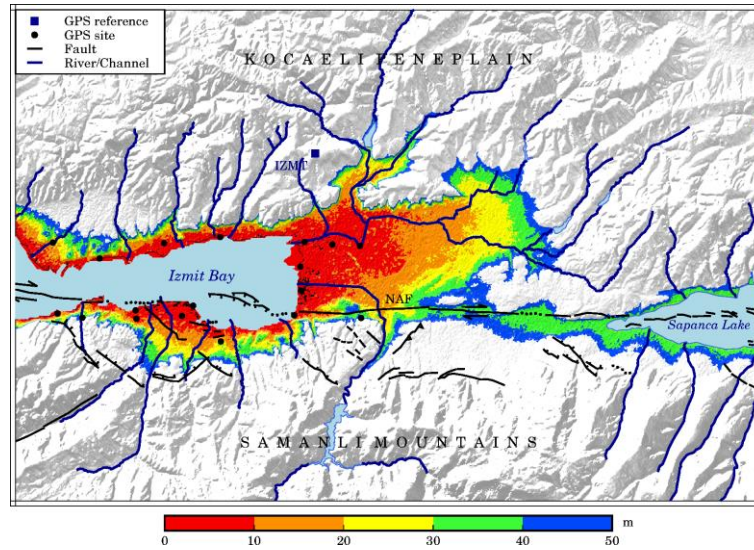


Figure 1: The study area and its surface morphology. Black dots on colored low elevations indicate GPS control sites.

The research objective is to detect the ground stability of the alluvial deposits of Izmit Bay. In order to perform this investigation, we have treated GPS control stations with historical data. As presented in Figure 1, the black dots over the research area represent such available sites from the control network of photogrammetric mapping contract of Kocaeli Metropolitan Municipality which was established and measured in 2010. On January 2-4, 2018, GPS data at twenty-one GCPs were obtained by a field work based on static occupations. The historical GPS data of 2010 were delivered by the contractor of the photogrammetric network. The CORS-TR site, IZMT, which is outside of the depression block, has been chosen as fixed in the processing of the reference and repeat measurements.

3. RESULTS and DISCUSSION

The positional displacements of 8 years in local triad system are identified with respect to the IZMT. Except for one GCP that has gross error, all object points have been suffering from ground instability problem in the study area. The north section of the basin implies a significant by subsidence occurrences and associated with horizontal movements, whereas the GCPs located on the south of the strike-slip NAFZ move towards the west with respect to the IZMT in other words, the Eurasian Plate. The displacement rates listed in Table 1 define the positional changes of roughly 8 years between 2010 and 2018. The estimated uncertainties from the network adjustment are about 1.5-2.0 cm so that the displacements exceeding 3-3.5 cm point out ground deformation for each GCP.



Table 1: 3D displacement vector components between 2010 and 2018 at GPS control stations with respect to IZMT

Site	North (cm)	East (cm)	Up (cm)
G23A0003	0.46	-1.70	-8.82
G2331604	0.73	-1.54	-12.36
G2331607	0.19	-9.13	-2.91
G2331653	-0.47	-5.71	-0.97
G2331658	0.62	-8.11	1.23
G2331662	-1.95	-1.53	-17.96
G2331665	-3.12	-1.96	-33.49
G2331666	0.63	-0.30	-10.80
G2331667	-3.63	-0.55	-23.38
G2331724	-1.54	-0.19	-9.29
G2331726	3.76	1.00	-7.78
G2331729	-3.05	-5.81	-8.37
G2331731	0.22	-4.80	-7.10
G2331779	0.83	-2.49	-9.94
G2331780	0.23	0.38	-7.45
G2331915	0.67	-5.40	-5.07
G234209	0.72	-5.34	-0.98
G234210	0.70	-5.04	-0.83
G234211	0.05	-3.74	-6.81

Figure 2 displays the spatial distributions of surface deformation in terms of horizontal and vertical components. All GCPs are spread out throughout the Quaternary sediments of the Izmit Bay. For the sites stating subsidence, it seems that the topography with low elevations (< 10 m) and closeness to the sea and river beds are the key drivers which lead to the ground settlement. With 33.5 cm, the maximum subsidence at G2331665 is attained in the filling area, in the near vicinity to the shoreline. The urbanization has potential to raise the ground settlement since a positive sign received at the several stations located on a new densely populated area.

The horizontal movement along the NAFZ is coherent with the well-known kinematics from the present day estimates that give horizontal velocities of 1.5-2.0 cm (Ergintav et al, 2009, Reilinger et al. 2010). In addition to the fault mechanism, a subsidence driven displacement which is about 1-1.5 cm/yr are identified within the liquefaction zone in Gölcük.



Ergintav, S., S. McClusky, E. Hearn, R. Reilinger, R. Cakmak, T. Herring, H. Ozener, O. Lenk, and E. Tari (2009), Seven years of postseismic deformation following the 1999, M = 7.4 and M = 7.2, Izmit-Düzce, Turkey earthquake sequence, J. Geophys. Res., 114, B07403.

Reilinger, R. McClusky, S., Paradissis, D., Ergintav, S. Vernant, P. (2010) Geodetic constraints on the tectonic evolution of the Aegean region and strain accumulation along the Hellenic subduction zone, Tectonophysics, 488(1-4), 22-30.

Şengör, A.M.C., Görür, N, Şaroğlu, F. (1985). Strike-slip faulting and related basin formation in zones of tectonic escape: Turkey as a case study: in Biddle, K.T. and Christie-Blick, N., eds, Strike-slip Deformation, Basin Formation, and Sedimentation, Soc. Econ. Paleont. Min. Spec. Pub. 37 (in honor of J.C. Crowell), p. 227-264.

Tarı, U. and Tüysüz, O. (2015). The effects of the North Anatolian Fault on the geomorphology in the Eastern Marmara Region, Northwestern Turkey, Geodinamica Acta, 28:3, 139-159.



TÜRKİYE YÜKSEKLİK SİSTEMİNİN MODERNİZASYONU VE GRAVİTE ALTYAPISININ İYİLEŞTİRİLMESİ PROJESİ: MEVCUT DURUM

**Hasan YILDIZ¹, Mehmet SİMAV², Erdinç SEZEN³, İlyas AKPINAR⁴, Yunus Ayaç
AKDOĞAN⁵, Ayhan CİNGÖZ⁶, Osman Atilla AKABALI⁷**

¹*Doçent, Jeodezi Dairesi Başkanlığı, Harita Genel Komutanlığı, Ankara*

²*Doktor, Jeodezi Dairesi Başkanlığı, Harita Genel Komutanlığı, Ankara*

³*Doktor, Jeodezi Dairesi Başkanlığı, Harita Genel Komutanlığı, Ankara*

⁴*Mühendis, Jeodezi Dairesi Başkanlığı, Harita Genel Komutanlığı, Ankara*

⁵*Mühendis, Jeodezi Dairesi Başkanlığı, Harita Genel Komutanlığı, Ankara*

⁶*Yüksek Mühendis, Jeodezi Dairesi Başkanlığı, Harita Genel Komutanlığı, Ankara*

⁷*Doktor, Jeodezi Dairesi Başkanlığı, Harita Genel Komutanlığı, Ankara*

Email: hasan.yildiz@hgk.msb.gov.tr

ÖZET

“Türkiye Yükseklik Sisteminin Modernizasyonu ve Gravite Altyapısının İyileştirilmesi” projesi Türkiye Cumhuriyeti Kalkınma Bakanlığı tarafından 2015-2020 dönemi için desteklenmektedir. Proje Harita Genel Komutanlığı koordinatörlüğünde, Harita Genel Komutanlığı, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA), Türkiye Petrolleri, TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi (MAM) ve TÜBİTAK Ulusal Metroloji Enstitüsü (UME) iş birliğinde başarıyla yürütülmektedir. Proje'nin amacı, Türkiye yükseklik sistemini modernize etmek ve aynı zamanda mevcut yükseklik sistemiyle uyumlu olacak yeni bir düşey referans sistemi tanımlamak ve pratikteki gerçekleştirmesini yapmak, Türkiye gravite veri altyapısını iyileştirmektir. Projenin başarıyla hedeflerine ulaşabilmesi için arazi, hesaplama ve proje sonuçlarının sunum çalışmalarından oluşan toplam 10 iş paketi oluşturulmuştur. Bu sunumda, projenin on adet iş paketinde gelinen mevcut durum hakkında bilgi verilecektir.

ANAHTAR KELİMELER: Türkiye Yükseklik Sistemi, Gravite Altyapısının İyileştirilmesi, Proje iş paketlerinde mevcut durum

TURKISH HEIGHT SYSTEM MODERNIZATION AND GRAVITY RECOVERY PROJECT: CURRENT STATUS

¹*Associate Professor, Geodesy Department, General Command of Mapping, Ankara*

²*Doctor, Geodesy Department, General Command of Mapping, Ankara*

³*Doctor, Geodesy Department, General Command of Mapping, Ankara*

⁴*Surveying Engineer, Geodesy Department, General Command of Mapping, Ankara*

⁵*Surveying Engineer, Geodesy Department, General Command of Mapping, Ankara*

⁶*Surveying Engineer, Geodesy Department, General Command of Mapping, Ankara*

⁷*Doctor, Geodesy Department, General Command of Mapping, Ankara*

Email: hasan.yildiz@hgk.msb.gov.tr

ABSTRACT



“Turkish Height System Modernisation and Gravity Recovery” project is supported by Republic of Turkey Ministry of Development for the 2015-2020 period. Project is being carried out successfully by the coordinator of General Command of: Mapping in cooperation with General Directorate of Mineral Research and Explorations, Turkish Petroleum Agency, TÜBİTAK Marmara Research Center and TÜBİTAK National Metrology Institute. Project aims to modernize the Turkish Height System and describe and realize a new vertical reference system in practice consistent with the current vertical reference system as well as to improve the gravity infrastructure in Turkey. In order to successfully achieve the Project objectives, 10 workpackages are determined related to field measurements, computation and presentation of the Project results. This presentation will give information about the current status of the 10 workpackages of the project.

KEYWORDS: Turkish Height System, Recovery of Gravity Infrastructure, current status of the project workpackages.

1. PROJE KATILIMCILARI VE PROJENİN AMACI

Türkiye Cumhuriyeti Kalkınma Bakanlığı tarafından desteklenen Harita Genel Komutanlığı, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA), Türkiye Petrolleri, TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi (MAM) ve TÜBİTAK Ulusal Metroloji Enstitüsü (UME) iş birliğinde yürütülen “Türkiye Yükseklik Sisteminin Modernizasyonu ve Gravite Altyapısının İyileştirilmesi” devam etmektedir. Proje gerekçesi ve proje uygulama alanı Simav vd (2015)’de verilmiştir. Harita Genel Komutanlığı koordinatörlüğünde yürütülen Proje’nin amacı, Türkiye yükseklik sistemini bilimsel ve teknolojik gelişmeler ışığında ve dünyadaki yeni yaklaşımlarla modernize ederek;

- Mühendislik uygulamalarında kullanılan Yer gravite alanına dayalı fiziksel yüksekliklerin yüksek duyarlılıkta ve gerçek zamanda belirlenmesine imkân sağlayacak, aynı zamanda mevcut sistemle uyumlu olacak yeni bir düşey referans sistemi tanımlamak ve pratikteki gerçekleştirimini yapmak,
- Düşey referans sisteminin gerçekleştirimi sırasında ülke genelinde toplanacak yersel gravite verilerinin jeofizik, jeoloji, maden ve petrol arama gibi Yer bilimlerinin diğer alanlarında kullanılmasına olanak sunacak altyapıyı geliştirmektir.

Projenin teknik anlamda dört temel ayağı vardır. Bunlar;

- Veri toplama (Mutlak ve bağıl yersel gravimetri, hava gravimetrisi, motorize nivelman ve GNSS teknikleriyle arazide veri toplanması),
- Veri değerlendirme (Toplanan verilerden parametre kestirim teknikleriyle anlamlı fiziksel değerlerin elde edilmesi, istatistiksel yöntemlerle kalite kontrol ve kalite doğrulamaları),
- Modelleme ve doğrulama (Kalite doğrulamasından geçirilmiş yersel veriler ve uydu gözlemleri kullanılarak spektral ve kollokasyon teknikleriyle bölgesel jeoit modelleme ve eş zamanlı GNSS/nivelman ölçümleri ile elde edilen GNSS/nivelman jeoit yükseklikleri ile karşılaştırma ve model testleri),
- Veri depolama ve sunum (Toplanan gravite verilerinin depolanması için ilişkisel veri tabanı tasarımı ve gerçekleştirimi, verilerin web üzerinden sunumu, jeoit kestirimlerinin TUSAGA-Aktif üzerinden kullanıcılara iletimi). (www.hgk.msb.gov.tr/yuksismod/kurumsal)



2. PROJE İŞ PAKETLERİNDEKİ MEVCUT DURUM

Projenin başarıyla hedeflerine ulaşabilmesi için arazi ve büro çalışmalarından oluşan toplam 10 iş paketi oluşturulmuştur.

2.1. Birinci İş Paketi

Yurt içi ve yurt dışından ölçü ekipman, donanım ve yer noktası işaretlerinin tedariki: on adet Scintrex Autograv CG-5 bağıl gravimetre, bir adet Micro-g LaCoste FG5X mutlak gravimetre, bir adet Micro-g LaCoste A-10 mutlak gravimetre, on adet Topcon GR5 GNSS Alıcısı, on adet Kestrel 2500 serisi portatif meteorolojik sensör, yer noktası işareti tedariki tamamlanmış, hava gravimetrisi için bir adet ataletsel navigasyon sistemi tedariki devam etmektedir. Bağıl gravimetre, GNSS alıcısı, taşınabilir hava durumu ölçer cihaz ve dizüstü bilgisayarın üçer adeti Türkiye Petrolleri, MTA ve TÜBİTAK MAM'a Taşınır Mal Yönetmeliği çerçevesinde mülkiyet devri Mart 2016 ayı içerisinde yapılmıştır.

2.2. İkinci İş Paketi

Ulusal ölçekte bağıl gravimetri ve değerlendirme standartlarının oluşturulması, arazi öncesi eğitimler, test ve kalibrasyon çalışmaları: Ortak standartlarda arazide veri toplayabilmek ve tedarik edilen gözlem cihazlarını (Gravimetre, GNSS alıcı/anten vb.) arazi şartlarında test etmek amacıyla, eğitim ve test çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Eğitim ve test çalışmalarına kurumlarda görevli personel katılım sağlamıştır. Bu kapsamda ayrıca mutlak gravimetri veri analizlerinde kullanılmak amacıyla, Hrt.Gn.K.lığı tarafından TÜBİTAK UME Watt Balance ve Titreşim Laboratuvarlarında nokta konumlama ve düşey gravite gradyent belirleme çalışmaları yapılmıştır.

2.3. Üçüncü İş Paketi

Bağıl gravimetri çalışmaları: Nokta keşfi, tesisi, gravite ve konumlama amaçlı 2016 ve 2017 yılı arazi ölçümleri tamamlanmıştır. Bu çerçevede MTA, Türkiye Petrolleri ve TÜBİTAK-MAM tarafından dört yıllık (2016-2019) çalışma bölgelerinin 2016-2017 yılı için planlanan noktalarında bağıl gravimetri ölçümleri gerçekleştirilmiştir.

2.4. Dördüncü İş Paketi

Yersel mutlak gravimetri ve hava gravimetrisi çalışmaları: TÜBİTAK UME tarafından 2016, 2017, 2018 ve 2019 yıllarında, ülke genelinde yaklaşık 75 noktada mutlak gravimetri çalışmaları icra edilecek, geri kalan dönemlerde ise analiz çalışmaları yapılacaktır. 2016-2017 yılı içerisinde planlanan mutlak gravite noktalarının keşif, inşaat ve mutlak gravimetri ölçümleri tamamlanmıştır. Mutlak gravite ölçümleri sırasında, Hrt.Gn.K.lığı personeli tarafından aynı noktalarda düşey gravite gradyent gözlemleri de yapılmıştır.

Hava gravimetrisi için ataletsel navigasyon sistemi tedarik süreci devam etmektedir. Sistemin fonksiyon testi uçuşları Hrt.Gn.K.lığına ait uçak ile Ankara'nın 100 km doğusunda, her biri 100-110 km uzunluğunda yaklaşık 30 hat üzerinde yapılmıştır. Fonksiyon testi sırasında tespit edilen eksiklerin giderilmesi amacıyla sistem geri gönderilmiştir. Eksikliklerin giderilmesini müteakip fonksiyon testinin tekrarlanması planlanmıştır. Sistemden toplanan verilerin analizi için Hrt.Gn.K.lığı tarafından milli bir yazılım geliştirilmektedir. Sistemin tedarik edilmesi durumunda; sistemin Hrt.Gn.K.lığına ait B-200 tipi uçağa monte edilerek, yerden gravite alım çalışması yapılamayan alanlarda (Göller, Marmara denizi, barajlar, dağlık alanlar, sınırlar, kıyılar vb.), uçağın fotogrametrik alım amaçlı kullanılmadığı atıl zamanlarda kullanılması düşünülmektedir. Havadan gravite cihazı ve yönteminin Türkiye Petrolleri ve Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü ile işbirliği çerçevesinde petrol ve maden arama



faaliyetlerinde de kullanılması planlanmaktadır.

2.5. Beşinci İş Paketi

GNSS/Nivelman çalışmaları: Gravimetrik jeoit modelinin testi için güncel ve tutarlı GNSS/Nivelman verisi elde etmek amacıyla motorize nivelman ölçümü yapılacaktır. Bu amaçla, projesi ve tasarımı Hrt.Gn.K.lığınca yapılan araç üzerine monte edilen donanım ve sistemlerden oluşan üçer araçlık iki adet motorize nivelman sisteminin tedariki tamamlanmıştır. Proje kapsamında; motorize nivelman sistemi kullanılarak eş zamanlı hassas nivelman ve GNSS ölçümleri 2017 yılı yazında yapılmaya başlanmıştır. .

2.6. Altıncı İş Paketi

Tarihsel gravite verilerinin kalite kontrolü ve kalite doğrulaması: Tarihsel gravite verilerinin proje kapsamında ölçülen yeni yersel gravite verileri yardımıyla kalite kontrolünün yapılması ve doğruluğundan emin olunamayan verilerin ayıklanması, kalite kontrolü ve doğrulaması yapılmış verilerin veri tabanına aktarılması faaliyeti devam etmektedir.

2.7. Yedinci İş Paketi

Ulusal gravite veri tabanının kurulması: Arazide toplanan gravite verilerinin depolanması, yönetimi, analizi ve sunumunun yapılabilmesi amacıyla bir web portalı (Türkiye Gravite Alanı Ulusal Veri Merkezi: TR-GRAV) hazırlanmıştır (<http://trgrav.hgk.msb.gov.tr/trgravportal/>). Portal yetkili kullanıcıların mutlak/bağıl/hava/deniz gravimetri, GNSS/Nivelman ve astrojeodezik çekül sapması gözlemlerine ilişkin nokta tanımlama, gözlem dosyası yükleme, güncelleme, listeleme, silme ve haritalama işlemlerini gerçekleştirilebilmesine olanak sağlamaktadır.

2.8. Sekizinci İş Paketi

Jeoit modelleme: Yer gravite alanına dayalı, uydu konumlama teknikleri ile doğrudan fiziksel yükseklik bilgisi üretimine hizmet edecek jeoit modelinin farklı teknik ve yöntemlerle hesaplanması, hesaplanan modellerin testi ve ülkemiz için en uygun modelin seçimi, yeni düşey referans sisteminin oluşturulması ve eski düşey referans sistemi ile ilişkisinin kurulması çalışmalarına başlanmıştır.

2.9. Dokuzuncu İş Paketi

TUSAGA-Aktif sistemi üzerinden jeoit kestirimi ve iletimi: TUSAGA-Aktif kullanıcılarına anlık jeoit yüksekliği bilgisi göndererek büyük ölçekli haritalama çalışmalarında fiziksel yükseklik üretebilmelerini sağlamak amacıyla planlanan söz konusu iş paketinin Eylül 2019 ayı itibarıyla başlaması planlanmıştır.

2.10. Onuncu İş Paketi

Raporlama ve yeni düşey referans sisteminin resmi olarak kullanıcılara duyurulması: Proje sonuç raporunun Kalkınma Bakanlığına sunumu ve yeni düşey referans sisteminin kullanıcılara duyurulmasını içeren söz konusu iş paketinin Şubat 2020 itibarıyla tamamlanması planlanmıştır.

3. SONUÇLAR

Harita Genel Komutanlığı koordinatörlüğünde; Harita Genel Komutanlığı, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Türkiye Petrolleri, TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi ve TÜBİTAK Ulusal Metroloji Enstitüsü (UME) iş birliğinde yürütülen “Türkiye Yükseklik Sisteminin Modernizasyonu ve Gravite Altyapısının İyileştirilmesi” projesi çalışmaları planlandığı şekilde başarıyla devam etmektedir.



Sonuç olarak, ülkemizde Yer bilimleri ve gravite ölçme alanında faaliyet gösteren beş önemli kurum ilk defa bu kadar uzun süreli ve kamu kaynaklarının verimli bir şekilde kullanılmasını sağlayan ve Türkiye Cumhuriyeti Kalkınma Bakanlığının desteği ile yürütülen “Türkiye Yükseklik Sisteminin Modernizasyonu ve Gravite Altyapısının İyileştirilmesi” projesinde başarıyla birlikte çalışmaktadır. Bunun, Türkiye’deki diğer kurumlar için de iyi bir birlikte çalışabilirlik örneği olduğu değerlendirilmektedir.

KAYNAKLAR

Simav, M., Yıldız, H., Cingöz, A., Sezen, E., Demirsoy, N.S., Akpınar, İ., Okay, H., Gürer, A., Akçakaya, M., Yılmaz, S., Akça, M., Çakmak, R., Karaböce, B., Sadıkoğlu, E., Doğan, U. (2015) Türkiye Yükseklik Sisteminin Modernizasyonu ve Gravite Altyapısının İyileştirilmesi Projesi, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, 15.Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, 25-28 Mart 2015, Ankara.

http://www.hkmo.org.tr/etkinlikler/kurultay/etkinlik_bildirileri_detay.php?etkinlikkod=42&bilkod=98
[3](#)



GRACE UYDUSU L2 SEVİYESİ VERİLERİNİN GLOBAL ÖLÇEKTE ANALİZİ

G. Okay Ahi¹, S. Çolak² ve B. Yanmaz²

¹ *Doktor Öğretim üyesi, Geomatik Müh. Bölümü, Hacettepe Üniversitesi, Ankara*

² *BSc. Geomatik Müh. Bölümü, Hacettepe Üniversitesi, Ankara*

Email: goncaokayahi@hacettepe.edu.tr.

ÖZET

Bu çalışma, yeryüzündeki kütle değişimlerini doğru bir şekilde yorumlayabilmek için GRACE uydusu L2 verileri üzerinde, geleneksel olarak yapılan öncül veri-işlem aşamalarını daha iyi anlamayı amaçlamaktadır. Bu veri işlem aşamalarından önemli iki tanesi, GRACE ile belirlenen kütle değişim sinyalleri üzerindeki istenmeyen etkilerin kaldırılmasını sağlayan Gauss ve destripping filtreleme aşamalarını içerir. Bu kapsamda sırası ile 60, 96 ve 90 dereceye kadar olan ve 2002 yılından 2017 yılına kadarlık bir zaman aralığını kapsayan, JPL (Jet Propulsion Laboratory, Nasa), CSR (Center for Space Research at University of Texas, Austin) ve GFZ (GeoforschungsZentrum Potsdam, burada gösterilmemektedir) analiz merkezlerinin küresel harmonik katsayıları kapsayan aylık ikinci seviye verileri (L2) kullanılmıştır. Öncelikle belirlenmiş bir destripping yöntemi için, Gauss filtresi yarıçapının değişiminin etkisi (R=0 km, R=250 km, R=500 km, R=750 km), daha sonra R=500 km Gauss filtresi yarıçapı için farklı destripping yöntemlerinin, JPL ve CSR'den elde edilen, karalardaki su kütlesi değişimlerinin yıllık genlik, faz ve trend (burada gösterilmemektedir) verileri üzerindeki küresel ölçekte etkisi incelenmiştir. Sonuçlar, CSR verisinin JPL'e göre genel olarak daha az gürültülü olduğunu ve belirlenmiş bir destripping yöntemi için Gauss filtreleme yarıçapının CSR verileri için R=250 km kullanılmasının yeterli iken, JPL verileri için ancak R=500 km kullanılmasının uygun olacağını göstermektedir. R=750 km kullanımı iki veri seti için de anlamlı sinyalin kaybına yol açmaktadır. Ek olarak, veri seti CSR verisi örneğinde olduğu gibi kısmen temiz olduğunda farklı destripping yöntemleri benzer sonuçları vermektedir.

ANAHTAR KELİMELER: GRACE, Gauss filtreleme, destripping, küresel harmonik katsayılar.

GLOBAL ANALYSIS OF GRACE L2 LEVEL DATA

¹ *Assist. Prof, Geomatics Eng. Department, Hacettepe University, Ankara*

² *Geomatics Eng. Department, Hacettepe University, Ankara*

Email: goncaokayahi@hacettepe.edu.tr.

ABSTRACT

This study aims to understand the preprocessing steps which have been traditionally performed on GRACE (Gravity Recovery and Climate Experiment) L2 data to adequately interpret results in terms of mass redistribution in the Earth system. Two of the important preprocessing steps include Gaussian filtering and destripping which provide removal of systematic effects on the GRACE satellite signal. In this research, JPL (Jet Propulsion Laboratory, Nasa), CSR (Center for Space Research at University of Texas, Austin) and GFZ (GeoforschungsZentrum Potsdam, not shown here) institutions monthly Level-2 data sets have been used up to degree/order 60, 96 and 90 degrees respectively for a time period from 2002 to 2017. First, for a chosen destripping method, the effect of the Gaussian filter size (R=0 km, R=250 km, R=500 km, R=750 km) and then for a chosen Gaussian filter radius (R=500 km), the effect of different destripping methods have been studied on the land hydrology signal in terms of annual amplitude, phase (not shown here) and trend (not shown here) using JPL and CSR data in global scale. Results show that generally CSR data is less noisy compared to JPL data and for a chosen destripping method Gaussian filtering with R=250 km is enough for CSR data processing while R=500 km is



adequate for JPL data. $R=750$ km leads the removal of physical signals for both data sets. Additionally, when the data isn't noisy there is no big effect on the used destriping method (e.g. CSR).

KEYWORDS: GRACE, Gaussian filtering, destriping, spherical harmonic coefficients.

1. GRACE DATA AND ITS ANALYSIS

GRACE, twin satellites launched in March 2002, have made detailed measurements of Earth's temporal gravity field by measuring inter-satellite distance between satellites in μm accuracy and the orbital perturbation from Keplerian orbit leading to discoveries about gravity and Earth's natural system such as drought monitoring, flood and groundwater potential, ice sheet mass balance and the sea and ocean mass variations. However, a set of post processing steps have to be applied to GRACE data to retrieve reliable information about the Earth mass redistribution. This preprocessing steps include the removal of atmospheric pressure/mass changes (based on ECMWF IFS) so the GRACE surface mass grids do not contain atmospheric mass variability (already performed by processing centers), the replacement of the C20 (degree 2 order 0) coefficients with the solutions from Satellite Laser Ranging (Cheng et al., 2011), because of the large bias of the GRACE-C20 solutions, the estimation of the degree-1 coefficients (geocenter) from Swenson and Wahr (2006) because GRACE cannot retrieve them, the correction of glacial isostatic adjustment (GIA) based on the model from Geruo A et al., (2013), the application of a destriping filter to the data to minimize the effect of correlated errors which appear as N-S stripes in GRACE monthly maps (Swenson and Wahr (2006)), the application of a Gaussian filter to recover the set of masses on the Earth surface which can be attenuated due to the weakening of the gravity field with increasing altitude. Actually, three processing centers CSR (U. Texas / Center for Space Research), JPL (Jet Propulsion Laboratory) and GFZ (GeoForschungsZentrum Potsdam) provide official releases of GRACE gravity data products in terms of Stoke's coefficients (Level-2 data, Release 05 the latest), for both the time-averaged and time-variable fields (maximum degree/order: $n=60$) or in form of monthly mass grids with $1^\circ \times 1^\circ$ spatial resolution (Level-3 data, Release 05 the latest). In this study, we used the Level-2 data concerning spherical harmonics coefficients obtained from the three processing centers: GFZ, JPL and CSR. We studied the effect of changing the radius of Gaussian filter ($R=0$ km, $R=250$ km, $R=500$ km, $R=750$ km) and the effect of different destriping methods (Swenson and Wahr, 2006; Chambers and Bonin, 2012; Chen et al., 2009; Duan et al., 2009) on the annual amplitude, phase and trend of global total water storage anomalies using the data from three processing centers. In addition, leakage error correction and multiplication with the provided scaling grid ($1^\circ \times 1^\circ$) are also performed to gridded L2 data.

2. RESULTS AND DISCUSSION

Figure 1 and Figure 2 show the effects of the size of Gaussian filter ($R=0$ km, $R=250$ km, $R=500$ km, $R=750$ km) on the destriped (with Swenson and Wahr (2006) method) and the different destriping methods on the Gaussian filtered ($R=500$ km) global annual amplitude of total water storage changes observed by GRACE for the time period from 2002 to 2017 using JPL (in left, up to d/o 60) and CSR (in right, up to d/o 96) L2 data products; respectively. Results show that generally CSR data is less noisy compared to JPL data so user is encouraged to use CSR data instead of JPL. Moreover, for a chosen destriping method Gaussian filtering with $R=250$ km is enough for CSR data processing while $R=500$ km is adequate for JPL data. $R=750$ km leads the removal of physical signals for both data sets. Additionally, when the data is less noisy there is no significant effect on the method used for destriping (e.g. CSR). These results must to be compared with the GFZ data and for the annual phase and trend of the total water storage anomalies in global scale. In addition, statistical analyses have to be performed to better understand the correlations between different processing center, if any results after performing preprocessing steps such as Gaussian filtering and/or different destriping methods.

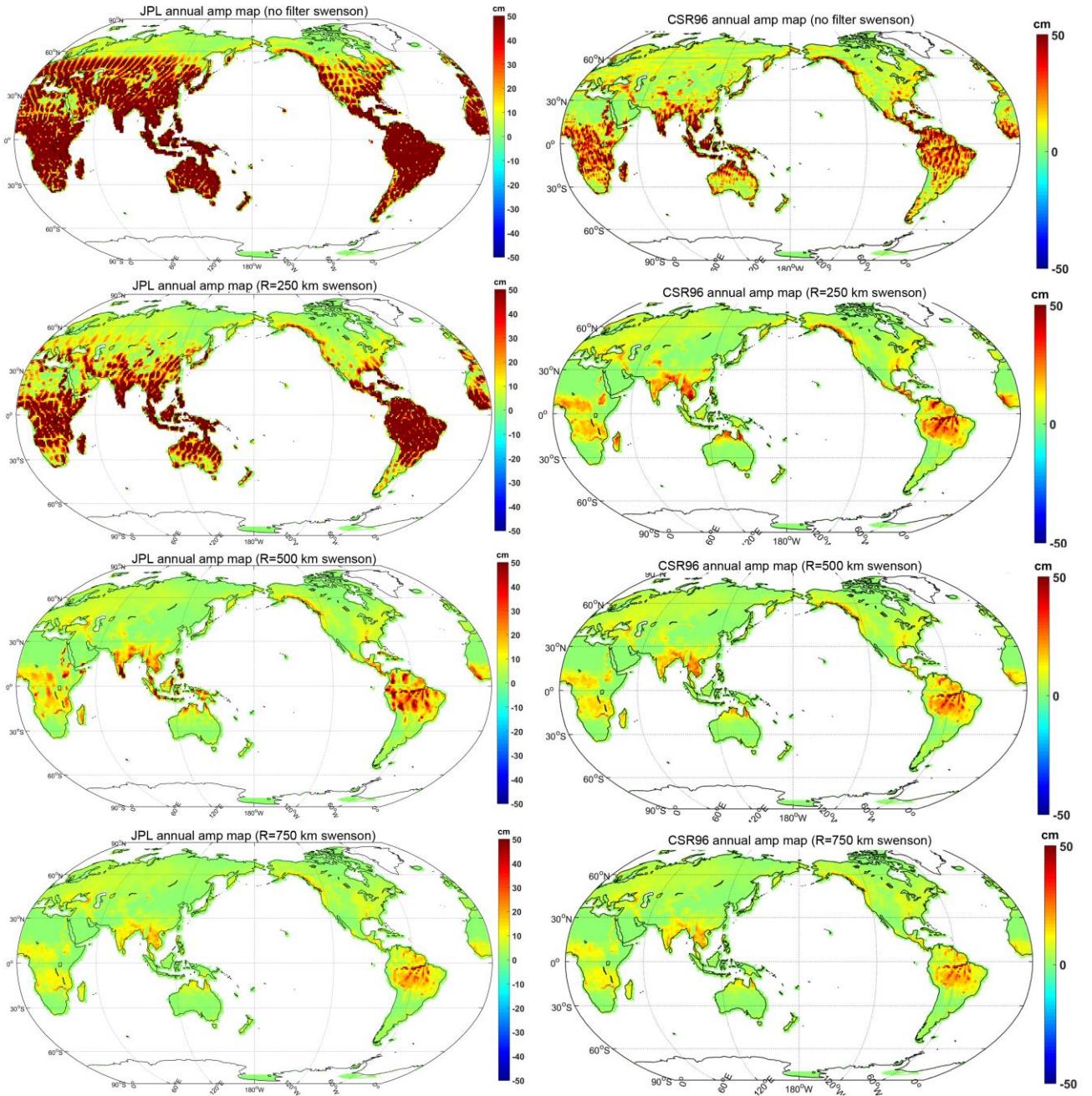


Figure 1. Annual amplitude of total water storage GRACE data (cm) in global scale for the time period between 2002 to 2017, from JPL (left, up to d/o 60) and CSR (right, up to d/o 96) using different Gaussian filtering radius (R=0km, R=250km, R=500km, R=750km). The destriping method used here is Swenson and Wahr (2006).

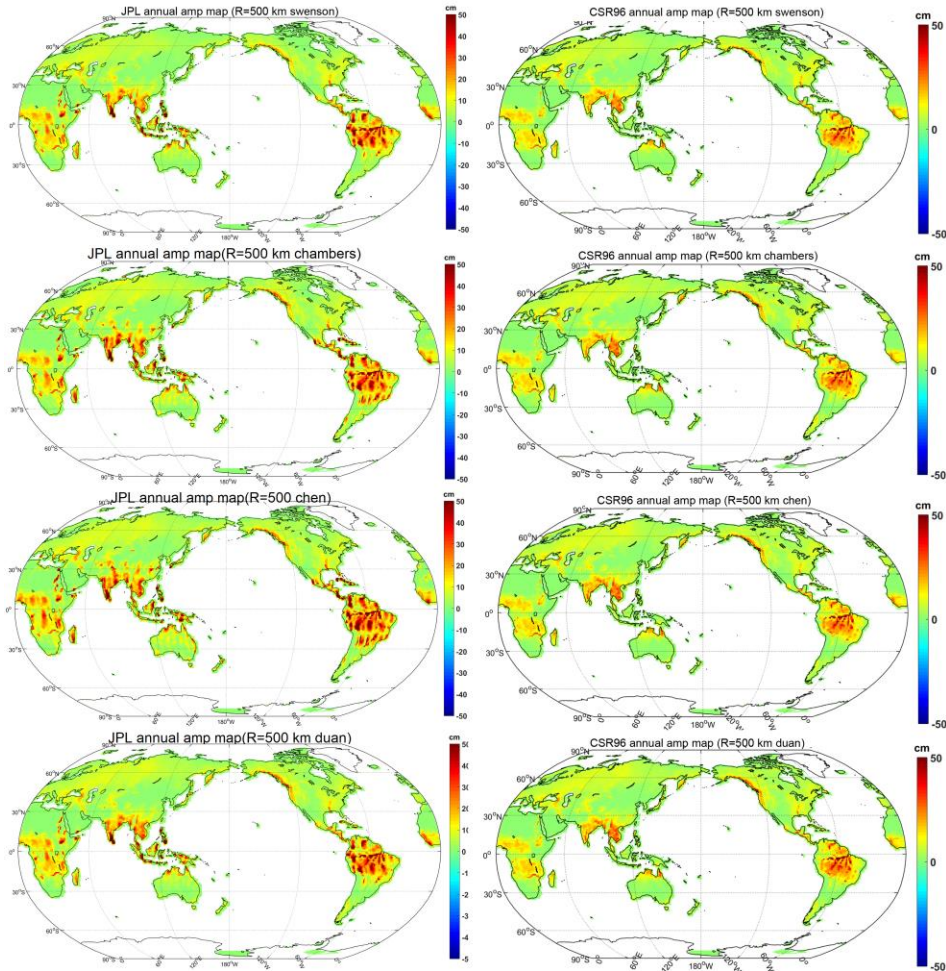


Figure 2. Annual amplitude of total water storage GRACE data (cm) in global scale for the time period between 2002 to 2017, from JPL (left, up to d/o 60) and CSR (right, up to d/o 96) using different destriping methods. Gaussian filtering has been performed with a R=500 km radius.

REFERENCES

- Geruo A., Wahr, J. and Zhong, S. (2013). Computations of the viscoelastic response of a 3-D compressible Earth to surface loading: an application to Glacial Isostatic Adjustment in Antarctica and Canada. *Geophysical Journal International* **192**, 557–572.
- Chambers, D.P. and Bonin, J.A. (2012). Evaluation of Release 05 time-variable gravity coefficients over the ocean. *Ocean Science* **8**, 859-868.
- Cheng, M., Ries, J. C. and Tapley, B. D. (2011). Variations of the Earth's figure axis from satellite laser ranging and GRACE. *Journal of Geophysical Research* **116**, B01409.
- Chen, J.L., Wilson, C.R., Tapley, B.D., Yang, Z.L., Niu, G.Y. (2009) 2005 drought event in the Amazon River basin as measured by GRACE and estimated by climate models. *Journal of Geophysical Research* **114**.
- Duan, X., Guo, J., Shum, C., van der Wal, W. (2009). On the post processing removal of correlated errors in GRACE temporal gravity field solutions. *Journal of Geodesy* **83**, 1095–1106.
- Swenson, S. C. and Wahr, J. (2006) Post-processing removal of correlated errors in GRACE data, *Geophysical Research Letters* **33**, L08402.



GNSS KOORDİNAT ZAMAN SERİLERİNDE TESPİT EDİLEMİYEN ATIMLARIN HIZ ve MEVSİMSEL BİLEŞENLERE ETKİSİ

Mehmet Güven Koçak¹

¹ *Yrd. Doç. Dr., Harita Mühendisliği Bölümü, İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi, İzmir*
Email: mehmetguven.kocak@ikc.edu.tr

ÖZET

GNSS koordinat zaman serilerinde anten-alıcı değişimi, sismik hareketler, meta veri değişikliği, istasyon tahribatı ve açıklanamayan nedenlerle sıçramalar veya atımlar ortaya çıkabilmektedir. Hız ve mevsimsel sinyal parametrelerinin doğru bir şekilde kestirilebilmesi için zaman serilerinde atım konumlarının ve değerlerinin belirlenmesi gerekir. Sentetik verilerle yapılan çalışmalar, simüle edilen atımların en fazla yarıya yakın kısmının zaman serisindeki konumlarının doğru olarak tespit edilebildiğini, boyutları itibarıyla belirli bir sınırın altındaki atımların ise ortaya çıkarılamadığını göstermektedir. Bu çalışmada zaman serisi içinde tespit edilemeyen atımların varlığında istasyon hızı ve mevsimsel bileşenlerin nasıl değiştiği araştırılmıştır. Çalışmada kullanılmak üzere beyaz gürültü (BG) + kırpışmalı gürültü (KG) içeriğine sahip farklı hız değerlerinde ve yine farklı yıllık ve yarı yıllık harmonik genliklerde gerçek GNSS zaman serileri davranışına sahip 50 istasyonu kapsayan yapay zaman serileri üretilmiştir. Serilere BG ve KG oranlarına bağlı olarak hesaplanan standart sapma değerinin 0.5, 1.0 ve 1.5 katı atım değerleri seride tek bir atım var olduğu varsayımı ile raslantısal konumlara eklenmiştir. Seriler genişletilmiş lineer regresyona tabi tutularak uyumsuz ölçüler ayıklanmış, istasyon hızı ve harmonik genlik değerleri kestirilmiştir. Kestirilen değerler ile gerçek değerler birbirleriyle karşılaştırılmıştır. Seride mevcut ancak tespit edilemeyen tek bir atımın, boyutuna bağlı olarak istasyon hızını her üç bileşende standart sapma değerinin %4-15'e kadar varan oranlarda değiştirebildiği, mevsimsel bileşenlerde ise anlamlı bir değişime neden olmadığı gözlenmiştir. Seçilen altı gerçek GNSS koordinat zaman serisi üzerinde de ilgili analizler yapılmıştır.

ANAHTAR KELİMELER: Atım, GNSS koordinat zaman serileri, istasyon hızı, mevsimsel parametreler.

EFFECT OF UNIDENTIFIED OFFSETS IN GNSS COORDINATE TIME SERIES ON VELOCITY AND SEASONAL PARAMETERS

¹ *Assist. Prof., Geomatics Engineering, İzmir Kâtip Çelebi University, İzmir*
Email: mehmetguven.kocak@ikc.edu.tr

ABSTRACT

Offsets can be observed in GNSS coordinate time series due to antenna-receiver change, seismic events, metadata change, monument disruption, unexplained events, etc. Offset locations and magnitudes should be identified within the series in order to accurately estimate velocity and seasonal signals. Studies carried out on synthetic data show that nearly half of the simulated offsets can be localized successfully where offsets below a certain limit cannot be identified. This study researches how undetected single



offset in a time series affect station velocity and seasonal parameters. Coordinate time series for 50 stations have been simulated with white noise (WN) + flicker noise (FN) content and with different station velocities and seasonal parameters. Each time series is contaminated with a deliberate offset having a size of 0.5, 1.0 and 1.5 times the driving noise standard deviation computed from the WN and FN fraction values. Velocity and seasonal amplitudes have been estimated after blunder detection by using an augmented linear regression model. Estimated values and real values are compared to each other. We conclude that a single undetected offset may change velocity values between 4 and 15% of the noise standard deviation in all three components. No significant changes have been observed in seasonal parameters. Analyses have also been carried out at a GNSS co-location site with six receivers.

KEYWORDS: Offsets, GNSS coordinate time series, station velocity, seasonal parameters.

1. GİRİŞ

Tektonik deformasyonlar, deniz seviyesi değişimi gibi çalışmalarda kullanılan GNSS zaman serilerinden elde edilen hızların, jeofizik çıkarım ve yorumlama yapmak ve modern model geliştirmek için ± 0.1 mm/yıl doğrulukla belirlenmesi gerekmektedir (Blewitt vd., 2010). Serilere uygulanan regresyon modeli istasyon hızları için oldukça iddialı bu değer civarında ve hatta altında doğruluk değerleri üretmektedir (Örn. <https://sideshow.jpl.nasa.gov/post/series.html>). Ancak seri içinde çeşitli büyüklüklerde atım mevcut olması halinde bulunacak hız değerleri kayık olarak kestirilmekte, bulunan hız doğruluğu da gerçeği yansıtmamaktadır. GNSS zaman serilerinde çeşitli büyüklüklerdeki atımların, hız bileşeni ve doğruluk kestirimine etkisini araştırmak üzere DOGEx (The Detection of Offsets in GPS Experiment) sentetik veri seti üretilmiş ve uluslararası araştırmacıların kullanımına açılmıştır (Gazeaux vd, 2013). Araştırmacılardan 50 istasyonu temsil eden 150 zaman serisi içinde konumlarını ve büyüklüklerini bilmedikleri atımların, hangi zamanda ve ne büyüklükte olduğu ile serinin hızını otomatik veya manuel yöntem kullanarak bulmaları istenmiştir. En doğru çözümler manuel yöntemlerle elde edilmiş ve bunlar arasında en iyi çözüm, atımın 5 günlük zaman penceresi içinde bulunduğunu ifade eden %40 gerçek pozitif (GP), 5 günlük pencere dışında olma durumunu ifade eden %40 yanlış negatif (YN) ve atım olmadığı halde atım varmış durumunu gösteren %20 yanlış pozitif (YP) şeklinde sonuçlar üretmiştir (Gazeaux vd, 2013). DOGEx veri setine benzer ancak farklı bir metriğe sahip veri kümesiyle yapılan bir başka çalışmada zaman penceresi 25 gün alındığında %48 GP, %24 YN ve %28 YP değerleri elde edilmiştir (Bruni vd, 2014). Atım tespiti için zaman penceresinin büyük alınması GP oranını büyütürken YN oranını küçültmektedir. Öte yandan YN oranını etkileyen bir diğer faktör atımın ne kadar büyüklükte olduğudur. Örnek olarak atımın büyük olması halinde zamansal konumu daha az hata ile belirlenebilecekken daha küçük bir atım değeri ile atım zamanı daha duyarsız olarak bulunacak bu da YN oranını artıracaktır (bkz. Khodabandeh vd. (2012)'de Tablo 3 ve Williams (2003)'de Şekil 6).

Bu çalışmada tespit edilemeyen boyuttaki atımların istasyon hızına ve mevsimsel bileşenlere etkisi tartışılmıştır. Williams (2003) zaman serisinde mevcut tek bir atım değerinin ve eşit aralıklarla seriye dağıtılmış atımların seriden elde edilecek hız değerinin doğruluğunu nasıl değiştirdiğini bazı varsayımlara dayanarak kapalı formüllerle ifade etmiştir. Bu araştırma kapsamında gerçeğe yakın DOGEx benzeri sentetik zaman serileri üretilerek serilerde rastlantısal konumlara eklenen ve tespit edilemeyecek büyüklükteki bir atımın serinin hız değerine ve mevsimsel bileşenlere etkisi incelenmiştir.



2. VERİ ve YÖNTEM

Çalışma kapsamında DOGEx benzeri bir veri seti üretilmiştir. Bu maksatla DOGEx zaman serilerinde mevcut atımlar görsel olarak mümkün olduğunca temizlenmiş, seride atım olmadığı varsayılarak serilerden istasyon hızı, periyodik bileşenler, serideki BG ve KG oranları ile bunların standart sapma değerleri Hector yazılımı (Bos vd., 2013) kullanılarak kestirilmiştir. Kestirilen bu parametre değerleri kullanılarak yine Hector yazılımı ile DOGEx veri setindeki istasyonların zamansal uzunluğuna sahip, BG + KG kombinasyonu yatay bileşen için 2-4 mm + 8-11 mm/yıl^{0.25}, düşey bileşen için 0-2 mm + 22-26 mm/yıl^{0.25} olacak şekilde ve veri kesiklikleri de yine DOGEx istasyonlarından aynen aktarılan zaman serileri simüle edilmiştir. GPS'in ilk yıllarında uydu konfigürasyonunun daha düşük konum doğruluk değerleri üretmesi nedeniyle DOGEx'in başlangıç değerleri daha gürültülü olarak alınmıştır. Bu çalışmada DOGEx'in aksine tüm seri boyunca sabit bir gürültü içeriği olduğu varsayılmıştır. Serinin hız ve Fourier katsayılarının da DOGEx'te olduğu gibi zaman içinde değişmediği varsayılmıştır.

Gazeaux vd. (2013), DOGEx veri setiyle yaptıkları çalışmada tespit edilebilir en küçük atım değerini yatay bileşen için 5 mm ve düşey bileşen için de 9 mm civarında bildirmektedirler. DOGEx veri setinin bu çalışmada içinde atım olmayan bir veri seti üretmek üzere referans alınmasının nedeni en küçük atım değerlerinin serinin standart sapmasının kaç katına tekabül ettiğinin bulunmasıdır. Yukarıda verilen tespit edilebilir en küçük atım değerleri yatay bileşen için en küçük standart sapmanın 1.8 katına, düşey bileşen için de yine en küçük standart sapmanın 1.4 katına karşılık gelmektedir. Bu çıkarım temel alınarak çalışmada atım değerleri her bir seri için seri standart sapmasının 0.5, 1.0 ve 1.5 katı olacak şekilde belirlenmiştir.

Örnek olarak bir istasyon için kuzey bileşenine ait zaman serisinin standart sapma değerinin 0.5 katı serinin ilk 100 elemanındaki herhangi birine rastlantısal olarak eklenmiş, hesaplama yapılarak hız ve mevsimsel bileşenler kestirilmiştir. Serinin bu noktasından itibaren her 500 konumda bir eklenen atım değeri ile aynı hesaplamalar seri sonuna ulaşana kadar gerçekleştirilmiştir. Her adımda seriye yalnızca bir atım değeriyle müdahale edilmiş, öncesinde eklenen atımlar dikkate alınmamıştır. Bu şekilde istasyonun diğer iki bileşeni için işlem tekrar edilmiş, tüm istasyonlar bu şekilde değerlendirilmiştir. Aynı süreç atım değerinin, standart sapmanın 1.0 ve 1.5 katı olma durumları içinde gerçekleştirilmiştir.

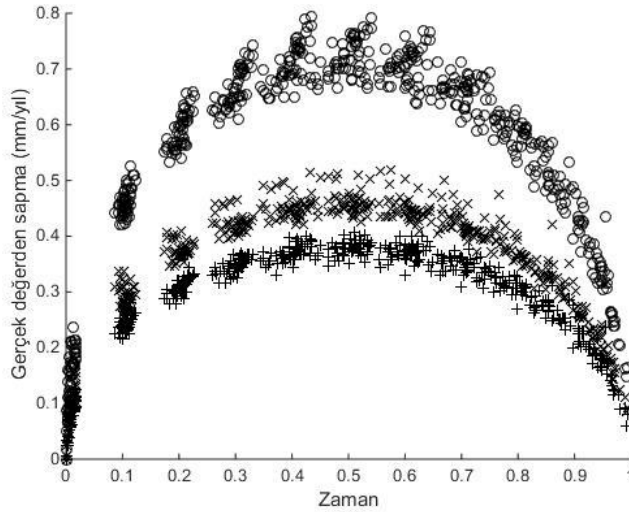
3. SONUÇLAR

Zaman serilerine eklenen üç farklı büyüklükte atım değerinin hız parametresine etkisi Tablo 1'de görülmektedir. Seri içinde, serinin standart sapmasının 1.5 katı kadar, serinin ortasında bir konumda bir atım değeri mevcut olması halinde yatay bileşen hızı 0.5 mm/yıl değerine kadar fark gösterebilmektedir. Aynı atımın düşey bileşene etkisi 0.80 mm/yıl'a kadar çıkabilmektedir. Seri içinde ayırt edilemeyen atım en kötü durumda her üç bileşenin hızını, ilgili bileşenin standart sapmasının %14'ü kadar olan değerlerde değiştirebilmektedir. Bu çalışmada tarif edilen boyutlarda bir atımın serilerin mevsimsel bileşenlerinin kestirimini anlamlı olarak etkilemediği gözlenmiştir.

Tablo 1. Farklı büyüklükteki atımların serinin hız bileşenine etkisi

	Hızdaki değişim (mm/yıl)			Hızdaki değişim (%)		
	0.5x	1.0x	1.5x	0.5x	1.0x	1.5x
Yatay	0.12-0.17	0.24-0.34	0.33-0.50	3.7-4.8	7.4-9.6	11.0-14.2
Düşey	0.23-0.27	0.45-0.53	0.64-0.80			

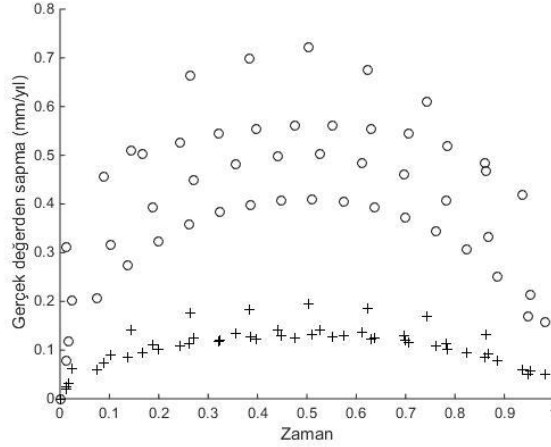
Seride tespit edilemeyecek boyutta atım olması halinde en büyük etki, atımın serinin ortası civarında olması halinde gözlenmektedir. Ancak örnek olarak Şekil 1’de yatay bileşen için seri ortasındaki (0.5 konumu) atımın etkisi maksimum olmakla birlikte seri uzunluğunun %30-%70 aralığındaki konumlarında maksimum etkiye yakın değişimler gözlenebilmektedir. Düşey bileşen için dilimin genişliği %30’a gerilemektedir. Ayrıca şekilden doğu-batı bileşeninin standart sapma değerlerinin kuzey-güney bileşeninden daha küçük olması nedeniyle bu bileşendeki sapma değerlerinin daha küçük olarak elde edildiği görülebilmektedir.



Şekil 1. Üretilen zaman serilerine eklenen standart sapma değerinin 1.5 katı olması halinde hız değerinin gerçek değerden sapma miktarını gösterir grafik. Yatay eksen normlandırılmış zaman eksenini ifade etmektedir. Şekilde x: kuzey-güney, +: doğu-batı ve o: düşey bileşeni göstermektedir.

Wetzell istasyonunda mevcut altı GNSS istasyonunun JPL tarafından değerlendirilen koordinat zaman serisi de bu çalışmada sunulan yöntemle analiz edilmiştir. Analizde serilerde herhangi bir atım olmadığı varsayılmıştır. Altı istasyon yapay veri setinden farklı olarak farklı gürültü içerikleri göstermekle birlikte çoğunlukla BG+KG modeline uyduğu gözlemlenmiştir. Şekil 2’den görüleceği üzere istasyonlara ait yatay bileşende tespit edilemeyen bir atım olması halinde maksimumda 0.10-0.15 mm/yıl değişim gözlenmiştir. Serilere ait yatay bileşen standart sapma değerleri en fazla 1.8 mm’ye ulaştığından etki daha küçük olarak ortaya çıkmıştır. Düşey bileşen için maksimum değişim değerleri 0.35-0.70 mm/yıl olarak tespit edilmiştir. Burada da simülasyon verisinde olduğu gibi istasyon hızlarında serinin standart sapmasının %9-15’i oranında değişimler gözlenmiştir.

GNSS koordinat zaman serilerinde çeşitli büyüklüklerde atım değerleriyle karşılaşılabilir. Bunlardan seri içinde tespit edilebilecek eşikten daha küçük atımlar da ortaya çıkabilir. Çalışmada tek bir atım varlığında serinin hız doğruluğunun ideal olan ± 0.1 mm/yıl değerinden özellikle yükseklik bileşeni için çok üzerinde sonuçlar üretebileceği gösterilmiştir. Seri içinde birden fazla atım olması halinde hız doğruluk değerleri daha yüksek değerlere ulaşabilecektir.



Şekil 2. Wettzel istasyonunda mevcut altı GNSS istasyonuna ait (wtza, wtzj, wtzr, wtzs, wtzt, wtzz) koordinat zaman serilerine eklenen atımın standart sapma değerinin 1.5 katı olması halinde hız değerinin gerçek değerden sapma miktarını gösterir grafik. Yatay eksen normlandırılmış zaman eksenini ifade etmektedir. Şekilde +: yatay ve o: düşey bileşeni göstermektedir.

KAYNAKLAR

Blewitt, G., vd. (2010), Geodetic observations and global reference frame contributions to understanding sea-level rise and variability, in *Understanding sea-level rise and variability*, Church, JA. vd. (Editör), Wiley-Blackwell, 256-284.

Bos, M. S., Fernandes, R. M. S., Williams, S. D. P., and Bastos, L. (2013). Fast error analysis of continuous GNSS observations with missing data. *J. Geod.*, **87(4)**: 351–360, doi:10.1007/s00190-012-0605-0.

Bruni, S., Zerbini, S., Raicich, F. vd. (2014). Detecting discontinuities in GNSS coordinate time series with STARS: case study, the Bologna and Medicina GPS sites, *J. Geod.*, **88(12)**: 1203-1214, doi:10.1007/s00190-014-0754-4

Gazeaux, J., vd. (2013). Detecting offsets in GPS time series: first results from the Detection of Offsets in GPS Experiment, *J. Geophys. Res. Solid Earth*, **118**: 1-11, doi:10.1002/jgrb.50152.

Griffiths, J., Ray, J. (2016). Impacts of GNSS position offsets on global frame stability, *Geophys. J. Int.*, **204**, 480–487.

Khodabandeh, A., Amiri-Simkooei, A.R. & Sharifi, M.A. (2012). GPS position time-series analysis based on asymptotic normality of M-estimation, *J Geod* (2012). **86 (1)**: 15-33, doi:10.1007/s00190-011-0489-4

Williams, SDP. (2003). Offsets in Global Positioning System time series. *J. Geophys. Res. Solid Earth*, **108**, 2310, doi:10.1029/2002JB002156, B6.



TÜRKİYE ULUSAL DENİZ SEVİYESİ İZLEME SİSTEMİ (TUDES) MODERNİZASYON ÇALIŞMALARI

Erdinç SEZEN¹, Hasan YILDIZ², Mehmet SİMAV³, Osman Atila AKABALI⁴

¹*Doktor, Jeodezi Dairesi Başkanlığı, Harita Genel Komutanlığı, Ankara*

²*Doçent, Jeodezi Dairesi Başkanlığı, Harita Genel Komutanlığı, Ankara*

³*Doktor, Jeodezi Dairesi Başkanlığı, Harita Genel Komutanlığı, Ankara*

⁴*Doktor, Jeodezi Dairesi Başkanlığı, Harita Genel Komutanlığı, Ankara*

Email: erdinc.sezen@hgk.msb.gov.tr

ÖZET

Türkiye Ulusal Deniz Seviyesi İzleme Sistemi (TUDES), uzun kıyılara sahip ülkemizde günümüz ve gelecekteki deniz seviyesi ile ilgili ihtiyaçları karşılamak ve kıyılarımızda uzun dönemli deniz seviyesi değişimlerini izlemek amacıyla oluşturulmuştur. Halen Türkiye ve KKTC kıyılarına tesis edilmiş toplam 20 adet mareograf istasyonundan oluşan TUDES, Harita Genel Komutanlığı tarafından işletilmektedir. 1935 yılında Antalya’da kurulan dinlendirme kuyulu şamandıralı mareograf istasyonu ile başlayan deniz seviyesi gözlem çalışmaları, istasyonların 1999 yılı başından itibaren akustik ve tam otomatik sayısal mareograf istasyonlarıyla modernizasyonu ile devam etmiştir. Akustik mareograf istasyonlarının işletim ve idamesinde karşılaşılan zorlukların giderilmesi ve özellikle tsunami erken uyarı sistemleri için gerekli gerçek zamanlı deniz seviyesi veri ihtiyaçlarına daha etkin cevap verilebilmesi için 2013 yılında başlatılan prototip bir deniz seviyesi ölçme sistemi geliştirme çalışması başlatılmıştır. Çalışmalar sonrasında ortaya çıkan GNSS alıcısı entegreli radar sensörlü mareograf istasyonu ilk olarak 2014 yılında İskenderun’da akustik deniz seviyesi ölçme sisteminin yanına kurulmuştur. 2016 yılında Sinop, 2017 yılında da Marmara Ereğlisi mareograf istasyonları benzer şekilde modernize edilmiştir. Bu çalışmada, mareograf istasyonlarında yapılan modernizasyon çalışmalarının gerekçeleri ile İskenderun’da aynı anda çalıştırılan radar ve akustik seviye sensörlerinden elde edilen deniz seviyesi ölçülerinin karşılaştırma sonuçları sunulacaktır.

ANAHTAR KELİMELELER: TUDES, mareograf istasyonu, deniz seviyesi gözlem sistemi

TURKISH NATIONAL SEA LEVEL MONITORING SYSTEM (TUDES) MODERNIZATION ACTIVITY

¹*Doctor, GeodesyDepartment, General Command of Mapping, Ankara*

²*Associate Professor, GeodesyDepartment, General Command of Mapping, Ankara*



³*Doctor, Geodesy Department, General Command of Mapping, Ankara*

⁴*Doctor, Geodesy Department, General Command of Mapping, Ankara*

Email: erdinc.sezen@hkg.msb.gov.tr

ABSTRACT

Turkish National Sea Level Monitoring System (TUDES) has been established to meet present and future needs related to sea level and to monitor long term coastal sea level changes in Turkey. Currently with 20 tide gauge stations in Turkey and Turkish Republic of Northern Cyprus, TUDES is operated by General Command of Mapping. Sea level observing activities has started in 1935 by establishment of a floating tide gauge station in Antalya. Since 1999, tide gauge stations were modernized with digital and automatic acoustic tide gauges. Due to the difficulty in operation and maintenance of acoustic sea level observing sensors and systems and to more efficiently provide real time sea level data for mainly to tsunami early warning systems, a prototype sea level observing system development was performed in 2013 resulted in radar tide gauge station integrated with a GNSS receiver being established in Iskenderun in 2014. Similarly, Sinop and Marmara Ereğlisi tide gauges were modernized in 2016 and 2017 respectively. This study will present the rationale of the tide gauge system modernization efforts as well as the comparison of sea level measurements from radar and acoustic type sea level observing sensors simultaneously run in Iskenderun for a period.

KEYWORDS: TUDES, tide gauge station, sea level observing system

1. DENİZ SEVİYESİ GÖZLEM ÇALIŞMALARI

Harita Genel Komutanlığı, Türkiye Ulusal Düşey Kontrol Ağının (TUDKA) referans yüzeyini belirlemek ve değişimini izlemek amacıyla TUDES mareograf istasyonları (Şekil 1) ile kıyılarımızdaki uzun dönemli deniz seviyesi değişimlerini izlemektedir. Türkiye için hesaplanan jeoit modellerinin kıyılardaki mutlak kontrolünde TUDES mareograf istasyonlarında hesaplanan ortalama deniz seviyesi değerleri kullanılmaktadır (Yıldız vd. 2003). Kurulu buldukları konum itibarıyla rölatif (bağıl) deniz seviyesi değişimlerini ölçen mareograf istasyonları bağlı buldukları TUDKA vasıtasıyla da birbirlerine göre anlık ve ortalama deniz seviyesi değişimlerini belirleyebilmektedir (Şekil 2). Böylece üç tarafı denizlerle çevrili bir yarımada konumundaki Türkiye için denizler arası ortalama deniz seviyesi farklarını (eğimini) (Akdeniz, Ege, Marmara ve Karadeniz) belirlemek mümkün olmaktadır (Yıldız vd. 2006).



Şekil 1. TUDES mareograf istasyonları.

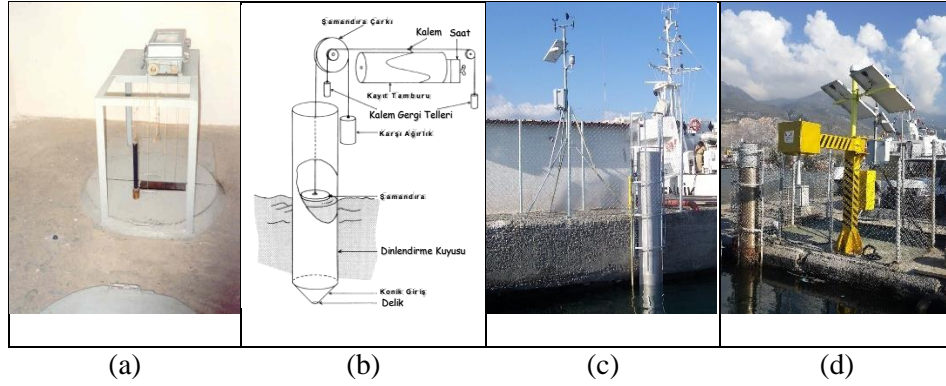
Diğer yandan deniz ve okyanus tabanlarında meydana gelen büyük depremler sonrası oluşan dev dalgaların (Tsunami) kıyılarda meydana getireceği zararları önlemek veya en aza indirmek amacıyla erken uyarı sistemlerinin tesis edilmesi, bu kapsamda oluşturulacak Tsunami senaryolarındaki dalga yayılım simülasyonunun test edilmesi için gerçek zamanlı deniz seviyesi verilerine ihtiyaç duyulmaktadır.

Bu kapsamda Türkiye adına çevre denizlerde bölgesel tsunami izleme ve değerlendirme merkezi görevini üstlenen Boğaziçi Üniversitesi (BÜ) Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü'ne (KRDAE) Harita Genel Komutanlığı tarafından TUDES mareograf istasyonlarında ölçülen gerçek zamanlı deniz seviyesi verileri NEAMTWS projesi kapsamında sağlanmaktadır (www.koeri.boun.edu.tr/tsunami).

2. MODERNİZASYON İHTİYACININ GEREKÇELERİ

Sistem modernizasyonu yapılmasında öne çıkan üç ana etken mevcuttur. Mevcut akustik sensörlü deniz seviyesi ölçüm sisteminde ses dalgası deniz yüzeyine dik olarak daldırılmış bir tüp içerisinden gönderilmekte, bu durumda oşinografik (yosunlaşma vb.) veya denizden kaynaklı kirlilik nedeniyle sensöre ait ölçüm borusu tıkanmakta bunun sonucu olarak zaman zaman sensör tarafından doğru değerler üretilmemektedir. Ayrıca deniz ile teması bulunan mevcut akustik sistemin deniz suyunun aşırı yıpratıcı (korozyon, dalga çarpması vb.) etkisine maruz kalması nedeniyle sistemin idamesinde zorluklar yaşanmaktadır. Radar sensörlü ölçüm sisteminde denize temas olmaması yukarıda ifade edilen sorunları büyük ölçüde ortadan kaldırmaktadır.

Mareograf istasyonlarındaki deniz seviyesi ölçümleri karadaki sabit bir noktaya göre yapıldığından, istasyon bölgesindeki düşey yönlü yer kabuğu hareketlerinin belirlenerek deniz seviyesi ölçümlerinden çıkarılması gerekmektedir. Bunun için istasyon yakınında tesis edilen GNSS noktalarında halen kampanya tipi tekrarlı GNSS gözlemleri yapılmaktadır. Ancak bu şekilde gerçekleştirilen gözlemlerden düşey yöndeki kara hareketlerinin hassas bir şekilde belirlenememesi uzun dönemli mutlak deniz seviyesi değişimlerinin doğruluğunu düşürmektedir. Bu nedenle mareograf istasyonlarına entegre sabit bir GNSS gözlem sisteminin kurulmasının düşey yönlü karasal hareketlerin, dolayısıyla da uzun dönemli mutlak deniz seviyesi değişimlerinin daha hassas bir şekilde belirlenmesini mümkün kılacağı değerlendirilmektedir (Şekil 2).



Şekil 2. Grafik kayıtlı şamandıralı mareograf istasyonu (a) ve çalışma prensibi (b), akustik sistemli mareograf istasyonu (c), GNSS alıcısı entegreli radar sensörlü mareograf istasyonu

TUDES istasyonları, güneş panellerinden elde ettikleri enerjiler ile akülerini şarj ederek şebeke elektriği olmaksızın çalışmaktadırlar. Ancak mevcut durumda güneş paneli ve akü kapasitesinin düşük olması istasyonda enerji tasarrufuna gidilmesini zorunlu kılmaktadır. Bu nedenle istasyonun merkezle iletişimini sağlayan GPRS modemler günbatımından sabaha kadar kapatılmakta dolayısıyla bu dönem içerisinde istenirse dahi istasyonla iletişim kurulamamaktadır. Yeni sistemde güneş panelleri ve akü kapasitesi artırılmış, yeni nesil 3G GPRS modemler kullanılmıştır. Bu sayede iletişimin 7 gün 24 saat açık kalması, istasyona bağlanma ve veri aktarım hızında da artış sağlanması hedeflenmiştir. Aynı zamanda yeni 3G GPRS modemlerin uzaktan bağlantıda kullanılan ara yüzleri sayesinde, istenilen kullanıcılara dünyanın herhangi bir yerinden internet bağlantısı ile istasyon verilerine erişim imkânının kontrollü bir şekilde sağlanması mümkün olabilmektedir.

3. MODERNİZASYON ÇALIŞMALARI

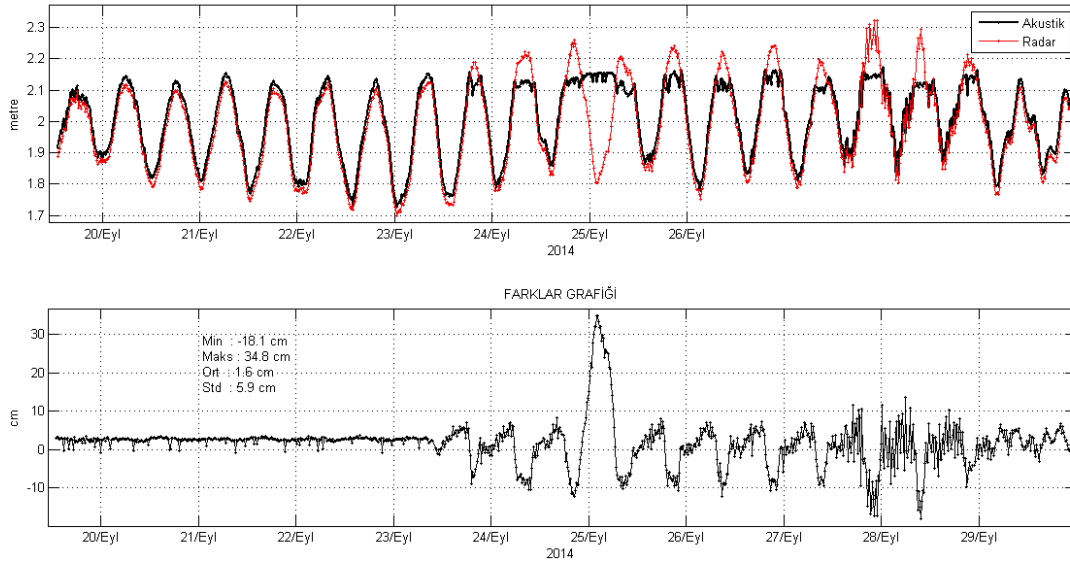
Bu gerekçelerle 2013 yılında başlayan prototip bir deniz seviyesi ölçme sistemi geliştirme ve test çalışmaları 2014 yılında tamamlanmış ve Eylül 2014'de İskenderun'da ilk GNSS entegreli radar sensörlü mareograf istasyonu aynı yerde mevcut akustik sistemli mareograf istasyonunun yanına tesis edilmiştir. Müteakiben 2016 yılında Sinop, 2017 yılında da Marmara Ereğlisi mareograf istasyonları benzer şekilde modernize edilmiştir (Şekil 3).



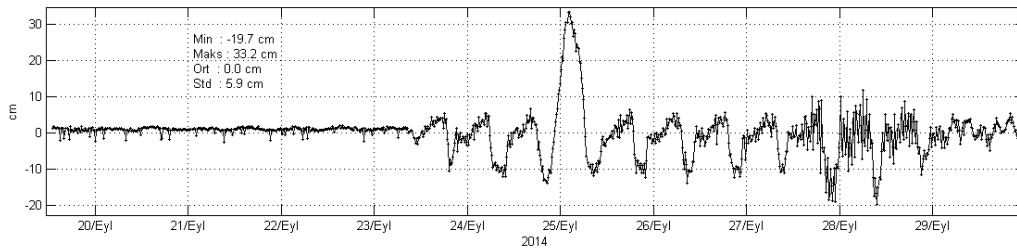
Şekil 3. İskenderun (a), Sinop (b) ve Marmara Ereğlisi (c) Mareograf İstasyonu

4. İKİ FARKLI SİSTEMİN KARŞILAŞTIRILMASI

İskenderun'da kurulan radar sensörlü mareograf istasyonuna ait ilk değerlendirmeleri almak amacıyla istasyonun kurulumu sonrası yaklaşık 10 günlük süre içerisinde elde edilen 1000 adet 15 dakika örnekleme deniz seviyesi verileri, akustik sensörden elde edilen veriler ile karşılaştırılmıştır. Radar sensör verilerinin akustik sensör datumuna dönüştürülerek ortak datumda elde edilen grafiksel ve istatistiksel sonuçları Şekil 4'de, her iki datumda ölçülerden ortalamaların çıkarılmasıyla elde edilmiş ölçülerin grafiksel ve istatistiksel sonuçları ise Şekil 5'de verilmiştir.



Şekil 4. Ortak Datumda Dönüştürülmüş Radar ve Akustik Sensörlere Ait Değerler Grafiği



Şekil 5. Radar ve akustik sensörlerden elde edilen 15 dakikalık ortalamaları çıkarılmış deniz seviyesi ölçülerinin karşılaştırılması.

5. SONUÇLAR

Şekil 4 ve 5'deki grafikler incelendiğinde genel anlamda İskenderun'da kurulu radar ve akustik sensörlerin uyumlu çalıştığı, 24 Eylül 2014 tarihinde akustik sensörde başlayan ve deniz seviyesinin en üst düzeye ulaştığı noktalarda yaşanan tıkanmanın radar sensörde görülmediği ve gel git nedeniyle



oluşan sinüzoidal değişimin gerçek anlamda radar sensörüyle ortaya çıkarılabildiği görülmektedir. Ortalamaları çıkarılmış deniz seviyesi ölçülerine ait farklar grafiğinden elde edilen istatistiksel sonuçlarda ortalamanın yaklaşık 0 cm çıkması iki sensör arasındaki uyumu göstermektedir. Diğer yandan ortak datuma dönüştürülmüş ölçülerden elde edilen farklar grafiğinde ortalamanın 1.6 cm civarında olduğu görülmektedir. Bu durum datum dönüşümünde 1.6 cm civarında bir kayıklığın olduğunu göstermektedir. Söz konusu kayıklığın akustik sensörün denize daldırılan yaklaşık 2 m boyundaki tüplerinin düşeylenmesindeki bir hatadan kaynaklanmış olabileceği değerlendirilmektedir.

KAYNAKLAR

Yıldız, H., Simav, M., Cingöz, A. ve Kahveci M. (2006), Teknik Rapor, 1984-2005 Dönemindeki Türkiye Ulusal Deniz Seviyesi İzleme Sistemi (TUDES) Mareograf (Mar) ve Jeodezik Verilerinin (Deniz Seviyesi, MAR-GPS, MAR-Sabit GPS (SGPS) ve Tekrarlı Duyarlı Geometrik Nivelman) Analizi, Harita Genel Komutanlığı, Ankara.

Yıldız, H., Demir, C., Gürdal, M.A., Akabalı, O.A., Demirkol, Ö., Ayhan, M.E., Türkoğlu, Y. (2003), Antalya-II, Bodrum-II, Erdek ve Mentеш Mareograf İstasyonlarına Ait 1984-2002 Yılları Arası Deniz Seviyesi ve Jeodezik Ölçülerin Değerlendirilmesi, Harita Dergisi, Özel Sayı: 17, Ankara



MONITORING MOVEMENTS OF TECTONIC PLATES BY ANALYZING VLBI DATA VIA QGIS

O. Kurt

Assist. Prof., Geomatics Eng. Department, Kocaeli University, Turkey: orhnrkt@gmail.com

ABSTRACT

VLBI (Very Long Base Interferometer) observations are a most accurate geodetic technique for measuring intercontinental distances and easily downloaded from the web. In this study, new python software is developed to evaluate VLBI data as in a geodetic network. Although the software can run in python environment independently or as lumped in QGIS (Quantum GIS), the former is preferred. However, the results gathered from the software are represented in QGIS due to its dynamical presentation skill.

Analysis of VLBI data is performed in a geodetic network. All VLBI observations (time differences) among different baselines are modeled together in the network. The intercontinental movements of the plates are realized by means of the deformation network analysis and the deformation results are shown in QGIS. To monitor the movements of the plates as relatively each other, Eurasia Plate is chosen a datum defining plate for the intercontinental VLBI network after common point testing with the free network adjustment.

In numerical example part, two epochs VLBI data accessed from NASA (National Aeronautics and Space Administration) web site are used. The mathematical model of VLBI used in the part includes the errors of the instrumental clock and the atmospheric delays for both VLBI sites at ends of a baseline separately, and the errors of the earth orientation parameters, the sources (quasars) coordinate for the VLBI network generally. However, the errors except for those of coordinate components of the VLBI sites are reduced after the normal equation is constituted. While the deformation analysis is carried out on the coordinate components remained, the deformation results are summarized in QGIS.

KEYWORDS: VLBI Data Analysis, Monitoring Tectonic Plates, Deformation Analysis, QGIS.

1. VLBI DATA and ANALYSIS

VLBI data obtained from the complicated inner correlation techniques between two intercontinental sites have a very simple geometric relation in a geodetic network. However, the evaluation of the data for precise works, the basic relation is turned to a sophisticated engineering problem (Brouwer, 1985; Seeber, 1993; Teke, 2011).

A simple relation between an observable quantity and the inner product of a baseline with vector a unit vector of a source can be given by Eq.(1) as seen from Figure 1.

$$-\tau = \frac{1}{c} \mathbf{b}^T \mathbf{s} + \tau_{Ist} + \tau_{Abr} + \tau_{Atm} + \dots \quad (1)$$

$$\mathbf{s} = \mathbf{W}_{x_p, y_p} \mathbf{S}_{GAST} \mathbf{N}_{\Delta\varepsilon, \Delta\psi, \varepsilon} \mathbf{P}_{\theta, z, \zeta} \mathbf{s}(t)$$

$$\{\mathbf{s}(t)\} \in SFCS \equiv ICRS, \{\mathbf{b}, \mathbf{s}\} \in EFCS \equiv ITRS$$

Where τ , $\mathbf{b} = \mathbf{x}_b - \mathbf{x}_a$ and $\mathbf{s}(t)$ are the time delay observable, the baseline vector between two VLBI stations in EFCS (Earth Fixed Coordinate System) and a unit vector of a source (quasar) in SFCS (Space Fixed Coordinate System) respectively. Other quantities (τ_{Ist} , τ_{Abr} , τ_{Atm}) are the delay errors in order of instrumental, aberrational and atmospheric (Seeber, 1993).

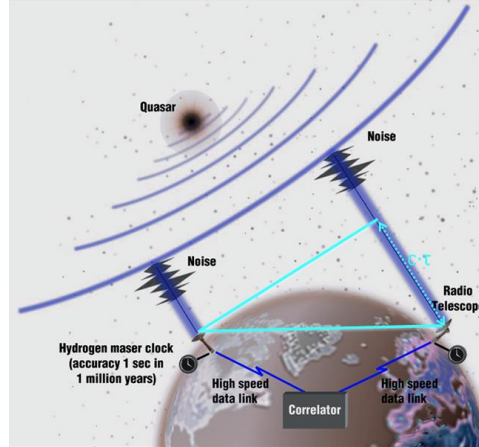


Figure 1. VLBI observable quantities (the time differences in a quasar direction between two sites) (from <https://space-geodesy.nasa.gov/techniques/images/VLBI2.jpg>)

For an observer on Earth surface, $\mathbf{s}(t)$ has a temporal changing and should transform to EFCS. According to equinox base transformation, one can execute some transformations such as precession, nutation, Earth orientation and polar motion respectively (Brouwer, 1985; Seeber, 1993; Teke, 2011; Jekeli, 2012; URL:4).

2. DEFORMATION ANALYSIS

Deformation analysis is carried out on the deformation vector ($\mathbf{d} = \mathbf{x}_2 - \mathbf{x}_1$) which contains the coordinate differences by means of minus the first epoch adjusted coordinate vector (\mathbf{x}_1) from the second epoch one (\mathbf{x}_2).

$$P \left\{ \chi_{\alpha/2}^2 < \frac{\mathbf{d}^T \mathbf{Q}_d^{-1} \mathbf{d}}{\sigma_0^2} \leq \chi_{1-\alpha/2}^2 \right\} = 1 - \alpha \quad (2)$$

$\mathbf{x}_1, \mathbf{Q}_1, \hat{\sigma}_{01}$	The results from the first epoch adjustment
$\mathbf{x}_2, \mathbf{Q}_2, \hat{\sigma}_{02}$	The results from the second epoch adjustment
$\mathbf{Q}_d = \mathbf{Q}_1 + \mathbf{Q}_2$	Cofactor matrix of the deformation vector
$E\{\hat{\sigma}_{01}^2\} = E\{\hat{\sigma}_{02}^2\} = \sigma_0^2$	Pre-condition for the deformation analysis

Where \mathbf{Q}_1 and \mathbf{Q}_2 are the cofactor matrix of the vectors \mathbf{x}_1 and \mathbf{x}_2 , and a posteriori variances $\hat{\sigma}_{0j}^2$ of σ_0^2 $j \in \{1, 2, \dots\}$ obtained from LS (Least Squares) estimation in both epochs. The deformation analysis is completed when Eq. (2) is ensured and there is any deformation between the two epochs. Otherwise, namely the probability Eq.(2) is not valid; it should search the datum defining points. The probability

equation is performed for all deformation point one by one. Stable points are determined and chosen as datum defining points for both epochs. Constraint solution is made with respect to the datum points and the deformation vector and their ellipses are computed.

3. NUMERICAL EXAMPLE

In this section, two epochs VLBI data accessed from NASA (National Aeronautics and Space Administration) website are used in the (URL:5). Using the data, a complicated VLBI mathematical model is established for the study. The model includes the errors of the instrumental clock (as a second order polynomial), the zenith troposphere delays for both VLBI sites separately and the general errors arising out of the source (galaxies) coordinates, the velocity of light, the polar motion elements, the universal time (UT1) in an epoch network model. However, the errors except for those of coordinate components of the VLBI sites are reduced after the normal equation is constituted. While the deformation analysis is carried out on the coordinate components remained, the deformation results will be summarized via QGIS (URL:6-7) (Figure-2). In Figure 2, just only the probable VLBI sites and the Earth tectonic plates are shown for now (URL:8). The deformation vectors and their ellipses will be depicted in the figure in the presentation of the study.

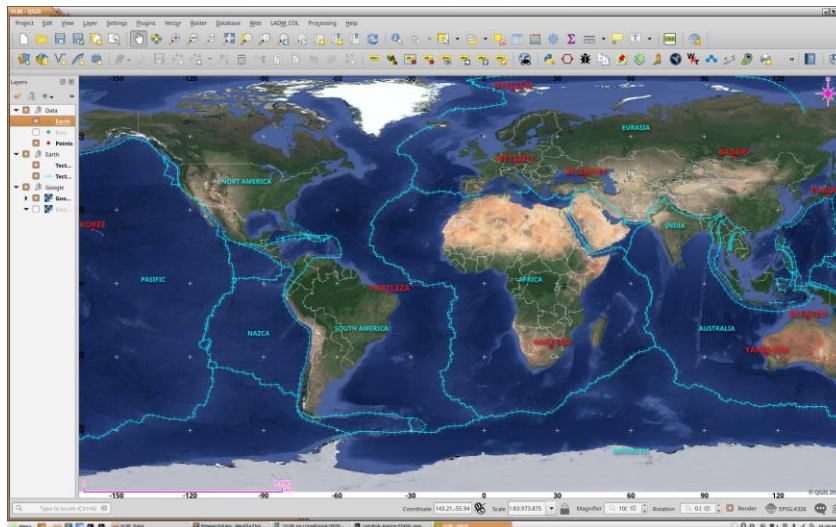


Figure 2. Earth Tectonic Plates and their borders (in light blue), the probable VLBI sites scattered on the plates (in red) would be used in the paper (URL:8).

A software being able to run in Python 2.7 and 3.6 versions are developed for evaluating VLBI data (Kiusalaas, 2010; Press et al, 2002; URL:9). The software can read NGS VLBI data file format and adjust any epoch chosen by the user. The software can run independently or as lumped in QGIS.

The NASA data file contains the point coordinates in meters, right-ascension (Ra) and declination (Dec) of observed sources (quasar) in J2000 SFCS (ICRS, International Celestial References System), time difference observables and their formal error in corresponding epoch time (URL:10). The unit vectors of the sources computed by Ra and Dec at J2000 can be transformed to observation time by Novas and Sofa software (coded in C) (URL:3, 4, 11). In the developed software, Nova's routines are used, and the precession, nutation, earth orientation and polar motion are applied by related subroutines. After the transformations, the baseline components and the source unit vectors are to belong to the same vector space. So, the mathematical model can be established in that vector space, namely EFCS.



Acknowledgment

We would like very thanks to VLBI and software comities (IERS, NASA, IVS, Sofa and Novas teams, Python and QGIS groups, Google and anonymous contributors that we can forget ourselves) for cooperation and sharing data and astronomical software on web pages.

REFERENCES

Brouwer, F.J.J. (1985). On the principles, assumptions and methods of geodetic very long baseline interferometry, Netherlands Geodetic Commission, **Delft, 180 pages, ISBN-13: 978 90 6132 232 0, ISBN-10: 90 6132 232 4.**

Jekeli, C. (2012). Geometric Reference Systems in Geodesy, Division of Geodetic Science, School of Earth Sciences, Ohio State University, USA.

Seeber, G. (1993). Satellite Geodesy: Foundations, Methods and Applications, Walter de Gruyter, Berlin, 531 pp., ISBN: 3-11-012753-9.

Kiusalaas, J., (2010). Numerical methods in engineering with Python, second edition, Cambridge University, UK.

Press, W.H., Teukolsky, S.A., Vetterling, W.T. and Flannery, B.P. (2002). Numerical Recipes in C, Cambridge University, UK.

Teke, K., (2011). Sub-daily parameter estimation in VLBI data analysis, Geowissenschaftliche Mitteilungen, Heft Nr. 87, Vienna University of Technology, Vienna, Austria. Grafisches Zentrum HTU GmbH, ISSN 1811-8380.

URL-1: IERS Conventions Centre, <http://iers-conventions.obspm.fr/>, (Accessed at 10 March 2018).

URL-2: IERS, The Earth Orientation Parameters, <https://www.iers.org/IERS/EN/Science/EarthRotation/EOP.html>, (Accessed at 10 March 2018).

URL-3: Novas 3.1.1.4, <https://pypi.python.org/pypi/novas/3.1.1.4>, (Accessed at 10 March 2018).

URL-4: IAU SOFA Board, IAU SOFA Software Collection, Issue 2018-01-30, <http://www.iausofa.org>, (Accessed at 10 March 2018)

URL-5: NASA, VLBI data holdings, https://cdsis.nasa.gov/Data_and_Derived_Products/VLBI/VLBI_data_holdings.html, (Accessed at 10 March 2018)

URL-6: PyQGIS Developer Cookbook, <http://docs.qgis.org/2.18/pdf/en/QGIS-testing-PyQGISDeveloperCookbook-en.pdf>, (Accessed at 03 March 2017).

URL-7: QGIS, <http://qgis.org/tr/site/forusers/download.html#>, (Accessed at 03 March 2017).

URL-8: Plate Boundaries, <https://www.sciencebase.gov/catalog/item/4f4e4a48e4b07f02db62303e>, (Accessed at 10 March 2018).

URL-9: Python, <https://www.python.org/>, (Accessed at 14 February 2016).

URL-10: NGS Format for VLBI Data Transfer, ftp://cdsis.gsfc.nasa.gov/pub/reports/formats/ngs_card.format, (Accessed at 10 March 2018).

URL-11: The United States Naval Observatory NOVAS astronomy library for Python, <https://github.com/brandon-rhodes/python-novas>, (Accessed at 03 March 2017).



EGE BÖLGESİNDE JEOTERMAL GRADYAN DAĞILIMI

Elif PAZVANTOĞLU¹ Kamil ERKAN² Müjgan ŞALK³ Bülent O. AKKOYUNLU⁴
Mete TAYANÇ⁵

¹ Araştırma Görevlisi, Jeofizik Müh. Bölümü, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir

² Doçent, Çevre Müh. Bölümü, Marmara Üniversitesi, İstanbul

³ Profesör, Jeofizik Müh. Bölümü, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir

⁴ Doçent, Fizik. Bölümü, Marmara Üniversitesi, İstanbul

⁵ Profesör, Çevre Müh. Bölümü, Marmara Üniversitesi, İstanbul

Email: elif.balkan@deu.edu.tr

ÖZET

Jeotermal gradyan bir bölgenin termal yapısının belirlenmesi için gerekli olan en önemli parametrelerden biridir. Farklı amaçlarla açılmış sondaj kuyularından alınan yüksek çözünürlüklü sıcaklık-derinlik eğrileri yeraltında bulunan jeotermal sistemleri belirlememizi sağlamaktadır. Bu çalışmada Ege bölgesinde 7 farklı ilde sulama amaçlı açılan ve kullanılmayan sondajlardan elde edilen yüksek çözünürlüklü toplam 30 adet sıcaklık-derinlik eğrileri incelenmiştir. Ölçümler 2013-2016 yılları arasında TÜBİTAK destekli 113R019 nolu proje kapsamında yapılmıştır. Eğriler öncelikle sınıflandırılmış ve gerekli ise düzeltmeler uygulanmıştır. Daha sonra eğrilerinin davranışları bölgesel olarak birbirlerine yakın noktalarda karşılaştırılmış ve 21 kuyu için jeotermal gradyan hesaplanmıştır. Buna göre Aydın, Balıkesir, Çanakkale, İzmir, Kütahya ve Manisa illeri için jeotermal gradyan dağılımı elde edilmiştir. Çalışma alanında birçok jeotermal alan ve yer altındaki sıcak su rezervuarlarını işaret eden sıcak su çıkışları yer almaktadır. Jeotermal alanlardaki tektonik aktivite nedeniyle, bu sıcak su çıkışlarının yer aldığı bölgelerde yüksek jeotermal gradyanları hesaplanmıştır.

ANAHTAR KELİMELER: Jeotermal gradyan, Ege bölgesi, sıcaklık-derinlik eğrisi

DISTRIBUTION OF GEOTHERMAL GRADIENT IN AEGEAN REGION

¹ Research Assistant, Geophysical Eng. Department, Dokuz Eylül University, İzmir

² Associate Professor, Environmental Eng. Department, Marmara University, İstanbul

³ Professor, Geophysical Eng. Department, Dokuz Eylül University, İzmir

⁴ Associate Professor, Physics. Department, Marmara University, İstanbul

⁵ Professor, Environmental Eng. Department, Marmara University, İstanbul

Email: elif.balkan@deu.edu.tr

ABSTRACT

Geothermal gradient is one of the most important parameter to determine the thermal state of Earth. High resolution temperature-depth curves obtained from boreholes drilled for different



purposes yield us to determine geothermal systems. In this study, from seven different provinces of Aegean region, high resolution 30 temperature-depth curves collected from boreholes which are drilled for water supply and are not in use are analyzed. Measurements were conducted between the 2013-2016 years as a part of TUBITAK project with the number of 113R019. Data are divided into quality classes according to their general characteristics and if necessary are corrected. Then, the general characteristics of cures are compared each other which are nearly located and geothermal gradients are calculated for 21 boreholes. So, geothermal gradient distribution is obtained for Aydın, Balıkesir, Çanakkale, İzmir, Kütahya ve Manisa provinces. Study area encloses many important geothermal areas and hotspots that are apparent signs of these subsurface hot reservoirs. Due to the tectonic activity around the geothermal areas, relatively high gradients are observed near the hotspots.

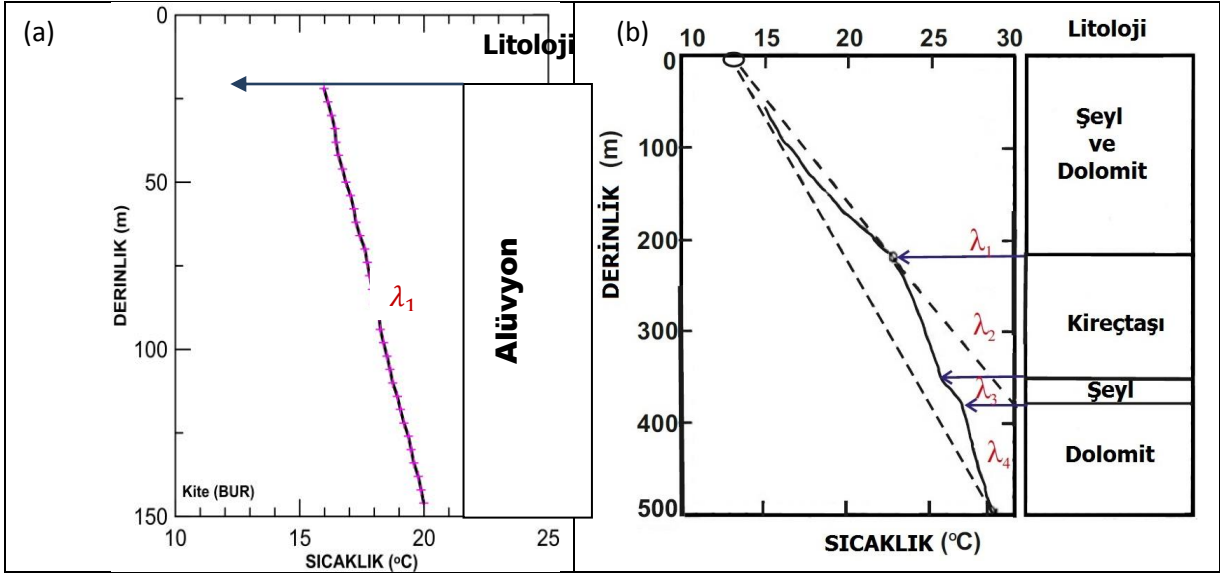
KEYWORDS: Geothermal gradient, Aegean region, temperature-depth curve

1. GİRİŞ

Jeotermal gradyan yer içinde sıcaklığın derinlikle ne kadar değiştiğinin bir ölçüsüdür. Bir yerdeki jeotermal gradyan doğrudan kayaçların ısı iletim katsayısı ile ve ısı akısıyla ilişkilidir. Bilindiği gibi ısı yüksek sıcaklığa sahip bir bölgeden düşük sıcaklığa sahip bir bölgeye transfer olma eğilimindedir. Yani yer içinde iki farklı derinlikte sıcaklık farkı gözlemleniyor ise burada mutlaka bir ısı akışı söz konusu olmalıdır.

Denge koşullarında kaydedilmiş sıcaklık-derinlik (S-D) logları, yer içinin termal yapısı hakkında oldukça değerli bilgiler taşır. Özellikle de ısı akısı çalışmalarının temelini oluştururlar. Jeotermal gradyan ölçümlerinin yerbilimlerinde oldukça yaygın kullanımı mevcuttur. Örneğin yer altı sıcaklık dağılımının belirlenmesinde çok önemli bir göstergedir. Diferansiyel bir S-D eğrisi bize yer altındaki sıvı hareketindeki değişikliğin ortaya çıkarılmasında kullanılır. Jeotermal bir alanın kaynağının bulunmasında ve bölgesel tektonik yapısının anlaşılabilmesinde ve modellenmesinde kullanılan en temel parametredir.

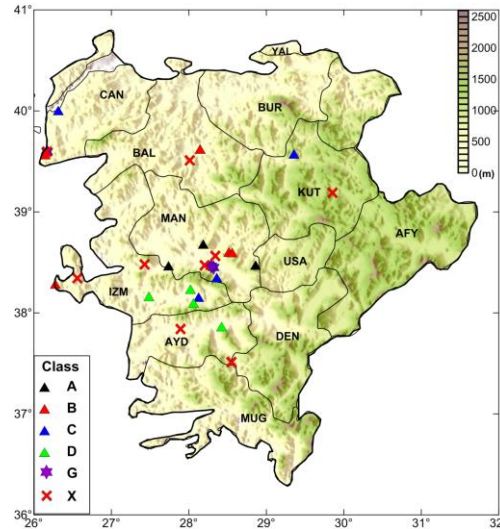
Fakat ölçümler, dünyanın yarıçapı göz önüne alındığında oldukça sığ derinliklere kadar yapılabildiğinden, yer içinde sıcaklığın nasıl değiştiği ile ilgili bilgimiz oldukça kısıtlıdır. Genel olarak sıcaklık derinlikle artar ve bu artış bölgedeki yerel tektonik aktiviteyle ilişkilidir. Yer altında sıcaklık dağılımının bulunabilmesi için ısı transfer mekanizmasının bilinmesi gereklidir. Eğer ısı yer içinde homojen tek düze bir ortamda iletim yolu ile iletiliyorsa Şekil 1a de gösterildiği gibi, burada ölçülen S-D verisi doğrusal olmalıdır. Eğer yer içi homojen değil ve birkaç tabakadan oluşuyorsa elde edilecek eğrinin eğimi her bir litolojinin ısı iletim katsayısına bağlı olarak değişecektir Şekil 1b.



Şekil 1 (a) Homojen ortamda alınan S-D eğrisi (b) Homojen olmayan (birden fazla jeolojik birim) ortamda alınan S-D eğrisi

2. JEOTERMAL GRADYAN VERİ SETİ

Bu çalışmada 113R019 nolu TÜBİTAK projesi kapsamında Aydın, Balıkesir, Çanakkale, İzmir, Kütahya ve Manisa illerinde açılan sondajlardan sıcaklık-derinlik verisi toplanmıştır. Sondajlar DSİ tarafından soğuk su ya da izleme amaçlı açılan fakat kullanılmayan kuyulardır. Kuyu derinlikleri maksimum 300 metre civarında olup her bir kuyuda 1-5 metre aralıklarla veri toplanmıştır. Toplam 30 adet kuyudan S-D eğrisi elde edilmiştir. Sondajların dağılımı Şekil 2 de verilmiştir.



Şekil 2. S-D verisi alınan kuyuların noktasal dağılımı (Balkan, E. 2017).



2.1. Verinin Analizi

Toplanan S-D eğrilerinden jeotermal gradyan hesaplamaları yapılmadan önce veri Tablo 1 de verilen kriterlere göre sınıflandırılmış ve eğer gerekli ise düzeltmeler yapılarak analiz edilmiştir.

Tablo1. Veri Sınıflandırılması (Erkan, 2015)

Sınıf	Tanım	TG yüzde hatası
A	Statik sıcaklık-derinlik eğrisi doğrusal özellik gösteren 100 m den derin konduktif ısı iletimine sahip kuyular	5%
B	Statik sıcaklık-derinlik eğrisi doğrusal özellik gösteren 50 m den derin konduktif ısı iletimine sahip kuyular	10%
C	Bazı aralıklarda kuyu içi su hareketi nedeniyle konvektif olup bu aralıkların dışında konduktif ısı iletimi gösteren kuyular	25%
D	Çok fazla kuyu içi su hareketi nedeniyle konduktif ısı iletiminin büyük oranda bozulmuş olduğu kuyular; derinliği 50 m den az olan kuyular	Belirsiz
G	Jeotermal aktivite gösteren (konvektif) kuyular; sıcaklık/gradyan değerleri bölgesel değerlere göre yüksek ; kaplıcalara yakın (3-5 km) kuyular	-
X	Bölgesel hidrolojik aktivite etkisi altındaki (konvektif) kuyular	-

Buna göre, toplanan 30 verinin 9 u “X”, 4 ü “D” olarak sınıflandırılırken geri kalan 13 nokta ise A/B/C sınıf olarak analiz edilmişlerdir.

4. SONUÇ

Jeotermal gradyan çalışmaları bir bölgenin termal yapısının belirlenmesinde çok büyük bir öneme sahiptir. Bu çalışmada Gediz ve Büyük Menderes grabenleri gibi jeotermal açıdan oldukça zengin olan Ege bölgesi için bir jeotermal gradyan dağılımı elde edilmiştir. Elde edilen bu sonuçlar bölgede yapılacak ısı akışı ve termal modelleme çalışmalarına temel oluşturacaktır.

KAYNAKLAR

Blackwell, D. D., ve Steele, J. L. (1989). Thermal conductivity of sedimentary rocks: measurement and significance. In *Thermal history of sedimentary basins* 13-36. Springer New York.

Balkan, E. (2017). Geothermic studies and numerical modeling heat of transfer in western Turkey. Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Dokuz Üniversitesi, İzmir.

Erkan, K. (2015) Geothermal investigations in western Anatolia using equilibrium temperatures from shallow boreholes. *Solid Earth*, 6, 103-113.



TUJJBK TÜRKİYE ULUSAL
JEODEZİ VE JEOFİZİK BİRLİĞİ
BİLİMSEL KONGRESİ
30 Mayıs - 2 Haziran 2018, İzmir



TUJK

TÜRKİYE ULUSAL JEODEZİ KOMİSYONU
NATIONAL COMMISSION OF GEODESY

POSTER



Space-Based Monitoring of Ground Deformation

F.Nobakht-Ersi^{1,2}, A.Safari³, S.Gamse⁴ and M.Seyedrezaei⁵

¹ PhD student, Department of Surveying and Geomatics Engineering, Research Institute of Geoinformation Technology (RIGT), College of Engineering, University of Tehran, Tehran, Iran

^{2,5} Khoy Municipality, Surveying Division, Khoy, West Azarbayjan, Iran

³ Professor, Department of Surveying and Geomatics Engineering, Research Institute of Geoinformation Technology (RIGT), College of Engineering, University of Tehran, Tehran, Iran

⁴ Professor, Unit for Surveying and Geoinformation, Faculty of Engineering Science, University of Innsbruck, Technikerstr.13, Innsbruck, 6020, Austria.

Email: fnobakht@ut.ac.ir, asafari@ut.ac.ir, sonja.gamse@uibk.ac.at, seyedrezai@yahoo.com

ABSTRACT

Ground deformation monitoring is valuable to understanding of the behavior of natural phenomena. Space-Based measurement systems such as Global Positioning System are useful tools for continuous monitoring of ground deformation. Ground deformation analysis based on space geodetic techniques have provided a new, more accurate, and reliable source of information for geodetic positioning which is used to detect deformations of the Ground surface. This type of studies using displacement fields derived from repeated measurements of space-based geodetic networks indicates how crucial role the space geodetic methods play in geodynamics. The main scope of this contribution is to monitor of ground deformation by obtained measurements from GPS sites. We present ground deformation analysis in three steps: a global congruency test on daily coordinates of permanent GPS stations to specify in which epochs deformations occur, the localization of the deformed GPS sites and the determination of deformations.

KEYWORDS: Deformation, GPS, Global congruency test

1. INTRODUCTION

In recent years, Space-Based measurement systems such as Global Positioning System (GPS) exhibits one of the useful measurement tools for continuous monitoring of ground deformation. Ground deformation analysis using permanent GPS stations necessitate proper analysis of site position in different epochs and corresponding time-series. Analysis of GPS solutions have crucial roles in high precision ground deformation, geodetic measurements, and tectonic plate motions.

The aim of the present contribution is to represent how classical methods such as inner constraint can be applied on GPS solutions to obtain ground deformation. The classical procedure for a ground deformation analysis can be done into three major steps (Shanlong, 1996, and Aydin, 2014): a global congruency test, the localization of the deformed points and finally the determination of deformations.

The method was implemented on 5 permanent GPS stations from January 1, 2000, to December 30, 2001 from the Southern California Integrated GPS Network (SCIGN). For Ground deformation monitoring, we established a monitoring network by adjusted coordinates of GPS sites. Two sets of adjusted coordinates from two epochs were used to produce baselines length as observations. we created all possible baselines between sites. The vertexes of baselines are coordinates of the stations.



2. METHODOLOGY

2.1. Global congruency test

After geodetic network adjustment, the global congruency test is used, which examines the consistency of the estimated a posteriori variance factor with a priori variance factor (Olyazadeh, et.al, 2011) (which is assumed unit in this contribution). If the global congruency test is rejected, it denotes that the null hypothesis is incorrect. The combined a posteriori variance factor σ_0^2 from a weighted least squares geodetic network adjustment and test statistic for both epochs are defined as (Ebeling, 2014):

$$\omega = \frac{\Omega}{h\hat{\sigma}_0^2} \in F_{h,df} \quad (1) \quad \Omega = d^T C_d^{-1} d$$
$$\hat{\sigma}_0^2 = \frac{df_1 \hat{\sigma}_{0_1}^2 + df_2 \hat{\sigma}_{0_2}^2}{df_1 + df_2}$$

where df_1 , df_2 , $\hat{\sigma}_{0_1}^2$ and $\hat{\sigma}_{0_2}^2$ are degrees of freedom and posterior variance factors in epochs first and second respectively. df , F , h and d are sum of degrees of freedom in two epochs, Fisher-distribution, rank of combined covariance matrix (C_d) and movement vector between two epochs. σ_0^2 and Ω are independent and can thus be compared to each other using the global congruency test (Ebeling, 2014):

$$\begin{aligned} H_0 &= E\{\hat{\sigma}_0^2\} = E\{\Omega\} \\ H_1 &= E\{\hat{\sigma}_0^2\} < E\{\Omega\} \end{aligned} \quad (2)$$

2.2. Localization

Localization identifies which stations having significant coordinate differences. This can be done as:

1. Performing of global congruency test for each site individually, that no deformations have occurred.
2. Removing the site with the greatest test statistic and then repeating the tests for the remaining sites.
3. This method is continued till all remaining sites pass the test.
4. Removed sites are unstable point and remaining sites are stable point.

2.3. Inner Constraints for determination of deformation

Inner constraints are based on relationships between stations coordinates included in the network adjustment. In a 3D network, the following constraint equations can be formulated as (Ebeling, 2014):

$$\begin{aligned} \sum \Delta x_i &= 0 & \sum (z_i^0 \Delta y_i - y_i^0 \Delta z_i) &= 0 \\ \sum \Delta y_i &= 0 & \sum (x_i^0 \Delta z_i - z_i^0 \Delta x_i) &= 0 \\ \sum \Delta z_i &= 0 & \sum (y_i^0 \Delta x_i - x_i^0 \Delta y_i) &= 0 \\ \sum (x_i^0 \Delta x_i + y_i^0 \Delta y_i + z_i^0 \Delta z_i) &= 0 & & \end{aligned} \quad (3)$$

Where Δx_i , Δy_i and Δz_i represent the corrections to the initial coordinates as determined in adjustment and x_i^0 , y_i^0 and z_i^0 are the initial coordinates of point i .

3. ANALYSING GPS TIME SERIES FOR MONITORING OF GROUND DEFORMATIONS

In our study, we used a set of daily position time series of 5 permanent GPS stations from the SCIGN Network. Figure1.a shows the sites position time series with respect to the ITRF97. From analysis of daily position time series of the stations, horizontal rates are within 15~38 mm/yr with uncertainties up to 0.4 mm/yr (Figure1.b). The obtained horizontal velocity field shows the anti-clockwise rotation of surface movements of Southern California plate. In Figure2.a vertical velocity field for 5 GPS stations is given. Vertical rates were estimated within -5~16 mm/yr with uncertainties up to 0.5 mm/yr. Vertical velocity field shows which sites have insignificant or significant rates. Estimated vertical velocities of GPS sites show predominantly an uplift of 16.5 ± 0.7 mm/yr at *fvpk* site and its surrounding. A maximum subsidence of -5.1 ± 2.0 mm/yr at *gol2* station was estimated. Based on available GPS solutions, all baselines between two each stations and from the centroid to each of the points in first and last epochs were computed and introduced as observations (Figure2.b).

Figure1. Coordinate time series for 5 GPS stations (a) and Horizontal Velocity Field (b)

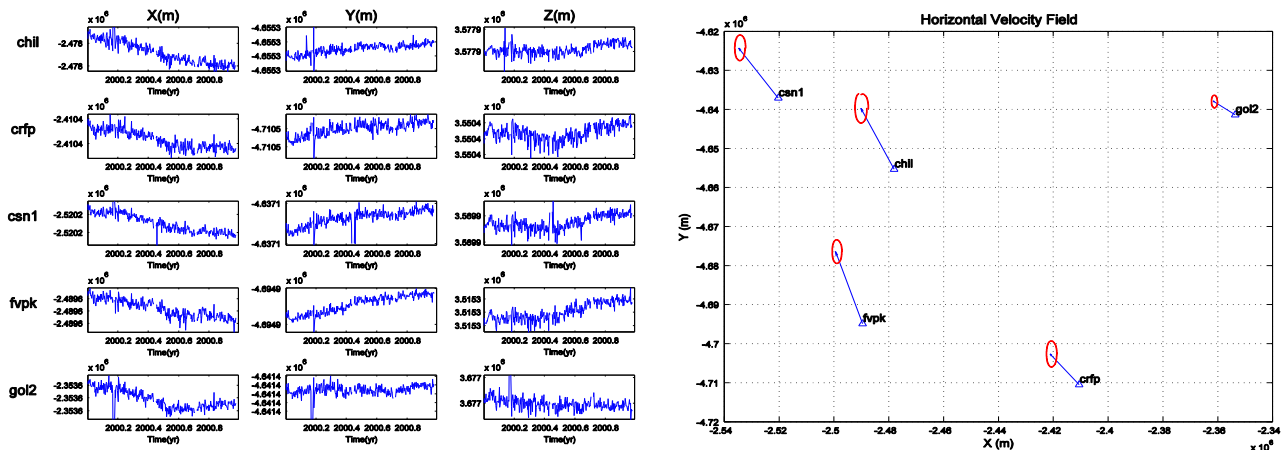
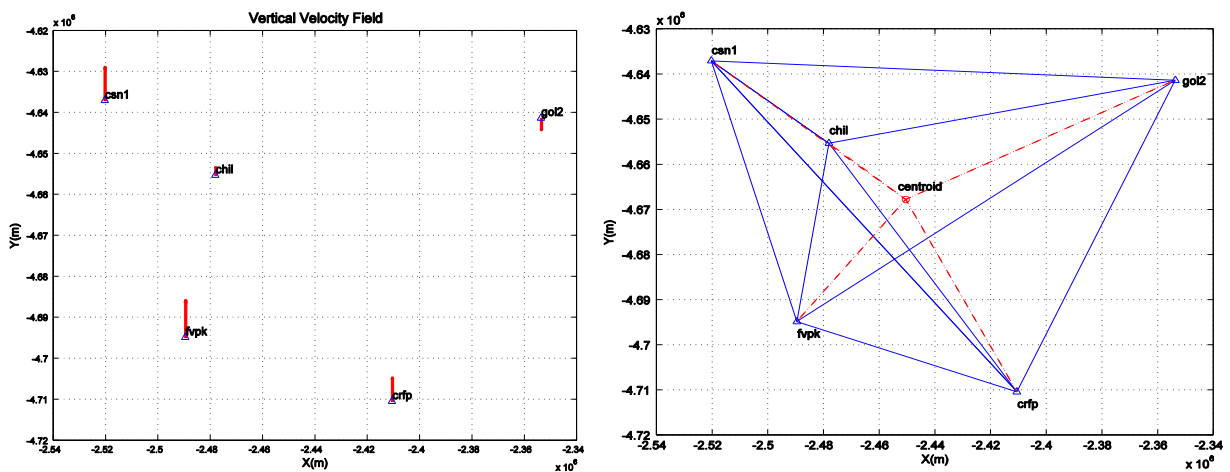


Figure2. Vertical velocity field (a) and All possible combinations of baselines in first epoch (b)



At different epochs, deformations which occurred between these epochs derived from a congruence analysis. The datum is defined by applying inner-constraints to all five network points. The estimated a posteriori variance factor, network redundancy and total trace minimization for two epochs are listed in



table1. The test statistic $\omega = \frac{\hat{\sigma}_{02}^2}{\hat{\sigma}_{01}^2} = \frac{1.45}{.91} = 1.59$ is compared against the F-test with a selected confidence level of $\alpha=5\%$ and degrees of freedom $f_1=f_2=5$, then F-test is $F_{1-\frac{\alpha}{2},df_1,df_2} = 3.79$. Since $1.59 < 3.79$ the null hypothesis cannot be rejected and the test passes. Thus the combined variance factor for both epochs computed as $\hat{\sigma}_0^2 = \frac{df_1 \cdot \hat{\sigma}_{01}^2 + df_2 \cdot \hat{\sigma}_{02}^2}{df_1 + df_2} = 1.18$. Now a deformation analysis can be performed, starting with a global congruency test. The test statistic for the global congruency test is then derived as: $\omega = \frac{\Omega}{h \hat{\sigma}_0^2} \epsilon F_{h,df} = \frac{87.34}{7 \times 1.18} = 10.57$. The reference value for a chosen confidence level of $\alpha=5\%$ and degrees of freedom $f_1=h=7$ and $f_2=7+7=14$ is given by $F_{1-\frac{\alpha}{2},h,df_1+df_2} = 3.38$. With $10.57 \not\leq 3.38$ the null hypothesis has to be rejected. This indicates the presence of deformations in the data of epoch 2. In the next step the deformed point(s) are identified by performing a local test for each of the network points separately. With a reference value of $F_{1-\frac{\alpha}{2},h,df_1+df_2} = 3.38$ this local test fails for all of points. Consequently, the point with the largest test statistic has to be eliminated. In this analysis station *crfp* the one site that deformations have been introduced to, has been identified as unstable.

Table 1. Test parameters of two epochs Table 2. Local congruency test Statistic for test

Parameter	Epoch1	Epoch2
$\hat{\sigma}_0^2$	0.91	1.45
Network redundancy	5	5
Total trace minimization	0.0006	0.001

station	chil	crfp	fvpk	gol2	csn1
ω	19.18	106.47	19.11	93.17	13.23

4. CONCLUSIONS

In this consideration, time-series of 5 permanent GPS stations from the SCIGN network since the beginning of the year 2011 were used in deformation monitoring. The focus is on the representation how classical methods such as inner constraint can be applied on GPS solutions to obtain ground deformation. We implemented the Inner constraints method for determining of ground deformation. At different epochs, deformations which occurred between two epochs derived from a congruence analysis. Inner-constraints approach is generally suitable for deformation monitoring, as this way does not distort the network geometry. Finally, a total trace minimization minimized the sum of variances of all 5 GPS network stations which caused the lowest significant level of detectability for the movements of all 5 stations and then the deformed station(s) were identified by performing a local test for each of the network stations.

REFERENCES

- Aydin, C. (2014). Geodetic Deformation Analysis, Short Lecture Notes for Graduate Students, Geodesy Division of YTU.
- Ebeling, A. (2014). Ground-Based Deformation Monitoring. PhD Thesis, Department of Geomatics Eng., University of Calgary.
- Olyazadeh, R., Setan, H., and Fouladinejad, N. (2011). Network Adjustment Program using Matlab, Geospatial World Forum, India.
- Shanlong, K. (1996). Geodetic Network Analysis and Design: Concepts and Applications, Berlin Heidelberg: Springer Verlag.



GRÖNLAND ve ANTARKTİKA'DAKİ BUZ KÜTLELERİ DAHA HIZLI MI ERİYOR? (2003-2016) GRACE-MASCON ÇÖZÜMLERİYLE BİR İRDELEME

Ö. Güneş¹ ve C. Aydın²

¹ Araştırma Görevlisi, Harita Müh. Bölümü, Jeodezi Anabilim Dalı, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul

² Doçent Doktor, Harita Müh. Bölümü, Jeodezi Anabilim Dalı, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul

Email: ozgeg@yildiz.edu.tr, caydin@yildiz.edu.tr

ÖZET

Bu çalışma, Grönland ve Antarktika buz kütlelerine ilişkin 2003-2016 yılları arasındaki GSFC GRACE (Gravity Recovery And Climate Experiment)-Mascon çözümlerinden elde edilen eşdeğer su kalınlığı (EWT) değişimlerini incelemektedir. EWT değişimleri, bu bölgelerdeki buz (buz örtüsü, buz sahanlıkları ve/veya buzulların) kütle kaybına ilişkin önemli bilgi kaynaklarıdır. Çalışmanın amacı bu kayıpların zaman içinde değişip değişmediğinin belirlenmesidir. Bu amaçla, “trend+periyodik sinyaller” standart fonksiyonel modeli “ivme” parametresiyle genişletilmiştir. Genişletilen bu model iki farklı stokastik model altında ele alınmıştır: EWT değişimleri, 1) eşit ağırlıklı ve korelasyonsuz (standart yaklaşım), 2) farklı ağırlıklı ve korelasyonlu (white+flicker noise). İlk modele göre çalışıldığında ivme parametreleri anlamlı çıkmaktadır. Yani, standart bir analiz ile her iki bölgede buz kütle erimesinin hızlandığı sonucuna varılır. Ancak, bu yorum doğru değildir; birçok jeodezik zaman serisinde olduğu gibi, EWT zaman serilerinde de zamansal korelasyonları göz önüne almak gerekir. Bu nedenle ikinci modele göre analizler yapılmıştır. Bu analizler sonucunda, beklendiği üzere, Antarktika'daki iki havza (Batı Antarktika ve Ross Buz Sahanlığı) dışında tüm ivmeler anlamsız çıkmıştır. Yıllık trend ve ivme parametre kestirimleri kütle birimine (Gt'ye) dönüştürülmüştür. Buna göre, Grönland'da sabit bir buz kütle kaybı trendi (-290 Gt/yıl) bulunmuşken, Antartika buz örtüsünde, (-11.6/2) Gt/yıl² hızlanmaya sahip bir buz kütle kaybı trendi (-129 Gt/yıl) elde edilmiştir. Elde edilen sonuçların güvenilirliği, kendi güven aralık kestirimlerine ve diğer çalışmalara göre irdelenmiştir.

ANAHTAR KELİMELEER: GRACE, Mascon, Buz Kaybı, Zamansal Korelasyon

ICE-LOSS in GREENLAND and ANTARCTICA ACCELERATING? DISCUSSION using (2003-2016) GRACE-MASCON SOLUTIONS

¹ Research Assistant, Geomatic Eng. Department, Geodesy Division, Yıldız Tech. Univ., İstanbul

² Associate Professor, Geomatic Eng. Department, Geodesy Division, Yıldız Tech. Univ., İstanbul

Email: ozgeg@yildiz.edu.tr, caydin@yildiz.edu.tr

ABSTRACT



This contribution investigates the EWT temporal variations from GSFC GRACE-Mascon solutions associated with the ice mass in Greenland and Antarctica between 2003 and 2016. This type of variation in spatial and spectral domain is one of the best indicator for the ice loss in these ice-sheets. This study aims to investigate whether the ice loss in each region is accelerating. For this purpose, the standard functional model “trend+periodical signals” was augmented with “acceleration” parameter. This model was examined under two stochastic models having different scenarios: EWT observables are 1) equally weighted and uncorrelated (standard approach), and 2) unequally weighted and temporally correlated (white+flicker noise). The first model yields significant acceleration parameters. In other words, a usual model estimation procedure results in accelerating ice loss not only in Antarctica but also in Greenland ice sheet. However, this interpretation is not true; as is common in every kind of discrete geodetic time-series, temporal correlations should be taken into account. The second model is, therefore, considered in our analyses. According to the outcomes of these analyses, no significant acceleration parameters were obtained except two basins in Antarctica (West Antarctica ice sheet and Ross ice-shelf) as expected. Annual trend and acceleration parameters were transformed into the ice-mass unit Gt. As a result, a constant ice loss trend in Greenland (-290 Gt per year) was obtained while Antarctica ice sheet had a trend of -129 Gt per year with acceleration term of $(-11.6/2)$ Gt/year². Reliability of the obtained results is discussed according to their own estimated confidence intervals, and to different studies.

KEYWORDS: GRACE, Mascon, Ice Loss, Temporal Correlation

1. GİRİŞ

GRACE çözümlerinden elde edilen eşdeğer su kalınlığı (EWT) büyüklüğü, gözlem zamanı t 'ye bağlı trend ve periyodik bileşenlerden oluşan jeopotansiyel bir fonksiyondur:

$$y(t) = a + bt + \sum_{i=1}^m c_i \cos(2\pi\omega_i t) + s_i \sin(2\pi\omega_i t)$$

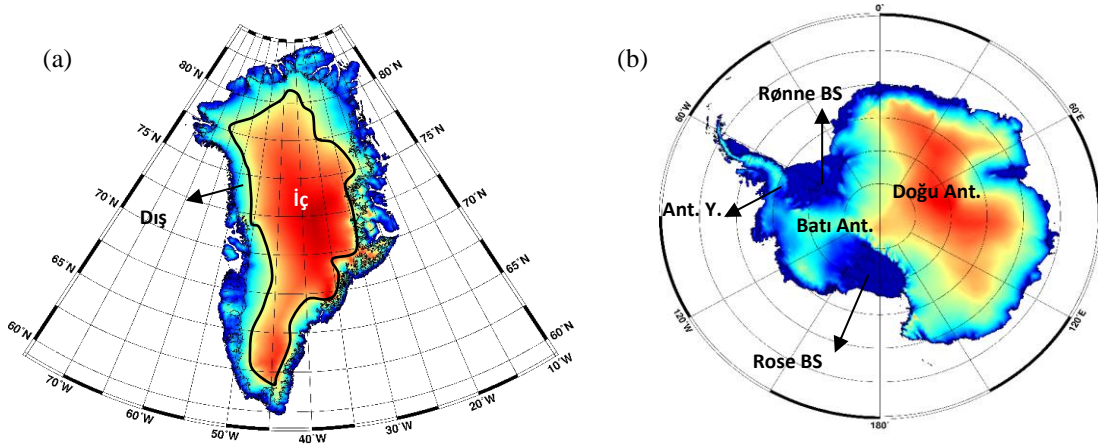
Burada, a , sıfır eki; b , yıllık trend; c ve s ilgili periyodik sinyalin cos ve sin genlikleri; m , periyodik sinyal sayısı ve ω , sinyalin frekansıdır. İlgili inversiyon noktasında n adet EWT için yıllık, yarıyıllık ve 161 günlük sinyaller düşünülerek, a , b , c ve s bilinmeyenleri en küçük kareler yöntemiyle kestirilir. p nokta ile ifade edilen bir bölgede her bir noktanın b yıllık trend parametreleri o bölgedeki hidrolojik değişimin ifade edilmesinde kullanılır. Bu hidrolojik değişim yer altı ve yer üstü su ya da buz kütle değişimlerine ilişkin önemli bir bilgi kaynağıdır (Cazenave ve Chen, 2010).

Küresel ısınma felaketinin etkileri yaklaşık 15 yıllık GRACE çözümlerine yansımıştır. Meydana gelen kuraklığın coğrafi etki alanları (en iyi 200 km çözünürlükte) bu çözümlerden açık bir şekilde görülmektedir. Özellikle Grönland'da meydana gelen buz kütle kaybı, felaketin boyutlarını gözler önüne sermektedir. GRACE referans kaynaklarında 260 ile 290 Gt arasında değişen yıllık buz kütle kaybından (saniyede yaklaşık 9200 ton) söz edilmektedir. Böylesi bir kütle kaybı global deniz seviyesinin her yıl yaklaşık 0.8 mm artması demektir. Grönland kadar keskin olmasa da, 2006 yılından itibaren Antarktika'da da ciddi bir buz kütle kaybı gözlenmektedir. Bu kıtadaki buz kütle kaybı özellikle Batı Antarktika buz örtüsünde ve Antarktika yarımadasındadır. Yani, küresel ısınmanın etkileri bu kıtaya da ulaşmıştır. Gerçekten böyle midir? Daha da önemlisi, bu etki her iki kıta için artmakta mıdır? Her iki sorunun cevabı hem yerbilimleri hem de iklim bilimi açısından çok önemlidir. Bu amaçla, bu çalışmada,

bu buz kütlelerine ilişkin 2003-2016 yıllarını kapsayan GSFC (Goddard Space Flight Center) GRACE-Mascon EWT sinyalleri (Luthcke, 2013), yukarıda verilen eşitliğe, f ivmeli “ $\frac{1}{2}ft^2$ ” terimi eklenerek yeniden incelenmiştir.

2. ANALİZ ve SONUÇLAR

Grönland’a ilişkin iki havza (2000 m’den yüksek olan iç bölge ve alçak olan dış bölge), Antarktika’ya ilişkin 5 havza (Antarktika Yarımadası, Batı Antarktika, Doğu Antarktika buz örtüleri ve Rønne ve Rose Buz Sahanlıkları-BS) çalışılmıştır (Şekil 1).



Şekil 1. (a) Grönland topoğrafyası (kırmızı≈2000 m) ve (b) Antarktika (kırmızı≈4000 m) (Helm vd. 2014) ve havzaları

İvme ile genişletilmiş fonksiyonel modelde önce eşit ağırlıklı ve korelasyonsuz EWT’ler öngörülmüştür (standart yaklaşım). Elde edilen yıllık trend ve t-testine göre anlamlı olan ivme parametreleri Tablo 1’de gösterilmiştir (sayfa sınırlaması nedeniyle kestirim standart sapmaları burada verilmemiştir). Buna göre Antarktika’da iki havza (Doğu Antarktika ve Rønne BS) dışında tüm ivmeler anlamlı çıkmıştır. Bir başka deyişle, bu havzalarda zaman içinde değişen trendler bulunmuştur. Ancak, başka çalışmaların sonuçlarına göre bu çok iddialı bir sonuçtur. Acaba EWT sinyalinde zamansal korelasyonları mı düşünmek gerekir?

Tablo 1. Standart ve korelasyonlu yaklaşım sonucunda elde edilen yıllık trend (cm/yıl) ve ivme (cm/yıl²) parametreleri

Havza	Standart Yaklaşım		Korelasyonlu Yaklaşım	
	Trend	İvme	Trend	İvme
Grönland Dış	-17.93	-0.26	-19.20	-
Grönland İç	1.47	-0.19	0.49	-
Ant. Y.	-4.60	-0.37	-6.66	-
Batı Ant.	-3.44	-0.49	-3.65	-0.42
Doğu Ant.	0.22	-	0.13	-
Rønne BS	-0.04	-	0.27	-
Ross BS	-2.92	0.11	-3.48	0.19



Bu amaçla, aynı EWT sinyalleri için, Williams (2003)'de verilen dönüşüm matrisine göre -1'lik spektral indekse sahip ek flicker noise'lar öngörülmüş, bunların genlikleri Amiri-Simkooei vd. (2007) tarafından tanımlanan modele göre IAUE varyans bileşen kestirim yöntemi ile kestirilmiştir: Kestirilen flicker noise genlikleri 1.9 ile 6.5 cm/yıl^{1/4} arasında değişmektedir. Bu korelasyonlu yaklaşım sonucu elde edilen anlamlı trend ve ivme parametreleri Tablo 1'de verilmiştir. Beklenildiği üzere, Batı Antarktika ve Ross BS dışında anlamlı ivme bulunmamıştır. Grönland ve Antarktika buz örtüsüne ilişkin EWT değişimleri, bölgelerin yüzölçümleri dikkate alınarak Gt kütle birimine dönüştürülmüştür. Buz kütle değişimleri, bunların 1σ hataları ve bunlar nedeniyle meydana gelen global deniz seviyesi değişimleri Tablo 2'de verilmiştir. Buna göre her iki bölgedeki buz kütle kaybı, global deniz seviyesinin her yıl ortalama 1 mm artmasına neden olmaktadır.

Tablo 2. Buz kütle değişimleri ve bunlara karşılık gelen global deniz seviyesi değişimleri

Bölge	Kaynak	Kütle		Global Deniz Seviyesi
		Trend (Gt/yıl)	İvme (Gt/yıl ²)	Trend (mm)
Grönland	Bu çalışma	-280.5±6	-	0.76
	Ran vd. 2017	-286	-	-
	URL-1	-281	Bilgi Yok	-
Antarktika	Bu çalışma	-129.1±15	-11.6±2	0.35
	URL-2	-125	Bilgi Yok	-

Bu çalışmadan elde edilen buz kütle kaybı trendleri (Grönland için -280.5 Gt/yıl, Antarktika için -129.1 Gt/yıl) Tablo 2'deki diğer çalışmalarla uyumludur. Antarktika için 2006 yılından itibaren buz kütle kaybında anlamlı bir artma bulunmuştur. Son olarak, mascon çözümlerinde ivme vb. ve korelasyonlar düşünülmeden doğrudan değerlendirme yapılırsa, Grönland için -290.4 Gt/yıl, Antarktika için -206.0 Gt/yıl trend değerleri elde edilir. Bu nedenle, değerlendirmelerde çalışmamızda vurgulanmak istenen noktalara dikkat edilmesi önerilmektedir.

KAYNAKLAR

- Amiri-Simkooei A. R., Tiberius C. C. J. M. ve Teunissen P. J. G. (2007). Assesment of noise in GPS coordinate time series. *J. Geophysical Research*, **112**, 1-19.
- Cazenave, A. ve Chen, J. (2010). Time-variable gravity from space and present-day mass redistribution in the earth system, *Earth and Planetary Science Letters*, **298**, 263-274.
- Helm, V., Humbert, A. ve Miller, H. (2014). Elevation and elevation change of Greenland and Antarctica derived from CryoSat-2, *The Cryosphere*, **8**, 1539-1559.
- Luthcke, S. B., Sabaka T. J. ve Loomis B. D. (2013). Antarctica, Greenland and Gulf of Alaska land ice evolution from an iterated GRACE global mascon solution, *J. Glac.* **59**: **216**, 613-631.
- Ran, J., Ditmar, P., Klees, R. ve Farahani, H. H. (2017). Statistically optimal estimation of Greenland ice sheet mass variations from GRACE monthly solutions using an improved mascon approach, *J. Geodesy*, 1-27. Doi: 10.1007/s00190-017-1063-5.
- Williams, S. D. P. (2003). The effect of coloured noise on the uncertainties of rates estimated from geodetic time series. *J. Geodesy*, **76**, 483-494.
- URL-1: <https://svs.gsfc.nasa.gov/30879>, URL-2: <https://svs.gsfc.nasa.gov/30880> (Erişim: 04.02.2018)



ORMANLIK ALANLARDA VRS VE FKP TEKNIĞİNİN DOĞRULUK ARAŞTIRMASI

Zümrüt KURTULGU¹ ve Atınc PIRTI²

¹ Öğretim Görevlisi, Mimarlık ve Şehir Planlama Bölümü, İnönü Üniversitesi, Malatya
Email: zumrut.kurtulgu@inonu.edu.tr

² Profesör, İnşaat Fakültesi, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul
Email: atinc@yildiz.edu.tr

ÖZET

Çoğu zaman bir ağ ailesini uygun bir ağa bağlanmaktadır. Bu ağın noktalarını yeniden düzenlemesi gereğidir. Bu noktalar birlikte konumlandırıldığında bağlantılar aracılığıyla birbirine bağlanmakta, böylece geometrik olarak daha güçlü bir konfigürasyon sağlanmaktadır. Uzay tabanlı konumlandırmada GNSS sistemleri sayesinde konumlandırma sinyalleri kullanıcılara sunulmaktadır. Kullanıcılar herhangi bir yerde ve herhangi bir zamanda konumlandırma için bu sinyalleri kullanmaktadır. Uygulama alanı olarak ormanlık alanlar ağaçların yaprakları, ağaç gövdeleri ve ağaçların gölgeleri yüzünden GNSS sinyallerinin kullanıcılara zor iletildiği yerlerdir. Ancak gelişen teknoloji sayesinde GPS+GLONASS+GALILEO uydu grupları ile birlikte bu durum değişebileceği ve gelecekte de tümüyle sorun olmayacağı ümit edilmektedir. Bu çalışmada uygulama alanı olarak ormanlık bir bölgede iki poligon noktası belirlenmiş ve bu noktalarda CORS-VRS ve CORS-FKP tekniği kullanarak 2 gün ardına ölçüm yapılmıştır. Ormanlık alanda yapılan bu ölçümler neticesinde elde edilen sonuçlar karşılaştırılmış ve CORS-VRS/FKP tekniğinin konum doğruluğu, hassasiyeti ve performansı değerlendirilmiştir.

ANAHTAR KELİMELEER: CORS,VRS,FKP,Doğruluk

PAPER TITLE

¹ Teaching Assistant, Architect and Environment Department, İnönü University Darende Bekir Ilıcak Vocational High School

Email: zumrut.kurtulgu@inonu.edu.tr

² Professor, Civil Eng. Department, Yıldız Technical University, İstanbul

Email: atinc@yildiz.edu.tr

ABSTRACT

Often a network family is connected to a suitable network. This is necessary to rearrange the points of the network. When these points are positioned together they are connected to each other via links, thereby providing a geometrically stronger configuration. In space-based positioning, GNSS systems provide positioning signals to the user. Users use these signals for positioning at any time and at any time. As an application area, forest areas are places where GNSS signals are hardly transmitted to users due to the leaves of trees, tree bushes and shadows of trees. However, thanks to the developing technology, it is hoped that with GPS + GLONASS + GALILEO satellites this situation will change



and it will not be a problem in the future in the future. In this study, two polygon points were determined in a forestland as a field of application and 2 days later measurements were made using CORS-VRS and CORS-FKP technique. The results obtained from these measurements made on the wooded area were compared and the position accuracy, precision and performance of the CORS-VRS / FKP technique were evaluated.

KEYWORDS: CORS,VRS,FKP,Accuracy

1. SÜREKLİ GÖZLEM YAPAN REFERANS İSTASYONLARI

Klasik RTK tekniğinde ham ölçüler ve düzeltme bilgileri tek bir referans istasyonu ile tek bir gezen alıcı (rover) arasında aktarılmaktadır. Ama, jeodezik ölçülerde ağ yapısındaki ölçü ve hesap yöntemleri kullanılmaktadır. Ağ yapısındaki ölçülerde çok sayıda noktada, tekrarlı gözlemler yapılmaktadır. Daha sonra hatalardan arındırılmış ölçüler ile ağ dengelemesi yapılmakta, istatistik analizlerle kaba hatalar ayıklanmakta, sistematik etkiler daha iyi modellenmekte, böylece yüksek doğruluklu ve güvenilir koordinatlar elde edilmektedir. Jeodezik Ağların bu üstünlüğü zaman içerisinde GNSS gözlemlerine de yansıtılmıştır. Klasik RTK tekniğinin zayıf taraflarını ortadan kaldırmak ve bu tekniğin daha güvenilir ve doğru sonuçlar vermesini sağlamak için çok sayıda referans istasyonu kurulması düşüncesi ortaya çıkmıştır. Böylece gezen alıcının etrafındaki referans istasyonlarından gelen veriler kullanılarak yürüme hatası, atmosferik etkiler gibi hataların modellenmesi olanaklı hale gelmiştir. Böylece tek bir referans istasyonuna olan bağımlılık ortadan kalmış, çok sayıda referans istasyonu kavramı gelişmiştir. Gerçek zamanlı kinematik GNSS (RTK GNSS) yönteminde elde edilecek doğruluğu, sabit istasyondan uzaklığa bağlı olarak artan sistematik etkiler sınırlamaktadır. Bu sınırlamalardan kaçınmak için birden çok sayıda istasyon kurulması fikri ortaya atılmıştır. Bu fikrin uygulanması ve elde edilen deneyimlerden yararlanılması sonucunda sabit GPS/GNSS (Global Positioning System/Global Navigation Satellite System) Ağları (Ağ-RTK;Net-RTK) kavramı ortaya çıkmıştır. Günümüzde gerçek zamanlı uygulamalar (kadastro ölçmeleri, makine kontrol sistemleri, araç takip ve navigasyon, tarım vb.) bu ağların aktif olmasını zorunlu hale getirmiştir. Aktif GPS/GNSS ağlarında verilerin arşivlenmesi ve hesaplanmasının ayrıca, çeşitli uygulama alanlarında konum düzeltme bilgileri de kullanıcılara gerçek zamanlı olarak herhangi bir iletişim vasıtasıyla yayınlanmaktadır. . RTK ağ uygulamalarında kullanıcılara düzeltme gönderilmesinde kullanılan yöntemler gözlem uzayının modellenmesini sağlamaktadır. Gözlem uzayının modellenmesini sağlayan ve CORS kapsamında kullanılan veri aktarma yöntemleri üç ana başlık altında incelenmektedir. Ama biz bu uygulamada VRS ve FKP teknikleri üzerinde çalıştık [1,2].

1.1. Alan Düzeltme Parametreleri Yöntemi (FKP)

FKP (Flachen Korrektur Parameter) yöntemi Alman SAPOS (SATellite POSitioning) tarafından geliştirilmiştir. Temel prensibi VRS ile benzer olup, farklı olarak gezici alıcının koordinatlarının bilinmesi zorunluluğu yoktur. Burada düzeltmeler, gezen alıcının enterpole etmesine imkan tanıyan gradyen (değişim, açısız) yöntemine göre oluşturulmaktadır. Bu durum, RTCM formatında (mesaj-59) lineer iyonosfer parametreleri ve geometrik düzeltmeleri kapsamaktadır. FKP parametreleri referans istasyonlarının çevrelediği geniş bir alan için yayınlanmaktadır. Referans istasyonu verileri ana sistemde toplanır ve analiz edilir.

Hesap merkezinden gezici alıcıya tek yönlü bir iletişim vardır. Yayınlanan veriler iyonosferik etki olmak üzere, referans istasyonlarına ait gözlemleri kapsamaktadır. Gezen alıcı bu parametreler yardımıyla

(hızlıca) başlangıç tam sayı belirsizliğini çözer, referans gözlemleri ile klasik GZK gerçekleştirir. Çok yüksek boyutlarda veri transferi gerekir.

1.2. Sanal Referans İstasyonu Yöntemi (VRS/VBS)

Sanal referans istasyonu (VRS) tekniği, Sanal Baz İstasyonu (VBS) olarak da bilinmekte olup GNSS ölçülerinde uzun süredir kullanılan bir kavramdır [1]. VRS, lineer enterpolasyon yöntemi kullanan Trimble Terrasat tarafından geliştirilen bir Ağ-RTK / CORS yaklaşımıdır [3]. VRS yönteminde prensip, üzerine alet kurulmamış hayali bir istasyon olup, gezen alıcıdan yalnızca birkaç metre uzaklıktadır. VRS noktasına ilişkin gözlem verileri, çevredeki referans istasyonlarının verilerinden yararlanılarak ve sanki VRS noktasında alet kurularak gözlem yapılmış gibi oluşturulmaktadır.

2. Çalışma Alanı

Çalışma alanındaki ormanlık alan 2 ila 3 m sıklıkta ve 5 m 'den fazla yükseklikte iğne yapraklı çam ağaçları ve toprak üzerinde çimlerden ve 1,5-2 m genişliğinde yürüyüş yollarından oluşmaktadır. Belirlenen ormanlık alanda 2 nokta belirlenmiş ve bu noktalarda VRS ve FKP teknikleri ile 2 gün ardı ardına ölçümler yapılmıştır. CORS-VRS/FKP ölçümleri Ashtect ProMark 800 GNSS alıcısı ile yapılmıştır. Bu noktadaki CORS ölçümler ve statik ölçümler GPS+GLONASS+GALILEO çoklu uydu sistemine sahip olan Ashtech ProMark 800 GNSS Alıcısı ve Spectra Precision ProMark 120 Kontrol Ünitesi kullanılarak yapılmıştır. Ashtech ProMark 800 GNSS Alıcısı statik ölçümlerde 5mm+0,5ppm yatay hassasiyete sahip iken 10mm+0,5ppm düşey hassasiyete sahiptir.

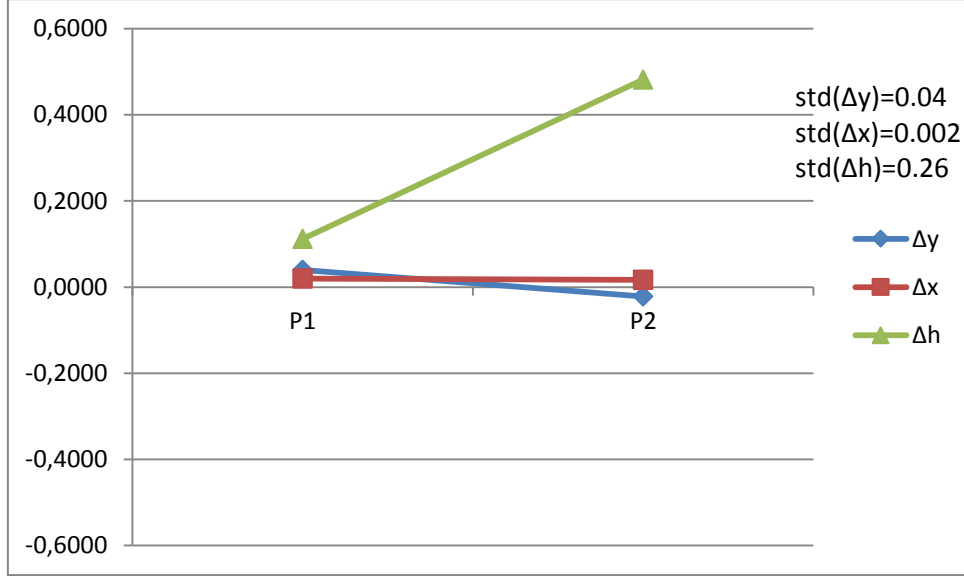
Şekil 1. Çalışma Alanı



3. Doğruluk Analizi

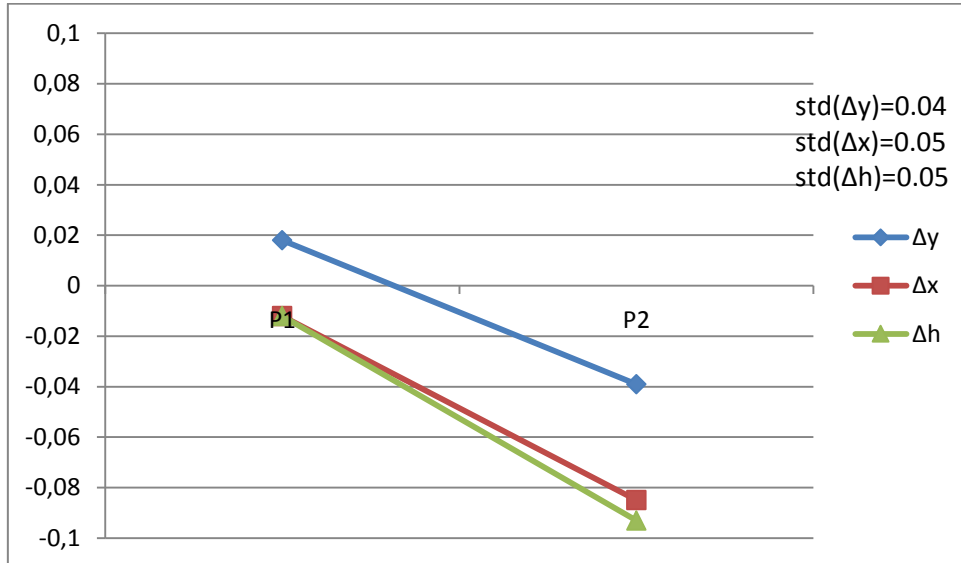
Ölçümü yapılan Z1 ve Z2 noktasında VRS ve FKP tekniği kullanılarak 2 gün üst üste ölçümler yapılmıştır. Ormanlık alanlarda Ağ-RTK hata kaynaklarından multipath ve uydu konfigürasyon etkisi daha fazla olduğu bu nedenle konum doğruluğunu etkilediği düşünülmektedir. Noktaların karşılaştırması sonucunda standart sapmalar hesaplanmıştır ve buna göre VRS ve FKP tekniklerini karşılaştırması yapılmak istenmiştir.

Tablo 1. VRS Tekniğine Göre Ölçülen Koordinatların Karşılaştırılması



İki gün ardı ardına yapılan VRS ölçümlerinde ölçümlerin koordinat farkları alınmış ve standart sapmaları hesaplanmıştır. Şekil 1’de de görüldüğü gibi ölçülen noktaların standart sapma değerleri Δy için 4 cm; Δx için 2 mm ve Δh için ise 26cm’dir.

Şekil 2. FKP Tekniğine Göre Ölçülen Koordinatların Karşılaştırılması





İki gün ardı ardına yapılan FKP ölçümlerinde ölçümlerin koordinat farkları alınmış ve standart sapmaları hesaplanmıştır. Şekil 2’de de görüldüğü gibi ölçülen noktaların standart sapma değerleri Δy için 4 cm; Δx için 5 cm ve Δh için ise 5 cm’dir.

4. SONUÇ

Bu çalışmada VRS ve FKP tekniği kullanılarak ormanlık alanlardaki uygulamalar için doğruluk araştırması yapılmıştır. Ölçümler Ashtech ProMark 800 GNSS Alıcısı ile 2 gün ardı ardına VRS ve CORS-FKP teknikleriyle yapılmıştır. Çalışma alanı, multipath etkisinin fazla, uydu görüşünün az olduğu bölgelerdir. Ölçümler sonucunda Δy değerleri VRS ve FKP tekniklerinde aynı doğruluğu, Δx değerlerinde VRS tekniği FKP tekniğine göre daha iyi; Δh değerleri ise FKP tekniği daha iyi sonuç elde edilmiştir. Bu durum o günlerde yapılan uydu görüşü ile ilgili olduğu düşünülmektedir. Ayrıca daha öncede ormanlık alanlarda yapılan çalışmalarda bu farklılıklar CORS-VRS ve CORS-FKP tekniği için konum doğrulukları çok iyi sonuçlar elde edilmiştir. Gelecekte uydu sistemlerinin daha fazla geliştirilmesi ile uydu görüşlerinin az olduğu ve hatta kapalı alanlarda bile konum doğruluğunun iyi şekilde gerçekleştirilebileceği umut edilmektedir.

TEŞEKKÜR

Gereken ölçüm cihazlarını temin etmemde yardımcı olan Erciyes Üniversitesi Harita Mühendisliği Bölümündeki hocalarıma da çok teşekkür ederim.

KAYNAKLAR

- [1] Kahveci M., (2009), Kinematik GNSS ve RTK CORS Ağları, Zerpa Yayınları, 102, Ankara.
- [2] Kahveci M.,(2009),” Gerçek Zamanlı Ulusal Sabit GNSS (CORS) Ağları ve Düşündürdükleri”,Jeodezi, Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi, 2009/1, sayı 100.
- [3] Gordini,C., Kealy,A.N., Grgich, P.M. and Hale M.J.,(2006),”Testing and Evaluation of a GPS CORS Network forReal Time Centimetric Positioning – The Victoria GPSnet™, International Global Navigation Satellite Society IGSS Symposium Australia.



TUJJB TÜRKİYE ULUSAL
JEODEZİ VE JEOFİZİK BİRLİĞİ
BİLİMSEL KONGRESİ
30 Mayıs - 2 Haziran 2018, İzmir



TUMAK

TÜRKİYE ULUSAL METEOROLOJİ VE ATMOSFER FİZİĞİ KOMİSYONU
NATIONAL COMMISSION OF METEOROLOGY AND ATMOSPHERE PHYSICS

SÖZLÜ / ORAL



GÜVENLİ UÇUŞ VE EKONOMİK KAYIPLARIN MİNİMİZE EDİLMESİ İÇİN İSTANBUL SABİHA GÖKÇEN ULUSLARARASI HAVALİMANI'NA AİT FOGSİ İNDEKSİ KULLANILARAK SIS ANALİZİ

V. Yavuz¹, A. Deniz² ve E.T. Özdemir³

¹ Araştırma Görevlisi, Meteoroloji Müh. Böl., İstanbul Teknik Üniversitesi, Maslak, İstanbul

² Doçent, Meteoroloji Müh. Böl., İstanbul Teknik Üniversitesi, Maslak, İstanbul

³ Dr., Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Atatürk Havalimanı, Yeşilköy, İstanbul

Email: denizali@itu.edu.tr

ÖZET

Havacılık sektöründe maddi ve manevi kayıplar ile sonuçlanan kaza-kırım olaylarında görülen en önemli meteorolojik kaynaklı hadiselerden birisi de görüş mesafesinin düşmesine neden olan sis hadisesidir. Bu sebeple sis hadisesinin tahmini ve bu doğrultuda erken uyarı sisteminin geliştirilmesi özellikle havalimanları için büyük önem teşkil etmektedir. Sis hadisesi tahmininde dünya literatüründe birçok farklı indeks yöntemi kullanılmaktadır. Bu çalışmada bu indeksler arasından en çok kabul gören olan; FOGSI (Fog Stability İndeks) indeksi kullanılarak Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden (MGM) sağlanan atmosferik veri ile Sabiha Gökçen Uluslararası havalimanı için sis analizi yapılmıştır. FOGSI indeksinin 31'den küçük olduğu yani sis olma olasılığının yüksek olduğu değerlerin 32 gün olduğu hesaplanmıştır.

ANAHTAR KELİMELELER: Sis, FOGSI, MGM

FOG ANALYSIS USING FOGSI INDEX AT SABİHA GÖKÇEN INTERNATIONAL AIRPORT FOR SAFE FLIGHT AND MINIMIZATION OF ECONOMIC LOSSES

¹ Research Assistant, Meteorological Eng. Department, Istanbul Technical University, Maslak, Istanbul

² Associate Professor, Meteorological Eng. Department, Istanbul Technical University, Maslak, Istanbul

³ Dr, Turkish State Meteorological Service, Istanbul Atatürk International Airport, Yeşilköy, Istanbul

Email: denizali@itu.edu.tr

ABSTRACT

One of the most important meteorological phenomena seen in the accident-incident scenes in the aviation sector that resulted in material and moral losses is the fog event which causes the visibility to fall. For this reason, the prediction of the fog event and the development of the early warning system in this direction is of great importance especially for airports. Many different index methods are used in the world literature in estimating the fog process. In this study, the FOGSI (Fog Stability Index) was



performed for the Sabiha Gökçen International Airport with the atmospheric data provided by the Turkish State Meteorological Service. It is calculated that the FOGSI index is smaller than 31, that is, the high probability of fog is 32 days.

KEYWORDS: Fog, FOGSI, TSMS

1. GİRİŞ

Sis hadisesinin tahmini ve bu doğrultuda erken uyarı sisteminin geliştirilecek olması özellikle havalimanları için büyük önem teşkil etmektedir. Sis hadisesi tahmininde dünya literatüründe birçok farklı indeks yöntemi kullanılmaktadır (Stoycheva ve Guerova, 2015; Yavuz, 2015). Bu çalışmada, indeksler arasında en çok kabul gören FOGSI (Fog Stability İndeks) kullanılmıştır. FOGSI, sıcaklık gradyanı, yüzey yakınında nem etkisi ve alçak seviye rüzgarları ile hesaplanmaktadır. Radyasyon sisini tahmin etmede bu faktörler çok önemli katkılar sağlamaktadırlar. Bu sebeple, FOGSI'nin saatlik değerleri ayrıca hesaplanmalıdır (ROAB, 2015). İndeks incelendiğinde, sis çeşidinin belirlenmesinin yanı sıra görüş mesafesi belirlenmesi için de kullanılabilen ve görüş mesafesi ile korelasyon değerinin en yüksek gözlemlendiği indeks olan FOGSI indeksi bu çalışma için bu sebeplerle tercih edilmiştir. Sis tahmininde indeksler kullanıldığında görüş mesafesinin kritik olarak belirlendiği durumlarda çok kriterli karar verme yöntemi (karar şeması) kullanılır. Karar şemasında öncelikle dikkate alınan kısım yer seviyesi ve 925 hPa seviyesi arasındaki hava tabakasının nem içeriğidir (Wantuch, 2001). Bu çalışmada FOGSI indeksi kullanılarak sis tahmini yapılmış ve ekonomik kayıpların minimize edilmesi amaçlanmıştır.

2. VERİ VE YÖNTEM

Bu çalışmada öncelikle Sabiha Gökçen Uluslararası Havalimanı tarafından yayımlanan METAR (Aviation Routine Weather Report) ve SPECI (Aviation Special Weather Report) verileri 15 yıllık (2006-2015) periyot için kullanılmıştır. AWOS verileri ile ilgili olarak öncelikle seçilen periyot dahilinde eksik veriler ve bunların zaman dilimleri belirlenmiştir. Sonrasında eksik veriler giderilerek anlamlı bir veri seti oluşturulmuştur. Bahsedilen indeks hesaplamasında kullanılan meteorolojik parametreler ve ilgili yöntem aşağıda belirtilmiştir;

FOGSI (Fog Stability Index): Görüş mesafesi ile arasında en iyi korelasyona sahip olan indekstir.

$$\mathbf{FOGSI} = 2 I (T_{sfc} - T_{850}) I + 2 I (T_{sfc} - T_{Dsfc}) I + W_{850}$$

Görüş Mesafesi = $-1.33 + 0.45 * \mathbf{FOGSI}$

T_{sfc} : Yüzey Sıcaklığı

T_{Dsfc} : Yüzey Çiğ Noktası Sıcaklığı

T_{850} : 850 hPa Sıcaklığı

W_{850} : 850 hPa Rüzgar Hızı

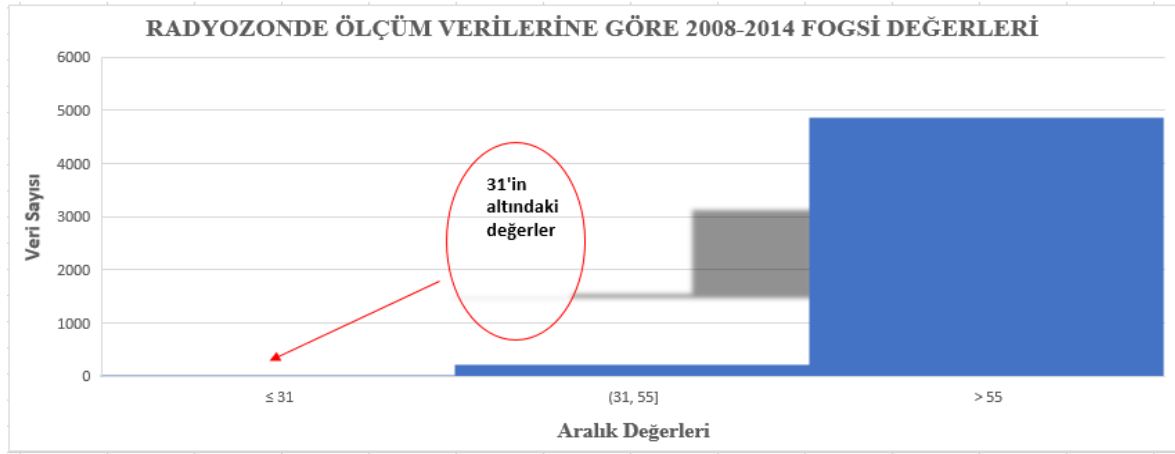
FOGSI indeks aralıklarına göre sis oluşum ihtimalleri aşağıdaki gibidir.

- $\mathbf{FOGSI} < 31$, olması durumu sis oluşma ihtimalinin yüksek olduğunu göstermektedir,
- $31 < \mathbf{FOGSI} < 55$, olması durumu sis ihtimalinin orta seviyede olduğunu belirtmektedir,

- FOGSI > 55, olması durumu ise sis ihtimalinin düşük olduğunu ifade etmektedir (Freeman, 1998).

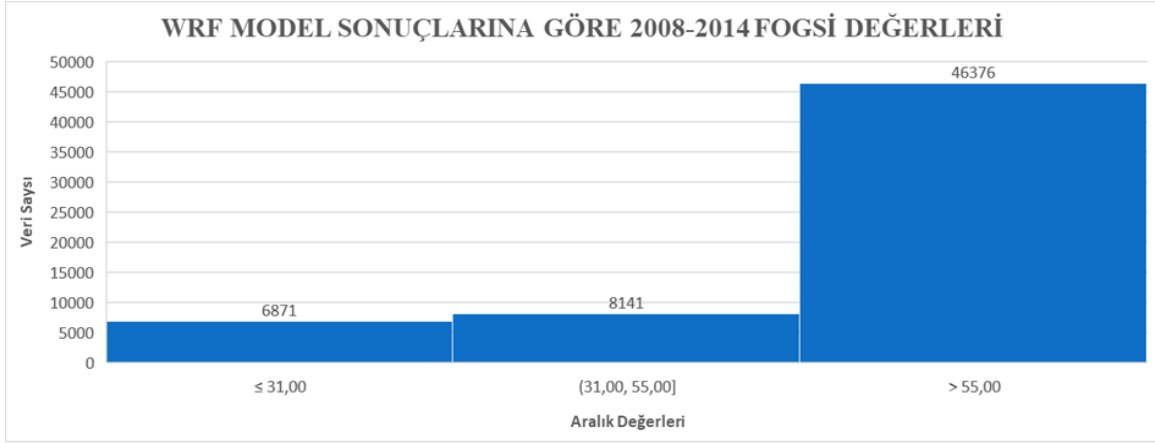
3. ANALİZ ve DEĞERLENDİRME

Elde edilen FOGSI sonuçları WRF atmosferik modeli ile kıyaslanmıştır. Yani FOGSI indeksi hem gerçek hem modelden elde edilen verilerden yararlanılarak hesaplanmıştır. Radyozonde ölçüm verileri ve yüzey ölçüm verileri kullanılarak 2008 ila 2014 yılları arasındaki periyot için FOGSI değerleri hesaplanmış ve elde edilen sonuçlar Şekil 1’de verilmiştir. Şekil incelendiğinde FOGSI indeksinin 31’den küçük olduğu yani sis olma olasılığının yüksek olduğu değer 32 gün olduğu hesaplanmıştır. İndekste orta şiddette sis olma ihtimali yani indeks değerinin 31 ila 55 arasında olduğu gün sayısı 215 gündür. İndeks değerinin 55’ten büyük olması sisin olmadığı zaman dilimine karşılık gelmektedir.



Şekil 1. Radyozonde Ölçüm Verilerine göre 2008-2014 FOGSI Değerleri

Şekil 2’de WRF Model sonuçlarına göre 2008 ila 2014 yılları arasındaki periyot için FOGSI değerleri hesaplanmış ve elde edilen sonuçlar şekilde verilmiştir. Şekil incelendiğinde FOGSI indeksinin 31’den küçük olduğu yani sis olma olasılığının yüksek olduğu değer 6871 saat olduğu hesaplanmıştır. İndekste orta şiddette sis olma ihtimali yani indeks değerinin 31 ila 55 arasında olduğu saat sayısı 8141, indeks değerinin 55’ten büyük yani sisin olmadığı saat dilimi 46376’dır.



Şekil 2. WRF Model Verilerine göre 2008-2014 FOGSİ Değerleri

4. SONUÇLAR

FOGSİ indeksinin 31'den küçük olduğu yani sis olma olasılığının yüksek olduğu değer 32 gün olduğu hesaplanmıştır. İndekste orta şiddette sis olma ihtimali yani indeks değerinin 31 ila 55 arasında olduğu gün sayısı 215 gündür. İndeks değerinin 55'ten büyük olması sisin olmadığı zaman dilimine karşılık gelmektedir.

TEŞEKKÜR

Yazarlar, meteorolojik verilerin temini konusundaki desteklerinden dolayı Meteoroloji Genel Müdürlüğüne ve bu çalışmanın ortaya çıkmasına olanak sağlayan Proje'ye destek veren Türkiye Ulusal Jeodezi ve Jeofizik Birliği'ne teşekkür eder.

KAYNAKLAR

Stoycheva, A. ve Guerova, G. (2015). Study of fog in Bulgaria by using the GNSS tropospheric products and large scale dynamic analysis. *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics* **133**, 87-97.

Yavuz, V., Temiz, C., Özdemir, E.T. ve Deniz, A. (2015). Avrupa Bölgesi için kaza-kırım raporlarının incelenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi* **2:5**, 155-160.

Wantuch, F. (2011). Visibility and fog forecasting based on decision tree method. Budapest, Hungary.

RAOB (The Universal Rawinsonde Observation Program). (2015). Fog index table configuration options. Alıntı tarihi: 03/09/2015, alıntı adresi: <http://raob.com/fog.php>.

Freeman, L.E. ve Perkins, J.S. (1998). Meteorological Techniques, AFWA/TN-98/002. Alıntı tarihi: 15/09/2015, alıntı adresi: http://www.comptus.com/PDF/AFWA_TN_98-002.pdf



İSTANBUL SABIHA GÖKÇEN ULUSLARARASI HAVALİMANI'NA AİT SIS OLUŞUMU İLE İLGİLİ SİNOPTİK DURUM ARAŞTIRMASI

A. Deniz¹, V. Yavuz² ve E.T. Özdemir³

¹ Doçent, Meteoroloji Müh. Böl., İstanbul Teknik Üniversitesi, Maslak, İstanbul

² Araştırma Görevlisi, Meteoroloji Müh. Böl., İstanbul Teknik Üniversitesi, Maslak, İstanbul

³ Dr., Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Atatürk Havalimanı, Yeşilköy, İstanbul

E-Mail: denizali@itu.edu.tr

ÖZET

Sis araştırmalarında sisin oluşum mekanizmalarını anlamak için sinoptiksel yaklaşımlar önemlidir. Bu çalışmada Sabiha Gökçen uluslararası havalimanında 5 Kasım 2015 tarihinde 00:00 UTC ile 23:00 UTC saatleri arasında meydana gelen sis hadisesi sinoptik olarak analiz edilerek METAR ve SPECI raporlarıyla karşılaştırılmıştır. Sis gibi özellikle lokal ölçekte görülen sinoptik hadiseler bölgenin topoğrafyasından ve diğer fiziki koşullarında meydana gelen değişimlerden etkilenmektedir. Meydana gelen sis hadisesi nedeniyle öncelikle görüş mesafesi 2 saat gibi bir sürede 10.000 metreden 1.000 metrenin altına inmiştir. Gün boyunca ölçülen en düşük görüş mesafesi ise 100 metre olmuştur. Bölgede 2 adet etkili yüksek basınç merkezinin gözlenmesi kararlı bir atmosferik yapının mevcudiyetine ve sisin oluşumuna neden olduğu sonucuna varılmıştır.

ANAHTAR KELİMELER: Sis, Sinoptik, METAR, SPECI

SYNOPTIC CASE STUDY ON FOG FORMATION OF ISTANBUL SABIHA GÖKÇEN INTERNATIONAL AIRPORT

¹ Associate Professor, Meteorological Eng. Department, Istanbul Technical University, Istanbul

² Research Assistant, Meteorological Eng. Department, Istanbul Technical University, Istanbul

³ Doctor, Turkish State Meteorological Service, Istanbul Atatürk International Airport, Istanbul

Email: denizali@itu.edu.tr

ABSTRACT

Synoptic approaches are important to understand the mechanisms of fog formation in fog investigations. In this study, the fog event occurred between 00:00 UTC and 23:00 UTC on November 5, 2015 at the Sabiha Gökçen International Airport was analyzed synoptically and compared with METAR and SPECI reports. The synoptic events, especially on the local scale, such as fog, are affected by in the topography of the region and other physical conditions. Due to the fog incident that took place at Sabiha Gökçen International Airport, first, the visibility has decreased from 10,000 meters to 1,000 meters in a period of 2 hours. The minimum visibility measured throughout the day was 100 meters. Observation of two effective high pressure centers in the region resulted in the presence of a stable atmospheric structure and the formation of fog.

KEYWORDS: Fog, Synoptic, METAR, SPECI

1. GİRİŞ

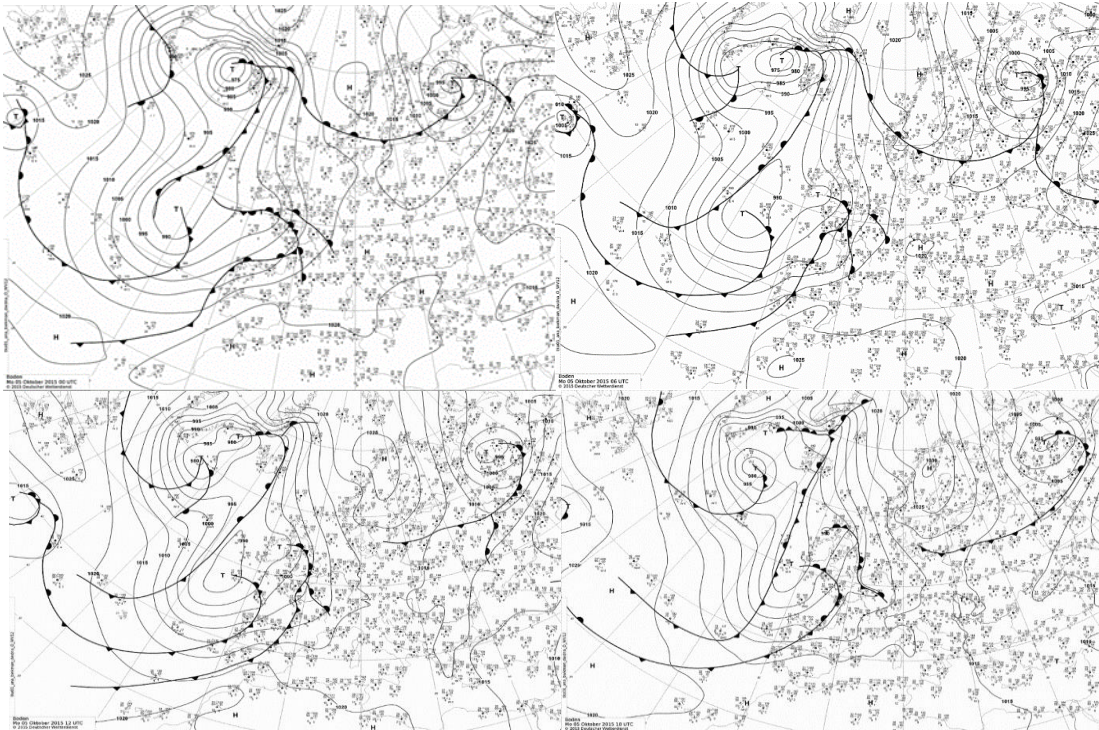
İstanbul Atatürk Havalimanı'nın son yıllarda operasyon sayısı açısından kapasite sınırlarını aşması neticesinde önemi daha da artan Sabiha Gökçen Havalimanı'nın çevresinde meydana gelen değişimler

havacılık faaliyetleri açısından büyük önem taşımaktadır. Yakın geçmişte tarım arazilerinin ağırlıklı olduğu ve yerleşmenin çok olmadığı bu bölge, yoğun göç almakta ve sanayileşme de buna paralel olarak artış göstermektedir. Özellikle lokal ölçekte görülen sinoptik hadiseler bu gibi bölgenin topoğrafyasında ve diğer fiziki koşullarında meydana gelen değişimlerden etkilenmektedir.

Sabiha Gökçen Uluslararası havalimanından iniş ve kalkış yapan uçakların uçuş güvenliği ve ekonomik kayba neden olan uçuş iptalleri bağlamında sisin ölçümü, sinoptik analizi ve tahmini önem arz etmektedir. Sis, tahmini en güç olan atmosferik olayların başında yer almaktadır. Sis analizi ve tahmini ile ilgili literatürde bir çok araştırma yapılmıştır (UK Met Office, 2016; Zhang ve ark., 2015; Li ve ark., 2014; Chen ve ark., 2011; Özdemir ve ark., 2016).

2. SİS İÇİN ÖRNEK OLAY SİNOPTİK İNCELEMESİ

5 Kasım 2015 tarihinde 00:00 UTC ile 23:00 UTC saatleri arasında sis hadisesi meydana gelmiş, METAR ve SPECI raporlarında hemen hemen tüm rasilarda bu hadise rapor edilmiştir. Meydana gelen sis hadisesi nedeniyle öncelikle görüş mesafesi 2 saat gibi bir sürede 10.000 metreden 1.000 metrenin altına inmiştir. Gün boyunca ölçülen en düşük görüş mesafesi ise 100 metre olmuştur. Görüş mesafesi açısından durumu incelediğimizde literatürde yer alan bilgilere göre bu mesafenin 1.000 metrenin altına düşmesi durumunda sis hadisesi meydana geldiği anlaşılmaktadır. Ayrıca 300 metrenin altına inen değerler ise yoğun sis olayının yaşandığının bir göstergesidir.



Şekil 1. 5 Kasım 2015 tarihine ait yer kartları

Bu hadisenin meteorolojik açıdan incelenmesi konusunda ilk olarak sinoptik ölçekli hava sistemlerinin yapısı incelenmiştir. Bu doğrultuda sırasıyla; 00:00, 06:00, 12:00 ve 18:00 UTC yer kartları öncelikli



olarak analiz edilmiştir (Şekil 1). 00:00 UTC’de, özellikle Akdeniz ve İç Anadolu’nun büyük bir kısmını kapsayan bir yüksek basınç merkezinin etkisi göze çarpmaktadır. Aynı şekilde Marmara Bölgesi de bu sistem ve Kuzeybatısında bulunan diğer bir yüksek basınç sisteminin etkisi altındadır. Diğer haritalarda da bu 2 yüksek basınç merkezinin etkisi devam etmektedir. Dolayısıyla Sabiha Gökçen Uluslararası Havalimanı da Türkiye’yi etkileyen mezoölçek sistemin etkisi altındadır. Yüksek basınç merkezleri genellikle kararlı hava yapılarının gözlemlendiği sistemlerdir. Bu sebeple durağan hava koşullarının (sis, pus, vb.) etkili olmasına ve hatta sistemin mevcudiyeti boyunca hüküm sürmesine sebebiyet verebilirler. Diğer yandan ülkemizi bu 2 sistem haricinde etkileyen herhangi bir alçak basınç merkezi veya cephesel bir sistemin de olmaması yüksek basınç sistemlerinin hakimiyetini sürdürmesine ve kararlı hava koşullarının oluşmasına neden olmuştur.

Düşey atmosfer verilerinin incelenmesi ile ilgili olarak, 17064 istasyon numaralı İstanbul-Kartal tarafından yapılan radyozonde ölçümüne ait verilere bakıldığında özellikle yere yakın seviyelerde (0-100 m civarı) enverziyon tabakasının mevcudiyeti görülmektedir (Tablo 1). Yerden yukarı seviyelere çıkıldıkça sıcaklığın düşmesi gerekirken bu seviye boyunca sıcaklık değerleri artış göstermektedir. Bu tabaka bulunduğu bölge ve seviye itibarıyla atmosferik kararlılığın en büyük göstergesidir. Düşük rüzgar hızları, sis ve pus gibi hadiselerin gözlenmesi ve çöken hava sebebiyle özellikle hava kalitesi ve buna bağlı görüş mesafesinin düşmesi gibi birçok olaya doğrudan ya da dolaylı olarak etki edebilmektedir.

Tablo 1. 5 Kasım 2015 tarihine ait sounding diyagramı

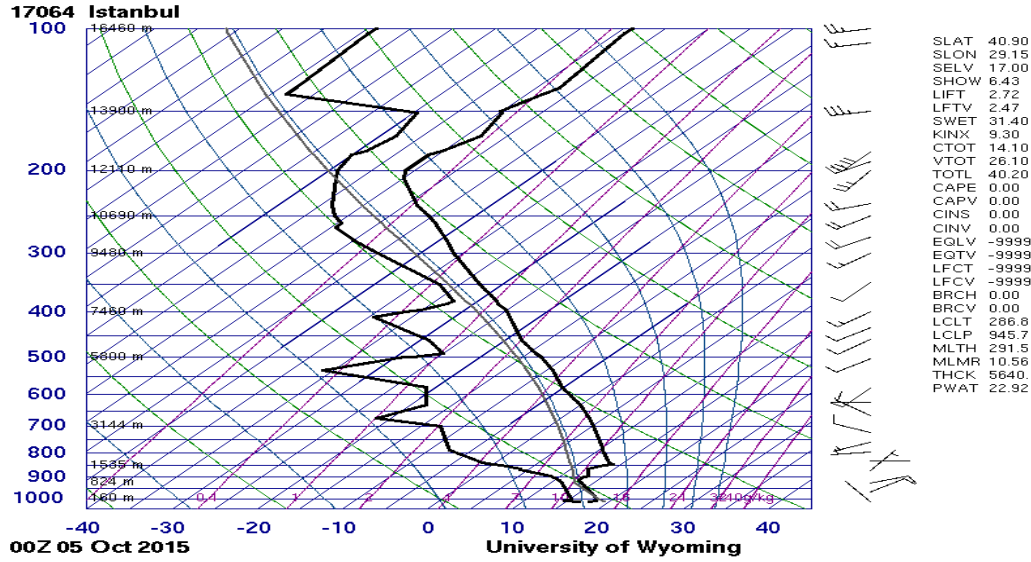
17064 Istanbul Observations at 00Z 05 Oct 2015

PRES hPa	HGHT m	TEMP C	DWPT C	RELH %	MIXR g/kg	DRCT deg	SKNT knot	THTA K	THTE K	THTV K
1017.0	17	17.8	16.6	93	11.82	320	1	289.6	322.9	291.6
1011.0	67	18.4	14.8	80	10.57	22	2	290.6	320.7	292.5
1005.0	118	18.3	15.0	81	10.75	85	4	291.0	321.6	292.9
1000.0	160	18.2	15.1	82	10.90	85	4	291.4	322.4	293.3
966.0	455	16.2	13.4	84	10.10	60	8	292.2	321.1	294.0
938.0	705	14.4	12.0	85	9.46	75	11	292.9	320.1	294.6
925.0	824	13.6	11.3	86	9.17	75	9	293.2	319.6	294.8
914.0	925	12.8	10.5	86	8.79	68	9	293.4	318.8	294.9
904.0	1017	12.8	9.6	81	8.36	62	8	294.3	318.6	295.8
894.0	1111	13.2	8.7	74	7.95	56	8	295.7	319.0	297.1

Düşey atmosferdeki koşulların daha iyi anlaşılması ve görsellik açısından daha net bilgi elde edilebilmesi için Skew-T Log-P Diyagramı incelenmiştir (Şekil 3). Bu diyagrama bakıldığında aynı sounding değerlerindeki gibi enverziyon tabakasının mevcudiyeti göze çarpmaktadır. Ayrıca yere yakın seviyelerde rüzgar şiddetinin çok düşük olması, herhangi bir konvektiviteye yol açacak bir potansiyelin bulunmaması, çeşitli indeks değerlerinin kararlı atmosfer koşullarını işaret etmesi de meydana gelen sis hadiselerinin kanıtıdır.

3. SONUÇLAR

Bu çalışmada yapılan durum araştırması sonucunda ilgili tarihte Marmara ile İç Anadolu ve Akdeniz bölgelerinde hüküm süren 2 adet yüksek basınç merkezinin derinleşmiş etkisi görülmüştür. Böylece oldukça kararlı bir atmosferik yapı ortaya çıkmıştır. Bu durum enverziyon tabakasının oluşmasıyla doğrulanmıştır. Tüm bu sinoptik gerekçeler sis oluşumunu tetiklemiştir.



Şekil 3. 5 Kasım 2015 tarihine ait Skew-T Log-P diyagramı

TEŞEKKÜR

Yazarlar, meteorolojik verilerin temini konusundaki desteklerinden dolayı Meteoroloji Genel Müdürlüğüne ve bu çalışmanın ortaya çıkmasına olanak sağlayan Proje'ye destek veren Türkiye Ulusal Jeodezi ve Jeofizik Birliği'ne teşekkür eder.

KAYNAKLAR

Chen, K., Yin, Y. ve Hu, Z. (2011). Influence of air pollutants on fog formation in urban environment of Nanjing, China. *Procedia Engineering* **24**, 654-657.

Li, Z., Eck, T., Zhang, Y., Zhang, Y., Li, D., Li, L., Xu, H., Hou, W., Lv, Y., Golub, P. ve Gu, X. (2014). Observations of residual submicron fine aerosol particles related to cloud and fog processing during a major pollution event in Beijing. *Atmospheric Environment* **86**, 187-192.

Özdemir, E. T., Deniz, A., Sezen, İ., Menteş, Ş. S. ve Yavuz, V. (2016). Fog analysis at Istanbul Ataturk International Airport. *Weather* **71:11**, 279-284.

UK Met Office (United Kingdom National Weather Service). (2016). Alıntı tarihi: 5 Eylül 2017, alıntı adresi: <http://www.metoffice.gov.uk/learning/fog>

Zhang Y.W., Zhang, X.Y., Zhang, Y.M., Shen, X.J., Sun, J.Y., Ma, Q.L., Yu, X.M., Zhu, J.L., Zhang, L. ve Che, H.C. (2015). Significant concentration changes of chemical components of PM1 and Yangtze River Delta Area of China and the implications for the formation mechanism of heavy haze-fog pollution. *Science of Total Environment* **538**, 7-15.



DEĞİŞEN İKLİM KOŞULARININ TARIM TOPRAKLARINA ETKİSİ

¹**Hüseyin BULUT**, ¹**Hüdaverdi GÜRKAN**, ¹**İlker ALAN**

¹*Mühendis, Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Ankara*
Email: hbulut@mgm.gov.tr

ÖZET

İklim, canlıların yaşamını etkileyen ve yaşam formlarının yeryüzüne dağılımı üzerine etki eden önemli faktörlerin başında gelmektedir. Bu nedenle doğal ve kültürel bitkilerin yaşam alanları iklim faktörlerinin etkisiyle şekil almaktadır. Dünya Meteoroloji Teşkilatı'nın yaptığı gözlemler ve yapılan birçok çalışma, küresel bir iklim değişimi olduğunu göstermektedir. Bu değişimin etkileri hiç şüphesiz ülkemizde de görülmektedir. Tarımsal üretimde iklim faktörlerinin etkisi göz ardı edilemez. Günümüzde etkisini giderek daha fazla hissetmeye başladığımız iklim değişikliği sonucu artan sıcaklıklar, yağış rejimindeki değişiklikler ve her geçen yıl rekor artış gösteren meteorolojik kaynaklı doğal afetler tarım topraklarını olumsuz etkilemektedir. Diğer sektörlere kıyasla iklim değişikliğine daha duyarlı olan tarım, küresel iklim değişikliğinden daha fazla etkilenmektedir. Bu etkiler genel olarak; toprak yapısının bozulması, erozyon, kuraklık, seller, orman yangınları, biyolojik çeşitlilikte azalma, kıtlık olarak sıralanabilir.

ANAHTAR KELİMELEER: İklim değişikliği, tarım toprakları

EFFECT OF CHANGING CLIMATE CONDITIONS ON AGRICULTURAL LANDS

¹*Engineer, Ministry of Forestry and Water Management, Turkish State Meteorological Service, Ankara*
Email: hbulut@mgm.gov.tr

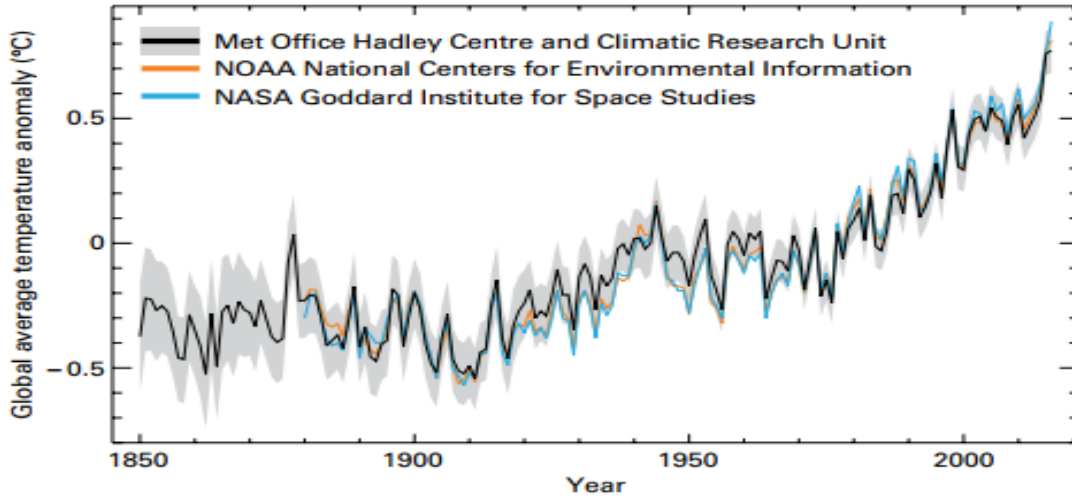
ABSTRACT

The Climate comes first in the most important factors which effect of the life and the distribution of life forms on earth. For this reason, life plains of natural and cultural plants is formed by the effect of climatic factors. The observations of the World Meteorological Organization and lots of works show a global climate change. No doubt, the effects of this change is seen in Turkey. The effect of climate factors on agricultural production cannot be ignored. Increasing temperatures due to climate change, changes in precipitation regime and record-increasing natural disasters due to meteorological changes every year, which we are beginning to feel more nowadays, negatively affect the agricultural lands. Compared to other sectors agriculture is more sensitive and affective and in general these affective problems; deterioration of soil structure, erosion, drought, floods, forest fires, reduction in biological diversity, famine can be sorted.

KEYWORDS: Climate change, agricultural lands

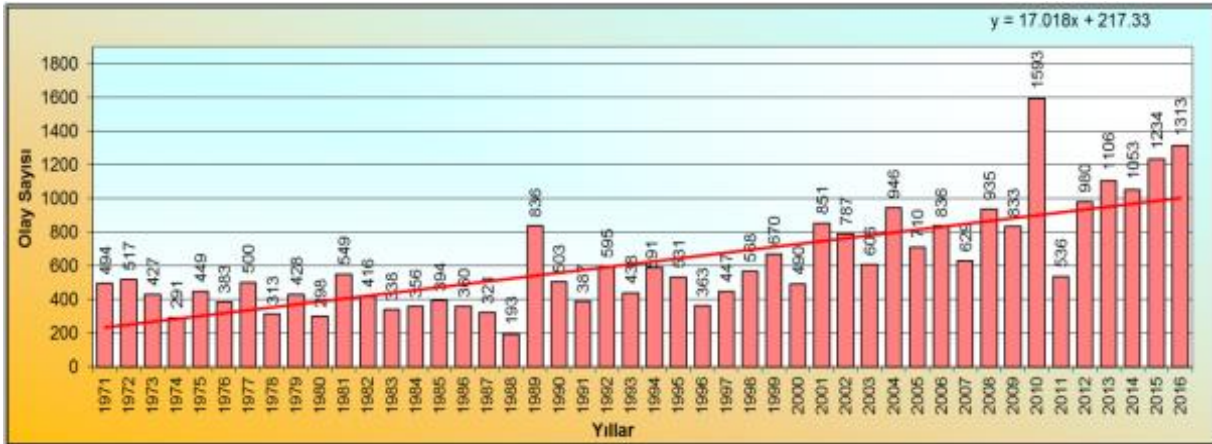
1. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN BELİRTİLERİ

Dünya Meteoroloji Teşkilatı (WMO)'nın yaptığı açıklamaya göre son yüzyılda dünyamız 0.85°C ısınmıştır. 2016 yılı sıcaklık ortalaması sanayi öncesi dönemden 1.1°C yüksek gerçekleşerek en sıcak yıl olarak kayıtlara geçmiştir (Şekil 1). Yaşadığımız yüzyıl için yapılan küresel iklim projeksiyonlarına göre sıcaklık artışının devam etmesi, toplam yağışların mevsimsel dağılımındaki düzensizliklerin artması ve mevsimsel olarak yağış tipinde değişikliklerin meydana gelmesi öngörülmektedir (WMO, 2016).



Şekil 2. Küresel yıllık ortalama sıcaklık anomalileri 1850 - 2016 (WMO, 2016)

Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) raporlarında da belirtildiği üzere ülkemiz, iklim değişikliğine karşı en hassas bölgelerden biri olan Doğu Akdeniz havzasında yer almaktadır. Küresel iklim değişikliğinin etkileri son yıllarda tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de gittikçe daha fazla hissedilmeye başlamıştır (IPCC, 2013). Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) kaynaklarına göre 1971-2016 yılları arası Meteorolojik kaynaklı doğal afet sayılarında (Şekil 2) son 15 yılda ciddi bir artış gözlemlenmiştir (MGM, 2016).





Şekil 2. Meteorolojik kaynaklı doğal afet sayısı (MGM, 2016)

2. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN ETKİLERİ

Bitkisel üretim üzerinde hayati öneme sahip olan sıcaklık ve yağış faktörlerindeki değişimler bitkinin vejetasyon süresi, yetişmesine elverişli bölge ve verim üzerine direkt olarak etki etmektedir (Bulut, 2015). Değişen iklim koşullarına bağlı olarak artan sıcaklıklar son yıllarda kuraklıklara sebep olmaktadır. Artan kurak periyotlar ise su kıtlığını beraberinde getirmektedir. Su kıtlığı bitkinin büyüme ve gelişmesini olumsuz etkilemekte, doğal olarak da verimi ve kaliteyi düşürmektedir. İklim koşullarındaki değişimler nedeniyle kuraklıklar görülebildiği gibi yerel veya bölgesel olarak aşırı yağışlar da görülebilmektedir. Aşırı yağışlara bağlı sel ve su baskınları tarımsal verimlilikte önemli kayıplara yol açmaktadır. Bunlara ek olarak değişen iklim koşulları bitki hastalık ve zararlıları için uygun ortamları oluşturabilmekte, kısa sürede gelişebilen bu hastalık ve zararlılar sebebiyle ürün verimi ve kalitesi düşmektedir.

2.1. İklim Değişikliğinin Tarım Topraklarına Etkisi

İklim koşullarındaki değişimlerin en belirgin göstergesi olan sıcaklık artışları topraktaki bozulma hızını artırmaktadır. Topraktaki bozulma erozyon tehlikesini artırmakta ve toprak verimliliğinin azalmasına neden olmaktadır. Toprak verimliliğinin azalması ile birlikte topraktaki besin elementlerinde de azalmalar görülmektedir. Bu noktada çiftçi toprak verimliliğini artırmak için daha fazla gübre kullanmaktadır. Bu durum hem çevreye hem de ülke ekonomisine zarar vermektedir. Değişen iklim koşullarının etkisiyle doğal bitki örtüsünde de değişimler görülmektedir. Ülkemizde özellikle bozkır alanlarının genişlemesi ve mera alanlarının azalmasında iklim değişikliğinin etkisi değerlendirilmektedir. Meydana gelen kuraklıklar ve toprak yüzeyindeki artan sıcaklıklar topraktaki su seviyesini düşürmekte ve bitkilerin taban suyuna ulaşımını zorlaştırmaktadır. Bu durum, tarımsal üretimin yapıldığı bölgelerde yer değişikliklerini zorunlu hale getirmektedir. Ayrıca deniz seviyesinin yükselmesi, kıyı bölgelerde drenaj sorunlarını beraberinde getirmektedir.

2.2. İklim - Toprak İlişkisi

İklim değişikliğinin etkilerini yaşamakta olduğumuz bu günlerde, iklim ve toprak arasındaki ilişkinin anlaşılması, hem iklim değişikliği ile mücadelede topraktan faydalanılması hem de gıda güvenliğimizin teminatı olan toprağın iklim değişikliğinin olumsuz etkilerinden korunması açısından son derece önemlidir. Toprak, iklim sisteminde önemli ve genellikle ihmal edilen bir unsur olmasına rağmen okyanuslardan sonra ikinci en büyük karbon deposudur. Soluma, çözünme ve fotosentez gibi tüm bu faktörlerin oranları bir şekilde iklim koşullarınca, temel olarak da nem seviyeleri ve toprak ısı ile belirlenir. Buna ek olarak çözünme ve toprak erozyonu süreçleri toprak organik karbonunu bölgenin coğrafi yapısına göre tekrar dağıtmaktadır (Reyes, 2015). Topraktaki karbon içeriği toprağın genel sağlığının temel unsurudur. Karbonun büyük bölümünü oluşturduğu toprak organik maddesi bitki gelişimi için çok büyük önemi olan besin elementleri ve iz elementlerin büyük bir yüzdesini oluşturur. Toprak karbonu ayrıca toprağa verilen bitki besin elementlerinin sızmasını engeller ve mineralleri bitkilerin alımına hazır hale getiren, bütünü ayrılmaz parçası organik asitler için kritik öneme sahiptir. Bunlara ek olarak toprağı güçlü pH değişimlerinden korur (Reyes, 2015). Toprağın sürdürülebilir şekilde planlanması ve yönetilmesi artık uluslararası açıdan da zorunlu hale gelmiştir. Sürdürülebilir arazi yönetimi, biyolojik, fiziksel, sosyal, kültürel ve ekonomik ihtiyaçlar ve değerleri içeren bütüncül bir bakış açısı ve bütüncül bir yönetim aracıdır. Sürdürülebilir arazi yönetimi (SAY) aslında 1992'de Rio



Sözleşmesi'nde ekosistemi koruma için bütüncül çözüm olarak ortaya çıkmıştır (Yomralıoğlu, 2011). Toprak, doğru bir şekilde yönetilmesi durumunda, sera gazlarını azaltmamıza ve iklim değişikliğinin en kötü etkilerine uyum sağlamamıza yardımcı olabilir. Ancak bu konuda başarısız olunması halinde, iklim değişikliği ile ilgili sorunlar hızla artabilir.

3. DEĞİŞEN İKLİM KOŞULLARINA KARŞI ALINABİLECEK TEDBİRLER

Gerek ulusal gerekse de uluslararası ölçekte yapılan analiz ve değerlendirmelere göre özellikle son yıllarda etkisini daha fazla hissetmeye başladığımız iklim değişikliklerini kısa dönemde engelleyebilmek mümkün değildir. CO₂ salınımları bugün tamamen durdurulsa bile atmosfer sisteminin tepkisi kısa vadede gerçekleşmemektedir. İklimin değişmesi kısa vadede geri döndürülemeyeceği için yapılması gereken en önemli tedbir değişen iklim koşullarına uyum sağlamak olacaktır. Bu nedenle iklim değişikliğinin gelecek dönemlerdeki verimliliğe olası etki çalışmaları, değişen iklim koşullarına göre dayanıklı çeşit islahı çalışmaları, toprak yapısı ve kalitesinin korunması amacıyla erozyon ve çölleşme ile mücadele çalışmalarının etkin bir şekilde sürdürülmesi gelecek dönemlerdeki kayıpların önüne geçmek için yapılabilecek önemli çalışmalar olarak ön plana çıkmaktadır (Gürkan vd., 2017). Tarımsal kuraklığın bitkisel verimlilik üzerindeki etkisini azaltmak ve sürdürülebilirliği sağlamak için ilgili kurum ve kuruluşların ortak plan ve çalışmaları doğrultusunda arazi yönetimi, su yönetimi ve sulama yatırımlarının planlanması ve etkin su kullanımına yönelik sulama tekniklerinin yaygınlaştırılması önem arz etmektedir. Bunlara ek olarak değişen iklim koşullarına elverişli bitki tür ve çeşitlerinin uygun bölgelerde yetiştiriciliğinin yapılması için teşvikler verilmesi, çevreye duyarlı tarım tekniklerine (organik tarım, iyi tarım uygulamaları vb.) verilen desteklerin artırılması iklim değişikliğine karşı alınabilecek tedbirler arasında sayılabilir.

KAYNAKLAR

- Bulut, H. (2015). Türkiye'de İklim Faktörlerinin ve İklim Değişikliğinin Haşhaş (Papaver somniferum L.) Bitkisinin Verimi Üzerine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Bölümü, Ankara Üniversitesi.
- IPCC. (2013). Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Working Group I Contribution To IPCC AR5, 203p., Geneva.
- Gürkan, H., Bayraktar, N., Bulut, H. (2017). İklim Değişikliği Nedeniyle Artan Kuraklığın Ayçiçeği ve Pamuk Verimi Üzerine Etkileri. KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi, 20 (Özel Sayı), 216-221, Kahramanmaraş.
- MGM. (2016). 2016 Yılı İklim Değerlendirmesi. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Reyes, S. (2015). How Soil and Carbon Related. Permaculture Research Institute, Australia.
- WMO. (2016). WMO Statement on the State of the Global Climate in 2016. World Meteorological Organization (WMO), 1189.
- Yomralıoğlu, T. (2011). Dünya'da Arazi Yönetimi. Türkiye'de Sürdürülebilir Arazi Yönetimi Çalıştayı, Okan Üniversitesi, İstanbul.



1971-2017 DÖNEMİ TÜRKİYE İKLİM DEĞERLENDİRMESİ

Hüdaverdi GÜRKAN¹, Mesut DEMİRCAN¹, Osman ESKİOĞLU¹, Başak YAZICI¹,
Utku M. SÜMER¹, Ali Ümran Kömüşçü¹, Hüseyin ARABACI¹, Mehmet AKSOY¹

¹ *Mühendis, Araştırma Dairesi Başkanlığı, Meteoroloji Genel Müdürlüğü*
Email: hgurkan@mgm.gov.tr.

ÖZET

Sanayi devriminden günümüze iklimde ciddi değişiklikler yaşanmaktadır. İklim değişikliğinin etkileri 20. yüzyılın son çeyreğinden itibaren daha fazla hissedilmeye başlanmıştır. İklim değişikliği nedeniyle küresel sıcaklar artmakta, buzullar erimekte, deniz seviyeleri yükselmekte ve bunların sonucunda meteorolojik afet sayıları ve şiddetinde artışlar meydana gelmektedir. IPCC raporlarına göre, Türkiye'nin içinde bulunduğu Akdeniz havzası iklim değişikliğinden olumsuz etkilenecek bölgeler arasında yer almaktadır. Bu çalışmada, 1971-2017 yılları arası Türkiye ikliminde meydana gelen değişimler sıcaklık, yağış ve sıcak-soğuk hava dalgaları indisleri başlıkları altında değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, Türkiye yıllık ortalama sıcaklıklarında artış eğilimi, yıllık toplam yağışlarda ise bölgesel dağılımdaki farklılıklar dikkat çekmektedir.

ANAHTAR KELİMELER: Türkiye iklimi, iklim değişikliği, sıcak-soğuk hava dalga indisleri

CLIMATE ASSESSMENT OF TURKEY FOR PERIOD OF 1971-2017

¹ *Engineer, Research Department, Turkish State Meteorological Service*
Email: hgurkan@mgm.gov.tr

ABSTRACT

There has been serious changes in the day-to-day climate since the industrial revolution. The effects of climate change have begun to be felt more and more since the last quarter of the 20th century. Due to climate change, temperatures are increasing, glaciers are melting and sea levels are rising, as a result there is an increasing trend in the frequency and severity of meteorological disaster. According to the IPCC reports, the Mediterranean basin where Turkey is located, is among the regions that will be negatively affected by climate change. In this study, changes in the climate of Turkey between the years of 1971-2017 are evaluated by examining temperature, rainfall and heat-cold wave index. According to the obtained results, there is increasing trend in annual average temperature and also it is remarkable that the differences in regional distribution of annual total precipitation.

KEYWORDS: Climate of Turkey, climate change, heat and cold wave indices

1. GİRİŞ

İklim geniş bölgelerde çok uzun yıllar (en az 30 yıl) içinde gerçekleşen ortalama hava koşullarıdır. İklim ekstrem hava olaylarını da içerirken; bir bölgenin hava olayları bakımından karakterini ve bitki örtüsünü de tayin eder. İklimde yüzyıllar içerisinde çeşitli etmenler nedeniyle değişiklikler meydana gelmektedir. Özellikle sanayi devrimi ile birlikte büyük bir ivme kazanan insan faaliyetleri nedeniyle arazi kullanımındaki değişimler ve özellikle de büyük sanayi kuruluşlarının üretime geçmesi ile birlikte

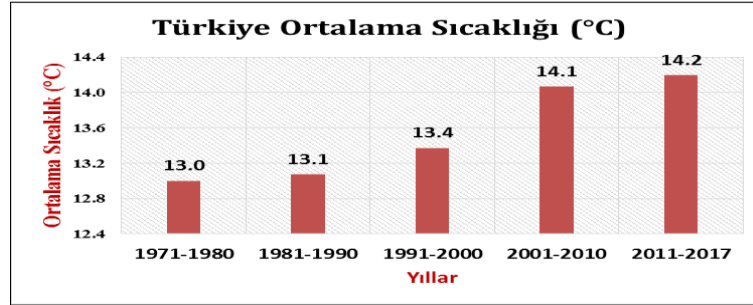


atmosferin kompozisyonunda meydana gelen değişimler iklimde doğal değişkenliğin dışında ek değişikliklere neden olmuştur.

İklim değişikliğinin etkileri 20. yüzyılın son çeyreğinden itibaren daha fazla hissedilir hale gelmiştir. İklim değişikliğinin en önemli nedenlerinden biri olarak kabul edilen sera gazı emisyonlarında giderek yükselen bir artış trendi bulunmaktadır. Atmosferik CO₂ sanayi devriminden bugüne insan faaliyetleri nedeniyle üçte bir oranında artış göstermiştir (NASA, 2018). Sera gazı konsantrasyonlarının artışı başlıca küresel ölçekte sıcaklık artışına, buzulların erimesine ve deniz seviyelerinde artışlara neden olmaktadır. Meydana gelen bu değişiklikler meteorolojik kaynaklı afetlerin frekansında ve şiddetinde ciddi artışların temel sebepleridir. Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) 5. Değerlendirme Raporu'nda son 50 yılda meydana gelen ısınmanın % 95 olasılıkla insan faaliyetleri nedeniyle meydana geldiği ortaya konmuştur (IPCC, 2014). IPCC raporlarına göre Türkiye'nin de içinde bulunduğu Akdeniz havzası iklim değişikliğinden olumsuz olarak etkilenecek olan en hassas bölgelerden biridir.

2. SICAKLIK ANALİZİ VE İKLİM PROJEKSİYONU ÖNGÖRÜSÜ

İklim izleme ve iklim değişikliği çalışmalarında referans dönemler, yani iklim normalleri kullanmak; küresel, ülkesel ile bölgesel değerlendirmeler yapmayı ve ayrıca geçmiş ve gelecek çalışmaları bütünleştirmeyi de kolaylaştırır (Demircan vd., 2013). Türkiye geneli yıllık ortalama sıcaklıkları 10 yıllık dönemler halinde incelendiğinde 1971'den günümüze artma eğilimi dikkat çekmektedir. En fazla artış 0,7°C ile 1991-2000 ile 2001-2010 dönemi arasında gerçekleşmiştir (Şekil 1.). 2010 yılı 15,5°C ile 1981-2010 dönemi olan 13,5 °C'nin 2,0°C üstünde Türkiye geneli en sıcaklık yılı olarak gözlemlenmiştir. 1971-2017 dönemi yıllık ortalama sıcaklıkları içerisinde en sıcak 10 yılın (2010, 2014, 1966, 1962, 2001, 2016, 1999, 2015, 2017, 2009) 7 tanesi 2000 yılı ve sonrasında gerçekleşmiştir.

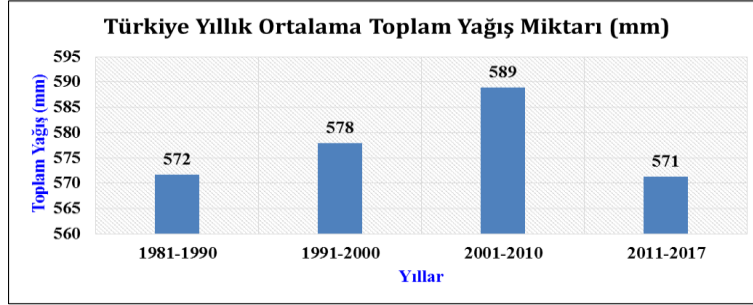


Şekil 3. Yıllık ortalama sıcaklıkların onar yıllık dönemler halinde değişimi

Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) tarafından yapılan iklim projeksiyonlarında 2016-2099 döneminde yıllık ortalama sıcaklıklarda RCP4.5 senaryosuna göre 1,5-2,5°C aralığında RCP8.5 senaryosuna göre ise 2,5-3,6°C aralığında artışlar öngörülmektedir (Akçakaya vd., 2015).

3. YAĞIŞ ANALİZİ VE İKLİM PROJEKSİYONU ÖNGÖRÜSÜ

Türkiye geneli 1981-2010 dönemi yıllık ortalama toplam alansal yağış değeri 574,0 mm'dir. 1981-2017 dönemi 10 yıllık ortalama yağış değişimleri incelendiğinde 2001-2010 dönemi normallerin üzerinde, 1981-1990, 1991-2000 ve 2011-2017 dönemleri normaller civarında olarak belirlenmiştir (Şekil 2.). 1981-2010 dönemi normalleri dikkate alındığında 1981-2017 yılları arasındaki en az yağışlı yıl %22,5 azalışın görüldüğü 2008 yılı olmuştur.

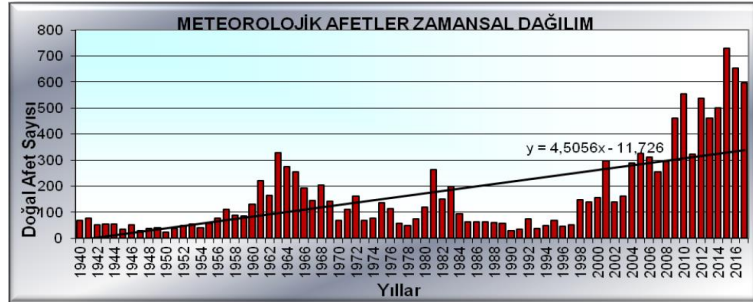


Şekil 4. Yıllık toplam yağışların onar yıllık dönemler halinde değişimi

2000 yılından günümüze 18 yıllık dönemde Türkiye genelinde normallerin altında yağış olan yıl sayısı 6 (2000, 2004, 2007, 2008, 2013, 2017) olmuştur. Aynı dönemde Karadeniz Bölgesi'nde 6, Ege Bölgesi'nde 8, Marmara Bölgesi'nde 10, İç Anadolu Bölgesi'nde 11, Doğu Anadolu Bölgesi'nde 11, Güney Doğu Anadolu Bölgesi'nde 11, Akdeniz Bölgesi'nde 12 yıl normallerin altında yağış gerçekleşmiştir.

MGM iklim projeksiyonlarında da Türkiye geneli yıllık ortalama toplam yağış miktarlarında yüzyılın ikinci yarısında azalma eğiliminin yanında yağışın yıl içerisinde dağılımındaki ve şiddetindeki düzensizlik eğilimlerin artması beklentisi dikkat çekmektedir (Akçakaya vd., 2015).

4. METEOROLOJİK AFETLER

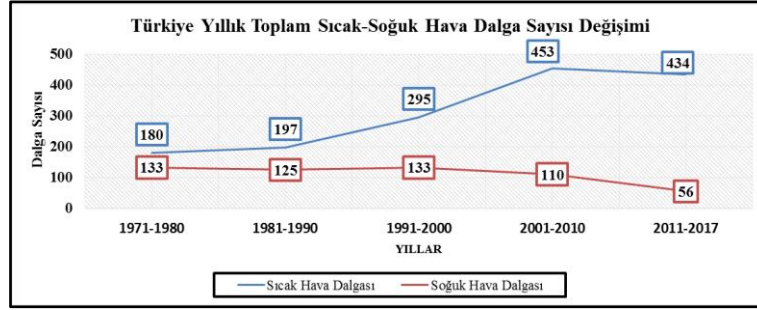


Şekil 5. Türkiye yıllık toplam afet sayısı değişimi

Meteorolojik afetlerin uzun dönemler değerlendirmesi yapıldığında son yıllardaki ciddi artışlar dikkat çekicidir. Son yıllardaki artışlarda hem değişen iklim koşulları hem de artan istasyon ağı etkilidir. Yapılan değerlendirmede meteorolojik afetin en fazla kayıt edildiği yıl 2015 olurken, 2017 yılı 3. sırada yer almaktadır (Şekil 3.). 2017 yılında gözlenen 598 meteorolojik karakterli doğal afetler içinde fırtına (%36), şiddetli yağış/sel (%31) ve dolu afeti (%16) ile ilk sıralarda yer almaktadır.

5. SICAK-SOĞUK HAVA DALGALARI İNDİSLERİ

Farklı tanımlamalar bulunmakla birlikte WMO sıcak hava dalgasını günlük maksimum sıcaklığın, ardışık olarak 5 ve daha fazla gün boyunca uzun yıllar ortalama maksimum sıcaklığın 5,0°C ve daha fazla üzerinde gerçekleşmesi olarak tanımlamaktadır (Gürkan vd., 2017). Artan sıcaklıklar son yıllarda gözlemlenen sıcak hava dalga sayısında önemli düzeyde artışa, soğuk hava dalga sayısında azalmaya neden olmaktadır (Şekil 4.). 1971-1980 ve 2011-2017 dönemleri karşılaştırıldığında sıcak hava dalga sayılarında % 141 oranında artış, soğuk hava dalga sayılarında ise % 58 oranında azalış belirlenmiştir.



Şekil 6. Türkiye yıllık sıcak-soğuk hava dalga indisi sayısı değişimi

MGM tarafından yapılan iklim projeksiyonlarında da sıcak hava dalga sayısında 100-200 aralığında artışlar, soğuk hava dalga sayısında ise 10-14 aralığında azalışlar öngörülmektedir (Gürkan vd., 2017).

6. SONUÇ

1971-2017 dönemi genel değerlendirmesine göre Türkiye yıllık ortalama sıcaklıklarında artış eğilimi dikkat çekmektedir. Türkiye yıllık ortalama sıcaklıkların sıralamasında en sıcak 10 yılın (2010, 2014, 1966, 1962, 2001, 2016, 1999, 2015, 2017, 2009) 7 tanesi 2000 yılı sonrası dönemdedir. Yıllık toplam yağış dağılımında ise sıcaklığa benzer bir eğilim olmamakla birlikte bölgesel dağılımdaki farklılıklar dikkat çekmektedir. Sıcaklık artışı beraberinde sıcak hava dalgalarının frekans ve şiddetinde artışına, soğuk hava dalga sayılarında ise azalmaya sebep olmaktadır.

İklim değişikliği nedeniyle meteorolojik afetlerin sayısı her geçen yıl artmaktadır. İklimde meydana gelen bu değişimler insanlığın tüm faaliyetleri üzerinde ciddi olumsuz etkilere sebep olabilmektedir. Bu nedenle gelecek dönem planlamaları yapılırken olası iklim durumları göz önünde bulundurularak kararlar verilmesi önem kazanmaktadır.

KAYNAKLAR

- Akçakaya, A., Sümer, U.M., Demircan, M., Demir, Ö., Atay, H., Eskioglu, O., Gürkan, H., Yazıcı, B., Kocatürk, A., Şensoy S., Bölük, E., Arabacı, H., Açar, Y., Ekici, M., Yağan, S., Çukurçayır, F. (2015). "Yeni Senaryolarla Türkiye İklim Projeksiyonları ve İklim Değişikliği-TR2015-CC" Meteoroloji Genel Müdürlüğü yayını, 149 s., Ankara.
- Demircan, M., Arabacı, H., Bölük, E., Akçakaya, A., Ekici, M. (2013). İklim Normalleri: Üç Sıcaklık Normalinin İlişkileri ve Uzamsal Dağılımları. III. Türkiye İklim Değişikliği Kongresi, TİKDEK 2013, İstanbul.
- Gürkan, H., Eskioglu, O., Yazıcı, B., Şensoy, S., Kömüşçü, A.Ü., Çalık, Y. (2017). Projected Trends in Heat and Cold Waves Under Effect of Climate Change. 8th Atmospheric Sciences Symposium - ATMOS 2017, İstanbul.
- IPCC (2014). Climate Change 2014 Synthesis Report, https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/SYR_AR5_FINAL_full.pdf
- NASA (2018). <https://climate.nasa.gov/causes/>



ANALYZING OF A SAHARAN DUST EVENT IN İSTANBUL USING REMOTE SENSING DATA

Özkan Çapraz and Ali Deniz

*Istanbul Technical University, Faculty of Aeronautics and Astronautics,
Department of Meteorology, Maslak, İstanbul, Turkey
E-mail: caprazo@itu.edu.tr*

Abstract

Air pollution and its health impacts have attracted worldwide attention during the last decades. Remote sensing is one of the methods used in monitoring of air pollution. Remote sensing data come from satellites which can be used in combination with ground-based data to help us better understand when and where air pollution is happening. İstanbul which is in a common route for air parcels experienced a Saharan dust episode during which concentrations of particulate matter rose to very high levels. The aim of this study was to investigate this episode by using satellite images.

Keywords: Saharan, PM10, Remote sensing, İstanbul

1. Introduction

İstanbul is in a common route for air parcels coming from European continent and North Africa crossing over the city to the Mediterranean and Black Sea regions. Remote sensing data come from satellites which can be used in combination with ground-based data to help us better understand when and where air pollution is happening. Air masses arriving to İstanbul are seasonally dependent and include air pollution originating in European and Black Sea countries during winter, and desert dust loaded air originating in northern Mediterranean and Arabian countries during spring (Karaca et al., 2009). Particulate matter concentrations occasionally can reach very high values during the air pollution episodes due to the desert dust transportations. Due to the proximity of Turkey to Sahara Desert, Saharan dust events have an important effect on the air quality levels on Turkey.

In this study, the Saharan dust particulate matter (PM₁₀) episode on İstanbul in February 2015 was examined by using NASA satellite images and Aqua/Modis Satellite aerosol products. Our study area was selected as the Sahara desert and the eastern Mediterranean while focusing on İstanbul, where an intense dust event occurred during the period of 1–2 February 2015. Synoptic analysis and NASA satellite maps showed Sahara desert as dust source region. Dust plumes hovered off the coasts of Egypt and Libya on February 1 and spanned Aegean Sea, reaching as far north as İstanbul. The results suggest a significant contribution of Sahara dust to high levels of PM₁₀ in İstanbul.



2. Methodology

2.1 Study area

İstanbul is the largest urban area of Turkey with 5.400 km² area and with a population of 14.1 million, it is one of the largest cities in Europe. The trans-boundary pollutant transport significantly affects the air quality of İstanbul. According to the sensitivity analysis results, the response of İstanbul background PM₁₀ concentrations can be as much as 26%, when anthropogenic emissions throughout Europe are changed by 50% (Kindap et al., 2006). İstanbul experiences dust transport especially in the spring months coming mainly from the Sahara (Karaca et al., 2009).

2.2 Satellite data

In this study, MODIS Aerosol Product (MYD04 for Aqua), Collection 5, was used to obtain information about AOD (at 550 nm), which represents columnar aerosol loading of the atmosphere. The Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) twin sensors were launched under the auspices of the NASA Earth Observing System (EOS) program: the first on 18 December 1999 aboard the Terra satellite, and the second on 4 May 2002 aboard the Aqua satellite; and have both been measuring reflected and emitted radiance from the Earth and the atmosphere, day and night. MODIS data provides a variety of geophysical parameters employed in monitoring the Earth's lands, oceans, and atmosphere. The principal aerosol parameter from MODIS is the aerosol optical thickness (AOT) retrieved over land at 470 nm and 660 nm wavelengths (then interpolated at 550 nm), and over ocean at 550, 660, 870, 1200, 1600, and 2100 nm (then extrapolated to 470 nm). In order to visually examine the high particulate matter concentrations during the episode days, NASA Earth Data satellite images were used in the study.

3. Results

Spatial distribution of MODIS/Aqua AOD values for the area of North-eastern African coast, Aegean Sea and Western Turkey between 30 January and 04 February 2015 are shown at Figure 1. In white areas, data is not available due to the cloud presence. From January 30 to January 31, AOD values were very low (≤ 0.2). On February 1, very high AOD values (> 1.0) were observed due to atmospheric dust transportation starting from the northern part of Libya, passing through the Aegean Sea and reaching to Black Sea over İstanbul (Figure 1). In Figure 2, dust load transport and its path can be seen well on NASA Earth Data imaginary as a continuous dust flow from North Africa.

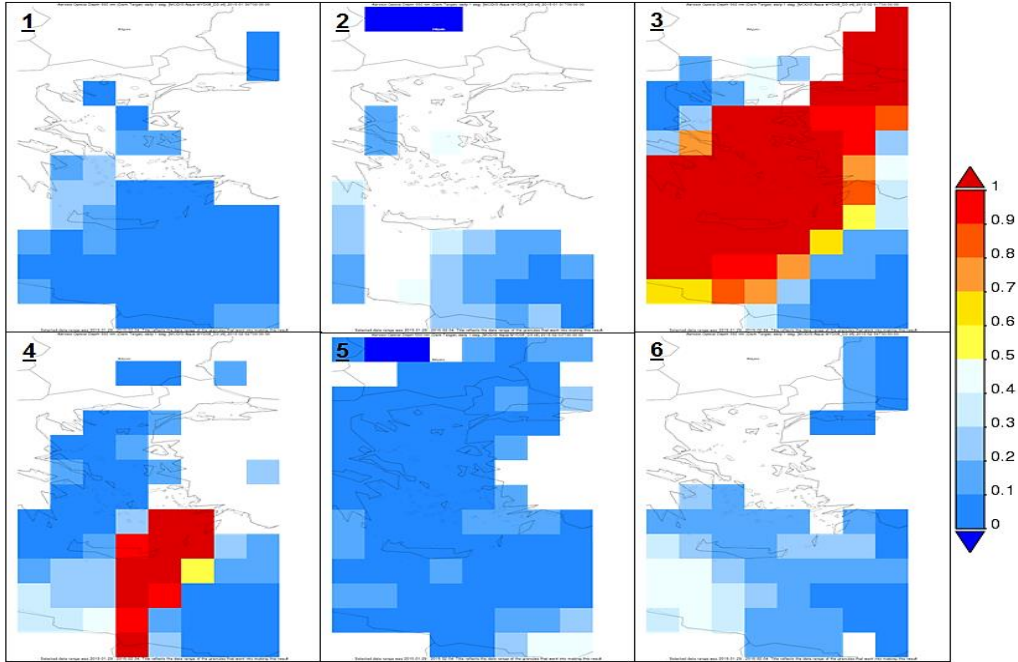


Figure 1. Spatial distribution of MODIS/Aqua AOD values from top-left to bottom-right, respectively: 1) January 30, 2) January 31, 3) February 01, 4) February 02, 5) February 03 and 6) February 04.

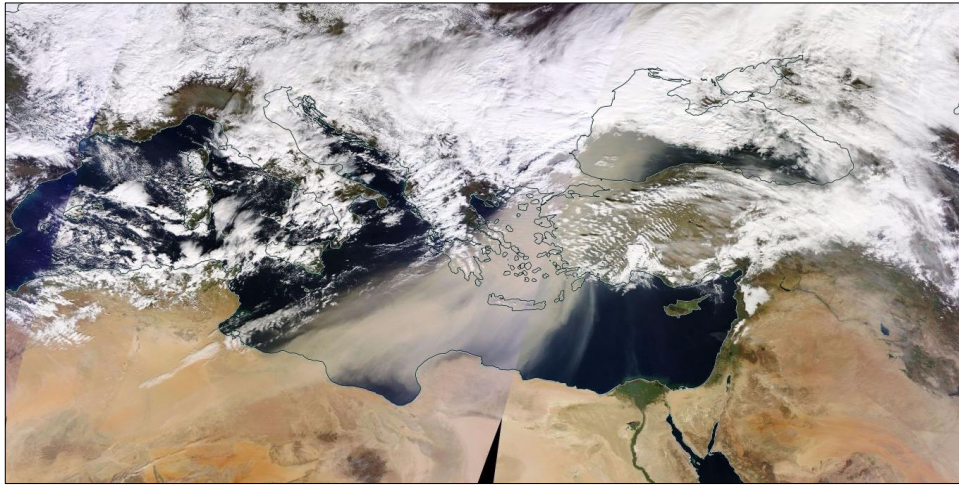


Figure 2. Saharan dust transport to İstanbul on 1 February 2015.

In order to see AOD observation values numerically, the times series of Area-Averaged Aerosol Optical Depth values between 29 January and 04 February 2015 are presented in Figure 3. The daily average value of AOD before the dust episode was between 0.1 and 0.2 from January 29 to 31. This value rose to 1.2 on February 2 due to the dust transportation event. The AOD value decreased during the next days after the dust episode.

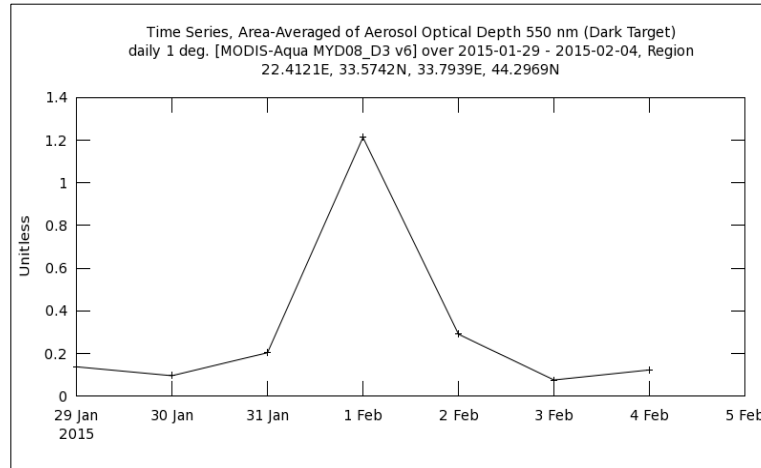


Figure 3. Area-Averaged of Aerosol Optical Depth between 29.01.2015 and 04.02.2015.

4. Conclusion

In this study, a Saharan Dust transportation event was examined by using satellite images and satellite data between the dates of 29.12.2014 and 04.01.2015. On February 2, Aqua MODIS shows very high AOD values starting from the coasts of Libya moving over the Aegean Sea and Western Turkey and finally reaching to Black Sea. This has been proven by different studies implementing remote sensing data, air quality models and ground observations.

Ağaçayak et al. investigated a dust transport episode using atmospheric 3D modeling, satellite data, and in-situ observations in Turkey. According to their study, during the dust episode affecting Aegean and Marmara Regions intensively, daily mean PM₁₀ was 102.6 µg/m³ in Aegean Region and 117.3 µg/m³ in Marmara Region on March 23th 2008. AOD was 1.11 (at 550 nm) in Aegean Region and 0.87 in Marmara Region according to the RegCM4.1 model results on the same day (Ağaçayak et al., 2015).

Considering the health effects of particulate matter, it is suggested to investigate the effects of dust transport episodes on human health in the future studies.

References

- Ağaçayak, T., Kindap, T., Ünal, A., Pozzoli, L., Mallet, M., Solmon, F., (2015). A case study for Saharan dust transport over Turkey via RegCM4.1 model. *Atmospheric Research*, **153**, 392–403.
- Karaca, F., Anil, I., Alagha O., (2009). Long-range Potential Source Contributions of Episodic Aerosol Events to PM₁₀ Profile of a Megacity. *Atmospheric Environment*, **43**, 5713 – 5722.
- Kindap, T., Unal, A., Chen, S.H., Odman, M.T., Karaca, M., (2006). Long-range Aerosol Transport from Europe to İstanbul, Turkey. *Atmospheric Environment*, **40**, 3536 – 3547.



İSTANBUL İLİNDE ÖLÇÜLEN PM2.5 VERİLERİNİN ANALIZI

Bahtiyar Efe^{1*}, Ercan Aslan² and Ali Deniz³

¹ Araştırma Görevlisi, İstanbul Teknik Üniversitesi Meteoroloji Mühendisliği Bölümü

² Öğrenci, İstanbul Teknik Üniversitesi Meteoroloji Mühendisliği Bölümü

³ Doçent, İstanbul Teknik Üniversitesi Meteoroloji Mühendisliği Bölümü

* Sorumlu yazar. Tel.: +90 212 285 69 14, Fax.: +90 212 285 3139 E-mail: efeba@itu.edu.tr

ÖZET

Çapları 10 µm ve üzerinde olan PM10 partikül maddeleri canlılar için tehlikelidir ve özellikle insanlarda üst solunum yollarını etkilemektedir, oysa boyutu çok daha küçük olan PM2.5 partiküllerinin, çaplarının 2.5 µm den daha küçük olması sebebiyle alt solunum yolları hatta akciğerler içindeki alveol keseciklerine kadar ilerleyebildiği ve ciddi sağlık sorunlarına sebep olduğu bilinmektedir. Bu kadar önemli bir konu olmasından dolayı, bu çalışmada düzenli PM2.5 ölçümü yapılan bölgelerden biri olan ve aynı zamanda ülkemizin en kalabalık şehri olan İstanbul'un PM2.5 verilerinin istatistik incelemesi yapılmıştır. Veriler saatlik ortalama olup, incelenen verinin periyodu 01.03.2013 – 31.12.2015 tarihleri arasındadır. Çalışmada kullanılan 3 istasyon Kağıthane, Silivri ve Ümraniye istasyonları olup, Kağıthane ve Ümraniye şehrin içinde olan istasyonlar iken Silivri deniz kenarında kurulu bir istasyondur. Kağıthane, Silivri ve Ümraniye istasyonlarının uzun dönem ortalama PM2.5 değerleri sırasıyla 32.59 µg/m³, 21.05 µg/m³ ve 30.36 µg/m³. Kağıthane istasyonu nerede ise incelenen bütün zaman ölçeklerinde en yüksek PM2.5 değerlerine sahiptir. Sadece gün içindeki bazı saatlerde Ümraniye istasyonunda daha yüksek değerler görülmekte olup, Silivri istasyonu ise bütün zaman ölçekleri için en düşük değerlere sahiptir.

ANAHTAR KELİMELELER: İstanbul, Kağıthane, PM2.5, Silivri, Ümraniye

ANALYSIS OF PM2.5 CONCENTRATION IN ISTANBUL

Bahtiyar Efe^{1*}, Ercan Aslan² and Ali Deniz³

¹ Research Assistant, Istanbul Technical University, Department of Meteorological Engineering

² Student, Istanbul Technical University, Department of Meteorological Engineering

¹ Associate Professor, Istanbul Technical University, Department of Meteorological Engineering

* Corresponding author. Tel.: +90 212 285 69 14, Fax.: +90 212 285 3139 E-mail address: efeba@itu.edu.tr

ABSTRACT

PM10 particles with diameters of 10 µm and above are harmful in living beings and particularly affect humans in the upper respiratory tract, whereas PM2.5 particles, which are much smaller in size, can cause health problems by going into lower respiratory or even alveol vesicles in the lungs. Because of the importance of the subject, a statistical study of PM2.5 data of İstanbul, which is one of the regions where regular PM2.5 measurements were made in this study and which is also the most populous city of our country, has been done. The data are hourly averages and the period of the data examined is between 01.03.2013 - 31.12.2015. The three stations used in the study are Kağıthane, Silivri and Ümraniye stations, while Kağıthane and Ümraniye are stations in the city, Silivri is a sea-side station. The long term average PM2.5 values of Kağıthane, Silivri and Ümraniye stations are 32.59 µg/m³, 21.05 µg/m³ and 30.36 µg/m³ respectively. Whereas Kağıthane has the highest PM2.5 values at all time scales. At some times during the day, higher values are seen in Ümraniye station but Silivri station has the lowest values for all time scales.

KEYWORDS: PM2.5, İstanbul, Kağıthane, Silivri, Ümraniye

1. GİRİŞ

Hava kirliliği, en genel ifadeyle, doğal ve yapay yolların etkisiyle havanın bileşimindeki doğal dengenin bozulmasıdır. Hava kirliliği en başta sanayileşme, plansız şehirleşme ve fosil yakıt kullanımıyla ortaya çıkmaktadır. Çevre sorunlarının başında gelen hava kirliliği insan ve canlı yaşamını doğrudan hedef almakla kalmayıp, yarınlar için de tehdit oluşturmaktadır. Artan dünya nüfusunun ihtiyaçlarını karşılamak için daha fazla sanayi, daha fazla enerji, daha fazla fosil yakıt tüketimi, sorunu her geçen gün daha da derinleştirmektedir. Belirtilen bu sebeplerden ötürü hava kalitesinin izlenmesi ve değerlendirilmesi adeta zorunluluk arz etmektedir. Türkiye ve dahil olduğu gelişmekte olan ülkelerde hava kirliliğinin başlıca kaynakları, sanayi ve enerji sektörü ile motorlu taşıtlardır. Ülkemizde 1950’li yıllarda yaşanan kalkınma/sanayi hamlesi ve beraberinde gelen kentli nüfus artışı fosil yakıt (kömür, fueloil, petrol, vb.) kullanımını yüksek değerlere taşımıştır ve bu durumla ilgili sağlık problemleri ortaya çıkmıştır.

Diğer kirleticiler ile ilgili yapılan çalışmalar kadar çok olmasa da ülkemizde PM_{2.5} ile ilgili çeşitli çalışmalar yapılmıştır. 2010 yılında yapılan çalışmada İstanbul Beşiktaş’ta çocuk oyun alanlarında partikül madde miktarı incelemesi yapılmış olup, bu çalışmada elde edilen değerlerin dünya sağlık örgütü sınır değerlerinin çok üzerinde olduğu saptanmış ve çocuk sağlığını doğrudan tehdit ettiği sonucuna varılmıştır. [1] 2005 yılında yapılan çalışmada, İstanbul’da Büyükçekmece gölü kenarında 86 gün boyunca PM_{2.5} konsantrasyonu ölçülmüştür. Bu süre içinde hesaplanan 20.8 µg/m³ ortalama PM_{2.5} konsantrasyonu EPA’nın yıllık ortalama sınır değerinden yüksektir. [2] 2010 yılında yapılan çalışmada Kocaeli ilinde içeri ortam ve dışarı ortam PM₁₀ ve PM_{2.5} konsantrasyonları incelenmiştir. Yaz dönemi için ortalama PM₁₀ ve PM_{2.5} konsantrasyonları sırasıyla 29.8 µg/m³ and 23.5 µg/m³ hesaplanırken kış dönemi için 24.4 µg/m³ and 21.8 µg/m³ hesaplanmıştır. [3]

Bu çalışmada ise Marmara Temiz Hava Merkezi’nin Kâğıthane, Silivri ve Ümraniye istasyonlarına ait saatlik ortalama PM_{2.5} verileri 01.03.2013 - 31.12.2015 dönemi için analiz edilmiştir. Yapılan bu analizlerde önce günlük ortalamalar hesaplanmış ve günlük ortalama değerlerinin analizi yapılmıştır. Daha sonra ise istasyonlara ait veriler aylık ortalamalar, yıllık ortalamalar, günün saatleri ve haftanın günleri bakımından incelenmiştir.

2. VERİ VE YÖNTEM

Veriler saatlik ortalama olup, incelenen periyot 01.03.2013 – 31.12.2015 tarihleri arasındadır. Veriler Çevre ve Şehircilik Bakanlığı’na ait olan www.havaizleme.gov.tr adresinden indirilmiştir. Çalışmada kullanılan 3 istasyon Kağıthane, Silivri ve Ümraniye istasyonları olup, Kağıthane ve Ümraniye şehrin içinde olan istasyonlar iken Silivri deniz kenarında kurulu bir istasyondur (Şekil 1). İstasyonlarda ölçüm 01.03.2013 tarihinde başladığı için ölçüm periyodunun başlangıcı Mart ayıdır.

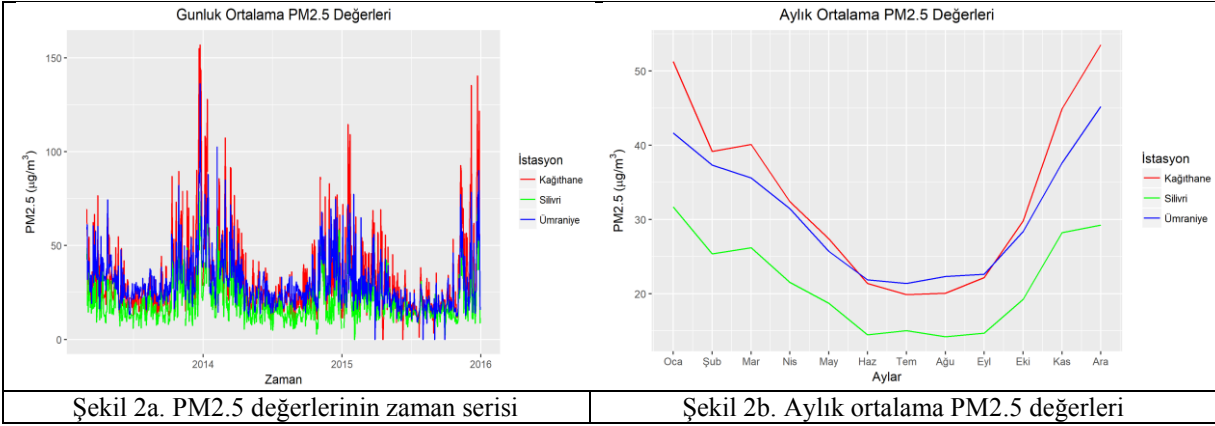


Şekil 1. İstasyonların konumları

3. PM_{2.5} DAĞILIMLARI

3.1 PM_{2.5} Zaman Serileri

Kağıthane, Silivri ve Ümraniye istasyonlarına ait verinin günlük ortalama değerlerinin zaman serisi Şekil 2a’da verilmiştir.



Şekil 2a incelendiğinde, bütün istasyonların aynı salınma sahip olmasıyla birlikte Kağıthane istasyonuna ait günlük ortalama PM2.5 değerlerinin daha yüksek olduğu görülmektedir. Görüldüğü gibi veriler kış aylarına ait günlerde daha yüksek değere sahiptir. Kağıthane, Silivri ve Ümraniye istasyonlarına ait uzun dönem günlük ortalama PM2.5 değerleri sırasıyla 39.33, 25.19 ve 35.21 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ olup, en yüksek ortalama değerlerde sırasıyla 156.9, 75.75 ve 136.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 'tür. İstasyonlara ait verilerin yine aynı sırayla yaklaşık %30(310 gün / 1036 gün), yaklaşık %12(131 gün / 1036 gün) ve yaklaşık %26(265 gün / 1036 gün)sının EPA'nın günlük ortalamalar için sınır değeri olan 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ değerinin üzerinde olduğu görülmektedir.

3.2 PM2.5 Konsantrasyonunun Yıl İçindeki Değişimi

İncelenen istasyonlara ait aylık ortalama PM2.5 değerleri Şekil 2b'de görülmektedir. Şekil 2b incelendiğinde bütün istasyonların yıl boyunca aynı davranışa sahip olduğu görülmektedir. Buna göre kış aylarında en yüksek PM2.5 değerleri görülmekte, ilkbaharla birlikte bu değerler azalmakta, yaz aylarında ve sonbaharın başında en düşük değerlere indikten sonra PM2.5 değerleri tekrar yükselişe geçmektedir. Kağıthane istasyonu yılın düşük PM2.5 değerine sahip olan ayları olan Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül ayları hariç senenin diğer aylarında en yüksek PM2.5 değerine sahiptir. Belirtilen aylarda ise Ümraniye istasyonu en yüksek PM2.5 değerine sahiptir. Kağıthane istasyonuna ait aylık ortalama veriler incelendiğinde en düşük aylık ortalama PM2.5 değerinin 19.87 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ile Temmuz ayında, en yüksek değer ise 53.53 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ile Aralık ayında olduğu görülmektedir. Silivri istasyonuna ait aylık ortalama veriler incelendiğinde ise en düşük aylık ortalama PM2.5 değerinin 14.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ile Ağustos ayında, en yüksek değer ise 31.68 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ile Ocak ayında olduğu görülmektedir. Son olarak Ümraniye istasyonuna ait aylık ortalama veriler incelendiğinde en düşük aylık ortalama PM2.5 değerinin 21.39 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ile Temmuz ayında, en yüksek değer ise 45.21 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ile Aralık ayında olduğu görülmektedir.

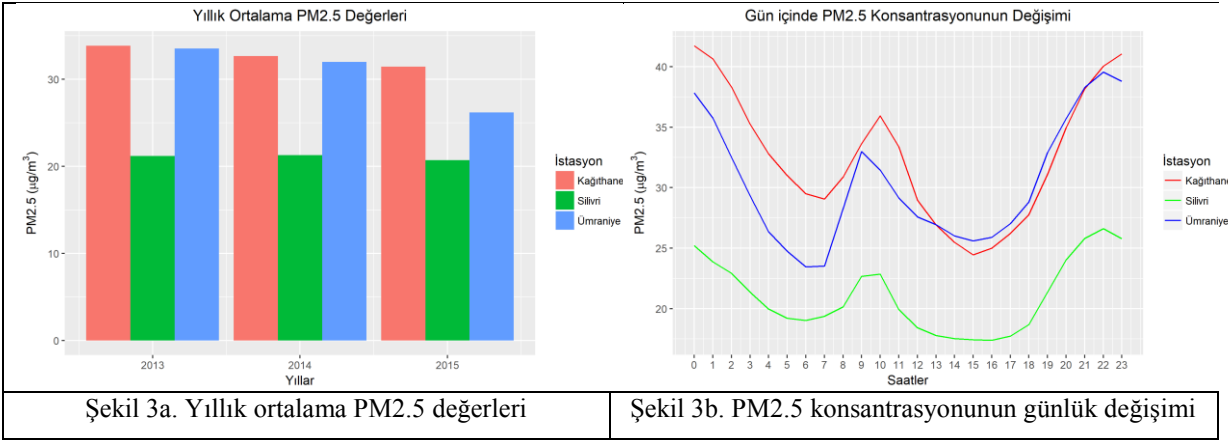
3.3 Yıllık Ortalama PM2.5 Konsantrasyonunun Değişimi

Bütün istasyonlara ait yıllık ortalama PM2.5 konsantrasyonunun değişimi Şekil 3b'de görülmektedir. Şekil 3b incelendiğinde Kağıthane ve Silivri istasyonlarının yıllık ortalama değerlerinde belirgin bir azalma görülmez iken Ümraniye istasyonunda dikkate değer bir azalış vardır. 2013 yılındaki gözlemlere Ocak ve Şubat ayları dahil olmadığı için istasyonların bu yıla ait ortalama PM2.5 değerinin daha az hesaplanmış olabileceği göz önünde bulundurulmalıdır. Kağıthane, Silivri ve Ümraniye istasyonuna ait verilerin 3 yıla ait yıllık ortalama değerleri sırasıyla (33.84, 32.66, 31.46 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), (21.17, 21.28, 20.71 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) ve (33.53, 31.98, 26.20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)'dür.

3.4 PM2.5 Konsantrasyonunun Gün İçindeki Değişimi

PM2.5 konsantrasyonunun gün içindeki değişimi Şekil 5'te görülmektedir. Şekil 5 incelendiğinde bütün istasyonların aynı salınımı gösterdiği görülmektedir. Buna göre gece saatlerinde en yüksek değere olan PM2.5 konsantrasyonu azalmaya başlamakta gündüzün ilk saatlerinde bir en küçük değere ulaştıktan sonra artışa geçip yerel saatle 10:00 civarında bir en büyük değere ulaşmış ve tekrar azalmaya başlamaktadır. Sonra tekrar yerel saat ile 15:00 civarında artmaya başlayıp sürekli artarak gece saatlerinde en yüksek değerlere ulaşmaktadır. Silivri istasyonu her saat daha düşük ortalama PM2.5 değerine sahiptir. Ümraniye istasyonu 13:00 ve 21:00 saatleri

arasında Kağıthane'den yüksek değerlere sahip iken diğer saatlerde daha küçük değerlere sahiptir. Kağıthane istasyonuna ait PM_{2.5} verilerinin gün içindeki dağılımı incelendiğinde, en yüksek değerler 41.7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ve 41.04 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ değerleri ile saat 00:00 ve 23:00'te elde edilmiştir. Günün en düşük değeri ise 24.44 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ değeri ile saat 15:00 de elde edilmiştir. Silivri istasyonuna ait PM_{2.5} verilerinin gün içindeki dağılımı incelendiğinde, en yüksek değerler 26.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ve 25.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ değerleri ile saat 22:00 ve 21:00'de elde edilmiştir. Günün en düşük değeri ise 17.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ değeri ile saat 16:00 de elde edilmiştir. Ümraniye istasyonuna ait PM_{2.5} verilerinin gün içindeki dağılımı incelendiğinde, en yüksek değer 39.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ve değeri ile saat 22:00'de elde edilmiştir. Günün en düşük değeri ise 25.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ değeri ile saat 15:00 de elde edilmiştir.



4. Sonuçlar

- Yapılan analizler sonucunda aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir :
- Verilerin uzun dönem boyunca günlük ortalama değerleri kışın daha yüksektir.
- Kağıthane istasyonu incelenen dönem için 32.59 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en yüksek ortalama PM_{2.5} değerine sahip istasyon iken Silivri 21.09 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ile en düşük PM_{2.5} değerine sahiptir.
- Kağıthane, Silivri ve Ümraniye istasyonlarının EPA'nın günlük ortalama PM_{2.5} için kritik değeri olan 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 'ten fazla PM_{2.5} konsantrasyon değerlerine sahip günlerinin oranı sırasıyla %30, %12 ve %26'dır.
- Bütün istasyonların yıl boyunca aynı davranışa sahip olduğu görülmektedir. Buna göre kış aylarında en yüksek PM_{2.5} değerleri görülmekte, ilkbaharla birlikte bu değerler azalmakta, yaz aylarında ve sonbaharın başında en düşük değerlere indikten sonra PM_{2.5} değerleri tekrar yükselişe geçmektedir.
- PM_{2.5} konsantrasyonunun gün içindeki değişimi incelendiğinde bütün istasyonların aynı salınımı gösterdiği görülmektedir. Buna göre gece saatlerinde en yüksek değerde olan PM_{2.5} konsantrasyonu azalmaya başlamakta gündüzün ilk saatlerinde bir en küçük değere ulaştıktan sonra artışa geçip yerel saatle 10:00 civarında bir en büyük değere ulaşmış ve tekrar azalmaya başlamaktadır. Sonra tekrar yerel saat ile 15:00 civarında artmaya başlayıp sürekli artarak gece saatlerinde en yüksek değerlere ulaşmaktadır.

KAYNAKLAR

1. H Özdemir, G Borucu, G Demir, S Yiğit, Namık Ak, (2010). İstanbul'daki Çocuk Oyun Parklarında Partikül Madde (PM_{2.5} ve PM₁₀) Kirliliğinin İncelenmesi. Ekoloji 20, 77, 72-79 (2010).
2. F. Karaca, O Alagha, F Erturk, 2005. Statistical characterization of atmospheric PM₁₀ and PM_{2.5} concentrations at a non-impacted suburban site of Istanbul, Turkey, Chemosphere 59 (2005) 1183–1190.
3. B. Pekey, Z. B. Bozkurt, H. Pekey, G. Doğan, A. Zararsız, N. Efe, G. Tuncel, 2010. Indoor/outdoor concentrations and elemental composition of PM₁₀/PM_{2.5} in urban/industrial areas of Kocaeli City, Turkey. Indoor Air 2010; 20: 112–125



ATMOSFERİK ENGELLEME OLAYLARINDAKİ DEĞİŞİMİN YENİLİKÇİ EĞİLİM METODUYLA ANALİZİ

Bahtiyar Efe^{1*}, Anthony Lupo², İsmail Sezen³ ve Ali Deniz⁴

¹ Araştırma Görevlisi, İstanbul Teknik Üniversitesi Meteoroloji Mühendisliği Bölümü

² Profesör, 302E Anheuser-Busch Natural Resources Building, Columbia, Missouri, ABD

³ Öğrenci, İstanbul Teknik Üniversitesi Meteoroloji Mühendisliği Bölümü

⁴ Doçent, İstanbul Teknik Üniversitesi Meteoroloji Mühendisliği Bölümü

* Sorumlu yazar. Tel.: +90 212 285 69 14, Fax.: +90 212 285 3139 E-mail: efeba@itu.edu.tr

ÖZET

Sıcaklık ve yağış diğer çeşitli meteorolojik parametrelerle birlikte insan yaşamını en çok etkileyen iki parametredir. Her iki parametrenin de uç değerleri insanlar ve diğer canlılar üzerinde olumsuz etkilere neden olur. Küresel örüntüler herhangi bir bölgedeki meteorolojik şartlar üzerinde etkili olmaktadır. Bu örüntülerden bir tanesi de atmosferik engelleme olayıdır. Atmosferik engelleme olayına bu ismin verilmesinin sebebi atmosferin yukarı seviyelerindeki rüzgarları engellemesidir. Bu rüzgarların engellendiği bölgede, meteorolojik şartlar sabit kalmaktadır. Engellemenin süresi artınca da meteorolojik şartların etkisi artmaktadır. Bu çalışmada Türkiye'yi etkileyen bölgede yıllık engelleme sayısı, ortalama süre, engellemeli gün sayısı ve ortalama engelleme şiddeti değerlerindeki eğilim 1987 – 2016 yılları için yenilikçi eğilim analizi yöntemi kullanılarak değerlendirilmiştir. Yapılan analizler sonucunda yıllık engelleme sayısı, ortalama süre ve engellemeli gün sayısının küçük değerlerinde artan eğilim varken büyük değerlerinde azalan eğilim vardır. Engelleme şiddetinde ise küçük değerlerde azalan eğilim varken yüksek değerlerde eğilim yoktur.

ANAHTAR KELİMELELER: Atmosferik Engelleme, Türkiye, Yenilikçi Eğilim

ANALYSIS OF TRENDS IN ATMOSPHERIC BLOCKING EVENTS BY INNOVATIVE TREND METHOD

ABSTRACT

Temperature and precipitation with other meteorological parameters are the two most influential parameters of human life. The extreme values of both parameters cause adverse effects on humans and other living things. Global patterns affect the meteorological conditions in any region. One of these patterns is the atmospheric blocking phenomenon. The reason for this atmospheric inhibition is that it prevents the winds in the upper levels of the atmosphere. In the region where these winds are blocked, the meteorological conditions remain constant. The effect of meteorological conditions increases as the duration of the atmospheric blocking increases. In this study, the trends in the number of blockings during year, average duration, number of blocked days, and average intensity of blocking in the region affecting Turkey were assessed using the innovative trend analysis method for 1987-2016. As a result, there is a decreasing trend in the large values while there is an increasing trend in the small values of the number of the yearly inhibition, the average duration and the number of blocked days. In the case of blocking intensity, there is a decreasing tendency in small values but no tendency in high values.

KEYWORDS: Atmospheric Blocking, Turkey, Innovative Trend

1. GİRİŞ

Atmosferik engelleme olayı büyük ölçekli bir atmosferik olay olup, batılı yukarı seviye akışının meridyonel bileşen kazanmasına sebep olur. Atmosferik engelleme olayının görüldüğü bölgelerde, aynı hava koşulları uzun süre



gözlenmektedir. Böylece sıcak hava adveksiyonuna sahip koşulların hakim olması durumunda maksimum uç sıcaklıklar, sıcak hava dalgaları görülebilmekte iken, soğuk hava adveksiyonu koşullarında da minimum uç sıcaklıklar görülebilmektedir. Ya da kar yağışını besleyecek bir durumun olmasının durumunda aşırı yağışlar gözlemlenebilmektedir. Bu şartlar herhangi bir bölge için genel geçer kurallar olmayıp, engelleme olayının özelliklerine göre değişim göstermektedir.

Lejenas ve Okland(1983): Kuzey Yarımküredeki engelleme olaylarının karakteristik özelliklerini belirlemek için 30 yıllık 500 mb. jeopotansiyel yükseklik verisi kullanılmıştır. Ve beklendiği gibi kuzey yarımkürede engellenmenin olduğu iki temel bölge tespit ettiler: Atlantik ve Pasifik bölgeleri. Wiedenmann ve ark. (2002): tarafından yapılan çalışmada ise bu iki bölgeye ilave olarak karasal bölge olarak adlandırdıkları üçüncü bir bölge tespit ettiler. Bu bölge 40 ila 140 ° Doğu boylamlarını kapsamaktadır.

Tayanç vd. (1998), 1987 yılındaki kar fırtınasını incelemişler. 1- 9 Mart 1987 tarihleri için ECMWF 250 mb. ve 850 mb. jeopotansiyel yükseklik verilerini incelemişler. Ve bu periyotta kuzey Avrupa'nın üzerinde geniş bir engellenmenin olduğunu belirtmişlerdir. Demirtaş (2015), yaptığı çalışmada, Antalya'da gerçekleşen selde, engellenenin, sistemin doğuya hareketini engelleyerek ve güneyden sürekli nem girişi sağlayarak etkili olduğunu belirtmiştir.

2. VERİ ve YÖNTEM

Engelleme olayının belirtilen hesapları için kullanılan günlük 00:00Z'e ait 500 mb. jeopotansiyel yükseklik verisi NCEP – NCAR(National Center for Environmental Protection – National Center for Atmospheric Research) (Kalnay et al. 2006) sunucularından 01.01.1987 – 31.12.2016 periyodu için temin edilmiştir. Verinin yatay çözünürlüğü 2.5° x 2.5° olup, incelenen bölge 340° Batı – 90° Doğu boylamları ve 30° Kuzey – 90° Kuzey enlemleri arasındaki alandır.

2.1 Atmosferik Engelleme Olayının Tespiti

Bu çalışmada engelleme tespiti için Barriopedro (2006) tarafından kullanılan yöntem kullanılmıştır. Bu yöntemde öncelikle belirlenen bir merkez enlemin güneyinde ve kuzeyinde jeopotansiyel yükseklik gradyanı hesaplanır.

$$\begin{aligned} GJYG &= \frac{Z_{\phi_0} - Z_{\phi_S}}{\phi_0 - \phi_S} \\ KJYG &= \frac{Z_{\phi_N} - Z_{\phi_0}}{\phi_N - \phi_0} \end{aligned} \quad (1)$$

şeklinde tanımlanmaktadır. Burada GG, güneydeki jeopotansiyel yükseklik gradyanı demektir. KG ise, kuzeydeki jeopotansiyel yükseklik gradyanı demektir. Burada ϕ_S güneydeki enlem, ϕ_0 merkezdeki enlem ve ϕ_N kuzeydeki enlem, Z_{ϕ_S} , Z_{ϕ_0} ve Z_{ϕ_N} ise sırasıyla güneydeki, merkezdeki ve kuzeydeki enlemlere ait jeopotansiyel yükseklik değerleridir. $\Delta = -5, -2.5, 0, 2.5, 5^\circ$ adımları için GJYG ve KJYG değerleri 5er defa hesaplanır. Burada

$$\phi_N = 77.5^\circ N + \Delta, \phi_0 = 60^\circ N + \Delta \text{ ve } \phi_S = 40^\circ N + \Delta \text{ 'dir.}$$

Ve eğer herhangi bir enlem adımı için,

- i) GHGS > 0,
- ii) GHGN < -10 m/derece enlem,
- iii) $Z(\lambda, \phi_0) - \overline{Z(\lambda, \phi_0)} > 0$;

olursa belirtilen boylamda anlık engelleme vardır. Yani bir boylamın yukarıdaki 3 şartı sağlaması durumunda **indeks** değeri 1 olacak aksi takdirde indeks değeri 0 olacaktır. Engelleme olayının tanımı :

- 5 grid veya daha fazla grid engellenmiş ise anlık engelleme var demektir.
- 2 grid noktası arasında bir grid noktası engellenmemiş ise bu nokta da engellenmiş kabul edilir.
- 5 gün boyunca engelleme devam ediyorsa ve
- Ardışık günler arasında en az bir grid ortak ise bu olay engelleme olarak kabul edilecektir.

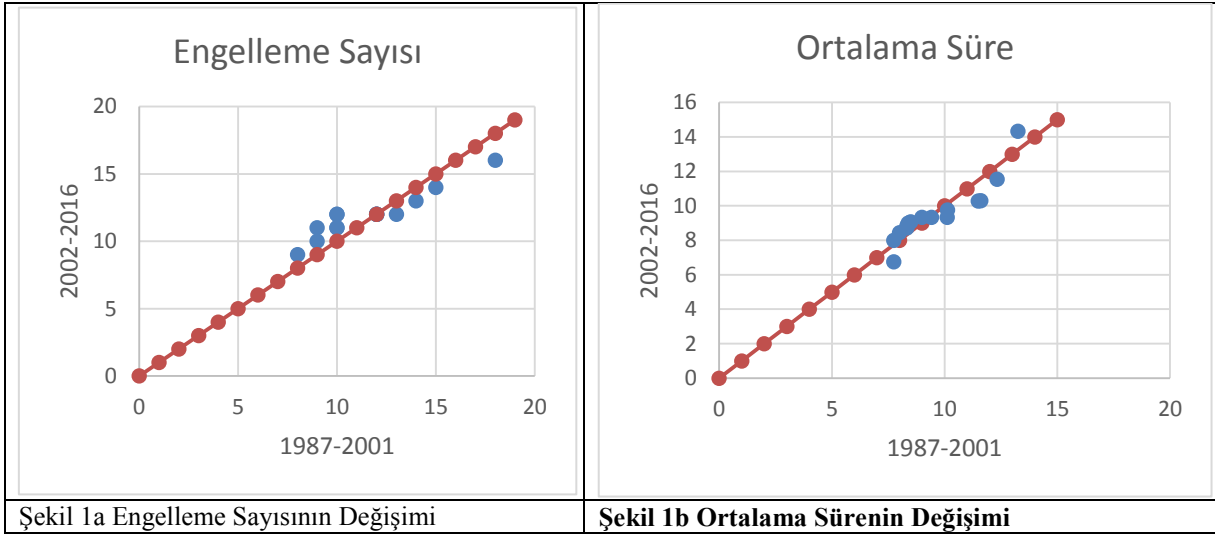
2.2 Eğilim Analizi

Şen yenilikçi eğilim analizi şu aşamalardan oluşmaktadır (Şen, 2012):

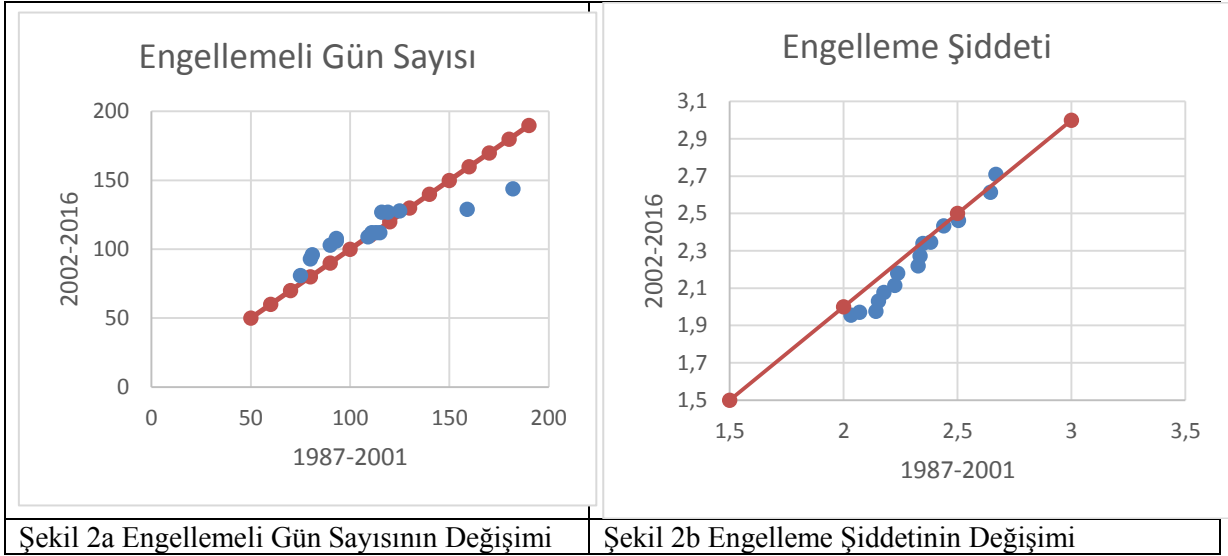
- Veriler başlangıç tarihinden bitiş tarihine kadar bütün verileri kapsayacak şekilde iki eşit parçaya ayırılır.
- Her iki parçadaki veri küçükten büyüğe sıralanır.
- İlk yarıdaki veriler x, ikinci yarıdaki veriler y eksenine çizilir. Bir de grafiğe $y = x$ doğrusu eklenir.
- $y = x$ doğrusunun üzeri eğilimsiz bölge, altı azalan eğilim bölgesi üzeri ise artan eğilim bölgesidir.

3. SONUÇLAR

Yıllık ortalama 12 adet engelleme olayı görülmektedir. 1987 – 2016 periyodunda en az engelleme 8 adet ile 2001 yılında en çok engelleme olayı ise 18 adet ile 1996 yılında görülmüştür. Yıllık engelleme sayısının değişimi Şekil 1a'da görülmektedir. Buna göre yıllık engelleme sayısı, küçük değerlerinde artan eğilim varken büyük değerlerinde azalan eğilim vardır. Ortalama engelleme süresi incelenene dönem için 9.6 gündür. Ortalama engelleme süresi 6.75 gün ile en az 2009 yılına ait olurken, 14.7 gün ile 2010 yılı en uzun ortalama engelleme süresine sahip olan yıldır. Yıllık ortalama süresindeki değişim Şekil 1b'de görülmektedir. Şekil 1b'ye göre ortalama sürenin küçük değerlerinde artan eğilim varken büyük değerlerinde azalan eğilim vardır.



Ortalama yıllık engellemeli gün sayısı 111 gündür. En az engellemeli yıl 81 gün ile 2009 olurken, 1996 yılı 182 gün ile en çok engellemeli gün olmuştur. Engellemeli gün sayısındaki değişim Şekil 2a'da görülmektedir. Buna göre engellemeli gün sayısının küçük değerlerinde artan eğilim varken, büyük değerlerinde azalan eğilim vardır. Engelleme şiddeti incelenen periyod için ortalama 2.28'dir. 2010 yılı 1.95 ile en düşük ortalama engelleme şiddetine sahip iken, 2010 yılı 2.71 ile en yüksek ortalama engelleme şiddetine sahip olan yıldır. Engelleme şiddetindeki değişim ise Şekil 2b'de görülmektedir. Engelleme şiddetinde ise küçük değerlerde azalan eğilim varken yüksek değerlerde eğilim yoktur.



KAYNAKLAR

H. Lejenas and H. Okland, “Characteristics of northern hemisphere blocking as determined from a long time series of observational data,” *Tellus A*, vol. 35 A, no. 5, pp. 350–362, 1983.

J. M. Wiedenmann, A. R. Lupo, I. I. Mokhov, and E. A. Tikhonova, “The climatology of blocking anticyclones for the Northern and Southern Hemispheres: Block intensity as a diagnostic,” *J. Clim.*, vol. 15, no. 23, pp. 3459–3473, 2002.

Tayanç M., Karaca, M. Ve Dalfes, N. 1998. “March 1987 Cyclone (Blizzard) over the Eastern Mediterranean and Balkan Region Associated with Blocking”, *Monthly Weather Review*, 126, 3036-3047.

Demirtaş, M. 2015. “High Impact Weather: The Antalya 9 October 2011 Flash-Flooding Event”, VII. Atmosfer Bilimleri Sempozyumu Bildiriler Kitabı.

E. Kalnay *et al.*, “The NCEP/NCAR 40-year reanalysis project,” *Bull. Am. Meteorol. Soc.*, 1996.

D. Barriopedro, R. García-Herrera, A. R. Lupo, and E. Hernández, “A climatology of Northern Hemisphere blocking,” *J. Clim.*, vol. 19, no. 6, pp. 1042–1063, 2006.

Şen, Z. “Innovative Trend Analysis Methodology”, *Journal of Hydrologic Engineering*, vol. 17, no. 9, 2012.



TÜRKİYE'DE SEL AFETİNİN AYLIK EĞİLİMLERİ

Mesut DEMİRCAN¹, Murat SOYDAM¹, Sinan ÇETİN¹, Hüdaverdi GÜRKAN¹,
Hüseyin ARABACI¹, Mustafa COŞKUN², Necla TÜRKÖĞLU³, İhsan ÇİÇEK³

¹ Mühendis, ² Yrd. Doç. Dr., Araştırma D. B., Meteoroloji Genel Müdürlüğü

³ Doç. Dr., Prof. Dr., Ankara Üniversitesi, Dil ve Tarih Coğrafya Fakültesi

Email: mdemircan@mgm.gov.tr.

ÖZET

İklim, yeryüzünde canlıların ve insanların yaşam alanlarını belirleyen en önemli unsurlardan bir tanesidir. Tarih boyunca insanlar iklimi yaşama elverişli olan bölgelerde kentlerini, medeniyetlerini kurmuş ve geliştirmiş; iklimde ortaya çıkan olumsuz değişimler ve bu değişimlerin çevrede oluşturduğu olumsuz şartlardan ötürü ya daha uygun bölgelere göç etmişler ya da yok olmuşlardır. Tarihsel süreç içerisinde birçok insan topluluğu veya kavimler kuraklık, sel gibi meteorolojik afetler nedeni ile yeni yerleşim yerlerine göç etmişlerdir. Günümüzde gözlemlenen iklim değişikliği ise sadece sıcaklık artışı ile ortaya çıkmayacak aynı zamanda meteorolojik afetlerin sayısı ve şiddetinde de artış olarak görülecektir. Bu çalışmada, 2007-2017 yılları arası Türkiye sel afetinin aylık eğilimleri, aylık ortalama sıcaklık eğilimleri ve Kuzey Atlantik Salınımı (NAO) eğilimleri arasındaki ilişkiler incelenmiştir. NAO indisi eğilimleri kasım-nisan döneminde yağışlarının azalma, mayıs-ekim döneminde ise yağış artışı olabileceğini göstermektedir. Ortalama sıcaklıklardaki artış eğilimi de dikkate alındığında mayıs-ekim döneminde oluşacak yağışların karasızlık karakterli şiddetli yağışlar olacağını düşündürmektedir. Sel afeti sayılarındaki güvenilir artış eğilimleri olması da bu tezi güçlendirmektedir.

ANAHTAR KELİMELER: İklim, iklim değişikliği, sel afeti, yağış, NAO

MONTHLY TRENDS OF FLOODS DISASTER IN TURKEY

¹ Engineer, ² Ass. Prof., Research Department, Turkish State Meteorological Service

³ Assoc. Prof. Dr., Prof. Dr., Ankara University, The Faculty of Languages, History And Geography

Email: mdemircan@mgm.gov.tr

ABSTRACT

Climate is one of the most important elements that determine habitat of livings being and human kind. Throughout history, people have established and developed their cities and civilizations in regions that have suitable climate. They have either migrated to the more favorable regions or have disappeared because of adverse changes occurred in the climate as these changes caused to unfavorable conditions in the environment. Within the historical process, many human communities or tribes migrated to new settlements due to meteorological disasters such as droughts and floods. The climate change is not only caused to temperature increase but also it will be caused to increasing the number and severity of meteorological disasters. In this study, monthly trends of floods disaster, monthly trends of mean temperature and North Atlantic Oscillation (NAO) relations were investigated between the years of 2007 and 2017. NAO have decreasing trends between November-April and increasing trends between May-October. Taking into account the increasing tendency in average temperatures, it is thought that the precipitation is occurred between May-October period will be severe rainfall caused by convective



situation. The fact that there are reliable upward trends in flood disaster numbers also reinforces this thesis.

KEYWORDS: Climate, climate change, floods disaster, precipitation, NAO

7. GİRİŞ

İklim geniş bölgelerde çok uzun zaman içinde gerçekleşen ortalama hava koşullarıdır. İklim parametrelerinin ekstrem değerleri, ekstrem hava olayları, meteorolojik afetler ve bunların eğilimi de bir yerin iklimini tarif ederken iklimin önemli unsurlarıdır. Yeryüzünde dağılım gösteren tüm canlıların yaşam alanları ve çeşitliliği iklim ile ilişkilidir. İnsanlar yüzyıllar boyunca medeniyetlerini iklimi uygun bölgelere kurmuşlardır. İklimin değişmesi ya da ortaya çıkan meteorolojik afetlerden dolayı bu bölgelerden iklimi uygun başka bölgelere göç etmişlerdir. İnsan, günümüzdeki bilimsel ve teknolojik gelişmesine bağlı olarak zorlu iklim koşullarında yaşamak için olanaklar geliştirmiştir. İnsanlar, meteorolojik afetlerin insan yaşamını ve yaşam alanını etkilememesi için yapılar, önlemler ve planlar geliştirmektedir. Günümüzde konuşulan iklim değişikliği ve gelecekte oluşacak iklim değişikliğinin sonuçlarından bir tanesi de meteorolojik afetlerin sayı ve şiddetinin artmasıdır.

Türkiye de iklim değişikliğinin etkilerini yaşamaktadır. Yapılan çalışmalar özellikle sıcaklığın artış eğilimi içerisinde olduğunu göstermiştir. Demircan vd. 2013 yılında yapmış oldukları çalışmada 1961-2010 ve 1981-2010 döneminde kış mevsimi hariç tüm mevsim ile yıllık serilerinde anlamlı artış eğilimi bulmuşlardır. Demircan vd. 2015 yılında yapmış oldukları çalışmada Türkiye'deki sıcaklık artışlarının 1997 yılından itibaren başladığını belirtmişlerdir.

Türkeş ve Erlat (2003) yılında yapmış oldukları çalışmada Kuzey Atlantik Salınımı (North Atlantic Oscillation – NAO) indisi ile Türkiye yağışlarının yıllık farkları arasında ters bir ilişki olduğunu ve NAO indisinin pozitif evresi Türkiye'de yağışların azalmasına yol açarken, negatif evresinde yağışlar artmaktadır. Tayanç vd. (2009) çalışmalarında kış mevsimi sıcaklıkları ve yağışında güvenilir seviyede olmasa da azalış eğilimi olduğu görülmektedir. Bu azalış eğilimlerinin NAO indisinin pozitif devresiyle ilişkili olduğunu belirtmişlerdir.

Demircan vd. (2017 a, b) yaptıkları projeksiyon çalışmaları sonuçlarına göre Türkiye'de yıllık ortalama sıcaklık artışının; 2016-2040 dönemi için 1.0 °C - 2.0 °C arasında; 2041–2070 dönemi için 1.5 °C - 4.0 °C arasında ve son dönem olan 2071-2099 dönemi 1.5 °C - 5 °C arasında olması öngörmüşlerdir. Yağışla ilgili olarak, yağışlarda düzensizlik ve yağış miktarlarında azalma, artan sıcaklıkla birlikte özellikle kış mevsiminde yağış cinsi değişiklikleri, erken kar erimeleri olabileceğini belirtmişlerdir. Ayrıca, özellikle yaz mevsiminde ve özellikle Anadolu'nun batı ve kuzey sahil kesimlerinde aşırı yağışların oluşma riskinden bahsetmişler. Çalışmalarında aşırı yağışların son yıllarda olduğu gibi sellere neden olabileceğini ve artan sıcaklıkların; fırtına, dolu ve hortum gibi aşırı hava olaylarının sayısında ve şiddetinde artışa neden olabileceğini önermişlerdir.

Ülkemizde sıcaklık artışlarına benzer olarak meteorolojik afetlerin sayı ve şiddetlerinde de artışlar görülmektedir. Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün meteorolojik afet raporlarında fırtına ile hortum ve şiddetli yağış ile seller sayı ve şiddet olarak öne çıkan iki afettir. Özellikle şehirlerde meydana gelen seller, yanlış ve düzensiz insan yapılaşmasına bağlı olarak, daha büyük zarar ve etkilere neden olabilmektedirler.



8. YÖNTEM

Meteoroloji Genel Müdürlüğünün meteorolojik afetler veri tabanından elde edilen 2007 – 2017 dönemi sel afeti verileri, 1961-2011 dönemi aylık ortalama sıcaklıklar kullanılmıştır. Ayrıca Ulusal Okyanus ve Atmosfer İdaresi (NOAA) Ulusal Çevre Bilimleri Merkezi (NCDC) İklim Tahmin Merkezi (CPC)'den aylık Kuzey Atlantik Salınımı (NAO) verileri kullanılmıştır. Salmi, T. ve diğerleri (2002) tarafından MS Excel ortamında hazırlanan MAKESENS Excel şablonu (trend için Mann-Kendall ve eğim tahmini için Sen's) atmosferik ve yağış konsantrasyonlarının yıllık değerlerinin zaman serisi eğilimlerini tespit ve tahmin etmek için geliştirilmiştir. MAKESENS, iki tip istatistiksel analizi kullanır. Önce tekdüze bir artış veya azalış trendinin varlığı parametrik olmayan Mann-Kendall testi ile test edilir. İkinci olarak, doğrusal bir trendin eğimi parametrik olmayan Sen's yöntemi ile tahmin edilmektedir. Bu metotlar, burada kendi basit şekilleri ile kullanılır.

3. TARTIŞMA ve SONUÇLAR

Aylık ortalama sıcaklıkların zaman serisi eğilimlerinde; Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarının eğilimlerinde %99.9 güvenilirlik seviyesinde, Eylül ayında %99 güvenilirlik seviyesinde, Mayıs ayında %95 güvenilirlik seviyesinde artışlar görülmektedir. Kasım ve Aralık ayları hariç diğer aylarda da güvenilirlik seviyesinde olmayan artışlar söz konusudur. Kasım ve Aralık aylarında ise güvenilirlik seviyesinde olmayan azalışlar tespit edilmiştir. Kuzey Atlantik Salınımı (NAO)'nın aylık değerlerinin zaman serisi eğilimlerinde; Ocak, Şubat, Kasım ve Aralık aylarında %95 güvenilirlik seviyesinde, Mart ve Nisan %90 güvenilirlik seviyesinde artışlar görülmektedir. Haziran ayında %99 güvenilirlik seviyesinde, Ekim ayında %95 güvenilirlik seviyesinde, Temmuz ve Ağustos aylarında %90 güvenilirlik seviyesinde ve Mayıs ile Eylül aylarında ise azalış eğilimleri vardır. Sel afet sayılarının aylık değerlerinin zaman serisi eğilimlerinde; Mayıs ayında %99 güvenilirlik seviyesinde, Ocak, Haziran ve Ağustos aylarında %95 güvenilirlik seviyesinde, Temmuz ve Kasım aylarında %90 güvenilirlik seviyesinde, diğer aylarda da artış eğilimleri tespit edilmiştir. Aylık sel afeti sayılarında özellikle 2014 yılından sonra artışlar söz konusudur.

2016 yılında meteorolojik afetler içerisinde şiddetli yağış ve sel olayları ikinci sırada yer almaktadır. Son on yılda meydana gelen sel afetleri incelendiğinde, bu hadisenin özellikle yaz mevsiminde ve en fazlada Haziran ayında olduğu görülmektedir. Türkiye'de görülen sel afeti sayılarında yıllara göre bir artış trendi vardır. Son yıllarda sel afeti görülme sayısı 100'ün üzerine çıkmıştır.

Şensoy vd. (2008) Şiddetli yağışlı gün sayıları özellikle Karadeniz ve Akdeniz bölgelerinde artmaktadır ve genellikle ekstrem sel olaylarına neden olmaktadır. Maksimum 1 günlük ve 5 günlük yağış miktarları da Marmara'nın doğusu ve Güneydoğu Anadolu bölgeleri dışında kalan bölgelerde arttığını önermişlerdir.

Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) 2014-2017 yılları arasında yayınlanan yağış raporlarına göre Türkiye ortalama aylık toplam yağış verilerinde mayıs-ekim döneminde, temmuz ayı hariç, aylık yağış verilerinde normallerine göre %15 ila %62 oranında bir artış görülmektedir.

Aylık maksimum yağış miktarları; Rize'de 2010 yılı Haziran ayında 143.4mm, 2010 yılı Temmuz ayında 132.1mm ve 2011 yılı Eylül ayında 226.6mm olmuştur. Muğla'da ise 2014 yılı temmuz ayında 57.8mm ve 2011 yılı Ekim ayında 168.6mm olmuştur. Gönen'de 2010 yılı Haziran ayında 90.6mm, 2010 yılı Temmuz ayında 29.0mm, 2009 yılı Eylül ayında 91.0mm ve 2010 yılı Ekim ayında 101.8mm olmuştur.



Hopa’da 2007 yılı Haziran ayında 156.3mm, 2012 yılı Ekim ayında 338.7mm ve 2013 yılı Ekim ayında 153.5mm olmuştur (MGM, .

Türkeş ve Erlat (2003) önermelerine göre NAO indisi ile Türkiye yağışları arasında ters bir ilişki vardır. NAO indisinin pozitif evresi Türkiye’de yağışların azalmasına yol açarken, negatif evresinde yağışlar artmaktadır. Kuvvetli ve zayıf NAO devrelerinde, zıt sıcaklık ve yağış anomalisi desenleri gözlemlendiğini söylemişlerdir. Tayanç vd. (2009) çalışmalarında kış mevsimi sıcaklıkları ve yağışında güvenilir seviyede olmasa da azalış eğilimi olduğu görülmektedir. Bu azalış eğilimlerinin NAO indisinin pozitif devresiyle ilişkili olduğunu belirtmişlerdir.

NAO indisi Kasım ve Nisan döneminde pozitif olma eğilimindedir. NAO indisi ve Türkiye yağışları arasındaki ilişki göz önüne alındığında Kasım – Nisan dönemi diğer bir deyişle kış ve ilkbahar mevsimlerinde yağışların azalma eğiliminde olduğu görülmektedir. Öte yandan sel afeti ile ilişkisi de incelendiğinde aynı dönemde şiddetli yağışlarda ise bir artış eğilimi olduğu gözlenmektedir. Bu durum yağışlı gün sürelerinde azalış ve şiddetli yağış miktarlarında artış olabileceğini düşündürmektedir.

NAO indisi Mayıs – Ekim döneminde negatif olma eğilimindedir. Türkiye genel olarak yaz mevsimi dönemini yani Haziran – Ağustos dönemini kurak ya da az yağışlı geçirmektedir. NAO indisinin Mayıs – Ekim döneminde negatif olma eğilimi ilkbahar yağışlarının yaz mevsimine doğru kayma eğiliminde olduğunu düşündürmektedir. Öte yandan Mayıs – Eylül dönemi ortalama sıcaklıklardaki artış eğilimi de dikkate alındığında bu dönemde oluşacak yağışların karasızlık (konvektif) karakterli şiddetli yağışlar olacağını düşündürmektedir. Sel afeti sayılarındaki güvenilir artış eğilimleri olması da bu tezi güçlendirmektedir.

KAYNAKLAR

- Demircan, M., Arabacı, H., Bölük, E., Akçakaya, A., Ekici, M. (2013). İklim Normalleri: Üç Sıcaklık Normalinin İlişkileri ve Uzamsal Dağılımları. III. Türkiye İklim Değişikliği Kongresi, TİKDEK 2013, İstanbul.
- Demircan, M., Çiçek, İ., Türkoğlu, N., Ekici, M., Arabacı, H. ve Akçakaya, (2015). A., Ortalama Sıcaklıklardaki Türdeşlik Kırılmalarının İklim Göstergeleriyle İlişkisi, VII. Uluslararası Katılımlı Atmosfer Bilimleri Sempozyumu, 28-30 Nisan 2015, İstanbul Teknik Üniversitesi İstanbul Aydın Üniversitesi, İstanbul, Türkiye
- Demircan, M., Arabacı, H., Gürkan, H., Eskiöglü, O., Coşkun, M., (2017). Climate Change Projections for Turkey: Three Models and Two Scenarios, Türkiye Su Bilimi ve Yönetimi Dergisi (Turkish Journal Of Water Science & Management), ISSN:2536 474X Publication number:6777, Volume: 1 Issue: 1, January 2017, Ankara (a)
- Demircan, M., Türkoğlu, N., Çiçek, İ., (2017). Climate Change: From Model to Sectoral Applications, International Congress on 75th Anniversary of Turkish Geography Society (TGS 75th Year), 8-10 November 2017, Ankara, Turkey (b)
- Salmi, T., Määttä, A., Anttila, P., Ruoho-Airola, T., Amnell T., (2002). Makesens 1.0,
- Sensoy, S., Alan, I. Demircan, M., (2008). 1971 - 2004 Yılları Arası Türkiye İklim İndisleri Trendleri, ITU, IV. Atmosfer Bilimleri Sempozyumu, 25-28 Mart, 2008, İstanbul.
- Türkes, M. and, Erlat, E. (2003). “Precipitation Changes and Variability in Turkey Linked to the North Atlantic Oscillation During the Period 1930-2000”. International Journal of Climatology, S. 23, s. 1771-1796.
- Tayanç, M., U. İm, Doğruel M. and Karaca M., (2009). Climate change in Turkey for the last half century, Climatic Change, 94, 483–502, 2009.
- MGM, (2015). İllere Ait Bazı Meteorolojik Parametrelerin İstatistiksel Analizleri (1950-2014), Ankara
- MGM, (2015). İlçelere Ait Bazı Meteorolojik Parametrelerin İstatistiksel Analizleri Raporu (1950-2014) Cilt-1, 2, Ankara



KONVEKTİF YAĞIŞLARIN METEOROLOJİ RADARLARIYLA İNCELENMESİ

Burak Bozkurt¹

¹ Mühendis, Meteoroloji Genel Müdürlüğü Uzaktan Algılama Şube Müdürlüğü Beştepe-
Ankara

bbozkurt@mgm.gov.tr

ÖZET

Bu çalışmada, 18 ve 27 Temmuz 2017 tarihinde İstanbul'da etkili olan yağış, üç farklı meteoroloji radarı ve yer gözlemleriyle incelenmiştir. Bunun için, İstanbul-Çatalca'daki C Bant tek polarizasyon özellikli meteoroloji radarı ile Atatürk Havalimanı'nda bulunan X Bant çift polarizasyon özelliğine sahip meteoroloji radarı ve yine çift polarizasyon C bant Bursa Radar verilerinden yararlanılmıştır. Elde edilen sonuçlar, yağış miktarları arasındaki farkların radar yükseltileri, ışın engellemeleri, ekonun radara uzaklığı, kırınım gibi şartlara bağlı olarak değiştiğini ortaya çıkarmaktadır.

ANAHTAR KELİMELEER: polarizasyon, kırınım

EXAMINATION OF CONVECTIVE RAINFALLS USING WEATHER RADARS

Burak Bozkurt¹

¹ Engineer, Turkish State Meteorological Service Remote Sensing Department Beştepe-
Ankara

bbozkurt@mgm.gov.tr

ABSTRACT

In this study, the rainfall occurred in Istanbul on 18th and 27th July is examined with three different weather radar and ground observation. One of three weather radar is C band single polarization in Istanbul-Çatalca. The others are also C band dual polarization weather radar in Bursa and X band dual polarization weather radar in Istanbul Ataturk Airport. According to results, rainfall estimated by different weather radars is affected from radar heights, distance from echoes, beam blockage and refraction.

KEYWORDS: polarization, refraction



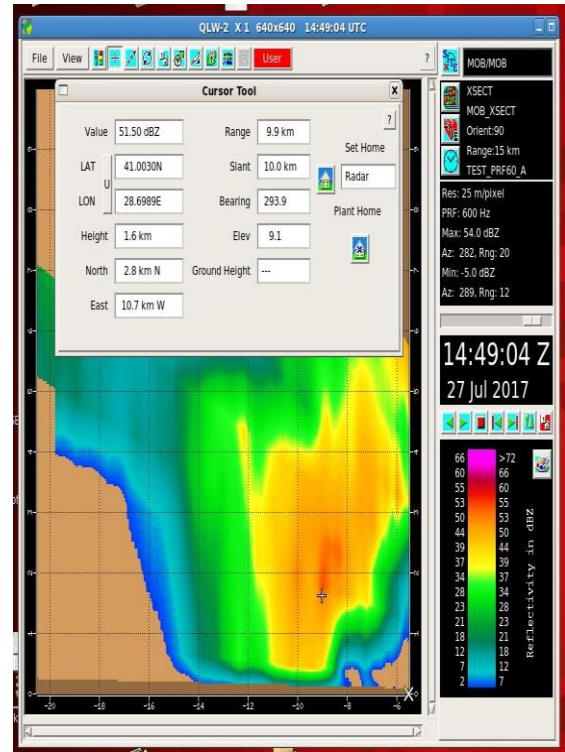
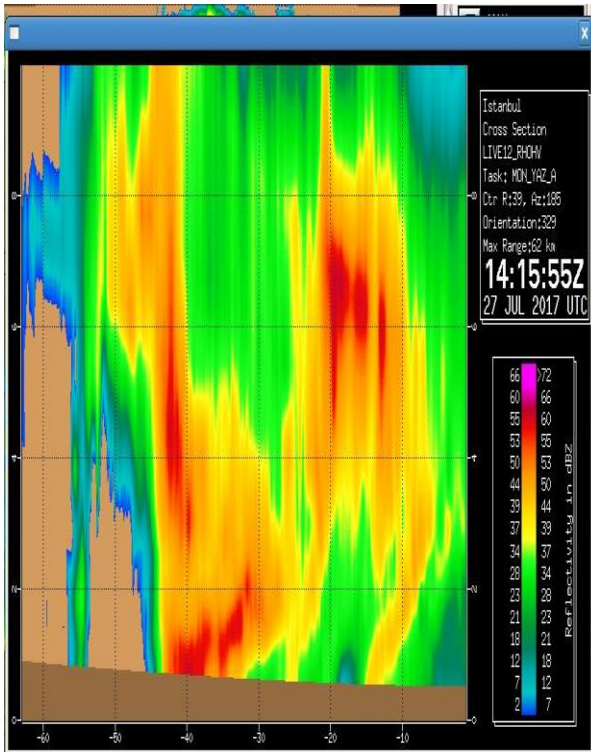
1. GİRİŞ

Meteoroloji radarları, atmosfere gönderilen elektro-manyetik sinyallerin meteorolojik hedeflerden yansması prensibine göre çalışır. Buradaki meteorolojik hedefler, yağmur damlacıkları, dolu veya kar olabilir. Alıcı, (receiver) yansıyan sinyallerin büyüklüğüne göre bir güç ölçümü yapar. Buna reflektivite denir. Reflektivite hidro-meteorun cinsine göre farklılık gösterir. Örneğin dolu yağışında, yağmura göre daha fazla yansıma olduğundan daha büyük reflektivite değerleri görülür. Atmosfer fiziğine göre reflektivite, birim hacimdeki damlacık çapının toplam partikül sayısına göre integrali alınarak hesaplanır. Ancak bu değer 10^{-3} ile 10^7 arasında değişebildiğinden anlaşılabilirliği açısından meteoroloji radarlarında logaritması alınarak tahminciye sunulur.

Meteoroloji radarlarında doğrusal polarizasyon kullanılır. Polarizasyona göre radarlar tek polarizasyon ve çift polarizasyon olarak ayrılır. Tek polarizasyon özellikli radarlarda sadece yatay reflektivite; çift polarizasyon özellikli radarlarda hem yatay hem de dikey reflektivite ölçülür. Yatay ve dikeyde ölçülen reflektivitelerin korelasyonu sonucunda atmosferdeki gürültü (noise) ekoları içindeki sinyal zayıflamaları (attenuation) tespit edilebilir. Çift polarizasyon özellikli meteoroloji radarlarında güç ölçümünün yanı sıra faz ölçümü de yapılır. Bu tip radarlar hidro-meteorun cinsi, büyüklüğü ve meteorolojik olmayan ekolar hakkında tek polarizasyon özellikli radarlara göre daha iyi sonuçlar verir.

2. DATA VE METHODLAR

Konvektif hadiselerde atmosferde büyük bir hareketlilik gözlenir. Meteoroloji radarlarında konvektif yağışları gözlemlemenin en iyi yollarından biri MAX ürününe bakmaktır. MAX, belirlenen bir yüksekliğe kadar o yükseklikler arasındaki her bir pikselde ölçülen maximum reflektivite değerlerini gösterir. Atmosferden istenilen açıda ve uzunlukta kesit alınarak ekonun yüksekliği ve şiddeti görülebilir. İstanbul ve mobil radarlarından alınan örnek kesitler aşağıda gösterilmiştir.





Şekil 1. İstanbul Radar Cross Section Şekil 2. Mobil Radar Cross Section

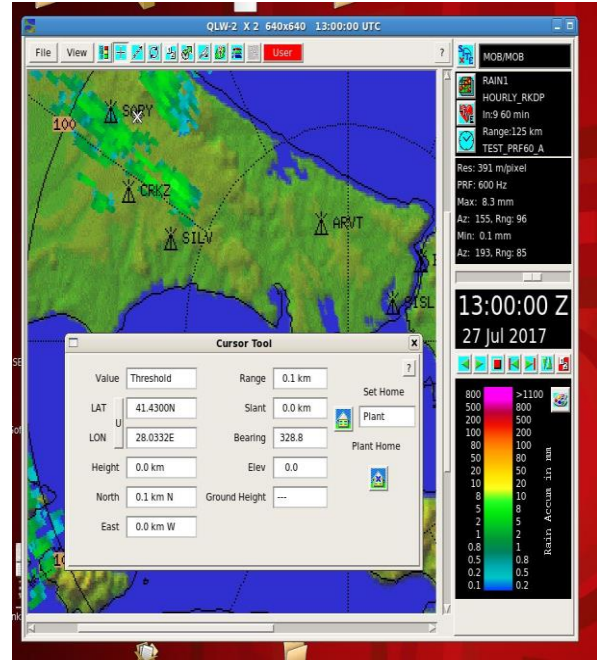
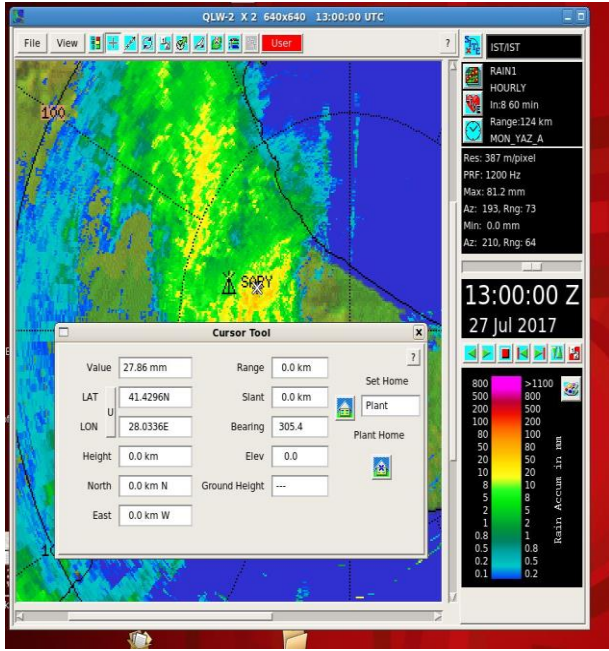
Çift polarizasyon özellikli meteoroloji radarları, yatay ve dikey olarak gönderilen elektromanyetik dalgaların hidro-meteor içindeki yayılma hızına bağlı olarak oluşan bir faz ölçerler. Bu nicelik “Differential Phase” (Φ_{DP}) olarak adlandırılır. Yağış dağılımı ve büyüklüğüne bağlı olarak değişen bu değer, mesafeye göre sürekli arttığından ötürü doğru bir biçimde yorumlanmasında zorluklar olabilir. Hava tahminçileri bunun yerine Φ_{DP} ’deki birim uzaklıktaki değişimi göz önüne alırlar. Bu parametre “Specific Differential Phase” (K_{DP}) olarak nitelendirilir. Meteoroloji radarlarında hesaplanan yağış miktarları reflektivite (R-Z) ve R- K_{DP} dönüşümleri kullanılarak hesaplanır. Tek polarizasyon özellikli radarlarda R- K_{DP} algoritması yoktur.

Bu çalışmada üzerinde durulan bir husus da meteoroloji radarlarında hesaplanan saatlik yağış miktarları ve yer gözlemlerince ölçülen değerler arasındaki farklardır. Aşağıdaki tabloda 18.07.2017 tarihinde Beykoz istasyonunda 06.00-07.00 GMT ile Anadolu Feneri istasyonunda 08.00-09.00 GMT saatlerinde ölçülen bir saatlik yağış miktarlarıyla; Bursa ve Mobil radar bir saatlik yağış miktarları karşılaştırılmıştır.

Tablo 1. OMGİ-Radar Saatlik Yağış Tablosu

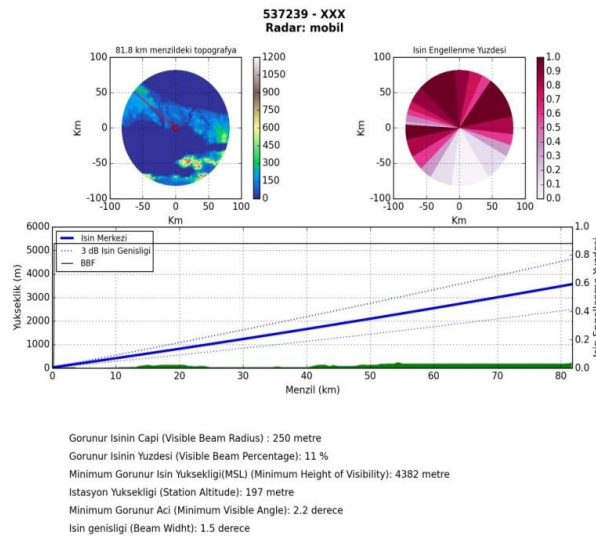
Beykoz	Bursa(R-Z)	Bursa(R- K_{DP})	Mobil(R- K_{DP})	Anadolu Feneri	Bursa(R-Z)	Bursa(R- K_{DP})	Mobil(R- K_{DP})
44 mm	14,50 mm	17,22 mm	15,35 mm	12,7 mm	2,00 mm	7,3 mm	8,22 mm

Meteoroloji radarlarının hesapladığı yağış miktarları arasındaki farklılığın diğer bir nedeni ise radar sinyallerinin ışın genişliği (beam width), yağışın radara olan mesafesi ve çevresel şartlardan kaynaklanan ışın engellenmesidir. İstanbul ve Mobil radardan hesaplanan bir saatlik toplam yağış miktarları aşağıda gösterilmiştir. Yağış miktarları arasındaki bariz farkın en önemli nedeni mobil radar sinyallerinin Trakya Bölgesi'nde maruz kaldığı ışın engellemesidir. (Şekil 5)



Şekil 3.
RAIN1
RAIN1

İstanbul Radar
Şekil 4. Mobil Radar



Şekil 5. Mobil Radar Görünürlük Analizi



3. SONUÇLAR

Yapılan analizlere göre meteoroloji radar yağış miktarları yer gözlemlerine göre düşüktür. Burada radarın konumu, yağışa olan mesafesi, radar sinyallerinin ışın genişliği önem kazanır. X bant radarda faz ölçümüyle hesaplanan yağışlar, reflektiviteye göre genelde daha tutarlıdır. Fakat şekil 5'deki sonuçlara göre Trakya civarında mobil radar sinyalleri yaklaşık %88 ışın engellemesine uğrar. Bu radarın o civarda gördüğü en düşük yükseklik yaklaşık 4300 m'dir. Dolayısıyla mobil radar bu yükseklikten daha düşük yüksekliklerde olan yağışları göremez. Yine, Bursa radarı için Trakya Bölgesinde ışın engellenmesinin olmadığı fakat radarın bölgeye uzaklığına bağlı olarak gelişen ışın yüksekliğinin yaklaşık 1000 m olduğu saptanmıştır. Bu sonuçlara göre özellikle Trakya Bölgesinde meydana gelen yağışlarda yer gözlemlerine göre en uygun verilerin İstanbul Çatalca radarından elde edildiği görülür.

4. TEŞEKKÜRLER

Dr. Kurtuluş Öztürk Meteoroloji Genel Müdürlüğü Uzaktan Algılama Şube Müdürlüğü

Melik Ahmet Taştan Meteoroloji Genel Müdürlüğü Analiz ve Tahminler Şube Müdürlüğü

5. KAYNAKLAR

1. IRIS_Product_and_Display_Manuals
2. IRIS_and_RDA_Dual_Polarization_Users_Manual



BUĞDAY BİTKİSİNİN SU TÜKETİMİNİN FARKLI GELİŞME AŞAMALARI İÇİN MODELLENMESİ

E. Kocaman¹, N. Altınbaş², B. Çaldağ³, L. Şaylan⁴

¹ Meteoroloji Mühendisi, Meteoroloji Müh. Bölümü, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul

² Araştırma Görevlisi, Meteoroloji Müh. Bölümü, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul

³ Yardımcı Doçent, Meteoroloji Müh. Bölümü, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul

⁴ Profesör, Meteoroloji Müh. Bölümü, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul

e-mail: akatas@itu.edu.tr

ÖZET

Dünya nüfusundaki hızlı devam eden artışa karşılık, bitkisel ürünlerde yeterli artışın sağlanamaması, açlık sorunun daha da belirgin hale gelmesiyle sonuçlanmakta olup, bu sorunun giderilmesinde buğday gibi tahıllar önemli rol oynamaktadır. Tarım alanlarının üst sınırına ulaştığı günümüzde buğday üretimini artırmanın başlıca yolu, birim alan verimini yükseltmektir. Buğdayda arzulanan verim ve kaliteye ulaşılabilmesi, bitkinin ekildiği toprağa yeterli suyun sağlanması ve çevresel faktörlerin optimum düzeyde tutulmasıyla gerçekleşebilir. Yeterli yağış olmadığında veya yağıştaki dağılımın uygun olmadığı dönemlerde buğday bitkisinin kök bölgesindeki açığın, sulama suyu ile karşılanması gerekir. Bitkilere verilecek sulama suyu miktarı, bitki su tüketimi ve yağış değerlerinden yararlanılarak hesaplanmaktadır. Dünyada bitki gelişimi ve verimini inceleyen çalışmaların çoğu, konuyla ilgili geliştirilmiş olan modeller vasıtasıyla yapılmaktadır. Bu çalışma kapsamında; Kırklareli Atatürk Toprak Su ve Tarımsal Meteoroloji Araştırma Enstitüsünden alınan meteorolojik parametreler (global radyasyon, minimum sıcaklık, maksimum sıcaklık, buhar basıncı, ortalama rüzgar hızı ve yağış) kullanılarak açıklamalı WOFOST (WORLD FOOD STUDIES) modeli ile bitkinin su tüketimi incelenmiştir. Sonuçlar, buharlaşma hesabında kullanılan Hargreaves-Samani ve Penman-Monteith yöntemleriyle ayrıca karşılaştırılmıştır.

ANAHTAR KELİMELELER: Evapotranspirasyon, vejetasyon yüzeyi, WOFOST, Kırklareli

MODELING THE WATER CONSUMPTION OF WHEAT FOR DIFFERENT GROWING STAGES

E. Kocaman¹, N. Altınbaş², B. Çaldağ³, L. Şaylan⁴

¹ Meteorological Engineer, Meteorological Eng. Department, İstanbul Technical University, İstanbul

² Research Assistant, Meteorological Eng. Department, İstanbul Technical University, İstanbul

³ Assistant Professor, Meteorological Eng. Department, İstanbul Technical University, İstanbul

⁴ Professor, Meteorological Eng. Department, İstanbul Technical University, İstanbul

e-mail: akatas@itu.edu.tr

ABSTRACT

The fact that the inability to achieve sufficient growth in plant products against the rapid ongoing increase in the world population will result in hunger problem, against which the wheat crop plays a significant role by means of solving this problem. Main way to increase today's wheat production is to increase the

yield/area ratio while farmlands are going to reach their upper limit. Achieving the desired levels of yield and quality, however; can be done by maintaining adequate levels of water in the root zone of the wheat crop while keeping other environmental factors at their optimum levels. During development stages, in which no enough precipitation is achieved or the rainfall distribution is not suitable, crops (wheat) must be supplied with irrigation water in the root zone. Irrigation demand and amount of the plant surface is calculated usually by considering the crop water consumption and rainfall rates. Today, most of the studies on plant growth and productivity are conducted using corresponding software (models) throughout the world. Concordantly, meteorological parameters from the Kırklareli Atatürk Soil Water and Agricultural Meteorological Research Institute were applied in the explanatory WOFOST (World Food Studies) model to simulate water consumption of wheat crop. Finally, the simulation outputs were also compared with calculation results according to the Hargreaves-Samani and Penman-Monteith evapotranspiration methods.

KEYWORDS: Evapotranspiration, vegetation surface, WOFOST, Kırklareli

1. GİRİŞ

Bu çalışmada; açıklamalı bir bitki iklim modeli olan WOFOST ve iki adet enerji dengesi yöntemi kullanılarak, 2015- 2016 yılları arasında Türkiye'nin kuzeybatısındaki Kırklareli ilinde yetiştirilmiş kışlık buğday bitkisinin gelişme dönemine bakılmıştır. Bu sürede gelişme aşamasında olan buğday bitkisinin yüzeyindeki su tüketim miktarının zaman içindeki değişiminin incelenmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda arazi üzerinde doğrudan ölçülmüş toprak, su ve atmosfer girdileri kullanılmıştır.

2. ÇALIŞMA ALANI VE VERİ

Araştırmada kullanılan meteorolojik veriler 2015-2016 yılları arasında buğday bitkisinin gelişme dönemine ait verilerdir. Bu veriler; Kırklareli Atatürk Toprak Su ve Tarımsal Meteoroloji Araştırma Enstitüsü arazisinden elde edilmiştir (Şekil 1). Modelin ihtiyaç duyduğu tüm toprak, bitki ve atmosfer verileri, söz konusu arazide kurulu otomatik tarımsal meteoroloji istasyonundan alınmıştır. Bitkinin gelişme dönemi boyunca arazide fenoloji gözlemleri de yapılarak kaydedilmiştir.



Şekil 1. Çalışma alanı

3. MATERYAL VE METOT

3.1. WOFOST Modeli

WOFOST modeli bitki çeşidi, ekim yoğunluğu, hava, toprak suyu ve azotun bitki büyümesi, gelişimi ve verim üzerindeki etkisini simüle etmek için geliştirilmiştir. Model, hem bitki büyümesinin bölgesel ve



ulusal ölçeklerde potansiyel verim tahmininde (Rötter 1993, Wolf 1993) hem de iklim değişikliği etkileri senaryolarında (Wolf ve van Diepen 1991) kullanılmıştır.

3.2. Penman- Monteith Yöntemi

Penman-Monteith yöntemi vejetatif yüzeylerden su buharlaşmasını hesaplamak için kullanılan bir denklem eşitliğini ifade eder (Monteith, 1965). Termodinamiğin temelini psikometrik bir çizelge ile tanımladığı taslak kağıdında çalışan John Monteith tarafından geliştirildi. Monteith in elde edilmesi için enerji dengesinin ve aerodinamik formülün kombinasyonuna dayanarak verilen denklem aşağıdaki eşitlik 1' deki gibidir:

$$\lambda E = \frac{[\Delta(R_n - G)] + (\gamma \lambda E_a)}{(\Delta + \gamma)} \quad (1)$$

λE = buharlaşma gizli ısı akısı ($\text{MJ m}^{-2} \text{gün}^{-1}$); λ = gizli buharlaşma ısısı (MJ kg^{-1}); Δ = sıcaklık ve doymuş buhar basıncının eğimi; R_n = net radyasyon ($\text{MJ m}^{-2} \text{gün}^{-1}$), G = topraktaki ısı akısı ($\text{MJ m}^{-2} \text{gün}^{-1}$); γ = psikrometrik sabit ($\text{kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$); E_a = buhar transfer akısı (mm gün^{-1}); T : $^\circ\text{C}$ cinsinden sıcaklık, "s" bitki yüzeyi örtüsü ve "a" havanın ifadesidir. Bunun yanında eşitlik 1, yüzey sıcaklığında (T_s), e_s doymuş buhar basıncını gösterir.

3.3. Hargreaves - Samani Yöntemi

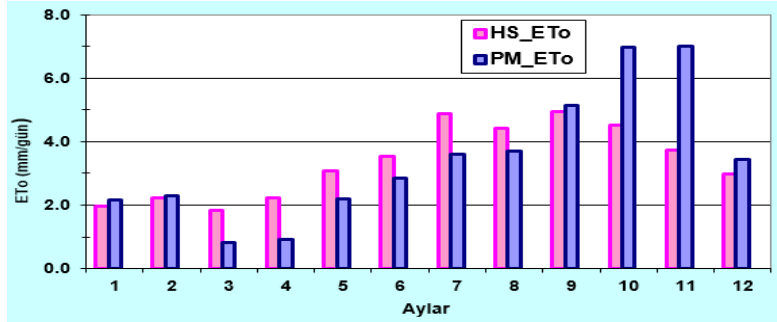
Hargreaves ve Samani (1985), referans evapotranspirasyon (ET_0) değerini sadece hava sıcaklığı ve radyasyonla ilişkilendiren basit bir metot geliştirmiştir. Bu metot Eşitlik 1.4' de gösterilmektedir.

$$ET_0 = 0.0023 \cdot 0.408 R_a \left(\frac{T_{max} + T_{min}}{2} + 17.8 \right) \sqrt{T_{max} - T_{min}} \quad (2)$$

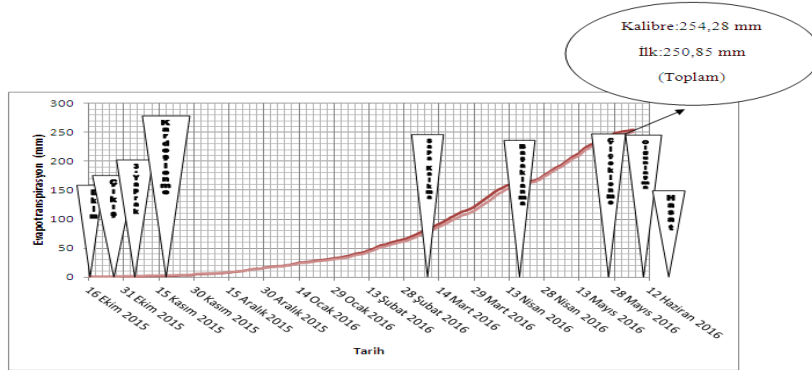
Burada, ET_0 , Hargreaves-Samani eşitliği tarafından elde edilen ET_0 (mm/gün); R_a , extraterrestrial radyasyon ($\text{MJ/m}^2 / \text{gün}$); T_{max} , maksimum sıcaklık ($^\circ\text{C}$); T_{min} , minimum sıcaklık ($^\circ\text{C}$) dir. Allen ve ark. (1998), FAO-56 PM formülü için yeterli giriş datası bulunmadığı durumlarda Hargreaves-Samani eşitliğinin kullanılabileceğini belirtmiştir. Enerji dengesine dayanan evapotranspirasyon modelleri arasında Hargreaves Model, pratik kullanım için en basit olanlar arasında yer almaktadır.

4. SONUÇLAR

Şekil 2'de Penman-Monteith ve Hargreaves-Samani yöntemlerinin aylık ortalama evapotranspirasyon miktarları karşılaştırılmıştır. Şekil 3'te ise WOFOST simülasyonları sonucu elde edilen evapotranspirasyon miktarları fenolojik aşamalara göre verilmiştir.



Şekil 2. Penman-Monteith ve Hargreaves-Samani yöntemlerinin aylık ortalama evapotranspirasyon miktarlarının karşılaştırılması



Şekil 3. WOFOST modelinin su kısıtlı bitki gelişimi için kalibrasyon öncesi ve sonrası evapotranspirasyon miktarı

KAYNAKLAR

Allen, R.G., L.S. Pereira, D. Raes, D. ve Smith, M. (1998). Crop evapotranspiration, guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrig. and Drain. Paper **56**, Food and Agric. Orgn. of the United Nations, Rome, Italy. 300.

Hargreaves, G.H., Samani, Z.A. (1985). Reference Crop Evapotranspiration from Temperature. *Appl. Eng. Agri.* ASAE **1**, 96–99.

Monteith, J.L. (1965). Evaporation and environment. In G.E. Fogg (ed.) Symposium of the Society for Experimental Biology, The State and Movement of Water in Living Organisms, Academic Press, Inc., NY. **19**, 205-234.

Rötter, R. (1993). Simulation of the biophysical limitations to maize production under rainfed conditions in Kenya. Evaluation and application of the model WOFOST. *Materialien zur Ostafrika-Forschung*, **12**, 261.

Wolf, J. (1993). Effects of climate change on wheat and maize production potential in the EC. In: Kenny GJ, Harrison PA, Parry ML (eds) The effect of climate change on agricultural and horticultural potential in Europe. Research report 2. Environmental change unit, University of Oxford, Oxford, **93–119**.

Wolf, J., van Diepen, CA. (1991). Effects of climate change on crop production in the Rhine basin. Report **52**. The Winand Staring Center for Integrated Land, Soil and Water Research, Wageningen.



EGE BÖLGESİ KURAKLIK PROJEKSİYONLARI

Gülten ÇAMALAN¹, Hanifi AYYACI¹, A.Serap AKGÜNDÜZ¹, S.CETİN¹, H.ARABACI¹, M.ÇOŞKUN¹,

Meteoroloji Genel Müdürlüğü-Ankara

gcamalan@mgm.gov.tr¹; hayvaci@mgm.gov.tr¹; sakgunduz@mgm.gov.tr¹; sinancetin@mgm.gov.tr¹;
harabaci@mgm.gov.tr¹ mustafacoskun@mgm.gov.tr¹

ÖZET

Çalışma Ege Bölgesi'nde yer alan 10 meteoroloji gözlem istasyonunun mevcut gözlem verileri (1971-2015) ile küresel iklim modellerinden HadGEM2-ES modelinin RCP4.5 senaryosunun 2016 – 2098 periyodu bölgesel iklim projeksiyon çıktıları kullanılarak egemen kurak dönemlerin, kuraklıkların başlangıç ve bitişi ile şiddetinin zamansal değişimleri Normalleştirilmiş Yağış- Buharlaştırma (SPEI) ve Standartlaştırılmış Yağış (SPI) kuraklık İndisi ile 12 aylık ölçekte belirlenerek, geçmiş dönemlerdeki klimatolojisi referans alınarak gelecekte de var olabilecek kuraklaşma eğiliminin klimatolojik açıdan değerlendirilmesi ve karşılaştırılması amaçlanmıştır. Yıllık ortalama sıcaklık ve yıllık toplam yağış değerleri ile 12 aylık ölçekteki SPEI ve SPI değerlerinin uzun süreli eğilimleri Mann-Kendall sıra korelasyon katsayısı yöntemine göre incelendi.

ANAHTAR KELİMELER : SPEI, SPI, Kuraklık, HadGEM2-ES

ABSTRACT

This study present observations of 10 meteorological observation stations in the Aegean region (1971-2015) and the HadGEM2-es model of global climate models RCP4.- Evaporation (SPEI) and standardized precipitation (SPI) were determined on a 12-month scale with drought index, and it was aimed to evaluate and compare the drought tendency in the future by reference to climatology in the past. The mean annual average temperature and annual total rainfall values and the long-term trends of SPEI and SPI values in 12 months were analyzed by Mann-Kendall sequence correlation coefficient method.

KEYWORDS: SPEI, SPI, Drought, HadGEM2-ES

1. GİRİŞ

Kuraklık en karmaşık ve zararlı doğal felaketlerden biridir. Doğal ekosistemler, su kaynakları, tarım üretimi ve toplum üzerinde ciddi etkilere sahiptir. Kuraklık diğer aşırı olaylardan birçok açıdan farklıdır; özellikle ne zaman başlayacağını belirlemek ve ne zaman biteceğini önceden tahmin etmek çok zordur. Kuraklık indeksleri, çeşitli iklim ve hidrolojik rejimlerle kuraklık şiddetini, süresini ve kapsamını objektif olarak ölçmek ve karşılaştırmak için kullanılır. Kuraklık analizi ve izleme sistemleri ile ilgili birçok çalışma, bir toprak suyu dengesi denkleminde dayanan Palmer Kuraklık Şiddet İndeksi (PDSI) [1] veya bir yağış olasılığı yaklaşımına dayanan Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (SPI) [2] üzerine kurulmuştur. SPI sadece yağış verisine dayanmaktadır. PDSI gibi sıcaklık verilerini içeren kuraklık indislerinin kullanılması, özellikle gelecek iklim senaryolarını içeren uygulamalar için tercih edilir. Bazı çalışmalar yağışın, kuraklığın süresi, yoğunluğu ve bitişi belirleyen ana unsur olduğunu ortaya koymuştur. [3;4]. Bununla birlikte, bazı araştırmacılar, sıcaklığın kuraklık koşulları üzerindeki öneminin sistematik olarak ihmal edilmesine karşı uyarıda bulunmuşlardır. Örneğin, Hu ve Willson (2000) PDSI'deki yağış ve sıcaklığın rolünü değerlendirmişler ve indeksin her iki değişkende de benzer büyüklükteki değişikliklere eşit şekilde tepki verdiğini bulmuşlardır. Sadece sıcaklık dalgalanmasının yağıştan daha küçük olduğu yerlerde, yağışla kontrol edilen PDSI'de değişkenlik olduğunu



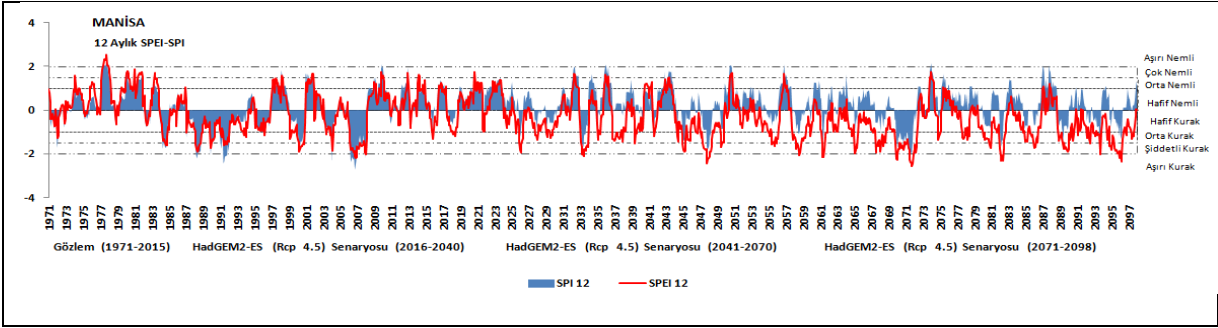
saptamışlardır [5]. Dubrovsky ve ark. (2008) son zamanlarda, küresel iklim modelleri tarafından öngörülen ısınmanın kuraklık etkilerinin PDSI'de açıkça görülebildiğini, buna karşılık SPI'nın (sadece yağış verisine dayanan) kuraklık koşullarındaki beklenen değişiklikleri yansıtmadığını göstermiştir [6]. Bu nedenle, formülasyonlarında (PDSI gibi) sıcaklık verilerini içeren kuraklık endekslerinin kullanılması, özellikle gelecek iklim senaryolarını içeren uygulamalar için tercih edilir. Bununla birlikte PDSI, hem farklı hidrolojik sistemler ile ilişkili kuraklık değerlendirmesi hem de farklı kuraklık tiplerini ayırt etmek için gerekli çok ölçekli (multi-scalar) kriterler konusunda yetersizdir [7;8;9]. Bu nedenle yeni bir kuraklık indisi olan Normalleştirilmiş Yağış-Buharlaşma İndisi (SPEI), yağış ve PET'e dayalı olarak formüle edilmiştir ve girdi parametreleri aylık ortalama sıcaklık ve aylık toplam yağış verisidir. SPEI kurak periyotların tanımlanmasında önerilmektedir. İndis Vincente-Serrano ve ark. tarafından geliştirilmiştir [10]. SPI, gelecekteki kuraklık koşullarında sıcaklık artışının rolünü ve küresel ısınma senaryolarından bağımsız olarak sıcaklık değişkenliğinin ve sıcak hava dalgalarının rolünü açıklayamamakta buna karşılık SPEI, sıcaklık değişkenliği ve sıcaklık aşırılıklarının küresel ısınmanın ötesinde olası etkilerini açıklayabilmektedir. SPEI, buharlaşma isteğindeki değişimlere karşı PDSI' nin duyarlılığına ve SPI' nin doğal alansal dağılımına sahiptir. SPEI özellikle kuraklığı belirleme, izleme ve küresel ısınmanın kurak şartlar üzerindeki sonuçlarını açıklama konusunda etkindir [11;12].

2. METOD

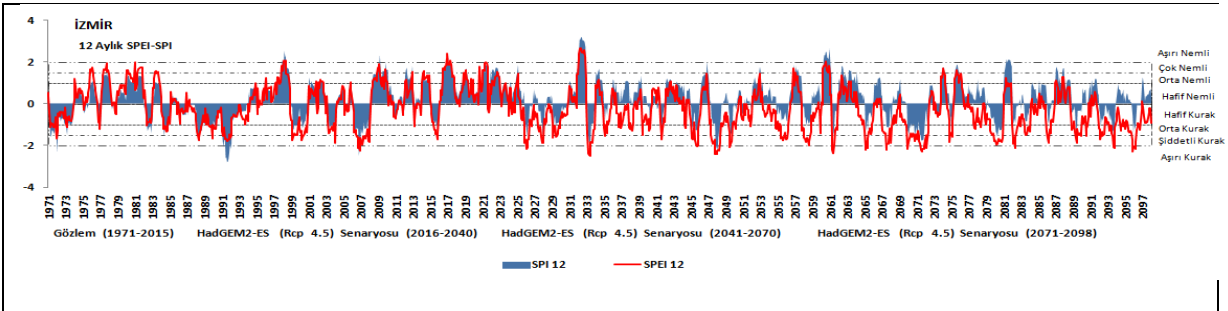
Ege Bölgesinde 10 meteoroloji istasyonuna ait 1971-2015 yılları mevcut gözlem ile küresel iklim modellerinden HadGEM2-ES RCP4.5 senaryosunun 2016 – 2098 bölgesel iklim projeksiyon verileri kullanılarak 12 aylık zaman ölçeklerinde SPEI ve SPI kuraklık indisi hesapları yapılarak kuraklığın zamana bağlı değişimleri incelenmiştir. Projeksiyon zaman aralığı üç dönem halinde incelenmiştir (2016-2040, 2041-2070, 2071-2098). Dönemler çalışılırken her dönem için başlangıç verisi 1971 olan gözlem verileri ile beraber çalıştırılmıştır. Amaç kuraklık analizinde sürekliliği temin etmektir. Çalışılan dönem için incelenen seride gelecek datasının bir etkisi olmamasına karşılık başlangıç datası önemlidir. Buna karşılık gelecek öngörülerinin gözlem datasını etkilememesi adına dönemler örneğin 1971-2040 periyodunda çalıştırılıp 2016-2040 dönemi ele alınmıştır. Gözlemlerde ve projeksiyonlardaki yıllık ortalama sıcaklık ve yıllık toplam yağış değerleri ile 12 aylık ölçekteki SPEI ve SPI değerlerinin eğilimleri Mann-Kendall sıra korelasyon katsayısı yöntemine göre test edilmiştir. Bildiri metninin kısa tutulmasından dolayı yöntemlerin formülasyonlarına ve çalışılan istasyonların tümüne yer verilememiştir. (Örnek 4 istasyon verildi.)

3. ANALİZ VE BULGULAR:

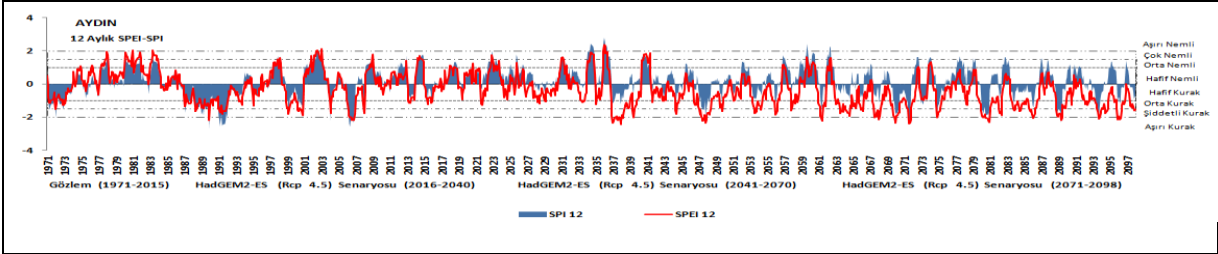
Ege Bölgesi'ndeki nemli ve kurak dönemlerin değişimlerini görebilmek ve değerlendirmek amacıyla SPEI ve SPI zaman dizisi grafikleri çizildi (Manisa, İzmir, Aydın ve Bodrum verildi). Aynı zamanda, SPEI ve SPI değerlerinin zaman dizisi grafiklerinden, iklim koşulları açısından hangi koşullara ya da evreye (yarı kurak, kurak, yarı-nemli, ya da nemli, vb.) ulaşıldığı konusunda bilgi elde edebiliriz. Ege Bölgesi'ndeki istasyonların, 1971-2015 mevcut gözlemlerdeki SPEI ve SPI indisi zaman serileri incelendiğinde, temel kuraklık dönemleri istasyonlar bazında birbirleriyle oldukça uyum göstermektedir. Her iki sınıflandırma yönteminde de hemen hemen 1973-1975; 1984-1986; 1988-1994; 1998-2001 ve 2004-2008 ortak kurak dönemler olarak ortaya çıkmaktadır.



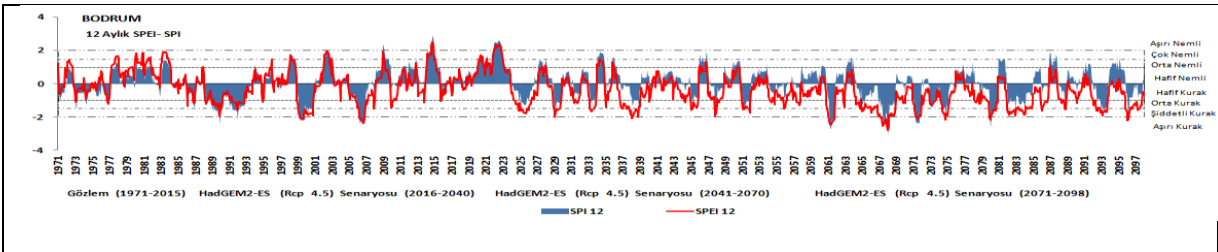
Şekil: 3 Manisa 12 aylık ölçekte SPEI ve SPI indis değerlerinin zamana bağlı değişimleri



Şekil: 5 İzmir 12 aylık ölçekte SPEI ve SPI indis değerlerinin zamana bağlı değişimleri

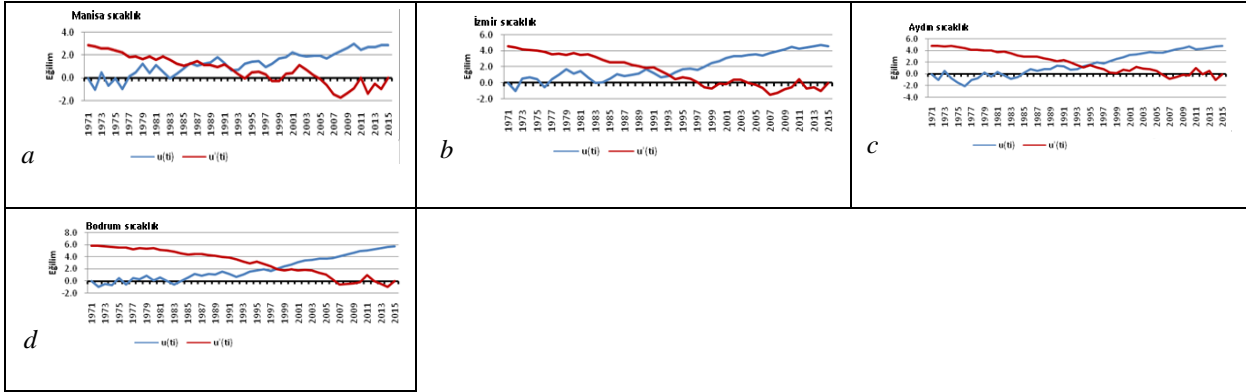


Şekil: 6 Aydın 12 aylık ölçekte SPEI ve SPI indis değerlerinin zamana bağlı değişimleri



Şekil: 8 Bodrum 12 aylık ölçekte SPEI ve SPI indis değerlerinin zamana bağlı değişimleri

İstasyonların SPEI ve SPI zaman dizisi analizleri incelendiğinde (Şekil1-10) diziler arasında birkaç fark görülmüştür. Bu sonuç, yıllar arası sıcaklık değişkenliğinin baskın olduğu iklim şartlarında her iki indisinde esas olarak yağış değişkenliğine tepki verdiğini göstermektedir.



Şekil: 11 a,b,c,d. Mann-Kendall ardışık analizinden elde edilen $u(t)$ ve $u'(t)$ değerlerine göre bazı istasyonların yıllık ortalama sıcaklık dizilerindeki eğilimler

Yıllık ortalama sıcaklık değerlerinde görülen istatistik açıdan önemli yükselme eğilimi; Manisa, İzmir, Aydın ve Denizli istasyonlarında (Şekil:11 a,b,c) 1995'lerin başında; Kütahya, Bodrum, Muğla ve Marmaris istasyonlarında (Şekil:11 d) ise 1999'ların başlarında; Afyon ve Dikili istasyonlarında 2005'lerin başından itibaren görülmektedir.

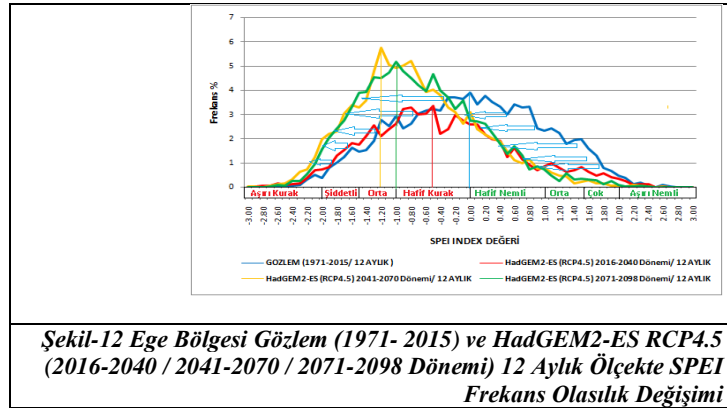
Tablo 1.M-K Trend analizi Yıllık toplam yağış ve yıllık ortalama sıcaklık z değerleri

İstasyon adı	Gözlem Yıllık toplam yağış (z) değerleri	Gözlem Yıllık ortalama sıcaklık (z) değerleri	Gözlem 12 aylık SPEI (z) değerleri	Gözlem 12 aylık SPI (z) değerleri	Model Yıllık ortalama sıcaklık (z) değerleri	Model Yıllık toplam yağış (z) değerleri
Kütahya	-0,66	3,98*	-8,36*	-3,37*	7,43*	-0,58
Dikili	-0,16	3,41*	-2,89*	0,28	8,12*	-0,20
Manisa	-1,22	2,70*	-5,14*	-2,12*	8,05*	-1,01
Afyon	2,44*	3,83*	0,15	7,76*	7,54*	-0,77
İzmir	-0,27	4,39*	-1,93	2,41*	7,91*	-1,06
Aydın	0,81	4,35*	-1,62	2,97*	8,25*	-1,49
Denizli	0,96	5,45*	-4,48*	4,27*	7,97*	-1,47
Bodrum	0,05	5,26*	-4,30*	1,54	8,73*	-2,03*
Muğla	-0,14	4,02*	-2,50*	-0,09	8,40*	-2,04*
Marmaris	0,94	4,91*	-0,57	3,41*	8,78*	-2,44*

İki yanlı sınamalar için % 5 anlamlılık düzeyinde kritik z değeri ± 1.96 dır.

Tablo 1' de Mann-Kendall sıra korelasyon katsayısı yöntemine göre Ege Bölgesinde yer alan istasyonların yıllık ortalama sıcaklık, yıllık toplam yağış ve 12 aylık SPEI ve SPI (z) değerleri verilmiştir. SPEI indisinin 12 aylık ölçekte çok yüksek oranda negatif değer ürettiği görülmektedir. Negatif değerlerdeki bu artış 12 aylık ölçekte kuraklığın belirgin olduğunu göstermektedir. Yıllık toplam yağış değerlerinde istatistik yönden anlamlı bir artma ve/ veya azalma (Afyon dışında) eğilimi olmamasına rağmen yıllık ortalama sıcaklık değerlerinde belirgin ve istatistik yönden önemli artma eğilimi söz konusudur. Bu da kurak dönemlerin oluşumu, süresi ve şiddetinde etkili olmaktadır. Aynı şekilde HadGEM2-ES (RCP4.5) senaryosunun bölgesel iklim projeksiyon çıktılarının eğilim analizleri incelendiğinde Yıllık toplam yağış değerlerinde istatistik yönden anlamlı bir azalma (Bodrum, Muğla, Marmaris dışında) eğilimi olmamasına rağmen yıllık ortalama sıcaklık değerlerinde belirgin ve istatistik yönden

önemli bir artma eğilimi söz konusudur. İklim değişikliğinden kaynaklanan yağıştaki azalma, kuraklık şiddetini etkileyecektir. Yağış oranındaki azalmanın gelecekteki kuraklık koşullarına etkisi hem SPEI hem de SPI tarafından tanımlanmaktadır. HadGEM2-ES modelinin RCP4.5 senaryosunda beklenen sıcaklıklardaki artış ve yağışlardaki azalış trendine karşılık 2016-2098 projeksiyonların SPEI zaman dizileri incelendiğinde, sıcaklıklardaki artışın kuraklıkların büyüklüğü ve süresini arttıracak buna karşılık SPI indisinin belirgin bir sıcaklık artışı ile ilişkili olan bu ciddi kuraklıkları tanımlayamayacağı öngörülmektedir. Bu da bize yüzyılın sonundaki kuraklık süresinin ve şiddetinin doğrudan sıcaklık artışıyla ilişkili olarak arttığını açıkça göstermektedir.



Şekil-12 Ege Bölgesi Gözlem (1971- 2015) ve HadGEM2-ES RCP4.5 (2016-2040 / 2041-2070 / 2071-2098 Dönemi) 12 Aylık Ölçekte SPEI Frekans Olasılık Değişimi

HadGEM2-ES (RCP4.5) senaryosunun bölgesel iklim projeksiyon çıktılarının eğilim analizleri incelendiğinde beklenen sıcaklıktaki artış ve yağıştaki azalış eğilimi sonucunda; Ege Bölgesi, mevcut gözlemlerde normal sınıfın “Hafif Nemli” bölümünde yoğunlaşan SPEI kuraklık şiddet frekans olasılıklarının, HadGEM2-ES RCP4.5 senaryosunun 2016-2040 ve 2071-2098 periyotlarında “Hafif Kurak”, 2041-2070 periyodunda ise “Orta Kurak” sınıfta yoğunlaşacak şekilde kuraklık şiddet sınıflarında bir üst kuraklık sınıfına doğru kayma eğilimi göstermesi öngörülmektedir (Şekil: 12).

KAYNAKLAR

- Palmer, W.C., (1965). Meteorological Drought Research Paper No. 45. Office of Climatology U.S. Weather Bureau, Washington.
- McKee, T.B., N.J. Doesken, and J. Kleist, 1993: The relationship of drought frequency and duration to time scales. Eight of Con. on Applied Climatology, Anaheim, CA, Amer. Met. Soc. 179-184
- Chang, T. J., and X. A. Cleopas, 1991: A proposed method for drought monitoring. Water Resour. Bull., 27, 275-281.
- Heim, R. R., 2002: A review of twentieth-century drought indices used in the United States. Bull. Amer. Meteor. Soc., 83, 1149-1165.
- Hu, Q., and G. D. Willson, 2000: Effect of temperature anomalies on the Palmer drought severity index in the central United States. Int. J. Climatol., 20, 1899-1911.
- Dubrovsky, M., M. D. Svoboda, M. Trnka, M. J. Hayes, D. A. Wilhite, Z. Zalud, and P. Hlavinka, 2008: Application of relative drought indices in assessing climate-change impacts on drought conditions in Czechia. Theor. Appl. Climatol., 96, 155-171.
- Karl, T. R., 1986: The sensitivity of the Palmer drought severity index and Palmer's Z-index to their calibration coefficients including potential evapotranspiration. J. Climate Appl. Meteor., 25, 77-86.
- Soulé, P. T., 1992: Spatial patterns of drought frequency and duration in the contiguous USA based on multiple drought event definitions. Int. J. Climatol., 12, 11-24.
- Alley, W. M., 1984: The Palmer drought severity index: Limitations and applications. J. Appl. Meteor., 23, 1100-1109.
- Vicente-Serrano, Sergio M. A Multi-Scalar Drought Index Sensitive to Global Warming: The Standardized Precipitation Evapotranspiration Index-SPEI, 2009
- <https://climatedataguide.ucar.edu/climate-data/standardized-precipitation-evapotranspiration-index-spei>
- <http://spei.csic.es/index.html>



İKLİM MODELLEMESİNDE KULLANILAN KONUMSAL VERİLERİN MEVCUT DURUM ANALİZİ

T. Memişoğlu¹ ve H. E. Çolak²

¹ Araştırma Görevlisi, Harita Müh. Bölümü, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon,

² Doç. Dr., Harita Müh. Bölümü, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon,

Email: tugbamemisoglu@gmail.com

ecolak@ktu.edu.tr

ÖZET

Farklı kurumlar tarafından üretilen verilerin hangisinin daha doğru ve güncel olduğunun tespiti, ne formatta hazırlandığı ve uygulamalarda nasıl olması gerektiği önemli bir konudur. Böylece yapılacak herhangi bir çalışmada önemli bir ihtiyaç olan konumsal veriye hızlı bir şekilde ulaşım sağlanmış olur. Bu çalışmada, bir iklim modellemesi ve iklimin arazi kullanımı üzerindeki etkilerinin incelenmesi noktasında gerekli olan konumsal verilerin hangi kurumlardan temin edilmesi gerektiği, bu konumsal verilerin Türkiye’de mevcuttaki durumları ve nasıl üretildikleri noktasında inceleme yapılmış, kurumlarda hâlihazırdaki durumlarının tespiti yapılmıştır.

ANAHTAR KELİMELER: Konumsal veri, konumsal veri mevcudiyedi, iklim, iklim modellemesi.

DISCUSSION OF THE PRESENT SITUATION OF GEOGRAPHIC DATAS USED FOR CLIMATE MODELS IN TURKEY

¹ Research Assistant, Geomatic Engineering Department, Karadeniz Teknik University, Trabzon

² Assoc. Dr., Geomatic Engineering Department, Karadeniz Teknik University, Trabzon

Email: tugbamemisoglu@gmail.com

ecolak@ktu.edu.tr

ABSTRACT

Determination of which data produced by different institutions are more accurate and up-to-date and what format they are prepared for and how they should be in practice is very important. Thus, the spatial datas to be used in any work can be reached quickly. In this study, which the spatial data required a climate modeling carried out and the effects of climate on land use and which institutions produce these spatial data was determined. And how the status of the existing spatial data in Turkey and and how they were produced has been examined. Determination of the current situation in the institutions of the data was performed.

KEYWORDS: Spatial data, presence of spatial data, climate, climate modeling.

1. İKLİM MODELLEMESİ

Dünyada ve yaşadığımız ülkemizde gerek küresel ısınma gerek atmosferik değişimler gerekse de sera gazlarının etkisinin günden güne artması ve daha birçok nedenler gibi etkenlerle karşı karşıya kalınmakta, buna bağlı olarak iklim hızla değişime uğramaktadır (IPCC, 1996; 2013). Dolayısıyla iklim



değişikliği, önleminin alınması gereken oldukça önemli bir dünya sorunudur. Günümüzde Türkiye’de T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı’nın Türkiye İklim Stratejisi 2013-2023 konusunda vizyonu mevcuttur. Bu vizyon çerçevesinde, iklim değişikliğinin etkilerinin azaltılmasına yönelik küresel çabalara kendi özel şartları ve imkânları dolayısıyla katkıda bulunmak amacıyla “Ulusal İklim Değişikliği Stratejisi” hazırlanmıştır (T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2012). Dolayısıyla iklim değişikliğinin incelenmesine dair çalışmaların yürütülerek bu amaçlara yönelik stratejilerin gerçekleştirilmesi gerekmektedir.

İklim değişikliğinin tespit edilebilmesi noktasında en önemli çözüm yolu, iklimsel veriler kullanılarak geliştirilecek iklim modellerinin yapılmasıdır. İklim modelleme, iklim sistemi bileşenleri ile bu bileşenlerin birbirleriyle meydana getirildiği etkileşimin incelendiği çalışmalardır (Sertel ve Örmeci, 2009). Diğer bir açıdan ele alındığında, iklimsel veriler ile bu verilerin yeryüzü üzerindeki farklı katmanlar (arazi örtüsü, toprak, akarsu, havza vb.) üzerindeki etkilerinin de incelenmesi olarak ifade edilebilmektedir. Ülkemizde iklimsel etkilerin gerek arazi üzerinde gerek insanlar üzerinde gerekse de geleceğe yönelik tahmin çalışmaları şeklinde yürütüldüğü çalışmalarla modellenmeye çalışıldığı görülebilmektedir (Sertel, 2008; Sertel ve Örmeci, 2009; Önoğlu vd., 2009; Berberoğlu vd., 2014). Bu bağlamda yapılan incelemelerde, iklim modellemelerinin gerçekleştirilmesinde en önemli faktörün modellemenin temelini oluşturan ve kullanılan konumsal veriler olduğu tespit edilmiştir. Dolayısıyla herhangi bir iklim modellemesinde uygulama alanı için gerekli tüm konumsal verilerin, modellemeden önce; nasıl ve hangi üretici kurumdan temin edileceği, güncelliği, hassaslığı, kurumlardaki mevcudiyetleri gibi durumların irdelenmesi gerekmektedir.

2. İKLİM MODELLEMESİNDE KULLANILAN KONUMSAL VERİLERİN TÜRKİYE’DEKİ MEVCUT DURUMLARI

Bu çalışmada iklim modellemesi ve arazi kullanımının buna bağlı olarak değişiminin incelenmesi açısından ele alınan konumsal verilerin modelleme öncesi süreci kurum bazlı olarak irdelenmiş, mevcut durumları ele alınmıştır. Öncelikli olarak uygulama için gerekli konumsal veriler tespit edilmiştir. Yapılan araştırmalar sonucunda, herhangi bir iklim modellemesinde; meteorolojik veriler-iklimsel veriler (yağış, sıcaklık, nem vb.), arazi örtüsü, sayısal arazi yüzeyi modeli dolayısıyla topografya verisi, toprak yapısı, idari sınırlar, havza yapısı, akarsu verilerinin başlıca kullanıldığı tespit edilmiştir. Sırasıyla konumsal veriler irdelenmek gerekirse;

Arazi örtüsü verisi, üretimi ülkemizde Orman Genel Müdürlüğü, Harita Genel Komutanlığı ve Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı sorumluluğundadır. Ayrıca yerel yönetimler de yerel ölçekte veri üretimi yapmaktadır (Aydınöğlü ve Yomralıoğlu, 2008). **Toprak verisi**, T.C. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı tarafından 1/25.000 ölçekli olarak üretilmektedir (URL-1, 2017; İlbey, 2012). **Meteorolojik veriler**, üretimi Devlet Meteoroloji Genel Müdürlüğü sorumluluğundadır. Üretilen veriler sözel olarak veritabanlarında excel formatlarda saklanmaktadır. **Topoğrafya verisi**, topoğrafik haritalar ve ilgili sayısal raster ve vektör ürünler, Harita Genel Komutanlığı tarafından 1/25.000, 1/50.000, 1/100.000, 1/250.000, 1/500.000 ve 1/1.000.000 ölçekli olarak üretilmektedir. Ayrıca 1/5000 ve daha büyük ölçekli haritalar şeklinde İller Bankası Anonim Şirketi ve diğer kamu kuruluşları ve belediyeler de yasalarla onaylanmış hak ve sorumluluklarına bağlı olarak, kendi ihtiyaçlarını karşılamak üzere de topoğrafik haritalar üretmektedir (INSPIRE Raporu, 2010). **Akarsu verisi**, yerüstü ve yeraltı sularının tek ve çok amaçlı kullanımı, toprak erozyonunun ve taşkın zararlarının önlenmesi ile yükümlü kılınan Devlet Su İşleri (DSİ) tarafından üretilen konumsal veri niteliğindedir. Diğer bir taraftan Harita Genel Komutanlığı (HGK) 1/25.000 ve daha küçük ölçekli temel haritaların su katmanı, yeryüzü suları (akarsular, göller, baraj gölleri, kanallar, denizler vb.) bilgilerini kapsayan konumsal veriler de üretmektedir. **İdari sınır verisi**, Türkiye’de idari sınırların üretilmesinden sorumlu kurum İller İdaresi Genel Müdürlüğüdür. Ancak Harita Genel Komutanlığı, il özel idareleri, yerel yönetimler ve Mahalli İdareler Genel Müdürlüğü



de idari sınır verisi üretmektedir. **İmar durum verisi**, üretimi İller Bankası Anonim Şirketi, ÇŞB ve il özel idareleri ve yerel yönetimlerin sorumluluğundadır. **Kadastral durum verisi**, üretimi Tapu Kadastro Genel Müdürlüğü ve Orman Genel Müdürlüğü tarafından yapılmaktadır. Orman kadastro özelinde Orman Genel Müdürlüğü tarafından da kadastro haritaları üretilmektedir. **Orman verisi**, üretimi Orman Genel Müdürlüğüne aittir. Bu veriler genel olarak uydu görüntülerinden faydalanılarak üretilmektedir. **Hidroğrafya verisi**, akarsu, göl, baraj, dere, kıyı, havza, su yapıları gibi veri setlerini kapsamaktadır. Hidroğrafya konumsal verisini başta DSİ olmak üzere HGK da üretmektedir. Tek tek irdelenen tüm konumsal verilerin hangi kurum tarafından üretilip kullanıldığı detaylı olarak irdelenmiş, hangi ölçek ve formatta üretildiği gibi bilgiler ise Tablo 1’de kısaca özetlenmiştir.

Tablo 1. İklim modellemesi konumsal verilerinin kurum bazında mevcut durumları (Türkiye’de Coğrafi Veri Değerlendirme Raporu, 2018)

Konumsal veri	Veri Üreten kurum- Ölçek- Üretildiği mevcut format			
İdari sınır	İller İdaresi Genel Müdürlüğü	Harita Genel Komutanlığı	İl özel İdare- Belediyeler	Mahalli İdareler Genel Müdürlüğü
	1/25.000 “gdb/.shp”	1/25.000, 1/1.000.000 “gdb/.shp”	1/1000 “ncz”, “.dxf, .dwg”, “.shp”	“ncz”
Akarsu	Devlet Su İşleri	Harita Genel Komutanlığı		
	1/1000, 1/2000, 1/5000, 1/10.000 “dwg/.dxf”, “.gdb/.shp”	1/25.000 ve daha küçük ölçekli “gdb/.shp”		
Topoğrafya	İller Bankası Anonim Şirketi	Harita Genel Komutanlığı	İl özel İdare- Belediyeler	
	1/25.000 “ncz”	1/25.000, 1/50.000, 1/100.000, 1/250.000, 1/500.000, 1/1.000.000 “gdb/.shp”	1/1000 “ncz”, “.dxf, .dwg”, “.shp”	
Arazi örtüsü	Orman Genel Müdürlüğü	Harita Genel Komutanlığı	İl özel İdare- Belediyeler	Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı
	1/5000 “ncz”, “.gdb/.shp”	1/25.000 “gdb/.shp”	1/1000 “ncz”, “.dxf, .dwg”, “.shp”	1/100.000 “gdb/.shp”
İmar	İller Bankası Anonim Şirketi	Çevre ve Şehircilik Bakanlığı	İl özel İdare- Belediyeler	
	1/1000, 1/5000 “ncz”	1/1000, 1/5000, 1/25.000, 1/50.000, 1/100.000 “gdb/.shp”	1/1000 “ncz”, “.dxf, .dwg”, “.shp”	
İklim	Devlet Meteoroloji Genel Müdürlüğü			
	“excel”			
Toprak	Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı			
	1/25.000 “gdb/.shp”			
Kadastro	Tapu Kadastro Genel Müdürlüğü	Orman Genel Müdürlüğü		
	1/5000 ve daha üst ölçekli “ncz”	1/5000 “ncz”, “.gdb/.shp”		
Orman	Orman Genel Müdürlüğü			
	1/5000 “ncz”, “.gdb/.shp”			
Hidroğrafya (Havza yapısı)	Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü İşleri	Harita Genel Komutanlığı		
	1/1000, 1/2000, 1/5000, 1/10.000 “dwg/.dxf”, “.gdb/.shp”	1/25.000 “gdb/.shp”		

2. BULGULAR VE SONUÇLAR

Bu çalışmada, iklim modellemesi için önemlilik arz eden konumsal verilerin mevcut durumları genel hatlarıyla ele alınmıştır. Modelleme için gerekli konumsal verilerin hangi kurumlardan temin edildiği üretici kurum-konumsal veri şeklinde incelenmiştir. Ayrıca üretici kurumların verilerini hangi ölçekte ve formatta ürettikleri tespit edilmiştir. Araştırmalar sonucunda birçok konumsal verinin tek merkezden sunulduğu bunun yanında birçok konumsal verinin ise birden fazla kurum tarafından üretildiği tespit edilmiştir. Her üretici kurumun kendi bünyesinde farklı ölçeklerde ve formatlarda verilerini ürettikleri belirlenmiştir dolayısıyla üretilen verilerin mükerrer veri statüsüne girdikleri tespit edilmiştir. Ayrıca konumsal verileri üreten kurumların bu verilerini tek formatta yani standart bir veri formatında üretmedikleri, üreten kurumların ise yeterli sunumlarını sağlayamadıkları tespit edilmiştir. Dolayısıyla modelleme yapılmadan önce öncelikli olarak çalışma için gerekli olan konumsal verilerin tek kurum merkezli üretilmesi önemli bir gerekliliktir. Aksine uygulama için kullanılacak olan konumsal veriler için her kurumdan veri temini yapılarak düzenleme gerekmektedir. Çünkü verilerin hassasiyetinin,



doğruluğunun ve güncelliğinin sorgulanması gerektiği ortaya çıkmaktadır. Her bir coğrafi veri tek tek irdelendiğinde bu verileri üreten kurumların doğru yaklaşımları olmasının yanında, eksik çalışmalarının daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Dolayısıyla bu verilerin yerel düzeyde, sorgulama ve analiz esnasında, gerektiğinde en doğru sonuca erişimi sağlayacak nitelikte üretilmesi gerekmektedir. Akabinde iklim modellemesi için gerekli konumsal verilerin tek bir standarda uygun veri üretmeleri sağlanmalıdır. Böylece yapılacak çalışmalarda veri temini ve paylaşımı noktasında kolaylık sağlanmış olunacak, veriye kolayca erişim hızlanmış olacaktır.

KAYNAKLAR

- Aydinoğlu, A.C., Yomralıoğlu, T. (2008). Arazi Örtüsünü Temsil Eden Coğrafi Veritabanı Tasarımı", II. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu, Erciyes Üniversitesi, 13-15 Ekim 2008, Kayseri.
- Berberoğlu, S., Çilek, A., Dönmez, C., Erdoğan, M. A., Ersoy, M., Akın, A. Ve Şatır, O. (2014). İklim Değişikliğinin Türkiye’de Çevresel Risk Dağılımına Etkisinin Konumsal Modeller Yardımıyla Tahmini, 5. Uzaktan Algılama-CBS Sempozyumu (Uzal-CBS 2014), 14-17 Ekim 2014, İstanbul.
- INSPIRE (2010). INSPIRE Direktifinin Uygulanmasına Yönelik Yatay Sektörde Kapasite Geliştirme İçin Teknik Destek Projesi. <http://inspire.gov.tr/INSPIREWEB/Pages/TR/projebilgileri.html>.
- IPCC (1996b). Climate Change 1995, Impacts, Adaptations and mitigation of Climate Change: Scientific-Technical Analyses. Contribution of Working Group II to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Watson R, T., et al., Eds., WMO/UNEP. Cambridge University Press, New York.
- IPCC (2013). Climate Change 2013. The physical Science Basis, https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/WG1AR5_SummaryVolume_FINAL.pdf, ISBN 978-92-9169-138-8
- İlbey (2012). Mekânsal Veri Standartlarının Uygulanması, T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Tapu ve Kadastro Uzmanlık Tezi, Ankara.
- Önol, B., Ünal, Y. S., Dalfes, H. N. (2009). İklim değişimi senaryosunun Türkiye üzerindeki etkilerinin Modellenmesi, *itüdergisi/d mühendislik* **8:5**, 169-177, Ekim 2009.
- Sertel, E. Ve Örmeci, C. (2009). Bölgesel iklim modellemede kullanılan arazi örtüsü verilerinin doğruluğunun araştırılması, *itüdergisi/dmühendislik* **8:3**, 29-38, Haziran 2009
- Sertel (2008). Remote Sensing And Regional Climate Modeling Of Impacts Of Land Cover Changes On The Climate Of The Marmara Region Of Turkey, Istanbul Technical University, Ph.D. Thesis, Institute Of Science And Technology, Istanbul.
- T. C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (2018), Coğrafi Bilgi Sistemleri Genel Müdürlüğü Türkiye’de Coğrafi Veri Değerlendirme Raporu 2018.
- T. C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2012. Türkiye İklim Değişikliği Stratejisi 2010-2013.
- URL-1 (2017). <http://www.tarim.gov.tr/Konular/Tarim-Arazileri-Değerlendirme/Projeler>



EGE BÖLGESİ İÇİN HAVA KİRLİLİĞİ PARAMETRELERİNİN(PM₁₀, SO₂) COĞRAFI BİLGİ SİSTEMLERİ YARDIMIYLA KONUMSAL ANALİZİ

H. Ebru Çolak¹, T. Memişoğlu², G. Bediroğlu³

¹ Doç. Dr., Harita Müh. Bölümü, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon,

² Araştırma Görevlisi, Harita Müh. Bölümü, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon,

³ Araştırma Görevlisi, Harita Müh. Bölümü, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon,

Email: ecolak@ktu.edu.tr

tugbamemisoglu@gmail.com

gmzeyilmaz08@gmail.com

ÖZET

Bu çalışmada Ege Bölgesine ait illerde (İzmir, Manisa, Aydın, Denizli, Muğla, Afyon, Kütahya ve Uşak) Partikül madde (PM₁₀) ve Kükürtdioksit (SO₂) hava kalitesi parametrelerinin meydana getirdiği hava kirliliğinin çevre ve insanlar açısından tehdit altında olduğu noktalar, Coğrafi Bilgi Sistemleri(CBS) kullanılarak konumsal olarak analiz edilmiştir. Bu bağlamda, Ege Bölgesinin 2017 yılına ait bir yıllık ortalama PM₁₀, SO₂ hava kirlilik parametreleri Ulusal Hava İzleme istasyonunda kaydedilen raporlardan temin edilerek düzenlenmiş ve ArcGIS 10.4 programında hazırlanan coğrafi veritabanına eklenerek konumla ilişkilendirilmiştir. Akabinde Coğrafi Bilgi Sistemlerinde Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon yöntemi(IDW) kullanılarak Ege bölgesinin PM₁₀ ve SO₂ hava kalitesi parametrelerinin meydana getirdiği kirliliğin konumsal analizi gerçekleştirilmiş ve sonuçlar haritalandırılmıştır.

ANAHTAR KELİMELER: Hava kalitesi, Partikül madde (PM₁₀), Kükürtdioksit (SO₂), Konumsal analiz, IDW

AEGEAN REGIONAL AIR POLLUTION PARAMETERS (PM₁₀, SO₂) SPATIAL ANALYSIS OF GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS

¹ Assoc. Dr., Geomatic Engineering Department, Karadeniz Teknik University, Trabzon

² Research Assistant, Geomatic Engineering Department, Karadeniz Teknik University, Trabzon

³ Research Assistant, Geomatic Engineering Department, Karadeniz Teknik University, Trabzon

Email: ecolak@ktu.edu.tr

tugbamemisoglu@gmail.com

gmzeyilmaz08@gmail.com

ABSTRACT

In this study, in the provinces belonging to Aegean Region (Izmir, Manisa, Aydın, Denizli, Mugla, Afyon, Kutahya and Usak), important points exposed to air pollution due to particulate matter (PM₁₀) and sulfur dioxide (SO₂) air quality parameters threat were analyzed spatially using Geographic Information Systems (GIS). In this context, Aegean Region's average annual PM₁₀, SO₂ air pollution parameters for 2017 was obtained from the reports recorded at the National Weather Station. Then it was



added to the geographic database and associated with the location. Then, by using the Reverse Distance Weighted Interpolation method (IDW) in Geographical Information Systems, the spatial analysis of the pollution caused by the parameters of PM₁₀ and SO₂ air quality of the Aegean region was performed and the results were mapped.

KEYWORDS: Air quality, Particulate matter (PM₁₀), Sulfur dioxide (SO₂), Spatial analysis, IDW.

1. GİRİŞ

Hava kirliliği, insan sağlığına, ekosisteme ve çevreye oldukça zarar veren katı, sıvı ve gaz şeklindeki yabancı maddelerin uzun sürede atmosferde bulunması şeklinde tanımlanmakta, atmosferin doğal yapısını bozarak, insan yaşamını olumsuz etkilemektedir (EEA, 2017). Hava kirliliğine sebep olan hava kirlleticiler genel olarak incelendiğinde; havaya gaz, katı partiküller ve sıvı şeklinde yayılan partiküller olarak belirlenmektedir. Bu parametrelerden en önemlileri arasında Partikül Madde (PM₁₀), Kükürt dioksit (SO₂), Karbon monoksit (CO), Karbondioksit (CO₂), Ozon (O₃), Azotoksitler (NO_x) ve Hidrokarbonlar (HC) yer almaktadır (Akyürek vd., 2013). Bu kirleticiler tespit edilememesi ve önlemlerinin alınmaması neticesinde oldukça ciddi sıkıntılara sebep olabilmektedir. Genel olarak inceleme yapıldığında, hem ülke genelinde hem de dünya çapında tespit edilen hava kirliliği parametrelerinin insan ve çevre üzerinde meydana getirdiği etkiler üzerine birçok çalışma yürütüldüğü görülmektedir (Tayanç,2007; Tuncel,2013; Garipağaoğlu,2013; Demirarslan ve Akıncı,2016; Demirarslan ve Akıncı,2016; Özbey vd., 2017). Özellikle de CBS teknolojilerinin istatistiksel ve deterministik yöntemlerini içeren analizleri ile etkili bir şekilde hava kirliliğinin bölgesel yaygınlığını nerelerde yoğunlaştığını ve diğer konumsal ilişkilerinin araştırıldığı pek çok çalışma mevcuttur (Akyürek vd.,2013; Demirarslan ve Akıncı,2016; Demirarslan ve Akıncı,2016). CBS’de hava kalitesinin izlenmesi bağlamında kullanılan önemli deterministik yöntemlerden birisi Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon yöntemi (IDW)’dir. IDW analiz yöntemi, CBS’de bulunan önemli bir konumsal enterpolasyon yöntemlerinden birisidir. Bu yöntemde, bilinen örneklem noktalara ait değerlerinin yardımıyla örneklenmeyen noktalara ait hücre değerleri belirlenmektedir. İlgili hücrelerden uzaklaşan çeşitli noktalar gözetilerek ve mesafedeki artışa bağlı olarak hücre değerleri hesap edilmektedir (Çolak, 2010). Ayrıca Dünya Sağlık Örgütü (WHO) ve Avrupa Birliği (AB)’nin PM₁₀ ve SO₂ hava kalitesi parametrelerine dair getirdiği sınırlamalara uyulması ve dünya çapında bu sınırların baz alınması gerekliliğini vurgulamaktadır. İnsan sağlığı ve ekosistemin korunması için hava kalitesi irdelendiğinde AB’ne üye ülkelerde yıllık PM₁₀ değeri 40µg/m³ olarak, bunun yanında WHO açısından değerlendirme yapıldığında ise bu sınır değeri 20 µg/m³ değerinden küçük olması gerektiği belirlenmiştir. Diğer yandan SO₂ kirlilik parametresi incelendiğinde AB’ne üye ülkelerde yıllık sınır değer 20 µg/m³ olarak belirlenirken, WHO açısından ise 50 µg/m³ şeklinde tanımlanmıştır. Ülkemizde ise uygulanan değerler 2018 yılı itibarıyla yıllık olarak PM₁₀ için 44 µg/m³, SO₂ için yıllık 20 µg/m³ şeklindedir (URL-1,2017; Hava kirliliği raporu, 2016). Bu çalışmada Ege bölgesinin tamamını kapsayan illerdeki iki temel kirleticiler parametre olan PM₁₀ ve SO₂ parametrelerinin Coğrafi Bilgi Sistemleri kullanılarak konumsal analizler gerçekleştirilmiş, elde edilen sonuçlar hava kirliliği yüzey haritaları şeklinde sunulmuştur.

2. UYGULAMA

2.1. Konumsal verilerin temini ve konumsal veritabanının oluşturulması

Bu çalışma İzmir, Manisa, Aydın, Denizli, Muğla, Afyon, Kütahya ve Uşak illerini kapsayan, ülkemizin batısında yer alan ve 5. büyük bölgemiz olan Ege bölgesinde gerçekleştirilmiştir. Ulusal Hava Kalitesi İzleme istasyonlarından Ege bölgesinin 2017 yılına ait hava kalitesi değerleri (PM₁₀ ve SO₂) yıllık maximum, minimum ve ortalama değer olacak şekilde temin edilmiştir ve düzenlenmiştir. Elde edilen

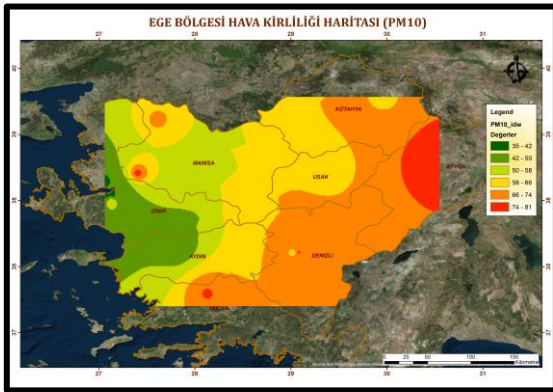
veriler Tablo 1’de gösterilmektedir. Düzenlenmiş veriler daha sonra konumsal verilerle ilişkilendirilerek konumsal veritabanı oluşturulmuş ve analize hazır hale getirilerek ArcGIS 10.4 programına aktarılmıştır.

Tablo 1. Ege bölgesi PM₁₀ ve SO₂ hava kirliliği parametre değerleri

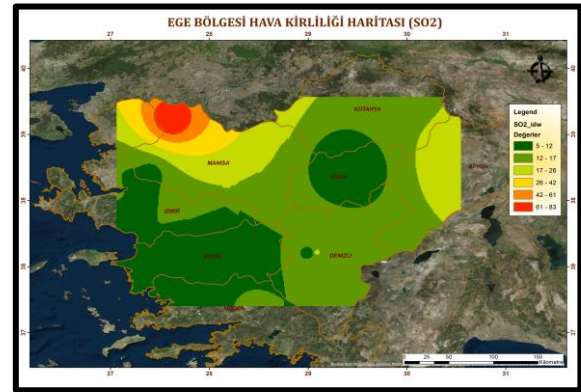
İstasyonlar	min_PM ₁₀	min_SO ₂	max_PM ₁₀	max_SO ₂	ort_PM ₁₀	ort_SO ₂	Boylam	Enlem
	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³		
Aydın	15	0	99	59	45	9	27.836666	37.840277
Afyon	4	1	378	173	82	23	30.543129	38.751810
Denizli-Bayramyeri	24	1	249	129	75	19	29.080494	37.780276
Denizli-Merkezefendi	20	1	167	49	64	9	29.032048	37.776126
İzmir-Alsancak	2	1	126	18	45	9	27.221389	38.469167
İzmir-Bayraklı	6	0	325	921	37	17	27.082778	38.395833
İzmir-Bornova	6	1	1818	32	48	14	27.109722	38.454167
İzmir-Gaziemir	11	4	173	580	42	12	27.148333	38.382500
İzmir-Güzelyalı	12	6	424	25	38	12	27.144444	38.432222
İzmir-Karşıyaka	13	2	169	34	60	8	27.134030	38.314311
İzmir-Şirinyer	15	2	164	25	50	8	27.166667	38.462222
Kütahya	20	1	196	96	66	16	29.985872	39.418814
Manisa	40	1	186	53	77	10	27.404722	38.615277
Manisa-Soma	0	0	219	457	68	84	27.612777	39.181388
Muğla-Muslukhittin	17	2	191	179	67	15	28.356836	37.213722
Muğla-Yatağan	24	2	155	38	75	5	28.134324	37.341345
Uşak	23	1	133	15	65	6	29.405684	38.672750

2.2. Ege bölgesinin PM₁₀ ve SO₂ hava kirliliği haritalarının üretilmesi

Konumla ilişkilendirilerek analize hazır hale getirilen hava kalitesi parametre değerleri, tek tek ele alınarak ArcGIS 10.4 programının deterministik yöntemlerinden birisi olan IDW yöntemi kullanılarak konumsal enterpolasyonları gerçekleştirilerek, hava kirliliği yüzey haritaları oluşturulmuştur. Akabinde analiz sonuçları haritalandırılmıştır. Ege Bölgesi için havadaki partikül madde (PM₁₀) yoğunluk haritası Şekil 1’de; havadaki kükürtdioksit (SO₂) yoğunluk haritası ise Şekil 2’de yer almaktadır.



Şekil 1. Ege bölgesi 2017 yılına ait PM₁₀ hava kirliliği parametre haritası



Şekil 2. Ege bölgesi 2017 yılına ait SO₂ hava kirliliği parametre haritası



3. SONUÇLAR

Yapılan bu çalışmada Ege bölgesinde meydana gelen hava kirliliğine sebep olan PM₁₀ ve SO₂ hava kirliliği parametrelerinin 2017 yılına ait yıllık ortalama değerleri baz alınmış ve bu değerler konumla ilişkilendirilerek CBS teknikleriyle entegre IDW deterministik yöntemi kullanılarak analiz edilmiş ve sonuçlar haritalar şeklinde sunulmuştur. Elde edilen sonuçlar neticesinde PM₁₀'dan kaynaklı kirlilik riskinin en fazla Manisa ve Afyon illerine rastgelen istasyon noktasına yakın alanlarda meydana geldiği belirlenmiştir. Muğla, Denizli, Uşak ve Kütahya illerin bazı bölümlerinde ise ikinci derecede kirlilik riskinin var olduğu, temize en yakın alanın ise İzmir kıyılarına yakın yerler ve Aydın ilinin belirli bölgelerinin olduğu tespit edilmiştir. Dolayısıyla 2017 yılına ait değerlendirmeler sonucunda PM₁₀ hava kirletici parametresine karşı başta Manisa ve Afyon illeri olmak üzere diğer illerde oldukça önemli önlem çalışmalarının alınması gerekmektedir. Elde edilen ikinci analiz sonucunda SO₂ hava kirletici parametresine maruz kalan en riskli alanın Manisa ili olduğu, İzmir ilinin güney kısmına denk gelen küçük bir kısmında risk altında olduğu tespit edilmiştir. Manisa ili dışındaki illerin daha temiz, SO₂'den kaynaklı kirlilik riskinin daha az olduğu görülmektedir. Ege bölgesine ait elde edilen tüm sonuçlar, ülke geneli için temiz sayılacak alanların ülke standartlarına göre yaklaşık değerlerde olduğu ancak AB ve WHO standartlarına göre irdelendiğinde ise kirlilik riski altında olduğu görülmüştür. Bu nedenle bölge için hava kirliliğini önleyici ve tedbir çalışmalarının yürütülmesi gerektiği tespit edilmiştir. Yapılan bu çalışma Ege bölgesinde yapılması planlanan önlem çalışmalarına altlık olacak ayrıca yol gösterecek nitelikte olacaktır.

KAYNAKLAR

Akyürek, Ö., Arslan, O. ve Karademir, A. (2013). SO₂ ve PM₁₀ Hava kirliliği Parametrelerinin CBS İle Konumsal Analizi: Kocaeli Örneği. TMMOB Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi. 11-13 Kasım, Ankara.

Çolak, H. E. (2010). Coğrafi Bilgi Sistemleri İle Doğu Karadeniz Bölgesi'ndeki Kanser Vakalarının Konumsal Analizleri, Doktora Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

Demirarslan, K. O. ve Akıncı, H. (2016). Doğu Karadeniz Bölgesinde Kükürtdioksit (SO₂) Dağılımlarının Coğrafi Bilgi Sistemleri Yardımıyla Belirlenmesi, *Artvin Çoruh Üniversitesi Doğal Afetler Uygulama ve Araştırma Merkezi Doğal Afetler ve Çevre Dergisi* **2:2**, 81-99.

Demirarslan, K. O. ve Akıncı, H. (2016). Doğu Karadeniz Bölgesindeki Partikül Madde Dağılımlarının Coğrafi Bilgi Sistemleri Yardımıyla Belirlenmesi, *Artvin Çoruh Üniversitesi Doğal Afetler Uygulama ve Araştırma Merkezi Doğal Afetler ve Çevre Dergisi* **2:1**, 30-45.

EEA (2017). Air quality in europe 2017, EEA Report No 13/2017, ISSN 1725-9177.

Garipağaoğlu, N. (2013). Tokat'ın Hava Kalitesinin Zamanla Değişimi ve Karadeniz Bölgesi İçerisindeki Durumu, Tokat Sempozyumu 1-3 Kasım 2012 Tokat Bildiriler Kitabı Cilt: II s.9-32, Özyurt Matbaacılık, Ankara.

Hava kirliliği raporu 2016 (2017). TMMOC Çevre Mühendisleri Odası Hava kirliliği raporu, Ocak 2017. http://www.cmo.org.tr/resimler/ekler/a941df595b4c831_ek.pdf?tipi=67&turu=H...0

Özbey, B. G., Geven, F., Güney, K., Bölükbaşı, A., Günday, B. (2017). Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin Hava Kalite Analizi (Mayıs 2016-2017), *Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi* **5:2**, 50-64.



TUJJBK TÜRKİYE ULUSAL
JEODEZİ VE JEOFİZİK BİRLİĞİ
BİLİMSEL KONGRESİ
30 Mayıs - 2 Haziran 2018, İzmir



Tayanç, M., Berçin, A. (2007). SO₂ modeling in İzmit Gulf, Turkey during winter of 1997: 3 cases, *Environ Model Assess* **07-12**, 119-129.

Tuncel, G. (2013). Türkiye’de Hava Kirliliği Çalışmaları, *Hava Kirliliği Araştırmaları Dergisi* 2,103-104.

URL-1, 2017. <http://www.havaizleme.gov.tr/hava.html>



KARADENİZ DENİZ YÜZEY SICAKLININ ARTVİN/HOPA'DA GERÇEKLEŞEN AŞIRI YAĞIŞA ETKİSİNİN İNCELENMESİ

Onur Hakan Doğan¹, Barış Önoğlu², Ufuk Utku Turunçoğlu³, Abdullah Kahraman⁴, Sezel Karayusufoğlu Uysal⁵

¹ Meteoroloji Müh., Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Meteoroloji 14. Bölge Md., Van

² Doçent, Meteoroloji Müh. Bölümü, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul

³ Doçent, Bilişim Enstitüsü, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul

⁴ Yrd. Doç., Meteoroloji Müh. Bölümü, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun

⁵ Meteoroloji Yük. Müh., Meteoroloji Genel Müdürlüğü Uzaktan Algılama Şube Müdürlüğü, Ankara
Email: onolba@itu.edu.tr

ÖZET

Küresel ölçekte değişen iklim koşulları ile birlikte aşırı yağış olaylarının gözlenme sıklığında da artışlar belirlenmiştir. Bu çalışmada, Doğu Karadeniz kıyı şeridinde 23-24 Ağustos 2015 tarihinde meydana gelen ekstrem yağış olayı WRF-ARW modeliyle 27, 9 ve 3 km çözünürlüğe sahip iç içe yuvalanmış çalışma alanları kullanılarak üretilen simülasyonlarla analiz edilmiştir. Yağış bitiş tarihinden itibaren sırasıyla 2 gün, 4 gün, 7 gün, 15 gün, 24 gün, 24 gün 12 saat, 25 gün, 25 gün 12 saat, ve 26 gün önce başlayacak şekilde simülasyonlar üretilmiştir. Aşırı yağışın en önemli nedenlerinden biri olan Karadeniz deniz yüzey sıcaklığının etkisi simülasyonlarda 1 °C, 2 °C ve 3 °C düşürülerek azaltılmış ve yağış miktarında meydana gelen değişiklikler analiz edilmiştir. 4 günlük simülasyon yağış için 233 mm toplam yağış üretirken, Karadeniz deniz yüzey sıcaklığı 2 °C azaltıldığında 84 mm yağış üretmiştir. Yapılacak analizler sonucunda Karadeniz sahil şeridinde yıkıcı etkilere neden olan aşırı yağışların deniz yüzey sıcaklığıyla ilişkisi araştırılacak ve aşırı yağışlar için deniz yüzey sıcaklığı kritik eşik değeri belirlenecektir.

ANAHTAR KELİMELELER: Ekstrem yağışlar, deniz yüzey sıcaklığı, Karadeniz Bölgesi

EXAMINING THE ROLE OF SEA SURFACE TEMPERATURE OVER BLACK SEA ON THE EXTREME PRECIPITATION EVENT IN ARTVIN/HOPA

¹ Meteorological Engineer, Turkish State of Meteorological Service, 14th Region Office, Van

² Assoc. Prof., Department of Meteorology, Istanbul Technical University, Istanbul

³ Assoc. Prof., Department of Computational Science and Engineering, Istanbul Technical University,
Istanbul

⁴ Asst. Prof., Department of Meteorology, Ondokuz Mayıs University, Samsun

⁵ MSc, Turkish State of Meteorological Service, Remote Sensing Office, Ankara
Email: onolba@itu.edu.tr



ABSTRACT

Frequency of extreme precipitations, which leads to loss of life and property, increases with changing climate conditions around the world. In this study, 23-24th August 2015 extreme precipitation case over the Eastern Blacksea coastline is analyzed with WRF-ARW using 27, 9 and 3 km nested domains. Simulation periods are defined as 2 days, 4 days, 7 days, 15 days, 24 days, 24 days 12 hours, 25 days, 25 days 12 hours, and 26 days for the precipitation case. Sea surface temperature over the Black Sea forced by the simulation is decreased 1 °C, 2 °C and 3 °C respectively to define the effects of SST and each simulation has been analyzed in terms of total precipitation amount. 24-hours total precipitation is 233 mm for 4 days simulation. On the other hand, 84 mm total precipitation is predicted when the Black Sea surface temperature is decreased 2 °C. The critical threshold for warmed SST which enhances extreme precipitations over the Eastern Blacksea region has been investigated.

KEYWORDS: Extreme precipitations, Sea Surface Temperature, Black Sea Region

1. GİRİŞ

Küresel ölçekte değişen iklim koşulları ile birlikte aşırı yağış olaylarının gözlenme sıklığında da artışlar belirlenmiştir (Westra vd. 2014). Ani gelişen ve oldukça şiddetli gerçekleşen bu yağışların can ve mal kayıplarına yol açması önemini bir kat daha artırmaktadır. Hava sıcaklığının artışı ile yükselen deniz yüzey sıcaklıkları denizler üzerindeki buharlaşma miktarının artışı da doğrudan etkilemektedir. Aşırı yağışların sıklığı ve şiddeti oluşan bu yeni yüzey şartları sonucunda artış göstermektedir. Özellikle yaz aylarında Karadeniz bölgesinde yoğun şekilde yaşanan aşırı yağış olayları deniz-atmosfer etkileşiminin güçlenmesi sonucunda daha sık yaşanmaya başlamıştır. Dee vd. (2011) tarafından yapılan çalışmada Akdeniz ve Karadeniz üzerinde konvektif kaynaklı aşırı yağışların deniz yüzey sıcaklıkları ile birlikte artış gösterdiği belirtilmiştir. Yine WRF modeli kullanılarak yapılan bir başka çalışmada Karadeniz'in kuzey kıyılarındaki aşırı yağış olayının deniz suyu sıcaklığı ile doğrudan ilişkisi ortaya konmuştur (Meredith vd. 2015). Bu çalışmada Doğu Karadeniz kıyı şeridinde meydana gelen ve daha çok Hopa'yı etkileyen aşırı yağış olayı WRF-ARW (Skamarock vd. 2008) sayısal hava tahmin modeli kullanılarak araştırılmıştır. 23-24 Ağustos 2015 tarihlerinde Hopa'da meydana gelen sel olayında Hopa istasyon ölçümlerine göre 24 saatlik periyotta (23 Ağustos 2100Z ve 24 Ağustos 2100Z) 255 mm yağış miktarı gözlenmiştir. Burada gerçekleşen aşırı yağışın Karadeniz deniz yüzey sıcaklığında Ağustos ayında ortaya çıkan 2.5 °C pozitif anomali (referans dönem: 1981-2010) yardımıyla güçlendiği düşünülmektedir. Bu çalışmada Karadeniz'in nem kaynağı olarak etkisinin azaltılması için WRF simülasyonlarında kullandığımız deniz yüzey sıcaklığı sadece Karadeniz için 1 °C, 2 °C ve 3 °C düşürülerek yağış miktarında meydana gelen değişiklikler araştırılmıştır. Karadeniz deniz yüzey sıcaklığının aşırı yağışlara etkisini belirleyebilmek için 3 adet duyarlılık simülasyonu hazırlanmıştır.

2. VERİ VE YÖNTEM

WRF-ARW v3.8 simülasyonları iç içe yuvalanmış 3 adet (27-9-3km) model alanı ve 40 düşey seviye kullanılarak üretilmiştir (Şekil 1). En içteki 3-km yatay çözünürlüğe sahip model alanı tüm Karadeniz'i ve kıyı şeridindeki atmosfer olaylarını kapsayacak şekilde seçilmiştir. Simülasyonlar yukarı seviye ve yeryüzeyinde ECMWF ERA-Interim Re-analiz verisiyle zorlanmış (Simmons vd., 2006), deniz yüzey

sıcaklığı için ise NCEP NOAA verileri kullanılmıştır. Buna ek olarak, simülasyonların başlangıç tarihleri değiştirilerek, yağış bitiş tarihinden itibaren sırasıyla 2 gün, 4 gün, 7 gün, 15 gün, 24 gün, 24 gün 12 saat, 25 gün, 25 gün 12 saat, ve 26 gün önce başlayacak şekilde 9 adet topluluk simülasyonu oluşturulmuştur. Simülasyonların sonuçlarını test edebilmek için uydu tabanlı Global Precipitation Measurement (GPM, Huffman vd. 2018) verisi kullanılmıştır.

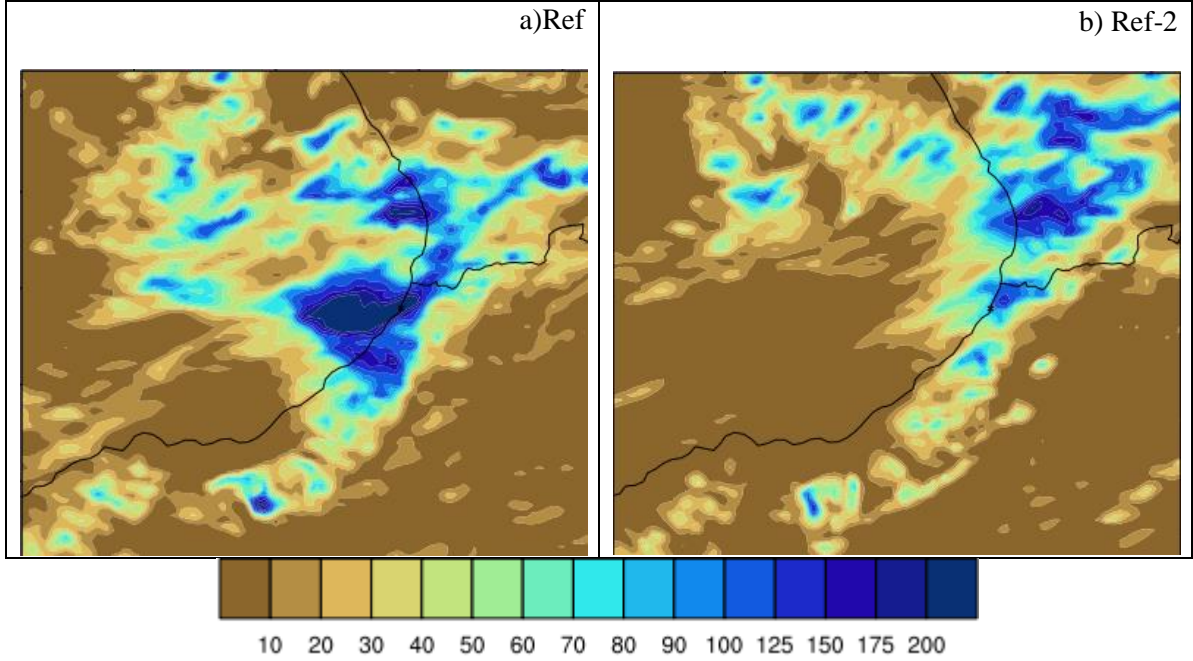
3. UYGULAMA VE SONUÇLAR

Yağış tarihinden 3 gün önce başlatılan simülasyon uydu verisiyle en uyumlu sonuçlar ürettiğinden Referans Simülasyonu (Ref) olarak seçilmiştir. Bu simülasyon 23 Ağustos 21Z ile 24 Ağustos 21Z zaman aralığındaki 24 saatte 233 mm yağış sonucu üretmiştir. Karadeniz deniz yüzeyi aşırı yağışları arttıran bir nem kaynağı olarak düşünülerek, 6 saatlik NCEP NOAA deniz yüzey sıcaklığı verileri sadece Karadeniz yüzeyi üzerinden 1°C (Ref-1), 2°C (Ref-2) ve 3°C (Ref-3) düşürülecek şekilde değiştirilerek simülasyonlar üretilmiştir.



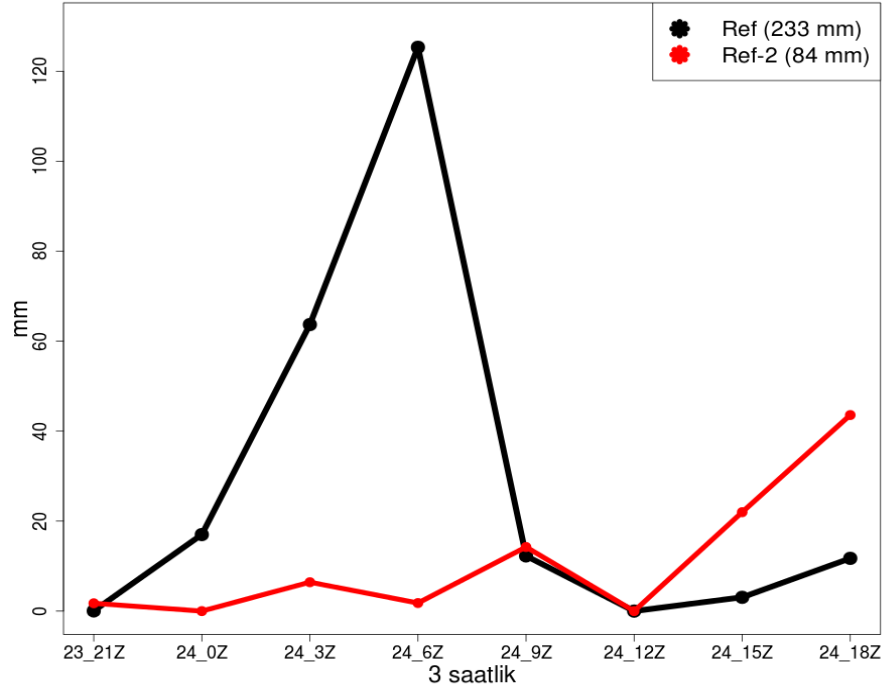
Şekil 1. İç içe yuvalanmış 27 km, 9 km ve 3km çözünürlüklü model alanları

2015 Ağustos ayında iklim ortalamalarından yaklaşık 2.5 °C yüksek olan Karadeniz deniz yüzey sıcaklığı 2 °C azaltıldığında aynı 24 saatlik zaman aralığı için WRF modeli toplam 83 mm yağış üretmiştir. Yağış deseni incelendiğinde Ref simülasyonunda Hopa ve Rize'yi içine alacak şekilde deniz üzerinde oldukça etkili olan yağış sistemi, Ref-2'de deniz üzerindeki etkisini yitirerek sadece Hopa kuzeyinde küçük bir alanı etkiler duruma gelmiştir (Şekil 2a ve 2b). Bunun yanında, yağış toplamı 3 saatlik periyotlar halinde incelendiğinde Ref'de 24 Ağustos 03Z ve 06Z 3 saatlik periyotta hesaplanan 65 mm yağış Ref-2'de 10 mm'ye, 06Z ve 09Z 3 saatlik periyotunda hesaplanan 125 mm yağış, Ref-2'de 3 mm'ye düşerek yıkıcı etkisini yitirmiştir (Şekil 3). Ref sonuçlarından farklı olarak Ref-2'de 24 Ağustos 2015 15Z-21Z 6 saatlik periyotta daha fazla yağış miktarı hesaplanmıştır.



Şekil 2. Referans Simülasyonu ve Referans-2 Simülasyonu 24 saatlik toplam yağış sonucu

Simülasyon 3 saatlik yağış toplamları



Şekil 3. Referans Simülasyonu ve Referans-2 Simülasyonu 3 saatlik toplam yağış grafiği



4. TARTIŞMA

Son 30 yılda giderek artan Karadeniz deniz yüzey sıcaklıklarının da etkisiyle şiddetlenen ve 23-24 Ağustos 2015 tarihlerinde Hopa’da sele neden olan yağış olayı WRF modeli kullanılarak simüle edilmiştir. 4 günlük referans simülasyonunun 24 saatlik ürettiği toplam yağış istasyon gözlemine (Hopa: 255 mm) en yakın sonuç olarak hesaplanmıştır. Girdi verisi olarak kullanılan NCEP NOAA verisinde tüm simülasyon boyunca sadece Karadeniz deniz yüzey sıcaklıklarından 2°C düşürülerek simülasyon tekrar edilmiş (Ref-2) ve 84 mm toplam yağışın hesaplandığı görülmüştür. Yağıştaki bu azalma daha uzun bir zaman dilimi için yapılan 9 adet topluluk simülasyonunda da aynı yönde olmuştur. Simülasyonlar aynı şekilde sadece Karadeniz deniz yüzey sıcaklığı 1°C, 2°C ve 3°C azaltılarak tekrarlanmıştır. Yapılacak ayrıntılı analizler sonucunda özellikle Karadeniz sahil şeridinde yazın ve sonbahara geçişte etkili olan aşırı yağışların oluşumunda deniz yüzey sıcaklıklarının ne ölçüde katkıda bulunduğu açığa çıkarılacaktır. Yağışları şiddetlendiren mekanizmalar araştırılacak ve Karadeniz için deniz yüzey sıcaklıklarında kritik eşik değerinin varlığı tartışılacaktır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Türkiye Jeodezi ve Jeofizik Birliği tarafından desteklenen “Yaz Mevsimindeki Deniz Yüzey Sıcaklıklarının Karadeniz Bölgesindeki Şiddetli Yağışlara Etkisinin Atmosfer Modelleri Kullanılarak İncelenmesi” (TUJJB TUMEHAP-01-17) projesi kapsamında yapılmıştır.

KAYNAKLAR

Dee DP ve diğerleri., 2011, The ERA-Interim reanalysis: configuration and performance of the data assimilation system. Q. J. R. Meteorol. Soc. 137: 553–597. DOI:10.1002/qj.828

Huffman, G.J., D.T. Bolvin, D. Braithwaite, K. Hsu, R. Joyce, C. Kidd, E.J. Nelkin, S. Sorooshian, J. Tan, P. Xie, 2018: Algorithm Theoretical Basis Document (ATBD) Version 5.2 for the NASA Global Precipitation Measurement (GPM) Integrated Multi-satellite Retrievals for GPM (IMERG). GPM Project, Greenbelt, MD, 36 pp

Meredith, E. P., Vladimir A. Semenov, Douglas Maraun, Wonsun Park and Alexander, V. C., 2015, Crucial role of Black Sea warming in amplifying the 2012 Krymsk precipitation extreme. Nature Geoscience. doi: 10.1038/NGEO2483

Simmons A, Uppala S, Dee D, Kobayashi S. 2006. ERA-Interim: New ECMWF reanalysis products from 1989 onwards. *ECMWF Newsletter* **110**: 26–35.

Skamarock, W. C., and Coauthors, 2008: A Description of the Advanced Research WRF Version 3. NCAR Technical Note NCAR/TN-475+STR, doi:10.5065/D68S4MVH.

Westra, S., H.J. Fowler, J.P. Evans, L.V. Alexander, P. Berg, F. Johnson, E.J. Kendon, G. Lenderink, and N.M. Roberts (2014), Future changes to the intensity and frequency of short-duration extreme rainfall, *Rev. Geophys.*, 52, 522-555, doi: 10.1002/2014RG000464.



SICAKLIKLARDAKİ TÜRDEŞLİK KIRIKLIKLARININ KUZEY ATLANTİK SALINIMI (NAO) İLE İLİŞKİSİ

Mesut DEMİRCAN¹, Hüseyin ARABACI¹, Mustafa COŞKUN², Necla TÜRKÖĞLU³,
İhsan ÇİÇEK³

¹ Mühendis, ² Yrd. Doç. Dr., Araştırma D. B., Meteoroloji Genel Müdürlüğü

³ Doç. Dr., Prof. Dr., Ankara Üniversitesi, Dil ve Tarih Coğrafya Fakültesi
Email: mdemircan@mgm.gov.tr.

ÖZET

İklim kayıtları, uzun bir dönem boyunca toplanmış meteoroloji verileri üzerine kurulmuştur. İklimin zaman bağımlı davranış izleri olan eğilimini ve değişimini gösteren, iklimsel risk etkileri ve aşırılıkların değerlendirilmesi için verilerdeki süreklilik ve türdeşlik önemlidir. İklim değerlendirmelerini yapabilmek, iklimdeki değişimleri tespit etmek, doğru tahmin ve modelleme yapabilmek için doğru ve tutarlı verilere ihtiyaç vardır. Türdeşliği (homojenliği) sağlamanın en iyi yolu, zor olmakla birlikte, gözlem çevresi ve sistemlerinin uygun yönetimlerle kayıtlarının tutulmasıdır. Veribilgi (metadata), gözlem yöntemlerini de içeren istasyonun tarihi bilgileridir. Önemli ekstrem hava olaylarının kayıtları da tutulmalıdır. Bu bilgiler veri kalitesi, devamlılığı ve türdeşliği çalışmalarında kullanıldığı için önemlidir. İklim değişebilirliği ve değişikliğini belirleme çalışmalarında kaliteli ve devamlılığı olan verilere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu tarihlerin birçok istasyonda görülmesi, iklim kendi doğal kırılmaları olduğunu düşündürmektedir. Bu neden ile elde edilen tarihlerin Kuzey Atlantik Salınımı (NAO) ile ilişkileri incelenmiştir.

ANAHTAR KELİMELEER: İklim, sıcaklık, türdeşlik, türdeşlik testi, NAO indisi

RELATIONSHIP BETWEEN HOMOGENEITY BREAKING POINTS IN TEMPERATURES AND NORTH ATLANTIC OSCILLATION (NAO)

¹ Engineer, ² Ass. Prof., Research Department, Turkish State Meteorological Service

³ Assoc. Prof. Dr., Prof. Dr., Ankara University, The Faculty of Languages, History And Geography
Email: mdemircan@mgm.gov.tr

ABSTRACT

Climate records is based on meteorological data collected over a long period. Continuity and homogeneity in the data is important due to showing trends and changes which are traces of time-dependent behavior of the climate and to evaluate the effects of climate risks and excesses. There is need for accurate and consistent data to make climate assessments, to identify changes in the climate, to make accurate predictions and modeling. The best way to provide homogeneity, although it is difficult, is keeping records observation's environment and the system with proper management. Metadata is station's historical information which is including the method of observation. Important extreme weather events should be kept as a record. This information is important due to using in data quality, the continuity and homogeneity studies. In determination studies of climate variability and change, data quality and continuity is needed. Deemed common breaking dates in many stations suggest that these



are natural fractures of climate. For this reason, relationships between obtained breaking dates and North Atlantic Oscillation (NAO) were examined.

KEYWORDS: Climate, temperature, homogeneity, homogeneity test, NAO indices

9. GİRİŞ

İklim kayıtları, uzun bir dönem boyunca toplanmış meteoroloji verileri üzerine kurulmuştur. İklim bilimcilerin bir kısmı, gözlem verilerindeki sürekliliğin, mutlak doğruluğundan (bu çok önemli değilse) daha önemli olduğu konusunu tartışmaktadırlar. Çünkü iklimin zaman bağımlı davranış izleri olan eğilimini ve değişimini gösteren, iklimsel risk etkileri ve ekstremelerin değerlendirilmesi için verilerdeki süreklilik önemlidir. Her durumda da iklim verisi, meteoroloji ve klimatoloji bilimlerini içeren bütün uygulamaların temel taşıdır (Akçakaya vd., 2013; Demircan vd., 2014; Demircan vd., 2015).

Eğim analizlerinin ilk basamağı türdeşlik analizleridir. Türdeş olmayan veri setleri istatistik çalışmalarda doğru sonuç vermezler. Türdeşliği bozuk olan veri serilerinde veribilgi (metadata) kullanılarak türdeşliğin sağlanması gereklidir. Veribilgi, veri hakkındaki veridir; yani üretilen veri hakkında gözlem zamanındaki değişimleri, alet veya üretim sistemlerini, algoritmaları, bakımı, değişimi, koordinatlarını ve çevresel koşulları içeren bilgidir (Akçakaya vd., 2013; Demircan vd., 2014; Demircan vd., 2015).

Türdeşlik testleri istasyon verilerindeki iklimin doğal değişimine bağlı olmayan yapay kırılmaları görmek için yapılır. Bununla birlikte eğer bir türdeşlik kırılması birden fazla istasyonda aynı ise bu durumda iklimdeki doğal değişimlere bağlı kırılmaları da gösterebilir.

Türkeş ve Erlat 2003 yılında yapmış oldukları çalışmada Kuzey Atlantik Salınımı (North Atlantic Oscillation – NAO) indisi ile Türkiye yağışlarının yıllık farkları arasında ters bir ilişki olduğunu ve NAO indisinin pozitif evresi Türkiye’de yağışların azalmasına yol açarken, negatif evresinde yağışlar artmaktadır.

NAO’nun türdeşlik kırılma tarihleri (TKT)’deki değerleri; 1971 (0,01), 1973 (-0,09), 1974 (0,19), 1976 (0,19), 1977 (-0,34), 1984 (0,25), 1987 (-0,12), 1993 (0,18), 1994 (0,58) ve 1997 (-0,16)’dir. Genel olarak NAO’nun pozitif – negatif (yada tam tersi) faz geçişlerin TKT ile uyumlu olduğu ve özellikle 1993 (37 istasyon) Anadolu’nun iç kesimlerinde, 1994 (3 istasyon) Kuzeydoğu Anadolu’da ve 1997 (48 istasyon) Anadolu’nun sahil kesimlerinde olduğu görülmektedir (Demircan vd., 2015).

10. YÖNTEM

Meteoroloji Genel Müdürlüğü’ne ait Türkiye üzerinde dağılım gösteren 97 istasyonda yapılan sıcaklık ölçümlerinden, 1961-2011 dönemine için aylık ortalama sıcaklık veri seti hazırlanmıştır (Demircan vd., 2014). Dünya Meteoroloji Organizasyonu (WMO) İklim Komisyonu’nun (CCI) ve Dünya İklim Araştırma Programı (WCRP) Okyanus-Atmosfer Sisteminin Değişkenlik ve Öngörülebilirliği (CLIVAR) ortak İklim Değişikliği Belirleme ve İndisleri Uzmanlar Grubu (ETCCDI) bir çalışma yapmışlardır. Bu grup iklim indislerini belirlemek için R istatistik paketi altında çalışan RCLimDex ve verilerin türdeşliğini (homojenliğini) belirlemek için RH-Test yazılımları geliştirilmiştir (URL 1). Çalışmada ETCCDI tarafından geliştirilen RH-Test yazılımı kullanılarak istasyonların veri setlerinin türdeşliği incelenmiştir. RH-Test yazılımı istasyon bazında, her bir istasyon için tek tek çalışmakta ve



sonuçları bir dosya çıktısı olarak vermektedir. RH-Testin üretmiş olduğu dosyalardan elde edilen türdeşlik kırılma tarih (TKT) verileri elde edilerek incelenmiştir. Yer ve yüksek atmosfer haritaları için internet tabanlı Climate Reanalyser (<http://cci-reanalyser.org/>) aracı kullanılmıştır.

TKT verileri ile NAO indisi arasındaki gözlemlenen ilişkiden yola çıkarak ortalama sıcaklık ile anomalileri ve NAO indisi arasındaki var olabilecek ilişki analiz edilmiştir. Türkiye sıcaklıkları ile NAO arasında Türkiye yağışlarına benzer şekilde ters bir ilişki çıkmıştır. Diğer bir deyişle NAO indisinin pozitif olduğu dönemde sıcaklıklar negatif anomali, NAOi'nin negatif olduğu dönemlerde sıcaklıklar pozitif anomali göstermektedir. Bununla birlikte bu ilişkinin anlamlılığı düşüktür.

NAOi ve TKT'ler arasındaki ilişki incelendiğinde; üç durum ortaya çıkmıştır (Şekil 1 ve 2). Birinci durum NAOi'nin kuvvetli pozitif olduğu dönemde, ortalama sıcaklık anomalisi negatiftir. İkinci durumda tersidir. Üçüncü durumda NAOi pozitif iken ortalama sıcaklık anomalisi de pozitiftir ya da tersidir. Ortalama sıcaklıklardaki var olan ilişkinin anlamlılık seviyesindeki düşüklüğün nedenini anlamak için bu üç durumdaki tarihler için yer ve yüksek atmosfer haritaları ve hava kütlelerinin kuzey yarım kürede gösterdiği desen durumları incelenmiştir. Bununla birlikte Türkiye ortalama sıcaklığı anomalisinin uygun ilişki gösterdiği durumda Ankara ortalama sıcaklık anomalisinin farklı ilişki gösterdiği de görülmektedir (Şekil 4).

YIL/AY	OCAK TKT GÖRÜLEN İSTASYON SAYISI	NAOi	TÜRKİYE	TR_Ano	ANKARA	Ank_Ano
1971	72	-1.13	5.87	2.61	4.40	4.08
1977	10	-1.04	2.32	-0.94	-1.20	-1.52
1983	3	1.59	0.54	-2.72	-3.60	-3.92
1987	12	-1.15	4.49	1.23	2.30	1.98
1988	57	1.02	3.74	0.48	1.70	1.38
1993	14	1.6	1.14	-2.12	-4.00	-4.32
1999	21	0.77	5.41	2.15	3.30	2.98
2001	6	0.25	5.41	2.15	3.00	2.68

Şekil 1. Ocak ayında görülen TKT sayısı, NAOi değeri, Türkiye ve Ankara ortalama sıcaklıkları ile anomalileri (1961-2011'den)

YIL/AY	HAZİRAN AYINDA TKT GÖRÜLEN İSTASYON SAYISI	NAOi	TÜRKİYE	TR_Ano	ANKARA	Ank_Ano
1971	6	-1.57	20.97	-0.54	19.30	-0.79
1972	11	0.88	21.15	-0.35	20.00	-0.09
1973	6	0.39	20.17	-1.33	18.70	-1.39
1975	10	-0.84	21.47	-0.04	20.30	0.21
1976	6	0.80	20.22	-1.28	18.40	-1.69
1992	2	0.20	20.64	-0.87	19.00	-1.09
1993	14	-0.59	20.97	-0.53	19.70	-0.39
1994	21	1.52	21.41	-0.09	20.60	0.51
1996	7	0.56	21.36	-0.15	20.20	0.11
1997	8	-1.47	21.66	0.16	20.20	0.11
2000	11	-0.03	21.78	0.27	19.80	-0.29

Şekil 2. Haziran ayında görülen TKT sayısı, NAOi değeri, Türkiye ve Ankara ortalama sıcaklıkları ile anomalileri (1961-2011'den)

11. TARTIŞMA ve SONUÇLAR

NAOi'nin değeri 1977 yılında -1.04 ve 1987 yılında ise -1.15 olmasına rağmen Türkiye ve Akdeniz Havzası üzerindeki etkisi aynı değildir. 1977 yılında Grönland'a kadar Batı Avrupa, Akdeniz Havzasının batısı Azor'a kadar bir normalin altındaki deniz seviyesi basıncı (DSB) konuşlanmış 500mb jeopotansiyel yükseklik değerleri ile de desteklenmiş haldeyken kuzeyinde ve doğusunda normalin üzerinde DSB değerleri konuşlanmıştır. Bu şekli ile alçak basınç sistemleri Akdeniz Havzasının batısında bloklanmış haldedir. Bu nedenle Akdeniz Havzasının ortasından batısına ortalama sıcaklıklarda (OS) yüksek anomali doğusunda ise düşük anomaliler oluşmuştur. 1987 yılında ise NAOi negatif evresine uygun bir davranış göstermektedir. Azor bölgesinden Hazar Denize kadar uygun bir desen göstermiş olup Akdeniz Havzası boyunca Hazar Denizine kadar OS'da yüksek anomali değerleri oluşmuştur. 1983 yılında NAOi pozitif evresine uygun bir desen göstermiş olup Akdeniz Havzası boyunca OS'da düşük anomali ve kuzeyinde ise OS'da yüksek anomali değerleri oluşmuştur. 1988



yılında ise NAOi doğusunda ve güneyinde yüksek DSB anomalileri ile bloklanmış olup Avrupa, Akdeniz Havzası, Kuzey Afrika'da OS'da yüksek anomaliler ortaya çıkmıştır.

NAOi etkisi genelde değerinin büyüklüğü ile fazına (işaretine) bağlı olarak değerlendirilmektedir. Oysa NAOi'nin bölgesel etkilerini yorumlamak için NAOi'yi ortaya çıkaran hava kütlelerinin alansal desenlerinin de önemli olduğu yukarıda açıklanmıştır. Özellikle hava kütlelerinin atmosferde bloklanması bu durumu açıklamaktadır. Bu nedenle indise bağlı yapılan çalışmalarda sadece NAOi'nin değer ve fazını değil aynı zamanda hava kütleleri desenlerini ve diğer indisleri de göz önünde bulundurmak gerekir. Bunlardan bir tanesi atmosferik bloklama yöntemidir.

Demirtaş 2017 (a) yılında yaptığı bir çalışmada; bloklama, bloğun altında anormal sıcak ve kuru havaya ve blok çevresinde fırtına aktivitesi ile yağışa neden olabileceğini belirtmiştir. Diğer bir çalışmasında da 2017 (b); Atlantik ortasında atmosferik bloklamanın yalnızca soğuk koşulların korunmasında değil, doğu Akdeniz'e yaklaşan hava koşullarının önlenmesinde de önemli bir rol oynadığını belirtmiştir.

KAYNAKLAR

- Akçakaya, A., Demircan, M., Sümer, M.U. ve Şensoy, S., 2013. İklim gözlemlerinin doğruluğu ile devamlılığını etkileyen faktörler ve türdeşlik testleri, 2013, Ankara
- Demircan, M., Çiçek, İ., Türkoğlu, N., Ekici, M., ve Arabacı, H., 2014, Ortalama Sıcaklıklardaki Türdeşlik Kırılmalarının İklim Göstergeleriyle İlişkisi, TÜCAUM VIII. Coğrafya Sempozyumu, Ankara Üniversitesi Türkiye Coğrafyası Araştırma ve Uygulama Merkezi, 23-24 Ekim 2014, Ankara, Türkiye
- Demircan, M., Çiçek, İ., Türkoğlu, N., Ekici, M., Arabacı, H. ve Akçakaya, A., 2015, Ortalama Sıcaklıklardaki Türdeşlik Kırılmalarının İklim Göstergeleriyle İlişkisi, VII. Uluslararası Katılımlı Atmosfer Bilimleri Sempozyumu, 28-30 Nisan 2015, İstanbul Teknik Üniversitesi İstanbul Aydın Üniversitesi, İstanbul, Türkiye (a)
- DEMİRTAŞ, M. High Impact Heat Waves Over The Euro-Mediterranean Region And Turkey - In Concert With Atmospheric Blocking And Large Dynamical And Physical Anomalies, Anadolu Üniversitesi Bilim Ve Teknoloji Dergisi A - Uygulamalı Bilimler ve Mühendislik, 18, 1, 4 / 2017, DOI: 10.18038/aubtda.300426 (b)
- DEMİRTAŞ, M. The Cold Spells of 2016/2017 Over Turkey – in Association with Atmospheric Blocking, 11 / 2017, 8th Atmospheric Sciences Symposium, İstanbul, Turkey
- Türkeş M. ve Erlat E., 2003. "Precipitation Changes and Variability in Turkey Linked to the North Atlantic Oscillation During the Period 1930-2000". International Journal of Climatology, S. 23, s. 1771-1796.
- URL 1, The joint CCI/CLIVAR/JCOMM Expert Team (ET) on Climate Change Detection and Indices (ETCCDI), <http://etccdi.pacificclimate.org/software.shtml>.
- Climate Reanalyzer is a platform for visualizing climate and weather datasets. The site is coded and maintained by Dr. Sean Birkel through support from the Climate Change Institute and School of Earth and Climate Sciences of the University of Maine, and partial support from the National Science Foundation. <http://cci-reanalyzer.org/>



CLIMATE VARIABILITY: SEASONAL ANALYSIS OF 2017

M. Demirtaş¹

¹ *Department of Meteorological Eng., University of Ondokuz Mayıs, Samsun
Email: mdemirtas@omu.edu.tr*

ABSTRACT

Year-to-year variability in seasonal temperatures is a sign of climate variability. The modes of climate variability can affect weather and climate on various spatial and temporal scales. The well-known and most periodic climate variability mode is the seasonal cycle. During the year of 2017, higher than usual temperatures were noted over Europe. The present study provides an analysis of seasonal temperature anomalies of 2017. In winter, temperatures were 4°C above reference climate mean over Europe. In spring, parts of the UK and northern continental Europe exhibited 4-6°C temperature anomalies, while southern Europe, including Turkey, had 6-8°C above climate mean. In summer, the UK and northern European countries had temperature anomalies of 2-4°C, the Euro-Mediterranean region and Turkey experienced anomalies as high as 6-10°C. In autumn, north western parts of Europe exhibited temperature anomalies of 2-4°C, while in Spain, the Balkans and Turkey, anomalies were around 6-8°C, furthermore some eastern parts of Turkey experienced 8-10°C warmer than usual autumn. A recently developed heat wave detection method is employed to investigate heat wave events over Turkey. The method provided an objective analysis of the heat wave of the study period throughout different regions of Turkey. An analysis of the heat wave events revealed that north western and eastern parts of Turkey had 20-26 heat wave days and total number of 8-12 heat waves.

KEYWORDS: Climate variability, Warm 2017, Heat waves

1. INTRODUCTION

Climate change affects climate variability which refers to deviations in the mean state of the climate on temporal and spatial scales. Climate variability is measured by underlying deviations, which are usually termed anomalies. It is not spatially and temporally uniform. The modes of climate variability can affect weather and climate on various spatial and temporal scales. The well-known and most periodic climate variability mode is the seasonal cycle.

The World Meteorological Organization (WMO) reported January-September 2017 period being approximately 1.1±0.1°C higher with respect to 1880-1900. The five-year average 2013-2017 is about 0.47±0.08°C warmer than the 1981-2010 average (compared with 0.35°C for 2012-2016 and 0.27°C for 2011-2015) (WMO, 2017). A number of places in the first nine months of 2017 were unusually warm, particularly parts of southern Europe, including Spain, Italy and the Balkans. The Mediterranean region experienced several heat waves (HW) during the summer. In southern Spain, record high temperatures occurred at Cordoba (46.9°C on 12 July) and Granada (45.7°C on 13 July), and in early August led to setting temperature records in northern and central Italy, Croatia and southern France. Marignana had an overnight minimum temperature of 30.5°C on 1 August, the highest on record for France (WMO, 2017). In Turkey, several locations experienced temperatures over 35°C - 45°C, and temperatures were 10°C-



14°C above climatological mean. Large regions with precipitation amounts below the 10th percentile are located in the Mediterranean region. Italy had severe precipitation deficits and had its driest January-September on record (WMO, 2017). The exceptional warmth in 2016 was caused by the long-term global warming trend with temperatures further boosted by one of the three strongest El Niño events of the past 50 years (WMO, 2017). El Niño events usually increase global temperature since they are associated with ocean warming in the tropical Pacific and the subsequent enhanced heat release in the atmosphere. The non-El Niño 2017 has been considerably warmer than 2014, which is the year to experience non-El Niño conditions.

Warmer temperatures over the Balkans and Turkey were noted by previous studies (Türkeş and Sümer, 2004; Erlat and Türkeş, 2013; Unal et al., 2013; Demirtaş, 2017a-b, Demirtaş 2018). This study aims to analyze seasonal temperature anomalies of 2017, and investigate HW events over Turkey.

2. DATA AND METHODS

The ERA-Interim reanalysis data of the European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (Dee *et al.*, 2011) were employed with a 1°×1° longitude–latitude grid-horizontal resolution. Composite anomalies of temperature at 2 m height were computed by removing seasonal 1979–1999 climatological means.

2.1. Heat Wave Detection Method

This study deals with spatial distributions and utilizes a nonparametric method to determine a spatially and temporally varying maximum temperature threshold, which is based on a 90th percentile from a 7-day time window (Demirtaş, 2018). The 90th percentile temperature threshold is computed on a grid point basis. For a given grid point, a temperature value with respect to the climatology (1979–1999) is considered to be extreme when its value exceeds the 90th percentile. The threshold is computed for a respective calendar day using the temperature data of 1979–1999 period between d-3 and d+3 days. For each day, a 90th percentile is computed from a sample of seven days. The described temperature threshold is to be satisfied on three consecutive days to satisfy temporal threshold.

3. RESULTS

Examination of the spatial distribution of composite 2 m temperature anomalies (with respect to the 1979–1999 climatological mean) of all seasons of 2017 suggests that temperature anomalies are pronounced over most part of Europe (Figure 1). During winter, temperatures were 4°C above reference climate mean over Europe. Eastern parts of Spain, southern parts of France, northern parts of Italy indicate 4-6°C above winter mean, over Turkey anomalies ranges from 0 to 4°C (Figure 1a). Although warmer than usual winter occurred over the most parts of Europe, it should also be noted that some high impact snow storms hit southern Europe. At the first week of January 2017, north-eastern and south-eastern parts of Europe were hit by a cold spell resulting in temperatures -40°C in Sweden and in Finland, and temperatures -30°C in the various parts of Europe. In concurrently, some countries in southern and south-eastern Europe (e.g. Italy, Poland, Hungary, Romania, Bulgaria, Bosnia, Greece and Turkey) were hit by severe snow storms.

In spring, parts of the UK and northern continental Europe exhibited 4-6°C temperature anomalies, while southern Europe, including Turkey, showed 6-8°C above climate mean (Figure 1b). During summer, the UK and northern European countries had temperature anomalies of 2-4°C, the Euro-Mediterranean

region and Turkey experienced anomalies as high as 6-10°C (Figure 1c). In autumn, north western parts of Europe exhibited temperature anomalies of 2-4°C, while southern Europe had 4-6°C. Over Spain, the Balkans and Turkey, anomalies were around 6-8°C, furthermore some eastern parts of Turkey experienced 8-10°C warmer than usual autumn.

HW detection method is applied to June –August 2017 period for only Turkey. An analysis of the total number of contiguous HW days indicates that north-western and eastern parts of Turkey are under hot conditions for about 20-26 days (Figure 2a). North western and south eastern parts of Turkey show 8-12 HW events (Figure 2b). It should be noted these HW events were not unprecedented or exceptional compared to the high impact HW of 2000, 2007, 2010 and 2012 (Demirtaş, 2017a-b, Demirtaş, 2018).

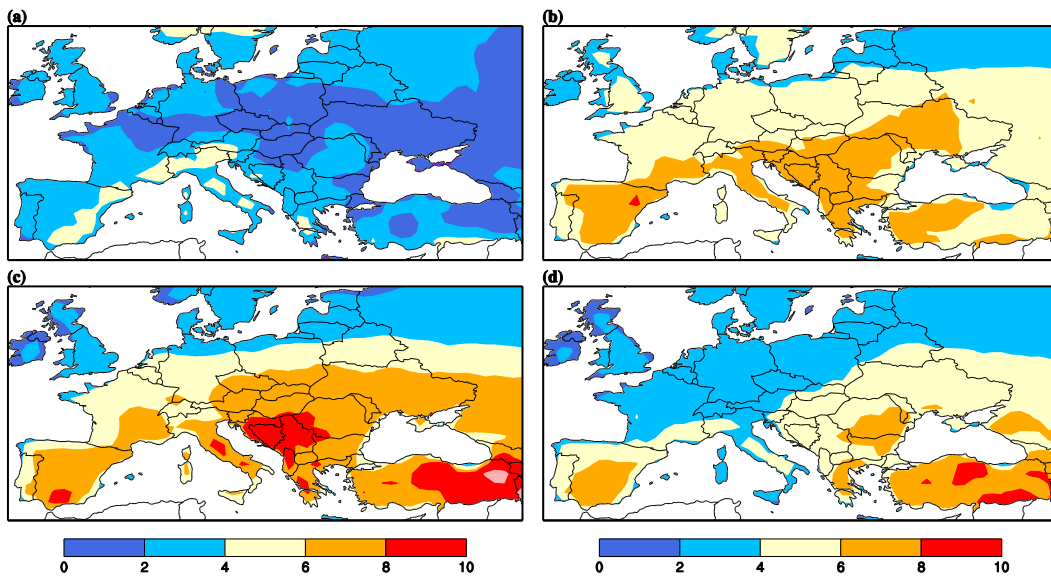


Figure 1. Temperature anomaly at 2 m (°C) for each season. (a) December-January-February, (b) March-April-May, (c) June-July-August, (d) September-October-November

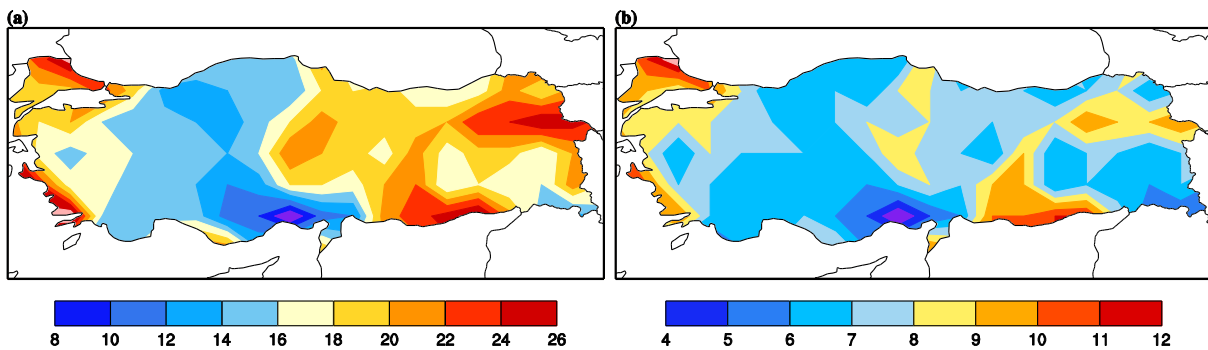


Figure 2. June-July-August 2017; (a) Total number of HW days, (b) Total number of HWs.



3. CONCLUDING REMARKS

This paper has provided a brief account of warmer than usual seasons of 2017. Temperatures were 4°C above climate mean over Europe in winter. In spring, parts of the UK and northern continental Europe exhibited 4-6°C temperature anomalies, while southern Europe had 6-8°C. In summer, the UK and northern European countries had temperature anomalies of 2-4°C, the Euro-Mediterranean region experienced anomalies as high as 6-10°C. In autumn, north western parts of Europe exhibited temperature anomalies of 2-4°C, while in Spain, the Balkans and Turkey, anomalies were around 6-8°C. An analysis of HW over Turkey revealed that some regions had 20-26 HW days and 8-12 HW events. Climate projection studies suggest that the European warming may continue in the future, a further increase in the frequency of warmer than usual seasons can be expected. Society is faced not only with addressing current climate variability, but also with finding ways to adapt to future changes relating to warmer seasons, and their societal and environmental impacts.

ACKNOWLEDGEMENTS

Meteorological data were obtained from the Turkish State Meteorological Service and the European Centre for Medium-Range Weather Forecasts. The author is very grateful to these organizations.

REFERENCES

- Dee D P, *et al.* (2011). The ERA-Interim reanalysis: Configuration and performance of the data assimilation system. *Q. J. R. Meteorol. Soc.* **137**: 553–597, doi:10.1002/qj.828.
- Demirtaş, M. (2018). High Impact Heat Waves Over the Euro-Mediterranean Region and Turkey - In Concert with Atmospheric Blocking and Large Dynamical and Physical Anomalies. *Met. Apps.* DOI: 10.1002/met.1708
- Demirtaş, M. (2017a). High Impact Heat Waves Over the Euro-Mediterranean Region and Turkey - In Concert with Atmospheric Blocking and Large Dynamical and Physical Anomalies. *Anadolu Univ. J. of Sci. and Technology A– Appl. Sci. and Eng.* **18** (1), 97-114. doi: 10.18038/aubtda.300426
- Demirtaş, M. (2017b). Şiddetli sıcak hava dalgaları: dinamik-fiziksel etkenler ve bu sıcak hava dalgalarının özellikleri. *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi.* **21**(2), 2017, 190-202. doi: 10.16984/saufenbilder.297005
- Erlat, E., and Türkeş, M. (2013). Observed changes and trends in numbers of summer and tropical days, and the 2010 hot summer in Turkey. *Int. J. of Clim.* 33(8): 1898–1908. DOI: 10.1002/joc.3556
- Türkeş, M., and Sümer, U.M. (2004). Spatial and temporal patterns of trends and variability in diurnal temperature ranges of Turkey. *Theor. Appl. Clim.* **77**, 195–227.
- Unal, Y.S., Tan, E., and Mentés, S.S. (2013) Summer heat waves over western Turkey between 1965 and 2006. *Theor. Appl. Clim.* **112**, 339–350, doi:10.1007/s00704-012-0704-0
- WMO – World Meteorological Organization. (2017). Statement on the Status of the Global Climate in 2017. WMO-No. 39082/2017, 16pp.



NONSTATIONARITIES IN OBSERVED AND PROJECTED STREAMFLOWS OF UPPER EUPHRATES BASIN

Rizwan Aziz¹ and Ismail Yucel¹

¹ *Civil Engg. Department, Middle East Technical University, Ankara*
Email: rizwan.aziz@metu.edu.tr

ABSTRACT

Impacts of nonstationarities on streamflows for eight sub-basins of upper Euphrates basins have been studied. In order to evaluate the impacts of nonstationarities, stationary and nonstationary forms of generalized extreme value distribution (GEV) are applied for streamflow extremes to obtain stationary and nonstationary design discharges. Differences in return levels for both cases (with and without nonstationarity) are analyzed throughout upper Euphrates basin. Future effects from nonstationarity are also assessed using hydrological modeling for three selected sub-basins. HBV-light Model was calibrated in semi-distributed form by dividing the sub-basins into different elevation and vegetation zones. Ensemble climate model projections of temperature and precipitation from CORDEX were used as the inputs to simulate the projected flows. It was found that the nonstationarity has important effect on determining the design discharges for observed and projected stream flows.

KEYWORDS: nonstationarity, streamflow, hydrological modeling, CORDEX

1. INTRODUCTION

Under changing climate, the probabilities of hydroclimatological extreme events can no more be assumed as stationary due to the presence of nonstationarities such as trends and shifts. These nonstationarities results into time dependent variations in probabilities which further cause changes in return periods and return levels. Conventional approaches which inherits the assumption of stationarity (i.e., the parameters of distribution are constant over time), can potential underestimate the design floods hence potentially may compromise the safety of structure (Khaliq et al. 2006). Recent studies suggest that this assumption of stationarity involves the risk in designed structure since changes in the climate system can potentially affect the magnitude and frequency of extreme hydrological events (Ishak et al. 2013). Here first, the design impacts of nonstationarities have been quantified for streamflows for different return periods for observed data record using stationary and nonstationary GEV distribution. Then precipitation and temperature outputs from CORDEX (<http://www.euro-cordex.net/>) regional climate models (RCM) are used as input in hydrological modeling for stream flow projections. The RCM projected temperature and precipitations contain nonstationarities in terms of climate signals. In later part of study, the impacts of temperature and precipitation nonstationarities on projected streamflows are studied.

2. METHODOLOGY

2.1 Stationary and Nonstationary GEV Distribution

Generalized extreme value distribution is a well-known distribution to analyze the probabilistic behavior of extreme events like floods. To tackle nonstationarity conditions as described in section 1, it is required



to have distribution in which the parameters are time dependent. Salas and Obeysekera (2013) used the GEV distribution under nonstationary condition as given in equation (1).

$$F(z, \theta_t) = \exp \left\{ - \left[1 + \varepsilon \left(\frac{z - \mu_t}{\sigma_t} \right) \right]^{\frac{-1}{\varepsilon}} \right\} \quad (1)$$

Where, θ_t represents “t” time-dependent nonstationary set of location (μ_t) and scale (σ_t) and stationary shape (ε) parameters. The parameters of GEV distribution were estimated using maximum likelihood method using “ismev” package in R programming. This study is conducted for eight sub-basins (with sub-basin ID 2102,2122,2124,2133,2145,2156,2157 and 2164) of upper Euphrates river basin. For nonstationarity analysis of historical stream flow, *DSI* daily streamflow data for thirty-six years (1971-2006) is used. For future analysis, a series of future streamflow projections was obtained using ensemble of twelve CORDEX temperature and precipitation as inputs to calibrated HBV-light hydrological model. The ensemble modelling approach is used because the results from a single CORDEX RCM input may not represent future climate conditions conclusively (Wendy S. Parker, 2013). For HBV-light calibration and validation, daily temperature and precipitation data from General Directory of Meteorology was used.

2.2 Hydrological Modeling

HBV-light Model (Seibert J. 2005) was used for generation of future streamflow projections (for period 2051-2100) of three sub-basins with sub-basin ID 2133,2157 and 2164. The data used for streamflow projections includes daily precipitation and temperature (obtained from CORDEX for period 2051-2100), topographic/elevation and land cover map. The HBV-light Model is calibrated in semi-distributed way by dividing the basin area into different elevation and land use classes. So, for this purpose, the raw SRTM (<http://srtm.csi.cgiar.org/>) elevation map was divided into ten elevation zones. Similarly, the raw CONUS (<https://landcover.usgs.gov/>) land use map was divided into four major land use classes as 1)- urban area 2) - agricultural area 3)- forests and 4)- water bodies. The model parameters were estimated using HBV-light Model built-in automatic calibration algorithm. Nash-Sutcliff (NS) value was used as objective function during optimization and GAP (Genetic Algorithm and Powel) method was used for optimization. Daily data from 1971 to 1990 was used for model calibration and 1991-2006 was used for validation. Once the model was calibrated, streamflow projection was obtained by using twelve CORDEX projected temperature and precipitation.

Table 1. The set of CORDEX GCM-RCM combination used.

Model No.	GCM	RCM	Model No.	GCM	RCM
1	ICHEC-EC-EARTH	HIRHAM5	7	MOHC-HadGEM2-ES	CCLM4-8-17
2		CCLM4-8-17	8		RACMO22E
3		RACMO22E	9		RCA4
4		RCA4	10		ALADIN53
5	IPSL-IPSL-CM5A-MR	RCA4	11	CNRM-CERFACS-CNRM-CM5	CCLM4-8-17
6		WRF331F	12		RCA4

3. RESULTS AND DISCUSSION

3.1 Observed Streamflow Analysis

Once parameters of each distribution were estimated for all sub-basins using annual maximum series of observed streamflow, the design discharges were calculated for different return periods for both stationary and nonstationary cases. Impacts of nonstationarities can be evaluated by plotting the stationary and nonstationary design discharges obtained for each sub-basin as given in figure 1.

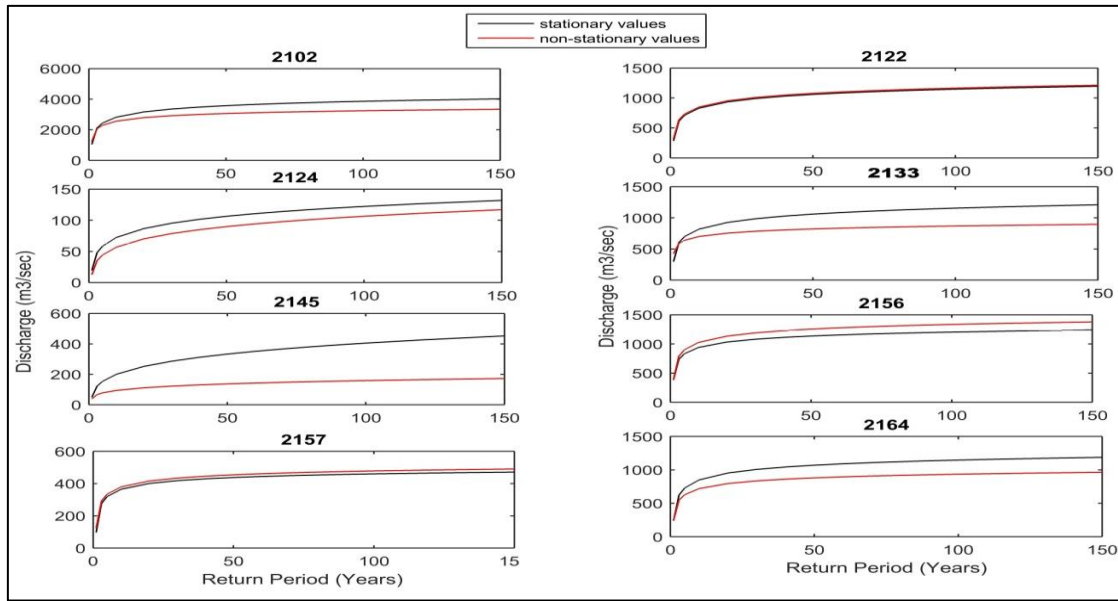


Fig.1 Comparison of stationary and nonstationary design discharges obtained from observed streamflow data (for period 1971-2006) for each sub-basin with sub-basin ID given on top of each plot.

Visual inspection of Fig.1 suggests a decrease in nonstationary design discharge value as compared to stationary design discharge values for four out of eight sub-basins (2102,2124,2145 and 2164). Sub-basin 2156 and 2157 suggest considerable increases while for sub-basin 2122 the impact of nonstationarities was negligible as the difference was less than plus-minus 5 percent. These differences in stationary and nonstationary design discharges should be considered in hydrologic design of infrastructure as neglecting these impacts may result in over or under design of hydrological infrastructure.

3.2 Projected Streamflow Analysis

After generating projected streamflow time series from HBV-light Model, for each CORDEX precipitation and temperature forcing, stationary and nonstationary design discharges were calculated for three sub-basins. The ensemble results are presented here in figure 2 as boxplots (each box contains twelve design discharge values obtained from projected streamflow of each of twelve CORDEX RCM). The boxplots and ensemble mean line of shows less nonstationary design discharge for basins 2133 and 2157 as compared to stationary discharge while for basin 2164 nonstationary design discharge was slightly more. The comparison of these results obtained from future projected streamflow data to those obtained from observed historical streamflow data shows that nonstationary conditions may not remain same over longer period and this should be considered in long term planning of water resources. For example, in case of basin 2157, during historical periods, nonstationary design discharge values are higher than stationary values but for projection period, nonstationary design discharge values were lower.

Similar case for basin 2164 where nonstationary values were lower during observed period and higher for projection period is also visible.

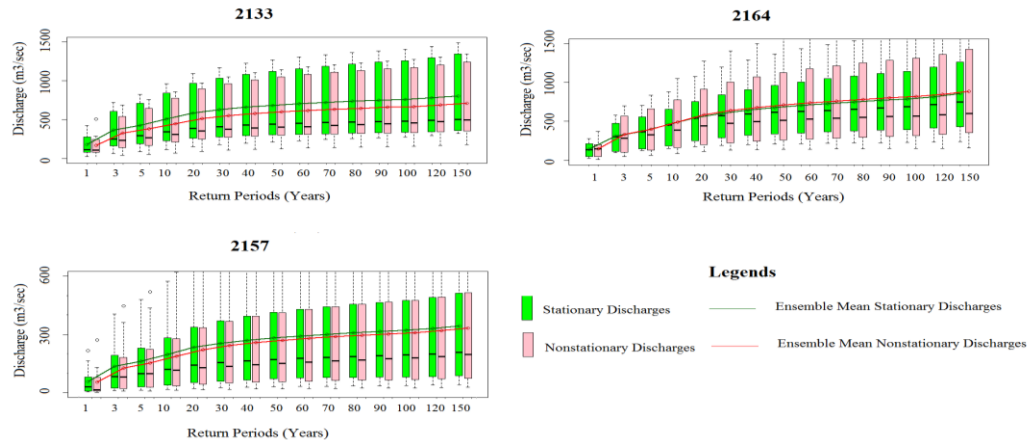


Fig. 2 Comparison of boxplots and ensemble mean of stationary and nonstationary design discharges for projection period (2051-2100).

4. CONCLUSIONS AND FUTURE WORK

Design discharges, obtained with and without nonstationarity assumptions show considerable impacts for both observed and projected streamflows. The results of ensemble projections suggest that the present status of nonstationarities may change over longer period. Further risk and reliability analysis study can be done in order to evaluate if these variations in design discharges (with and without nonstationary assumptions) are within the safety limits for any proposed hydrological infrastructure in these sub-basins.

5. REFERENCES

Ishak, E. H., A. Rahman, S. Westra, A. Sharma, and G. Kuczera, 2013: Evaluating the non-stationarity of Australian annual maximum flood. *J. Hydrol.*, 494, 134–145, doi:<https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2013.04.021>.

Khaliq, M. N., T. B. M. J. Ouarda, J. C. Ondo, P. Gachon, and B. Bobée, 2006: Frequency analysis of a sequence of dependent and/or non-stationary hydro-meteorological observations: A review. *J. Hydrol.*, 329, 534–552, doi:<https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2006.03.004>.

Seibert, J. *HBV Light, Version 2, User's Manual*; Department of Physical Geography and Quaternary Geology, Stockholm University: Stockholm, Sweden, 2005.

Salas JD, Obeysekera J (2013) Revisiting the concepts of return period and risk for nonstationary hydrologic extreme events. *J Hydrol Eng.* doi:10.1061/(ASCE)HE.1943-5584.0000820

Wendy S. Parker: *WIREs Clim Change* 2013, 4:213–223. doi: 10.1002/wcc.220



AQUACROP MODELİ İLE TRAKYA'DA AYÇİÇEĞİ VE KIŞLIK BUĞDAY BİTKİ ROTASYONU SİMÜLASYONU

L. Şaylan¹, S. Yeşilköy^{2,3}, F. Bakanoğulları⁴, B. Çaldağ⁵

¹ Profesör, Meteoroloji Müh. Bölümü, İstanbul Teknik Üniversitesi, Maslak

² Doktora Öğrencisi, Atmosfer Bilimleri Programı, İstanbul Teknik Üniversitesi, Maslak

³ Meteoroloji Yük. Müh., Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, İstanbul

⁴ Dr., Atatürk Toprak Su ve Tarımsal Meteoroloji Arş. Ens. Müdürlüğü, Kırklareli

⁵ Yard. Doç. Dr., Meteoroloji Müh. Bölümü, İstanbul Teknik Üniversitesi, Maslak

E-mail: yesilkoy@itu.edu.tr

ÖZET

İklim değişikliğine bağlı meteorolojik faktörlerdeki değişiklikler birçok sektörü etkilediği gibi tarım sektörünü de oldukça fazla etkilemektedir. Son yıllarda dünyanın en önemli problemi olan gıda güvenliği konusudur. Bu sebeple tarımsal üretimin iklim değişikliğinden ne kadar etkileneceğinin belirlenmesi için birçok bitki-iklim modeli kullanılmaktadır. Bu modellerden yaygın olarak kullanılan AquaCrop modeli Dünya Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) tarafından geliştirilmiştir. AquaCrop modeli açıklamalı bir modeldir ve atmosferik parametrelerdeki değişkenlikleri, toprak ve bitki faktörleri ile beraber ilişkilendirip verim, bitki su tüketimi gibi sonuçlar üzerine ne kadar etkilediğinin tespiti için kullanılmaktadır. Bu çalışmada, Trakya'da yaygın olarak yetiştiriciliği yapılan ayçiçeği ve kışlık buğday bitkileri için 2014 ve 2016 yılları arasında Edirne ve Kırklareli illeri için simülasyonlar yapılmıştır. Elde edilen simülasyon sonuçları ile araziden alınan gerçek veriler ile karşılaştırılmıştır. İklim değişikliği ile ilerleyen yıllarda gerçekleşecek

ANAHTAR KELİMELER: İklim Değişikliği, AquaCrop, Ayçiçeği, Kışlık Buğday, Trakya.

SIMULATION OF SUNFLOWER AND WINTER WHEAT CROP ROTATION IN THRACE REGION WITH AQUACROP MODEL

¹ Professor, Meteorological Eng. Department, Istanbul Technical University, Maslak

² PhD Candidate, Atmospheric Sciences Program, Istanbul Technical University, Maslak

³ M.Sc. Meteorological Engineer, Ministry of Food, Agriculture and Livestock, İstanbul

⁴ Dr., Atatürk Soil, Water and Agricultural Meteorology Res. Ins., Kırklareli

⁵ Assistant Prof., Meteorological Eng. Department, Istanbul Technical University, Maslak

ABSTRACT

In agriculture, most changes in atmospheric conditions are uncontrolled factors that are caused by climate change or variability that could have effects in different sectors. Globally, major important sector is agriculture by means of supplying food on Earth. Determination of positive and negative effects of climate change to make provision for possible future conditions could be executed using Crop-Climate models. Developed by the Food and Agriculture Organization (FAO), the AquaCrop is an explanatory Crop-Climate model, which could be used to analyze such relationships between climate change and food productivity. In this research, variations in the growth and yield parameters associated with rotation between the sunflower and winter wheat were investigated using AquaCrop between the periods of 2014

and 2016 in the Kırklareli and Edirne cities, which have specific climates and soil types in the Thrace Region. Moreover, main yield-related outputs of the model have been validated by means of applying variations in some of the field applications together with future climate projections.

KEYWORDS: Climate Change, AquaCrop, Sunflower, Winter Wheat, Thrace.

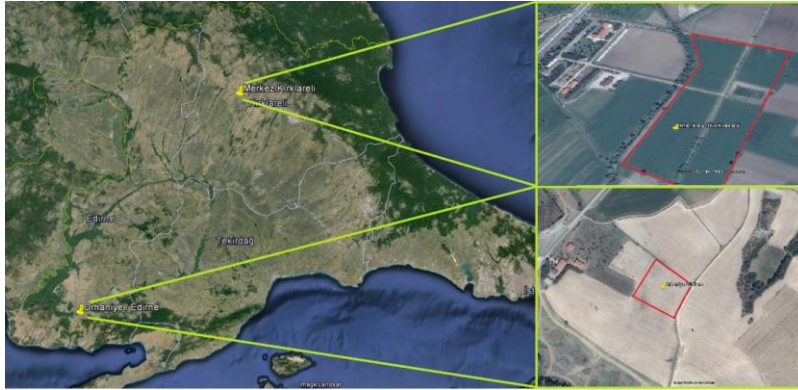
1. GİRİŞ

Doğada kontrol edilemeyen süreçlerden bir tanesi olan atmosferik olaylar, birçok sektörü olumlu veya olumsuz bir şekilde etkilemektedir. Bu sektörlerden bir tanesi tarımdır. İklim, canlıların yaşamlarını etkileyen başlıca çevresel etkidir. Bu nedenle bitki gelişimi ve verimi ile meteorolojik değişkenler arasında önemli bir ilişki bulunmaktadır. Farklı çevre şartlarının ve diğer faktörlerin bitki gelişimini ve verimini nasıl etkileyeceği vb. konularda yapılan araştırmalar masraflıdır ve uzun yıllar sürmektedir (Şaylan, 1994). Bu sebeple herhangi bir bitkinin ülkemiz şartlarında yetişip yetişmeyeceği gibi soruların yanıtları uzun sürmektedir. Uluslararası Gıda ve Tarım Örgütü tarafından geliştirilen AquaCrop bitki-iklim modeli son yıllarda popüler hale gelmiştir. Farklı iklimlerde tarımsal kuraklığın, farklı sulama çeşitlerinin, farklı tarımsal faaliyetlerin bitkilerin gelişimini ve verimini nasıl etkilediğini modelleme amacıyla araştırmacılar yoğun bir şekilde test çalışmaları gerçekleştirmektedirler (Andarzian ve diğ., 2011; Araya ve diğ., 2010; Vanuytrecht ve diğ., 2014; Voloudakis ve diğ., 2015).

Bu çalışmada ise Atatürk Toprak Su ve Tarımsal Meteoroloji Araştırma Enstitüsü arazilerinde (Kırklareli ve Edirne) yetiştirilen ayçiçeği ve kışlık buğday bitkilerinin 2014 ve 2016 yılları arasındaki simülasyonları yapılarak gerçek verim ile arasındaki ilişkilere bakılmıştır.

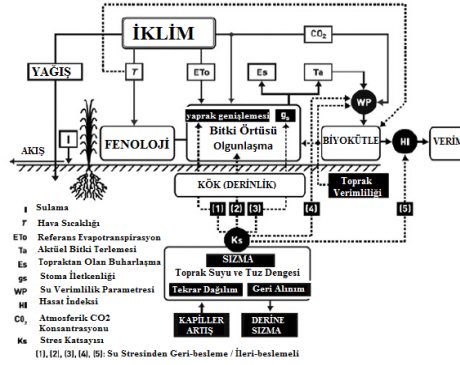
2. MATERYAL VE METOT

Araştırma, Edirne ilinin Orhaniye köyünde yer alan Atatürk Toprak Su ve Tarımsal Meteoroloji Araştırma İstasyonu Müdürlüğü'ne bağlı araştırma alanı ile (40°43'42.43"K enlemi, 26°26'42.69"D boylamı), Kırklareli ilinde bulunan merkez araştırma istasyonunda (41°41'55.34"K enlemi, 27°12'38.71"D boylamı) ayçiçeği bitkisinin 2014 yılı gelişme döneminde yürütülmüştür (Şekil 1).



Şekil 1. Çalışma Alanı.

Birçok açıklanmalı model gibi AquaCrop modeli de toprak-bitki-atmosfer bileşenlerinin ilişkisine dayanmaktadır. Bu bileşenlerden toprak bileşeninden su dengesini; bitki bileşeninden bitkinin gelişimini ve verimini; atmosfer bileşeninden buharlaşma, yağış, termal denge ve CO₂ konsantrasyonunu yapısına katmaktadır. Modele ayrıca tarımsal faaliyetler, sulama işlemleri gibi verime etkileyen parametreler girilmektedir. Modelin yapısını anlatan akış şeması Şekil 2'de gösterilmektedir.



Şekil 2. AquaCrop Modeli Akış Şeması.

AquaCrop modeli meteorolojik verileri kullanarak referans evapotranspirasyon (ET_0) değerlerini FAO Penman-Monteith denklemi yardımıyla hesaplamaktadır (1).

$$ET_0 = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34u_2)} \quad (1)$$

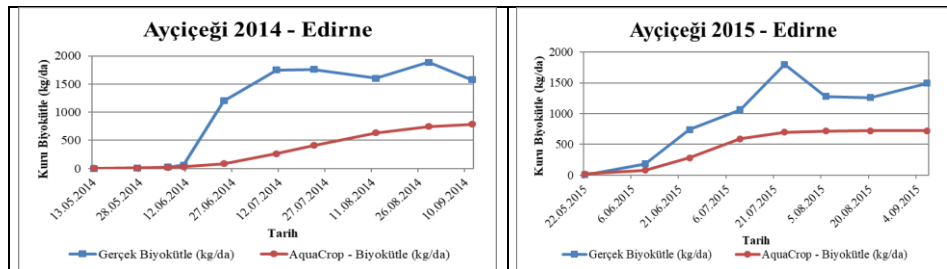
Eşitlikte; ET_0 referans evapotranspirasyonu (mm/gün); Δ , buhar basıncı eğrisinin eğimini (kPa/°C); R_n , net radyasyonu (MJ/m²gün); G , toprak ısı akısını (MJ/m²gün); γ , psikrometrik katsayısı (kPa/°C); T , ortalama hava sıcaklığını (°C); u_2 , 2 m'deki ortalama rüzgar şiddetini (m/s); e_s , doymuş buhar basıncını (kPa); e_a , aktüel buhar basıncını göstermektedir.

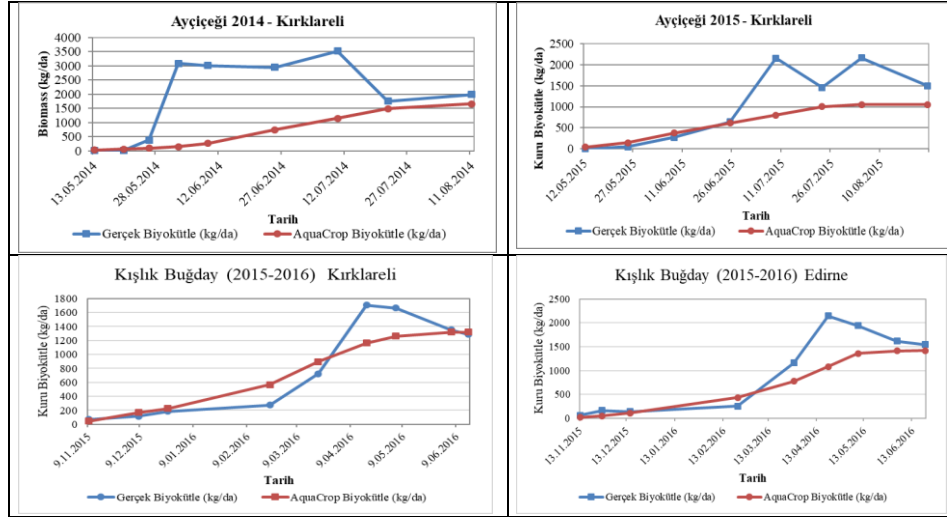
3. SONUÇLAR

AquaCrop modelini her 2 lokasyon için çalıştıracak meteorolojik değişkenler tarlalarda sürekli olarak ölçüm yapan otomatik meteoroloji istasyonları tarafından ölçülmektedir. Bunun yanında fenolojik gözlemler, bitki biyokütle ölçümleri de haftalık ve 2 haftalık periyotlar halinde yapılmaktadır. Elde edilen bu veriler ile AquaCrop modeli, Edirne ve Kırklareli için kışlık buğday ve ayçiçeği bitkileri için çalıştırılmıştır. Bitki üretimini etkileyen toprak su içeriği ise modelin içerisindeki toprak su dengesi yöntemine göre simüle edilmiştir.

AquaCrop modeli, ayçiçeği bitkisi Kırklareli için 2014 ve 2015 yıllarında 443 kg/da ve 279 kg/da olarak tahmin etmiştir. Gerçek verimler ise 250 kg/da ve 202 kg/da olarak ölçülmüştür. Aynı dönem için Edirne için yapılan kestirimde ise 314 kg/da ve 288 kg/da olarak sonuç vermiştir. Gerçek verim ise 300 kg/da ve 164 kg/da olarak ölçülmüştür.

Her iki lokasyonda kışlık buğdayın yetiştirildiği 2015-2016 gelişme dönemi için Kırklareli'de AquaCrop modeli 532 kg/da, Edirne ili için 417 kg/da olarak hesaplanmıştır. Gerçek verimler bu şehirler için sırasıyla 444 kg/da ve 478 kg/da olarak belirlenmiştir. Araziden belirli periyotlarda alınan biyokütle ölçümleri ve AquaCrop modelinden elde edilen simülasyon verilerinin olduğu grafikler Şekil 3.'te gösterilmektedir.





Şekil 3. AquaCrop Sonuçları ile Gerçek Verilerin Karşılaştırılması.

Bu sonuçlar, farklı toprak yapısı ve iklim özelliklerinin bitkilerin gelişimini etkilediğini göstermektedir. Aynı zamanda model çıktılarının gerçeği tam olarak yansıtmaması bitki gelişimi simülasyonu modelleri çalışmalarında olağan bir şeydir. İlerleyen yıllarda elde edilecek daha fazla veri ile AquaCrop modelinin Trakya için kalibrasyonu yapıp ilerleyen yıllarda iklim değişikliğinin bölgedeki yetiştiriciliği ne kadar etkileyeceği belirlenecektir. Bu durum, gerçekleşecek olası kötü senaryolara karşı karar vericilere gerekli bilgileri bilimsel veriler ışığında sağlanmış olacaktır.

TEŞEKKÜR

Başta Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı'na bağlı Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü (TAGEM) kapsamında yürütülen "AquaCrop Modeliyle Ayçiçeği ve Buğday Bitkilerinin İklim Değişimine Olan Hassasiyetinin Analizi" adlı projeye destek veren TAGEM'e, Uçak ve Uzay Bilimleri Fakültesi Meteoroloji Müh. Bölümü işbirliği için İTÜ'ye ve projede emeği geçen Atatürk Toprak Su ve Tarımsal Meteoroloji Arş. Ens. çalışanlarına teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- Andarzian, B., Rahnama, A., Mazraeh, H., Bannayan, M. 2011. Validation and testing of the AquaCrop model under full and deficit irrigated wheat production in Iran. *Agricultural Water Management*, 100, 1-8.
- Araya, A., Habtu, S., Hadgu, K. M., Kebede, A., Dejene, T. 2010. Test of AquaCrop model in simulating biomass and yield of water deficient and irrigated barley (*Hordeum vulgare*). *Agricultural Water Management*, 97, 1838-1846.
- Raes, D., Steduto, P., Hsiao, T., Fereres, E. 2009. AquaCrop Chapter Two: Users Guide. FAO.
- Vanuytrec, E., Raes, D., Steduto, P., Hsiao, T. C., Fereres, E., Heng, L. K., Vila, M. G., Moreno, P. M. 2014. AquaCrop: FAO's crop water productivity and yield response model. *Environmental Modelling & Software*, 62, 351-360.
- Voloudakis, D., Karamanos, A., Economou, G., Kalivas, D., Vahamidis, P., Kotoulas, V., Kapsomenakis, G., Zerefos, C. 2015. Prediction of climate change impacts on cotton yields in Greece under eight climatic models using the AquaCrop crop simulation model and discriminant function analysis. *Agricultural Water Management*, 147, 116-128.



Understanding temperature changes in Istanbul during last century

Hüseyin Toros¹ and Mohsen Abbasnia²

¹ *Department of Meteorology, Istanbul Technical University, Maslak Istanbul 34469, Turkey.
E-mail: toros@itu.edu.tr*

² *Postdoctoral Researcher in Atmospheric Sciences, Department of Meteorology, Istanbul Technical University, Maslak Istanbul 34469, Turkey. E-mail: abbasnia@itu.edu.tr*

ABSTRACT

After the 1940s, there is a notable increment in temperature that has been started parallel with the beginning of industrialization era in Istanbul. Extensive population growth and accompanied decreasing in vegetation cover are associated with this warming. Increasing in minimum series of temperature is more evident than maximum values and the rising rate of temperature values is more pronounced during recent decades. Eventually, temperature had higher mean values of 13.9° C for the second sub-period (1965–2016) compared to the values of 13.6°C for the first sub-period (1912–1964)

KEYWORDS: Temperature, Climate variability, Urbanization, Istanbul

1. INTRODUCTION

The probability of climate variability and climate change especially in megacities are the cause of great concern among scientists, governments, and lawmakers. Previous researchers represent that since the beginning of the Twentieth century, average global temperature has been increased about 0.6 °C (Easterling et al., 1997). According to the 5th Assessment Report (AR5) of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), global average temperature has shown a 0.85 °C increase over the period of 1800-2012 and this trend of global warming is predicted to likely increase during the 21st century under the all Representative Concentration Pathways scenarios (IPCC, 2014). Thus, climate change can be a serious threat to sustainable development, particularly in megacities in terms of economic, social and environmental effects. Global climate change will have diverse impacts on human health because the health of the human population depends fundamentally on the conditions of social and natural environments (Carmin et al., 2012). Moreover, the reports of IPCC demonstrate that each of the last three decades has been warmer than all the previous decades (IPCC, 2013). Also, rising inland temperatures is larger than the sea temperatures, mainly owing to the land-use characteristics and urban heat island.

1.1. STUDY AREA AND DATA

The megacity of Istanbul with the geographical coordinates of 28° 57' 53" E and 41° 01' 07" N is the biggest city in Turkey and one of the most populous cities in the world. Istanbul is geographically located in the northwest of Turkey and the weather station of Kandilli is in the middle of the Asian side of this city (Fig 1a and Fig 1b). The average annual temperature is about 13.8°C with a monthly maximum of 22.8°C in August and a monthly minimum of 5.3°C in February.



Figure 1. Geographical location of Istanbul

1.2. METHODOLOGY

Long-time series of temperature data of Kandili station in Istanbul area include; daily mean, maximum, and minimum temperatures that are considered to understand the climatic changes in Istanbul city and over the time. The non-parametric Mann-Kendall (MK) trend test and statistical regression analysis are used to discover variability and trend in the data time series. Moreover, remote sensing phenology studies use data gathered by satellite sensors that measure wavelengths of light absorbed and reflected by green plants. The NDVI index is extracted based on accessible remote sensing images of the Landsat-7 ETM+ during the years of 1985 to 2015. Also, statistical analysis of demographic data is done to understand the population growth under climate changes in study area.

2. RESULT AND DISSCUTION

The analysis of average yearly, maximum and minimum temperature has been carried out using the statistical method of least squares and the MK test. The results of linear trends and MK rank correlation test showed that there is an increase in the average daily temperature series for the whole period of 1912 - 2016 in Istanbul. A cool period exists in the period of 1969-1993 and after that, a significant rising trend is pronounced in average annual temperature at the 95% confidence level. There has been a rise of about 0.94°C in the average daily temperature over the last 100 years at the Kandilli. Temperature time series of the Kandilli station shows an annual average about 13.7°C and absolute minimum and maximum in 1920 with a value 12.4°C and in 1966 with a value of 15.3°C , respectively (Fig 2). There is a relative increase during 1915–1930, almost no trend during the 1930–1954, an increase during the 1954–1963, a decrease during the 1963–1985, almost no trend during the 1985–1995 and a decrease during the 1995–2011 by a detailed focusing on sub-periods of the time series (Figure 3 and Fig 3).

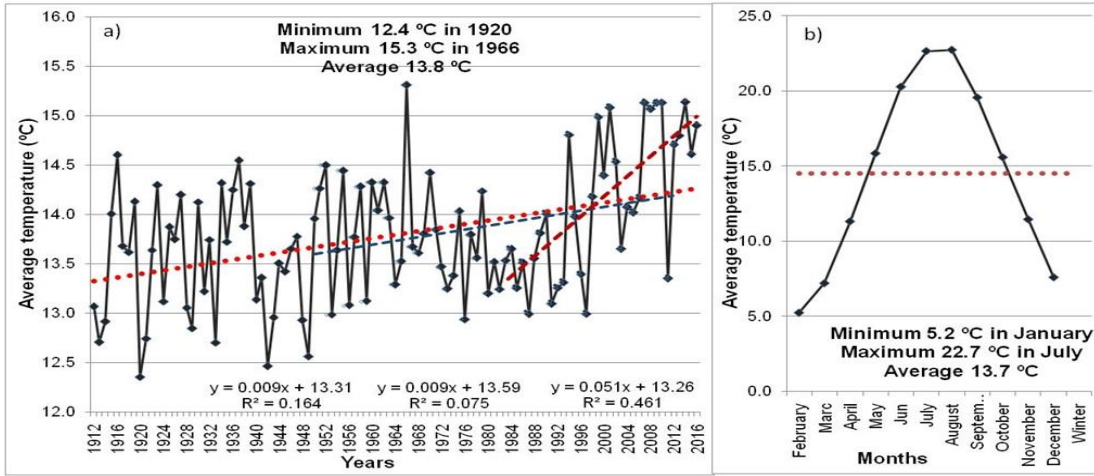


Figure 2. Trend analysis of average annual temperature (a), average monthly temperature (b)

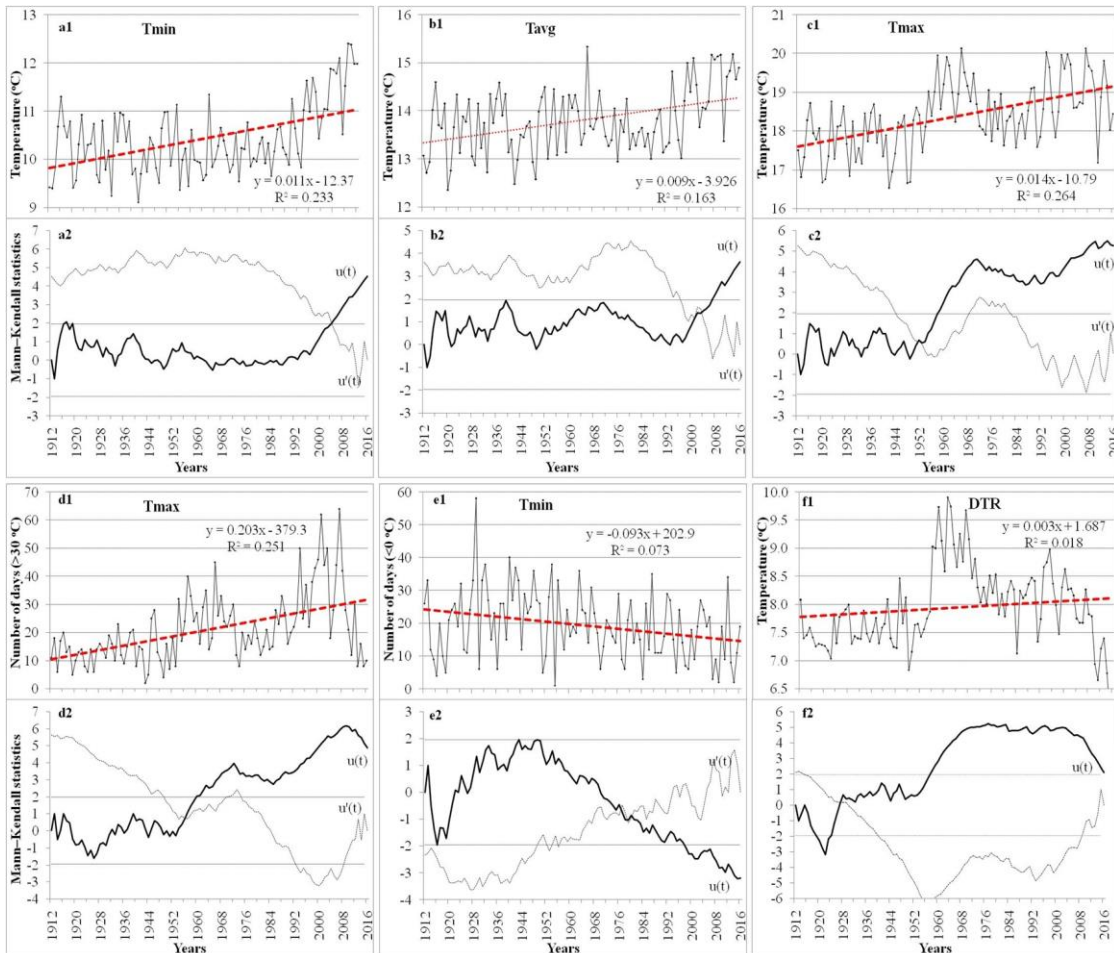


Figure 3. Trend analysis of the temperatures time series using linear best-fit curve and MK test for daily minimum temperature (a1, a2), daily average temperature (b1, b2), daily maximum temperature (c1, c2), number of days (d1, d2), and DTR (e1, e2).



number of days with daily maximum temperature > 30 oC (d1, d2), number of days with daily minimum temperature < 0 oC (e1, e2), daily temperature range (f1, f2)

ACKNOWLEDGEMENT

We thank the observatory of Kandilli station for providing the research data.

REFERENCES

Easterling, D.R., Horton, B., Jones, P.D., Peterson, T.C., Karl, T.R., Parker, D.E. and Folland, C.K. (1997). Maximum and minimum temperature trends for the globe, *Journal of Science* **277:5324**, 364-367.

IPCC. (2014). "Climate change 2014: Synthesis Report", *Contribution of working groups I, II and III to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change*, **2014:151**.

Carmin, J., Nadkarni, N. and Rhie, C. (2012). Progress and challenges in urban climate adaptation planning: results of a global survey, MIT, *Cambridge*, United Kingdom.

IPCC. (2013). Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2013, The Physical Science Basis. The contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, USA.



HORIZONTAL URBANIZATION ANALYSIS WITH MUKLIMO_3: ISTANBUL CASE

D.H. Diren Üstün¹, C. Güney², A.Ö. Doğru² and Y.S. Ünal³

¹ *Research Assistant, Meteorological Eng. Department, Istanbul Technical University, Istanbul*

² *Assistant Professor, Geomatics Eng. Department, Istanbul Technical University, Istanbul*

³ *Professor, Meteorological Eng. Department, Istanbul Technical University, Istanbul*

Email: dirend@itu.edu.tr

ABSTRACT

In the United Nations report, only 10% of the world population live in cities during the Industrial Revolution, now it is presently about 50% of the world population. By 2050, the urbanization rate is expected to be 86% in developed countries and 60% in developing countries (Incecik and Im, 2012). Increasing population and urbanization are changing the land use profile of the cities. Change for Istanbul in time is observed in general as a decrease in green areas and an increase in urbanization. This situation is prominent as the city of horizontal expansion in terms of urban geometry. It is a well-known fact that urbanization causes urban heat islands. In this study by using MUKLIMO_3 model the effects of horizontal urban expansion on urban climate will be discussed. For the horizontal city expansion the urban heat islands over the city will be presented.

KEYWORDS: Urban, climate, MUKLIMO_3, UHI, Istanbul

1. URBAN CLIMATE

The urban climate is expressed by WMO (1983) as the local climate that changes with the interactions between the built areas and the regional climate. A city's climate is a local mesoclimate with a spatial size-extension of about 250 km (WHO, 2004). In cities, the surface is generally rough and dry because the natural vegetation cover is displaced by buildings and streets. In addition to these, human activities in the cities; heat sources, greenhouse gas and pollutants that will directly affect the temperature, and the atmospheric conditions over a city.

1.1. Urban Heat Island

Human impact on the nature cause the temperature values to be higher in urban environment compared to rural. From this knowledge, the urban heat island can be defined as the temperature difference between the urban environment and the rural area. This definition was first used by Luke Howard for London in 1820 (Simsek and Sengezer, 2012). Urban heat island phenomena can be presented as two different definition. One of them is atmospheric heat island and the other one is surface heat island. The difference between these two definition presented in table 1.

Table 1. Difference between surface UHI and atmospheric UHI. (EPA, 2003)

Feature	Surface UHI	Atmospheric UHI
Temporal development	Present at all times of the day and night Most intense during the day and in summer	May be small or non-existent during the day Most intense at night or predawn and in the winter
Peak intensity	More spatial and temporal variation day: 10 to 15 C night: 5 to 10 C	Less variation day : -1 to 3 C night: 7 to 12 C
Typical identification method	Indirect measurement: Remote sensing	Direct measurement: Fixed and mobile weather stations
Typical depiction	Thermal image	Isoterm map and temperature graph

2. DATA AND METHOD

For this study, MUKLIMO_3 model is used. MUKLIMO_3 developed by the DWD (German Meteorological Service – Deutscher Wetterdienst) is used to simulate the urban climate and planning applications of Istanbul. In order to scale down further the regional climate projections to urban scale, empowering a simulation of a city and its surroundings, MUKLIMO_3 is employed on the urban scale. The non-hydrostatic thermodynamic version of MUKLIMO_3 simulates the atmospheric temperature, humidity and wind field on a three-dimensional model grid. Model needs six different input files to run. These are; Land use map, Terrain file, MuklIMO_3 namelist, MuklIMO land use table, Limits file and MuklIMO_3 Fortran code. Istanbul is the case for this study. By using MUKLIMO_3 model, it is analysed horizontal urban expansions for Istanbul to present the atmospheric UHI and the results will be discussed. For MUKLIMO_3 land use map of Istanbul created from 3 different data sets by using ArcGIS software. It contains 25 land use classes (table 2), 200m x 200m resolution and 551x361 grid boxes. Istanbul land use map and study area can be seen in figure 1.

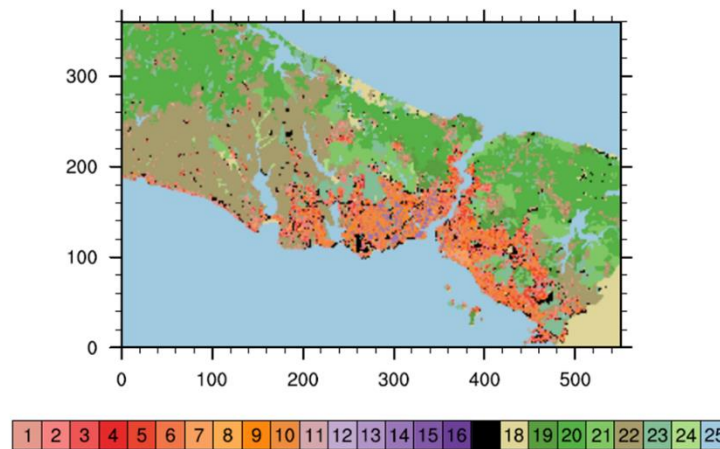


Figure 1. Study area and Istanbul land use map which created for MUKLIMO_3

Table 2. Land use classes of building (a) and non-building (b) areas.

1	<10m	%5-%15 Density	17	Traffic and parking
2	10m-20m		18	Bare soil
3	20m-30m		19	Coniferous forest
4	>30m		20	Broad leaved forest
5	<10m	%15-%30 Density	21	Mixed forest
6	10m-20m		22	Agriculture
7	20m-30m		23	Wasteland with grassland and shrubbery
8	>30m			
9	<10m	%30-%50 Density	24	Wasteland with grassland
10	10m-20m			
11	20m-30m		25	Water
12	>30m			
13	<10m	>%50 Density		
14	10m-20m			
15	20m-30m			
16	>30m			

3. RESULTS

Istanbul Temperature Dif. at Href=2m (Horizontal - Control)

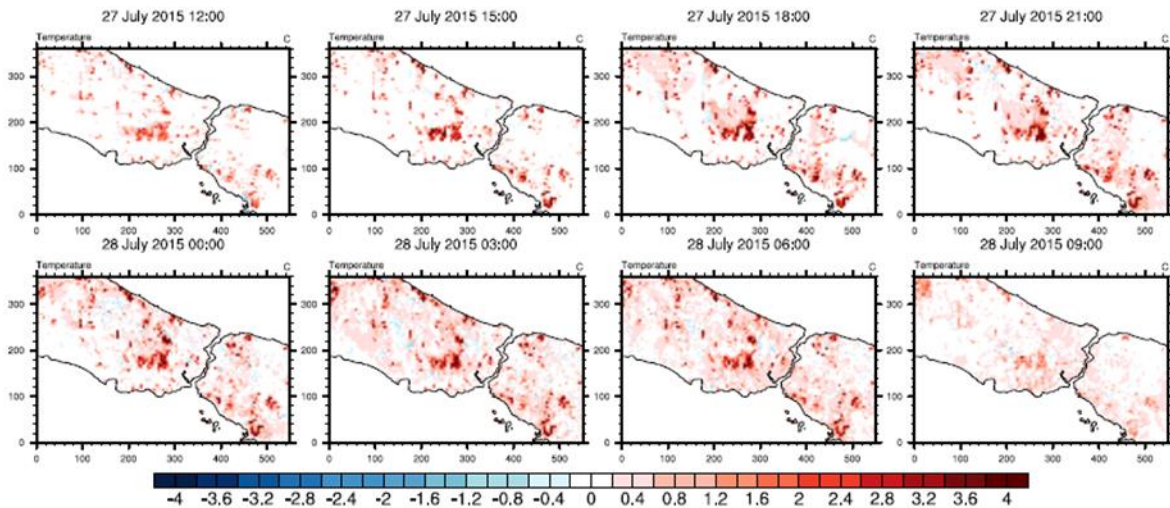


Figure 2. Temperature differences of MUKLIMO_3 control run and horizontal urban expansion case

Horizontal urban expansion scenario is created for Istanbul. Model's sensitivity and the effects of scenario on UHI over city were presented. It is clear to see that in horizontal case the urban heat island effect is



salient. There is an increase in temperature values up to 4 °C for the horizontal scenario also this situation effects whole city. It is presented that the horizontal scenario causes a serious temperature increase over Istanbul.

ACKNOWLEDGEMENT

This study founded by the TUBITAK Project 114Y047.

REFERENCES

- Bilgen, S., & Unal, Y., (2016). Investigation of urban heat island intensity and developing mitigation strategies for Istanbul, Istanbul Technical University, Istanbul
- EPA. 2003. Cooling Summertime Temperatures / Strategies to reduce heat islands. US. Environmental Protection Agency, Publication Number: 430-F-03-014.
- Incecik, S., Im, U. (2012). Air Pollution in Megacities. M. Khare, Air Pollution - Monitoring, Modelling and Health. Intech Open Access Publisher.
- Şimşek, Ç., Şengezer, B. (2012). İstanbul Metropolitan Alanında Kentsel Isınmanın Azaltılmasında Yeşil Alanların Önemi. Megaron Journal. Volume 7, Issue 2, Pages 116-128.
- WHO, (2004). Health and Global Environmental Change, no: 2.
- WMO, (1983). Guide to climatological practices, second edition. Geneva, Switzerland.



2017 YILINDA TÜRKİYE’DE GERÇEKLEŞEN TOZ TAŞINIM OLAYLARININ 2001-2016 DÖNEMİ İLE BİRLİKTE ANALİZİ

Ayşe Gökçen IŞIK, Cihan DÜNDAR, Kahraman OĞUZ

*Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Araştırma Dairesi Başkanlığı, Ankara
Email: agisik@mgm.gov.tr*

ÖZET

Mineral tozun, direk (toz-radyasyon etkisi) ve dolaylı (toz-mikrofizik etkisi) olarak enerji bütçesine etkisi vardır. İklim değişikliği ile birlikte değişen meteorolojik koşullar, tozun taşınımını etkilediği gibi; toz da iklimi etkilemektedir. Türkiye, coğrafi konumu itibarıyla dünyadaki en önemli iki toz kaynağı olan Afrika ve Orta Doğu kaynaklı çöl tozlarının etkisi altında bulunmaktadır. Çalışmada, Türkiye 4 bölgeye (güneybatı (GB), güneydoğu (GD), kuzeybatı (KB), kuzeydoğu (KD)) ayrılarak NASA’nın uydu verilerinden olan AOD (aerosol optik derinlik) değerleri analiz edilmiştir. Daha önce yapılan 2001-2016 yılları arasındaki analize 2017 yılı eklenerek, literatürde (Gkikas ve ark., 2009) toz olaylarını belirlenmesinde kullanılan metot uygulanmıştır. Bu dönem için kuvvetli ve ekstrem aerosol olay sayıları yıllık ve aylık olarak oluşturulmuştur. Sonuç olarak 2017 yılı için de daha önceki araştırmalarda olduğu gibi, Güneydoğu bölgesinin toz olaylarından en çok etkilenen bölge olduğu gözlemlenmiş, toz taşınımında son yıllarda artış eğilimine rastlanmadığı saptanmıştır.

ANAHTAR KELİMELELER: toz, aerosol, AOD, eğilim

ABSTRACT

Mineral dust particles play a vital role in climate and the Earth's energy budget and can have impact on weather systems. It has both direct (dust-radiation effect) and indirect (dust-microphysical effect) impacts on the energy budget effect. The most important sources of dust aerosols are located in the Northern Hemisphere, primarily over the Sahara in North Africa, the Middle East, Central and South Asia respectively and Turkey is under the influence of mineral dust originated from Africa and Middle East. The objective of this study to carry out intensity and frequency analysis of sand and dust storm in Turkey for the year 2017 and combining the results with previous research period 2001-2016. Spatial and temporal analyses of dust event in Turkey are performed with four sub-regions: southwest(SW), southeast(SE), northwest(NW), northeast(NE). To investigate average annual and monthly AOD (aerosol optical depth) and AE (angstrom exponent) for the period 2001-2017, AOD and AE data of MODIS Terra is obtained from Giovanni website. Moreover, to identify aerosol episodes, the method, at which Gkikas et al (2009) investigated the aerosol events based on their frequency and intensity in the Mediterranean Basin by using AOD (Aerosol Optical Depth) data from MODIS, is applied. The number of strong and extreme aerosol events for this period is investigated annually and monthly. As a result, for the year 2017, it is observed that the Southeast region was the most affected region by dust events, as it was found out in previous research, The results point out that there is no increasing trend in dust events for the recent years.

KEYWORDS: dust, aerosol, AOD, trend

1. GİRİŞ

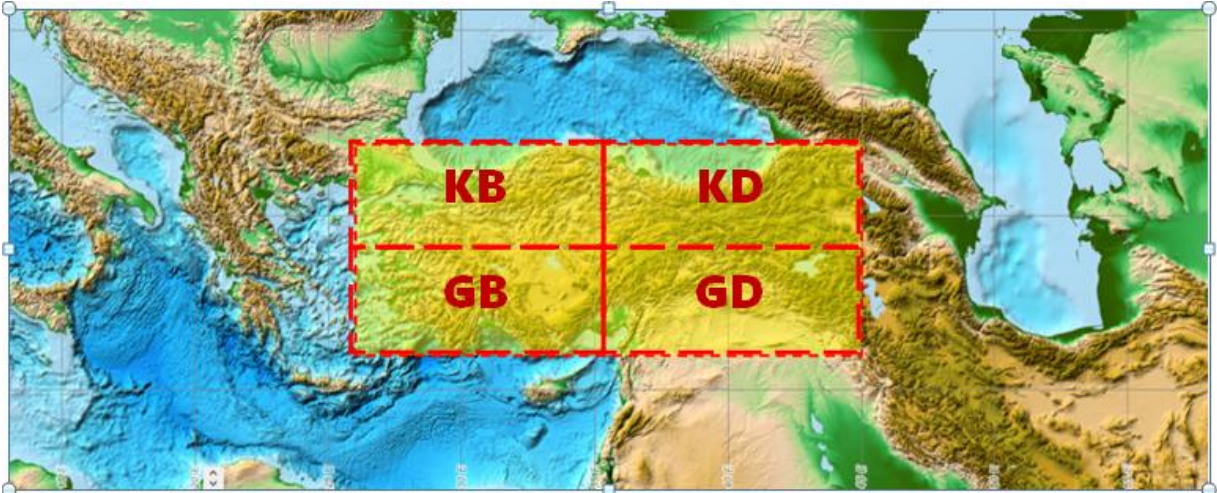
Türkiye, coğrafi konumu itibarıyla dünyadaki en önemli iki toz kaynağı olan Afrika ve Orta Doğu kaynaklı çöl tozlarının etkisi altında bulunmaktadır. Suriye ve Irak sınırına yakın yerleşimlerimiz başta olmak üzere, Güneydoğu Anadolu bölgesi ve Konya-Karaman havzası toz taşınımından en fazla etkilenen yörelerimizdir.

IPCC'nin güncel iklim öngörülerine göre, kuraklık hadisesinin sıklığı ve şiddetinin artmasıyla birlikte, Türkiye ile birlikte bölgemizde yer alan diğer ülkelerin de, kum ve toz fırtınalarının daha yoğun yaşanması beklenmektedir.

2. METODOLOJİ

2.1. Toz Taşınım Olaylarının Saptanması

Literatürde (Gkikas ve ark., 2009) toz olaylarını belirlenmesinde kullanılan metotlardan biri kullanılarak, Türkiye 4 alt bölgeye ayrılıp, 2001-2017 yılları arasında, toz olayları incelenmiştir. Uydu (AOD) verileri NASA'ya ait Giovanni sitesinden elde edilmiştir. (<http://disc.sci.gsfc.nasa.gov/giovanni>).



Şekil 1. Çalışma Alanı

Kullanılan metotta öncelikle, ortalama AOD değeri ve standart sapma değeri hesaplanmıştır. Eşik değeri 1 nolu denklemde belirtildiği gibi ortalama AOD değerine standart sapmanın farklı katlarda eklenmesi ile elde edilmiştir. Kuvvetli aerosol olayı ve ekstrem aerosol olayları için AOD değer aralıkları 2 ve 3 nolu denklemde ifade edilmiştir.

Ekstrem aerosol olaylarının genellikle toz taşınım olayları oldukları gözlenmiştir. Diğer yandan kuvvetli aerosol olaylarının genel olarak deniz tuzu, biokütle yakımı (orman yangınları) ve antropojenik aktiviteler ile ilgili olduğu sonucuna varılmıştır.



$$AOD_{Threshold} = \overline{AOD} + i \times \sigma_{AOD} \text{ with } i = 1, 2, 3, 4 \quad (1)$$

$$\overline{AOD} + 2 \times \sigma_{AOD} \leq AOD < \overline{AOD} + 4 \times \sigma_{AOD} \text{ kuvvetli aerosol olayı (2)}$$

$$AOD \geq \overline{AOD} + 4 \times \sigma_{AOD} \text{ ekstrem aerosol olayı (3)}$$

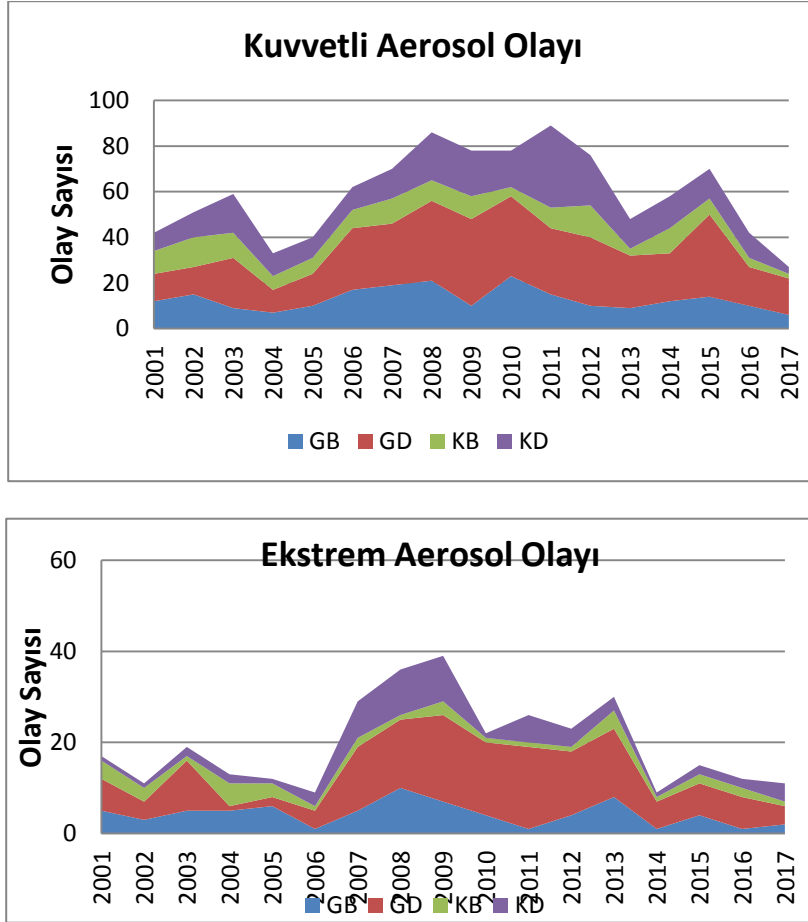
3. SONUÇLAR

Yıllık toplam kuvvetli ve ekstrem toz olaylarının kumulatif grafikleri 4 bölge için (güneybatı (GB), güneydoğu (GD), kuzeybatı (KB), kuzeydoğu (KD)) verilerek, kuvvetli ve ekstrem olayların sıklığının ayrı ayrı incelenmesini sağlanmıştır (Şekil 2). Bu grafiklerden, güneydoğu bölgesinin hem kuvvetli hem de ekstrem olaylar için 17 yıllık periyotta en fazla alanı kapladığı gözlenmiştir.

Tablo 1. Bölgelerdeki kuvvetli ve ekstrem toz ve kum olayları

	2001-2017 periyodu			2017 yılı	
	Kuvvetli	Ekstrem	Toplam	Kuvvetli	Ekstrem
Güneybatı	13,3	4,4	17,7	6	2
Güneydoğu	24,3	10,0	34,3	16	4
Kuzeybatı	8,6	2,2	10,8	2	1
Kuzeydoğu	15,3	3,6	18,8	3	4
Ortalama	15,3	5,0	20,4		

Bölgeler birbiriyle karşılaştırıldığında toz olaylarının en fazla Güneydoğu'da gerçekleştiği saptanmıştır (Tablo 1). Sadece 2017 yılına bakıldığında yine maksimum değerler Güneydoğu bölgesinde olmakla beraber, gözlenen kuvvetli aerosol (toz taşınımı) olaylarının sayısı 16; ekstrem aerosol olaylarının sayısı ise 4 olarak gözlenmiştir (Tablo 1).



Şekil 2. Toplam yıllık (a.) kuvvetli ve (b.) ekstrem aerosol olayları

KAYNAKLAR

Gkikas, A., Hatzianastassiou, N., and Mihalopoulos, N.: Aerosol events in the broader Mediterranean basin based on 7-year (2000–2007) MODIS C005 data, *Ann. Geophys.*, 27, 3509– 3522, doi:10.5194/angeo-27-3509-2009, 2009

Dündar C., Oğuz K., Öz N., Güllü G., “Doğu Akdeniz Havzasında Kum ve Toz Fırtınalarının (SDS) İncelenmesi”, 10. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi, 12-14 Eylül 2013, Hacettepe Üniversitesi, Ankara.



FARKLI MODEL ALANLARI İÇİN ÜRETİLMİŞ BÖLGESEL İKLİM SİMÜLASYONLARININ TÜRKİYE ÜZERİNDEKİ TOPLULUK ORTALAMASI

S. Kahraman¹ ve B. Öno²

¹ Öğrenci, Meteoroloji Müh. Bölümü, İstanbul Teknik Üniversitesi, Maslak

² Doçent, Meteoroloji Müh. Bölümü, İstanbul Teknik Üniversitesi, Maslak

Email: onolba@itu.edu.tr

ÖZET

Bu çalışmanın amacı çeşitli bölgesel iklim modellerinin ortalamalarını kullanarak 2025-2099 dönemi için Türkiye üzerindeki ortalama sıcaklık değişimlerinin belirlenmesidir. Koordine Edilmiş Bölgesel İklim Ölçek-Küçültme Deneyi (CORDEX) adı verilen proje kapsamında oluşturulan Bölgesel İklim Model (RCM) simülasyonlarının topluluk ortalaması, Türkiye'nin tamamını kapsayan beş farklı alan üzerindeki yedi farklı RCM tarafından üretilen simülasyonlar seçilerek uygulanmıştır. Türkiye üzerinde yapılan bu çalışmada RCP8.5 senaryosu kapsamında 2025-2099 yılları arasında üretilen gelecek simülasyonları, 1981-2005 yılları arasında seçilen referans dönem simülasyonlarından çıkartılarak sıcaklık değişimleri hesaplanmıştır. 25 yıllık üç eş döneme ayrılan 2025-2099 dönemi sıcaklıkları beklendiği gibi 21.yüzyılın sonuna doğru giderek artış göstermiştir. Mevsimsel olarak yapılan analizlerde her üç dönem için de yaz mevsimi sıcaklık artış sinyalinin diğer mevsimlere göre daha kuvvetli olduğu saptanmıştır. Bölgesel olarak bakıldığında Türkiye'nin doğusunun sıcaklık artışından daha fazla etkilendiği görülmüştür. Sıcaklık artışının 0.8 ila 7.2 °C arasında değişeceği hesaplanmıştır.

ANAHTAR KELİMELER: iklim değişimi senaryoları, bölgesel iklim modellemesi, topluluk ortalaması

ENSEMBLE MEAN OF MULTI-MODEL TEMPERATURE SIMULATIONS PRODUCED BY DIFFERENT MODEL DOMAINS OVER TURKEY

S. Kahraman¹ ve B. Öno²

¹ Student, Dept. of Meteorological Eng., İstanbul Technical University, Maslak

² Assoc.Prof., Dept. of Meteorological Eng., İstanbul Technical University, Maslak

Email: onolba@itu.edu.tr

ABSTRACT

The aim of this study is to define future change of the mean temperature over Turkey for period of 2025-2099 by using the ensemble mean of the various regional climate model outputs. The regional climate models (RCM) implemented over five different domains, which are all covers Turkey, have been assembled for the project called the Coordinated Regional Climate Downscaling Experiment (CORDEX). The future temperature change for the period of 2025-2099 has been calculated by using



the reference period, 1981-2005. Temperature for period of 2025-2099 (divided into 25-yr periods) is risen up to the end of the 21st century by resulting the climate change. Seasonal analysis indicated that climate change signal in all 25-yr periods is very strong in summer season. Temperature increase is more evident over the Eastern Turkey and temperature change varies between 0.8 and 7.2 °C.

KEYWORDS: climate change scenario, regional climate modelling, ensemble mean

1. GİRİŞ

Günümüzde iklim değişikliği ekstrem hava olayları meydana getirerek kendisinden söz ettirmektedir. Türkiye üzerinde özellikle sıcaklıktaki bu değişiklikler kayda değer oranlara ulaşmış ve daha da artması beklenmektedir. Ülkemiz üzerinde yapılan iklim değişimi çalışmalarında genel olarak birkaç farklı model kullanılmış ama çoklu bölgesel iklim modeli analizleri topluluk simülasyonları kullanılarak üretilmemiştir. Bu çalışmanın amacı 2025-2099 yılları için üretilmiş 63 farklı bölgesel iklim simülasyonunun (Tablo 1.) sonuçlarını analiz etmek, farklı model ve model alanlarından doğan belirsizlikleri en aza indirmektir.

2. YÖNTEM

Bu çalışmada Koordine Edilmiş Bölgesel İklim Ölçek-Küçültme Deneyinin (CORDEX) bir parçası olan Bölgesel İklim Modelleri (RCM) kullanılmıştır. Dünya İklim Araştırması Programı, bölgesel ölçek küçültmeyi önemli bir araştırma konusu ve iklim bilimcilere daha geniş bir topluluk içinde faaliyette bulunma fırsatı olarak görmektedir. CORDEX bu hedefe ulaşmak için bir katalizör görevi görmüştür (CORDEX; <http://www.cordex.org/>). Bu çalışmada 2025-2099 yılları arası sıcaklık değerleri için Temsili Konsantrasyon Yolu 8.5 (RCP8.5) senaryoları kullanılmıştır. RCP8.5, senaryo literatüründe yüksek sera gazı emisyonu yoluna karşılık gelir (Riahi et al., 2011). Bu çalışmada 5 farklı model alanı (Afrika: AFR, Avrupa: EURO, Güney Asya: WAS, Akdeniz: MED, Orta Doğu– Kuzey Afrika: MENA) üzerinde 13 farklı Global İklim Modeli (GCM) ile zorlanmış 7 farklı Bölgesel İklim Modeli (RCM) ile elde edilen simülasyonlar kullanılmıştır. Simülasyonların hepsi 50 km yatay çözünürlüğe sahiptir. 5 model alanından elde edilen veriler Türkiye'nin bulunduğu alan üzerinde aynı grid noklarına interpolate edilmiştir. Zamansal olarak 2025-2099 dönemi 25 yıllık dilimlere bölünmüş; 2025-2049, 2050-2074, 2075-2099 zaman dilimleri için hesaplamalar yapılmıştır. Bu üç dönemin Türkiye üzerinde referans yıllarından (1981-2005) farkları alınarak dönemsel ve mevsimsel sıcaklık değişimleri analiz edilmiştir.

3. GELECEK SİMÜLASYON ANALİZİ

Şekil 1.'den açıkça görüldüğü gibi sıcaklık 21.yüzyıl boyunca sürekli bir artış göstermektedir. Bu sıcaklık farkının en fazla olduğu yıllar beklendiği gibi 2075-2099 dönemidir. Sıcaklık artışının mevsimsel değişimi incelendiğinde yaz aylarındaki artışın daha yüksek olduğu görülmektedir. Sıcaklık artışından en çok etkilendiği belirlenen bölge ise sıcaklığın en düşük ortalamaya sahip Doğu Anadolu bölgesidir. Bu değişimin topoğrafyaya bağlı olması ve yağış türlerindeki değişimin (kardan yağmura) buna katkı vermesi olasıdır. Türkiye üzerindeki sıcaklık değişimi bütün senaryo simülasyonlarının topluluk ortalaması hesaplanarak incelendiğinde, 2025-2049 dönemindeki sıcaklık artışı 0.8 ila 2.7 °C arasındayken 2050-2074 dönemindeki artışın 2 ila 5.2 °C arasında olduğu belirlenmiştir. Yüzyılın son döneminde ise (2075-2099) sıcaklıktaki değişim 2.9 ila 7.2 °C arasında artış göstermektedir. Bu değişimler simülasyonları üreten model ve model alanlarına göre farklılıklar göstermektedir.

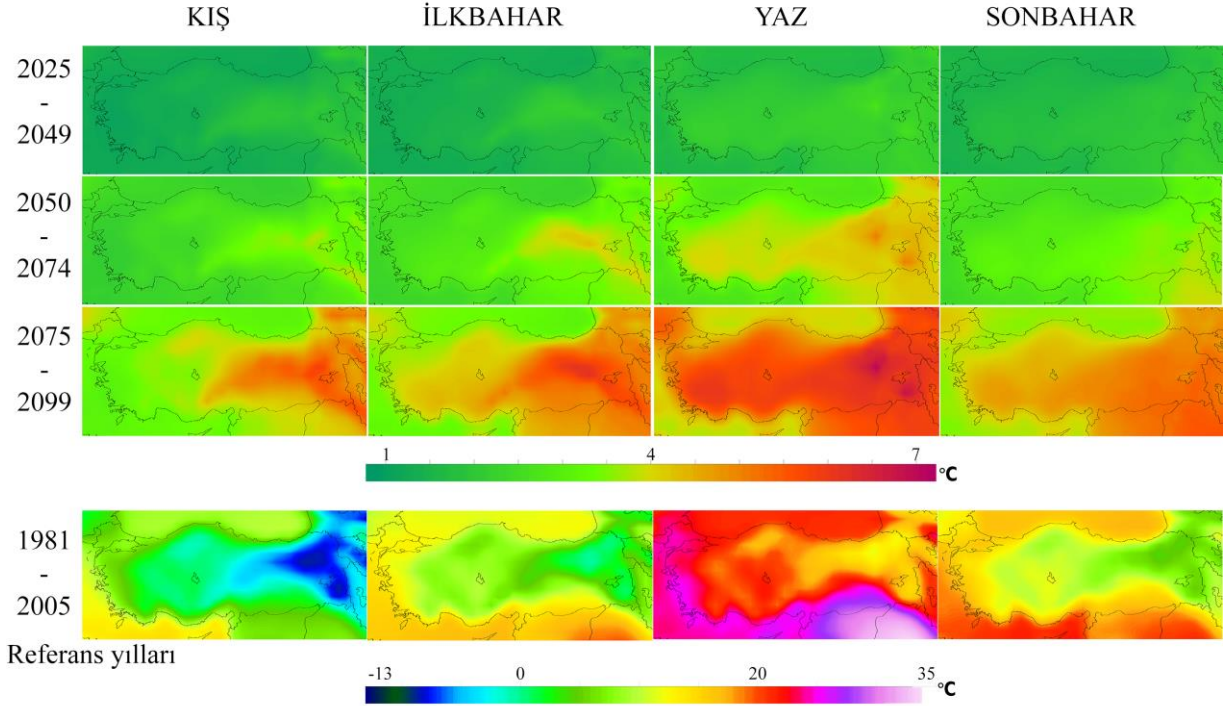


4. TARTIŞMA

Ülkemizde yapılan iklim değişikliği çalışmalarında bölgesel simülasyonların kullanılması son 10 sene içinde yaygınlaşarak artmıştır. Bu simülasyonları birbirinden ayıran özellikleri ise genellikle yatay çözünürlükteki değişkenlikleridir. Ancak RCM simülasyonlarının en önemli özelliği GCM simülasyonlarına bağımlılığı ve kendi iklimsel taraflılıklarını üretmeleridir. Özellikle iklim değişimine uyum çalışmalarında kullanılan RCM simülasyonları birkaç taneden öteye geçmemekte bu durum çalışmaların tutarlılığını etkilemektedir. RCM'lerin çalışma yönteminden kaynaklanan belirsizlerinin ortadan kaldırılması için çoklu-model ve çoklu-senaryo kullanımı artırılmalıdır. Bu çalışmada başarılmak istenen Türkiye üzerinde mümkün olduğunca çok sayıda simülasyon analiz edilerek, bunlardan bir topluluk ortalaması elde edilmesidir. Şekil 1.'de ortaya konan bu ortalamanın uyum çalışmaları için daha sağlıklı sonuçlar vereceği düşünülmektedir.

Tablo 1. 13 farklı Global İklim Modeli (GCM) ile zorlanmış 7 farklı Bölgesel İklim Modeli (RCM) ve bu simülasyonları üreten kurumlar.

DRIVING MODEL	RCM MODEL	INSTITUTE	DRIVING MODEL	RCM MODEL	INSTITUTE
CCCma-CanESM2	CRCM5	UQAM	MIROC-MIROC5	RCA4	SMHI
CCCma-CanESM2	RegCM4-4	IITM	MOHC-HadGEM2-ES	CCLM4-8-17	CLMcom
CCCma-CanESM2	RCA4	SMHI	MOHC-HadGEM2-ES	REMO2009	GERICS
CNRM-CERFACS-CNRM-CM5	CCLM4-8-17	CLMcom	MOHC-HadGEM2-ES	RACMO22T	KNMI
CNRM-CERFACS-CNRM-CM5	RCA4	SMHI	MOHC-HadGEM2-ES	RCA4	SMHI
CNRM-CERFACS-CNRM-CM5	RegCM4-4	IITM	MPI-M-MPI-ESM-LR	CRCM5	UQAM
CSIRO-QCCCE-CSIRO-Mk3-6-0	RegCM4-4	IITM	MPI-M-MPI-ESM-LR	CCLM4-8-17	CLMcom
CSIRO-QCCCE-CSIRO-Mk3-6-0	RCA4	SMHI	MPI-M-MPI-ESM-LR	REMO2009	MPI-CSC
ICHEC-EC-EARTH	CCLM4-8-17	CLMcom	MPI-M-MPI-ESM-LR	RCA4	SMHI
ICHEC-EC-EARTH	REMO2009	MPI-CSC	MPI-M-MPI-ESM-LR	REMO2009	MPI-CSC
ICHEC-EC-EARTH	HIRHAM5	DMI	MPI-M-MPI-ESM-MR	RegCM4-4	IITM
ICHEC-EC-EARTH	RACMO22T	KNMI	NCC-NorESM1-M	HIRHAM5	DMI
ICHEC-EC-EARTH	RCA4	SMHI	NCC-NorESM1-M	RCA4	SMHI
IPSL-IPSL-CM5A-LR	REMO2009	GERICS	NOAA-GFDL-GFDL-ESM2G	REMO2009	GERICS
IPSL-IPSL-CM5A-LR	RegCM4-4	IITM	NOAA-GFDL-GFDL-ESM2M	RegCM4-4	IITM
IPSL-IPSL-CM5A-MR	RCA4	SMHI	NOAA-GFDL-GFDL-ESM2M	RCA4	SMHI
MIROC-MIROC5	REMO2009	GERICS			



Şekil 1. Beş farklı model alanından üretilmiş toplam 63 bölgesel iklim modeli simülasyonunun 21. yüzyılın üç farklı dönemi (2025-2049, 2050-2074, 2075-2099) için mevsimsel sıcaklık değişimlerinin topluluk ortalaması (Üst 3 sıra). Aynı 63 simülasyonun referans dönemdeki (1981-2005) topluluk sıcaklık ortalaması (Alt sıra).

KAYNAKLAR

CORDEX. "History". 02.14.2018 tarihinde erişildi. <http://www.cordex.org/>

Riahi K, Rao S, Krey V, Cho C, Chirkov V, Fischer G, Kindermann G, Nakicenovic N, Rafaj P. 2011. RCP 8.5—A scenario of comparatively high greenhouse gas emissions. *Climatic Change*. 109: 33–57.



HIGH IMPACT PRECIPITATION EVENTS OVER COASTAL REGIONS OF TURKEY

M. Demirtaş¹

¹ *Department of Meteorological Eng., University of Ondokuz Mayıs, Samsun-Turkey*
Email: mdemirtas@omu.edu.tr

ABSTRACT

Turkey is prone to high impact precipitation events due to the air-sea interaction over the relatively warm sea and the complex topography. Various dynamical and physical processes on all spatial and temporal scales may play an important role in the formation and enhancement of such events. Warmer than usual sea surface temperatures (SST) can lead to a moister boundary layer through increased surface moisture flux, and by enabling higher water vapour concentrations through sensible heating. Such heating can also reduce stability by affecting low-level inversions. The resulting combination of increased moisture and instability pave the way for enhanced precipitation. High-impact precipitation events that this paper addresses are: (i) 9 October 2011 flash flood case of Antalya which poured 231 mm rain in just 6-h time interval from 1200 to 1800 UTC. (ii) 24 August 2015 flood event of eastern Black Sea region which left behind 149 mm total precipitation in 24-h. (iii) 17-18 July torrential rain events of İstanbul which produced 103 mm total precipitation on 17th July and 117 mm total precipitation on 18th July, and (iv) 27 July 2017 severe weather events which caused a strong wind gust (40 ms^{-1}), hail (larger than 9 cm) and 55 mm precipitation in 24h. Results indicate that dynamical-physical processes and high SST anomalies were likely to be responsible for triggering, establishing and maintaining high impact weather events.

KEYWORDS: High impact precipitation events, flash floods, hail storm, sea surface temperatures

1. INTRODUCTION

Prominent synoptic and mesoscale factors conducive to high impact precipitation events (HIPE) can serve as a dynamical fingerprint and yield insights into their most important triggering/driving mechanisms. Interaction between the upper level dynamics and thermodynamic processes at low levels set a scene for an enhanced dynamical feedback from the warm low-level anomaly to upper levels, and the tighter coupling can lead to further reinforcement of low-level warm-moist advection. Main ingredients can be given in a nutshell (Demirtaş, 2016): (i) An upper-tropospheric short-wave trough (at 500 hPa) may produce a south-westerly to south-easterly flow that both advects the warm and moist air masses from the Mediterranean Sea toward the coast and helps to destabilize these air masses. Likewise, a north-westerly to north-easterly flow can transport the warm and moist air masses from the Black Sea over complex topography. (ii) A low-level jet (LLJ) with equivalent potential temperature anomalies can provide a good supply of moisture in the lower troposphere. (iii) Complex topography plays very important roles: (a) it triggers convection by imposing orographic lifting which provides the necessary forcing needed to release the instability when the moist and unstable low-level flow impinges on the topography; (b) it channels the very moist LLJ; and (c) it induces upwind low-level convergence which contributes to the release of convective instability. (iv) Warmer than usual sea surface temperatures (SST) can warm and moisten the atmosphere above it, which leads to enhanced evaporation and



atmospheric moisture transport, thus increasing the low-level atmospheric instability, the moisture available to precipitation.

The Mediterranean and the Black Sea regions have seen a steady increase in summertime SST since the early 1980s, by over 2°K in some places (Meredith *et al.*, 2015). The Mediterranean Sea and the Black Sea act as a reservoir of heat and moisture which modifies and destabilizes the lower layers of the atmosphere through sensible and latent-heat fluxes. HIPE over the Mediterranean and the Black Sea regions suggest that higher SST, by further moistening the atmosphere, amplify extreme precipitation. The advection of heat and moisture across the air-sea interface influences the dynamics and thermodynamics of the atmospheric boundary layer (ABL). Also, warming of the ABL reduces static stability, allowing deep convection to be more easily triggered. The resulting combination of increased moisture and instability pave the way for enhanced precipitation.

2. DATA AND METHODS

The European Centre for Medium-Range Weather Forecasts analysis data was employed with a 0.125°×0.125° longitude–latitude grid–horizontal resolution. The ERA-Interim reanalysis data (Dee *et al.*, 2011) was used with a 1°×1° longitude–latitude resolution to compute June–July–August 1979–2009 SST climate means. Composite of SST anomalies were computed by removing climatological mean.

3. ANALYSIS OF HIGH IMPACT WEATHER EVENTS

The 9 October 2011 Antalya flash flood poured 238 mm rain in just 6-h time (1200 -1800 UTC). Some rain-gauges recorded 10 min accumulations reaching 26 mm. The event caused a devastating flash flood in the area, leading to human casualties, ruined houses, flooded farm land, severely damaged horticulture, etc. Damage was so extensive that the government initiated a 4 million Turkish lira (TL) recovery project. Figure 1(a) depicts 500 hPa geopotential height of 9 October 2011 at 18 UTC, which highlights the conspicuous large scale deep trough on the west and a north-east south-west tilted ridge on the east. High LLJ is evident at 925 hPa level (not shown). Comparison of Figure 2 (a) with that of Figure 1 (a) shows that positive SST anomalies coincide well with the location of trough. This prompts a question as to whether the extreme precipitation of Antalya would have occurred if a colder SST distribution had been present. To investigate this, Demirtaş (2016) conducted a sensitivity study with reduced SST in which the warm SST anomalies of October-2011 were removed. Interestingly, without the warmer than climatological mean Mediterranean Sea, not only precipitation amount but also its location was affected. Results indicate that a colder SST weakens sea surface heat fluxes. The low-levels are less humid and less unstable. Lowered SST significantly reduces the available energy for the convective system which therefore weakens and disappears after a few hours of numerical simulation.

24 August 2015 flood event of Artvin in eastern Black Sea region caused 149 mm total precipitation of which 109 mm happened in 6-h. HIPE caused landslides on the eastern Black Sea which resulted in 11 casualties and economic losses of around a million dollars. Figure 1(b) presents 500 hPa geopotential height of 24 August 2015 at 18 UTC, which highlights a pronounced north-east south-west tilted ridge and a low centre located over north of eastern Black Sea. A high SST anomaly over the eastern Black Sea (Figure 2b) is co-located with the cut-off low (Figure 1b). Through north-westerly winds, the advection of heat and moisture across the air-sea interface influenced the dynamics and thermodynamics of the ABL. Thus, warming of the ABL reduced static stability, allowing deep convection to be more

easily triggered. The resulting combination of increased moisture and instability pave the way for enhanced precipitation.

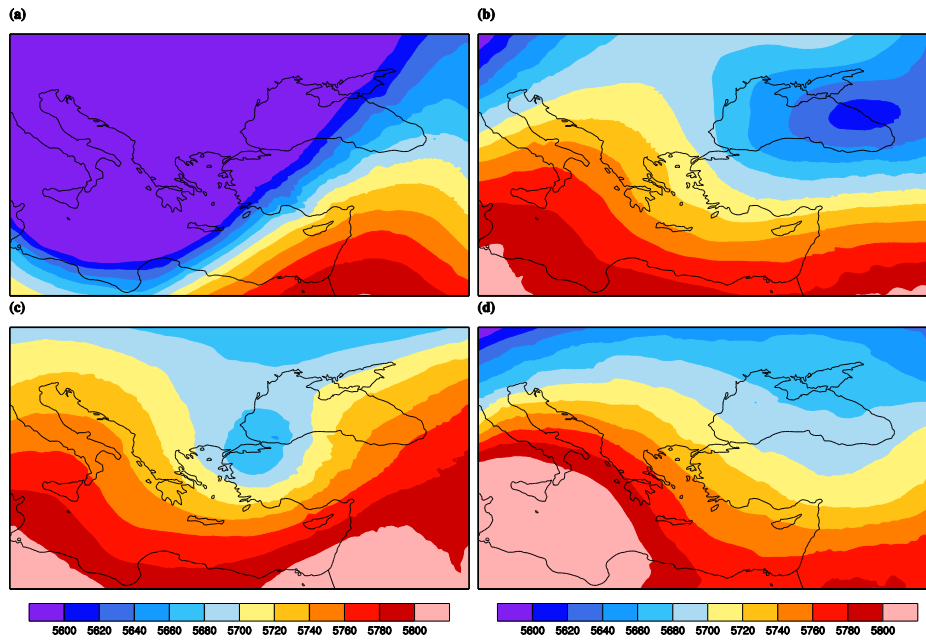


Figure 1. 500 hPa geopotential height (gpm): (a) 9th October 2011 at 18 UTC, (b) 24th August 2015 at 18 UTC, (c) 18th July 2017 at 18 UTC, (d) 27th July 2017 at 18 UTC

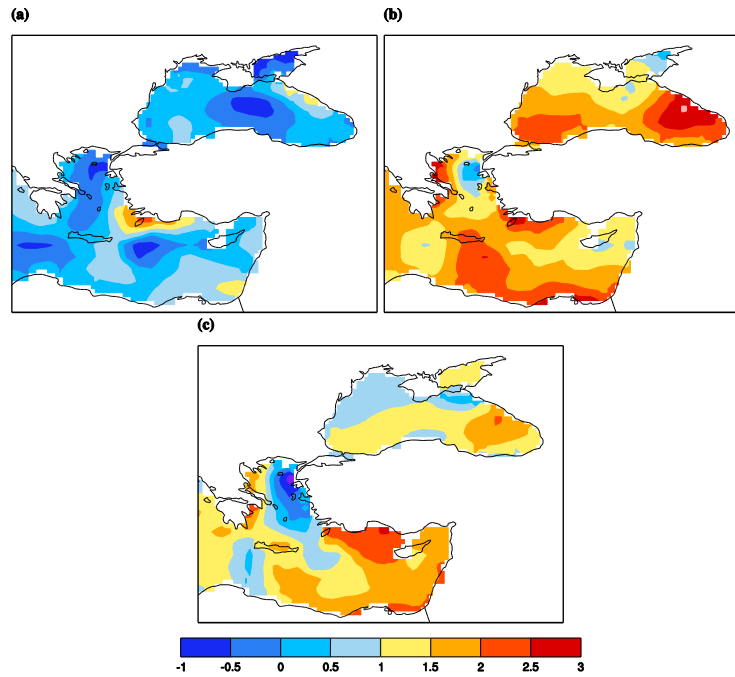


Figure 2. Sea surface temperature anomalies: (a) October 2011, (b) August 2015, (c) July 2017



17-18 July 2017 HIPE produced 103 mm total precipitation on 17th July and 117 mm on 18th July which caused floods in parts of İstanbul. Figure 1(c) shows a cut off low over the Marmara Sea region on 18th July 2017 at 18 UTC. North-easterly winds bring warm and moist air from the western Black Sea over İstanbul. The tongue of warm SST anomaly over western part of Black Sea (Figure (2c)) coincides well with the position of cut-off low (Figure 1c). Higher SSTs can lead to enhanced evaporation, atmospheric moisture and heat transport, with potential impacts on heavy precipitation.

27 July 2017 HIPE caused a wind gust (40 m/s), hail (9 cm) and 55 mm total precipitation which left behind; fallen trees (311) and minarets (2), and roofs being dismantled (162) due to high wind, plenty of dented cars and broken windows due to large hail. Figure 1(d) exhibits a deepening trough which advects warm and moisture rich air over the Black Sea. The warm SST anomaly over western part of Black Sea (Figure (2c)) acts as a reservoir of heat and moisture which modifies and destabilizes the lower layers of the atmosphere through sensible and latent-heat fluxes. Warming of the ABL reduces static stability, allowing deep convection to be more easily triggered. The intense fluxes associated with high SST may destabilize the ABL and increase the intensity of cyclogenesis. The resulting combination of increased moisture and instability pave the way for enhanced convective precipitation.

4. CONCLUDING REMARKS

Interaction between upper level dynamics and thermodynamic processes at low levels set the scene for an enhanced dynamical feedback from the warm low-level anomaly to upper levels, and the tighter coupling led to further reinforcement of low-level warm-moist advection. Examination of the composite anomalies of SST showed that temperature anomalies (2-3°C) were pronounced over the Mediterranean Sea and the Black Sea. The link between HIPE and SST anomalies is important for both weather and the investigation of HIPE in the framework of climate variability. A well-established physical law (the Clausius-Clapeyron relation) determines that the water-holding capacity of the atmosphere increases by about 7% for every 1°C increase in temperature. The resulting combination of increased moisture and instability pave the way for HIPE. There are two major factors that may contribute to HIPE: (i) dynamic changes (in cyclone occurrence and/or pathway) and (ii) thermodynamic changes (the amount of moisture carried by cyclones). Society is faced with addressing climate variability, and also with finding ways to adapt to future climate changes relating to HIPE.

ACKNOWLEDGEMENTS

Meteorological data were obtained from the Turkish State Meteorological Service and the European Centre for Medium-Range Weather Forecasts. The author is very grateful to these organizations.

REFERENCES

- Dee D P, et al. (2011). The ERA-Interim reanalysis: Configuration and performance of the data assimilation system. *Q. J. R. Meteorol. Soc.* **137**: 553–597.
- Demirtaş, M. (2016). The October 2011 devastating flash flood event of Antalya: triggering mechanisms and quantitative precipitation forecasting. *Q. J. R. Meteorol. Soc.* **142**: 2336–2346.
- Meredith, EP, Semenov, VA, Maraun, D, Park, W, Chernokulsky, AV. (2015). Crucial role of Black Sea warming in amplifying the 2012 Krymsk precipitation extreme. *Nat. Geosci.*, **8**: 615–619.



ASSESSING DROUGHT BY STANDARDIZED PRECIPITATION INDEX WITH OBSERVATION AND RCM DATA IN TURKEY'S MEDITERRANEAN REGION

Anıl Yıldırım Poyraz¹, İsmail Yücel²

¹Middle East Technical University, Ankara, ²Professor, Middle East Technical University, Ankara

e-mail: anil.poyraz@metu.edu.tr

Abstract: Drought has been a significant result of climate change that causes variance on precipitation regimes. Mediterranean region is one of the hotspots of the world in this respect. Dry summers and rainy winters -the characteristic of this climate type- makes this region more vulnerable to the effects of climate change. Hence, it is important to monitor drought considering the increasing population and economic facilities in the regions that is under Mediterranean climate conditions in Turkey. This study aims to assess the trends in drought by applying the Standardized Precipitation Index(SPI) for 5 timescales – from 1 month to 12 months. The model grid data that corresponds to meteorological stations distributed from south to west within the study area was obtained from 12 different Global Circulation Model / Regional Climate Model couplings of CORDEX project. Observed and model data were compared for reference period (1971-2005) in order to detect the most reliable models. Afterwards, modified Mann-Kendall trend test was applied on the SPI and annual precipitation values for the entire period (1972-2100). The trends were estimated by linear regression for the locations on which Mann-Kendall results indicate a significant change. In conclusion, a persistent increasing drought trend was detected for Muğla and Western Antalya parts such that all models are coherent. On the other hand, the divergence of the trends for some regions according to different models signifies the discrepancy of models. Besides, the drought trends are decreasing for some regions (especially Southern Marmara) as the timescale increases.

Keywords: Climate change, drought, Standardized Precipitation Index, Mediterranean climate region, CORDEX project

CORDEX SİMÜLASYON VERİLERİ KULLANILARAK TÜRKİYE’NİN AKDENİZ İKLİM BÖLGELERİNDE KURAKLIK ANALİZİ

Anıl Yıldırım Poyraz¹, İsmail Yücel²

¹Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara, ²Profesör, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara



e-mail: anil.poyraz@metu.edu.tr

Yağış rejimlerinde değişimlere sebep olan iklim değişikliğinin önemli sonuçlarından biri de kuraklıktır. Akdeniz Bölgesi bu açıdan Dünyadaki hassas noktalardan biridir. Bu iklim tipinde yazların kurak, kışların yağışlı olması bölgeyi iklim değişikliğinin etkilerine daha açık hâle getirmiştir. Bu sebeple, Türkiye'nin Akdeniz iklimi etkisi altındaki bölgelerinde artan nüfus ve ekonomik etkinlikler de düşünüldüğünde kuraklığı incelemek oldukça önemlidir. Bu çalışmada, Standartlaştırılmış Yağış İndeksi(SPI) 1 aydan 12 aya kadar 5 zaman ölçeğinde uygulanarak kuraklıktaki trendler değerlendirilmiştir. 12 farklı iklim modelinin, incelenen alanının güneyinden batısına yayılmış meteorolojik gözlem istasyonlarının konumuna denk gelen yağış verileri CORDEX projesinden alınmıştır. En güvenilir modelleri belirlemek amacıyla referans dönemi (1971-2005) için gözlem ve model yağış verileri karşılaştırılmıştır. Ardından, düzenlenmiş bir Mann-Kendall testi tüm dönem için (1972-2100) SPI ve yıllık yağış değerlerine uygulanmıştır. Mann-Kendall testinin anlamlı değişim işaret ettiği noktalar için lineer regresyon yöntemiyle trendler hesaplanmıştır. Sonuçta, Muğla ve Batı Antalya için kuraklıkta tüm modellerin sonuçlarının uyum içinde olduğu ciddi bir artış trendi tespit edilmiştir. Öte yandan, bazı bölgeler için model sonuçların çeşitliliği, modellerin farklılıklarına işaret etmektedir. Ayrıca, Güney Marmara başta olmak üzere bazı bölgelerde zaman ölçeği arttıkça kuraklık trendinde azalış sözkonusudur.

Anahtar kelimeler: iklim değişikliği, kuraklık, Standart yağış İndeksi, Akdeniz iklim bölgesi, CORDEX projesi

1. INTRODUCTION

We have witnessed a number of weather events cause significant losses of lives and property in recent years. The studies on changes in climate variability and extreme climatic events like drought have received increased attention in addition to the many ongoing studies that are devoted to mean climate changes due to increasing greenhouse gases concentration.

Considering the droughts, the Mediterranean Region is one of the hotspots of the world. Summer dryness signals that were shown by different model projections makes the region on of the most responsive regions to climate change. (Giorgi, 2006) SPI is a commonly used drought index method owing to its some superiorities to the other meteorological drought indices (Keyantash and Dracup, 2002). In this study, 12 different CORDEX climate models were evaluated on their past precipitation data and the selected model predictions were used to estimate trend in precipitation and SPI.

2. DATA AND METHODS

Observed precipitation data has been obtained from GDM (General Directory of Meteorology) while model precipitation data have been obtained from the CORDEX project. All models have been selected



from Eur11 domain (the resolution is around 12.5 km). Table1 shows the 12 RCM-GCM couplings that have been studied.

Table 2: The 12 models from given GCM-RCM coupling and Institute database

Model No	GCM	Institute	RCM
1-1	ICHEC-EC-EARTH	DMI	HIRHAM5
1-2		CLMcom	CCLM4-8-17
1-3		KNMI	RACMO22E
1-4		SMHI	RCA4
2-1	CNRM-CERFACS-CNRM-CM5	CNRM	ALADIN53
2-2		CLMcom	CCLM4-8-17
2-3		SMHI	RCA4
3-1	MOHC-HadGEM2-ES	CLMcom	CCLM4-8-17
3-2		KNMI	RACMO22E
3-3		SMHI	RCA4
4-1	IPSL-IPSL-CM5A-MR	SMHI	RCA4
4-2		IPSL-INERIS	WRF331F

Based on the performance analyses of the models, the future precipitation data was obtained for the most appropriate models. The worst carbon emission scenario (RCP 8.5) was considered for future projection.

2.1. Standardized Precipitation Index

The Standardized Precipitation Index is a meteorological drought index that was developed by McKee et al. (1993). It interprets observed precipitation as a standardized departure with respect to a rainfall distribution function. The calculation of SPI value for desired period is based on the long-term precipitation record. This long-term record is assumed to follow an incomplete gamma distribution, which is then transformed into a normal distribution so that the mean SPI for the location and desired period is zero (Edwards and McKee, 1997). McKee and others used a classification system based on SPI values to define drought intensities. It extends from extremely wet to extremely dry.

The SPI can be computed for any chosen timescales from 1 month to 48 months. This flexibility is a powerful feature of the SPI that provides useful information unless we have a clear idea of the desired intervals. In this study SPI was calculated for five intervals (1,3,6,9 and 12 months) for given periods.

2.2. Modified Mann-Kendall Test

Mann Kendall test is one of the widely used non-parametric tests for detecting trends in time series (Mann, 1945; Kendall, 1955). The Mann-Kendall trend test is derived from a rank correlation test for two groups of observations proposed by Kendall (1955). The correlation between the rank order of the observed values and their order in time is the key part of Mann-Kendall trend test. However, a modified Mann– Kendall test has been developed in order to avoid problems with autocorrelation (Hamed and Rao, 1998). Since we are detecting the trend in SPI values, it is important to use such a modified trend test that considers serial correlation.

3. APPLICATION AND RESULTS

In the first step of analysis, the observed and modeled precipitation data was compared for seasonally grouped monthly totals during the period 1971-2005. Box plots of monthly precipitation values for 46 stations were shown for observation and all model pairs in Figure 1. Similar box plot analysis for correlation coefficient.

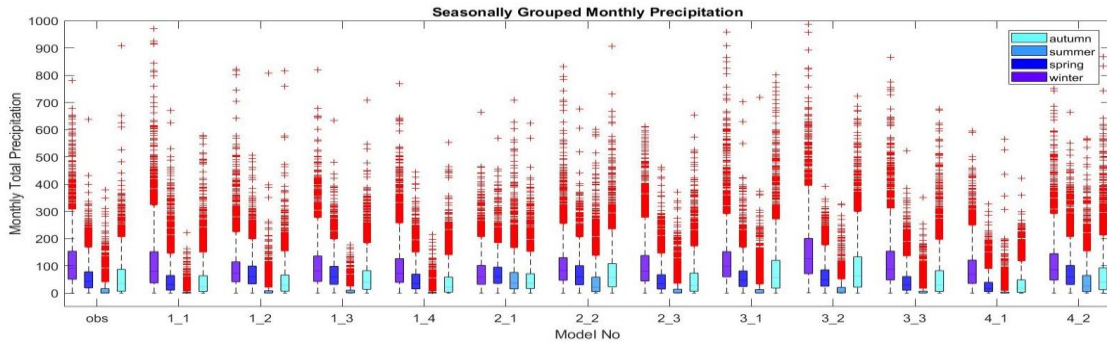


Figure 3: Seasonally grouped monthly total precipitation values for all stations

Based on these analyses, some models (1_1, 2_3, 3_1 and 3_2) show better performance than others. These models produced less uncertainty at all stations (Figure 2) and the median values of monthly precipitation are close to observed one (Figure 1). It seems models, for example 4_2 and 2_1, do not appropriate for this region as they release comparatively low correlation for all station grids.

Modified Mann-Kendall test was applied to the SPI (for five timescales-1,3,6,9,12) and annual precipitation during the evaluation period (1971-2100). Table 2 demonstrates the trends in drought based on the model data for 5 stations. Since negative SPI values means dry conditions, decrease symbol (\searrow) signs statistically significant (at 0.05 level) increasing trend in drought for that timescale. In the first row, the trend result for successive SPI 3 values are shown while second row indicates the trends for SPI 12 of each December -in other words, annual scale. Last row signifies the trends in annual total precipitation. Muğla, Antalya and Adana are the stations that are the most sensitive to drought in future. Besides, the analyses indicate a decreasing total rainfall accompanying to drought increase for these stations. The models predict distinctive trends for İzmir station. However, an increasing trend is expected for short timescales (SPI 3) whereas no trend is detected for SPI 12 (annual) and annual total rainfall considering the majority of the trends. Many of the models does not predict a significant trend in drought and rainfall for Balıkesir station, either.

Table 3. The Modified Mann-Kendall trend test results for 5 stations

		1-1	1-2	1-3	1-4	2-1	2-2	2-3	3-1	3-2	3-3	4-1	4-2
Adana	SPI 3	↘	↘	↘	↘	↔	↔	↘	↘	↘	↘	↘	↔
	SPI 12 (Annual)	↘	↘	↘	↘	↔	↔	↔	↘	↘	↘	↘	↔
	Annual	↘	↘	↘	↘	↔	↔	↔	↘	↘	↘	↘	↔
Antalya	SPI 3	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘
	SPI 12 (Annual)	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘
	Annual	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘
Balıkesir	SPI 3	↔	↘	↔	↘	↔	↔	↔	↘	↔	↔	↘	↔
	SPI 12 (Annual)	↔	↘	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↘	↔
	Annual	↔	↘	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↘	↔
İzmir	SPI 3	↘	↘	↘	↘	↔	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↗
	SPI 12 (Annual)	↔	↔	↔	↘	↔	↔	↘	↘	↔	↘	↘	↗
	Annual	↔	↘	↔	↘	↔	↔	↘	↘	↔	↘	↘	↗
Muğla	SPI 3	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↔
	SPI 12 (Annual)	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↔
	Annual	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↔

4. CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS

Muğla, Antalya and Adana are the provinces that are the most sensitive to drought in future. The analyses show increase in drought while there is a significant decreasing trend at annual total precipitation. It can be interpreted that the increase in drought may have a relation with decrease in annual precipitation for the region. However, the more detailed drought and precipitation assessments focusing on seasonal analyses should be performed.



REFERENCES

Edwards, D. C., and T. B. McKee, 1997: Characteristics of 20th century drought in the United States at multiple time scales. Climatology Report No. 97-2, Colorado State Univ., Ft. Collins, CO.

Giorgi, Climate change hotspots. Geophysical Research Letters 33, 8, 2006.

Hamed, K. H. and Rao, A. R.: A modified Mann–Kendall trend test for autocorrelated data, J. Hydrol., 204, 182–196, 1998.

Kendall, M.G. (1955) Rank Correlation Methods. Charles Griffin & Co. Ltd., London.

Keyantash, J. and Dracup, J.A., The Quantification of Drought: An Evaluation of Drought Indices, Bulletin of the American Meteorology Society, August 2002, 1172, 2002

Mann, H. B.: Non-parametric tests against trend, Econometrica, 13, 163–171, 194

Marzena Osuch, Renata J. Romanowicz, Deborah Lawrence, and Wai K. Wong, Trends in projections of standardized precipitation indices in a future climate in Poland, Hydrol. Earth Syst. Sci., 20, 1947–1969, 2016

McKee, T. B., Doeskin, N. J., and Kleist, J.: The relationship of drought frequency and duration to time scales, in: Proceedings of the 8th Conference on Applied Climatology, 17–22 January 1993, Anaheim, CA, 179–184, 1993.



27 TEMMUZ 2017 TARİHİNDE İSTANBUL ÜZERİNDE MEYDANA GELEN DOLU OLAYININ WRF SİMÜLASYONU PERFORMANSI

Emir Toker¹, Yasemin Ezber² ve Ömer Lütfi Şen³

¹ Yüksek Lisans Öğrencisi, Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul

² Araştırma Görevlisi, Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul

³ Profesör, Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul

Email: tokerem@itu.edu.tr

ÖZET

2017 yılı Temmuz ayı içerisinde İstanbul üzerinde birçok dolu hadisesi meydana gelmiştir. Yüzlerce yapı ve binlerce araç zarar görmüş ve sadece 27 Temmuz günü yaşanan yağışlar neticesinde 300 Milyon ABD Doları civarında hasarın meydana geldiği hesaplanmıştır. Bu çalışmada Weather Research and Forecasting (WRF) gelişmiş atmosferik modeli kullanılarak 27 Temmuz günü yaşanan dolu olayı incelenmiştir. Türkiye'nin kuzeybatısında bulunan İstanbul modelde merkez nokta olarak alınarak (41.96°N 20.06°E), çalışma için belirlenen 4 farklı alan dışarıdan içeriye doğru 27, 9, 3 ve 1 km yatay çözünürlükte iç içe yuvalanmıştır. 26 Temmuz 2017 18:00 UTC saatinden itibaren 30 saat çalıştırılan modelde başlangıç ve sınır koşulları için 0.75°x0.75° alansal çözünürlüğe sahip ERA-Interim Yeniden Analiz veri grubu kullanılmıştır. Dolu olayını simüle eden modelin performansı, model çıktıları ile gözlem verileri karşılaştırılarak değerlendirilmiştir. Modelde önceden tanımlanmış fizik seçeneklerinin performansı zayıf bulunduğu için mikrofizik, kümülüs ve sınır tabaka seçenekleri başta olmak üzere değiştirilip farklı kombinasyonlar ile duyarlılık simülasyonları yapılmıştır. Deneyimler sonucunda dolu olayını en iyi simüle eden model çıktılarından birinin NSSL-2-moment mikrofizik seçeneği, Multi-Scale Kain-Fritsch kümülüs seçeneği ve MYNN2 yüzey sınır tabaka seçeneğinin birlikte kullanımı ile sağlandığı görülmüştür. Çalışmanın analiz süreci halen devam etmekte olup yaşanan dolu olayının türü, şiddeti ve meydana geldiği yer üzerinde yüzey koşullarının etkilerini anlamaya yönelik duyarlılık simülasyonları da yapılacaktır.



ANAHTAR KELİMELER: hidroloji, meteoroloji, modelleme, dolu, parametrizasyon

PERFORMANCE OF WRF IN SIMULATING THE HAIL EVENT OVER ISTANBUL ON 27 JULY 2017

¹ *Master Student, Eurasia Institute of Earth Sciences, Istanbul Technical University, Istanbul*

² *Research Assistant, Eurasia Institute of Earth Sciences, Istanbul Technical University, Istanbul*

³ *Professor, Eurasia Institute of Earth Sciences, Istanbul Technical University, Istanbul*

Email: tokerem@itu.edu.tr

ABSTRACT

In July 2017, severe hail events took place over Istanbul. Hundreds of buildings and thousands of vehicles were damaged, and on July 27 the cost was estimated to be around 300 Million US Dollars. This study investigates this hail event using the state-of-the-art Weather Research and Forecasting (WRF) model. Istanbul located in northwestern Turkey was used as the central point (41.96°N 20.06°E) for model domain which is setup with 4 nested sub-domains. The 4 different areas determined for the study have 27, 9, 3 and 1 km horizontal resolution from outer to inner domain. ERA-Interim Reanalysis dataset with 0.75°x0.75° spatial resolution is used as the initial and lateral boundary conditions for the model simulations that are performed for 30 hours starting from 18:00 UTC on 26 July 2017. The performance of the model in simulating the hail event was assessed by comparing the model outputs with the observations. Some options were changed like microphysics, cumulus and boundary layer schemes and sensitivity simulations were made with different combinations, because the performance of the model with the default physics options was deemed poor. Amongst the different combinations, it is found that one of the good simulation of the hail event is produced when the model is run with NSSL 2-moment microphysics scheme, Multi-scale Kain-Fritsch cumulus scheme and MYNN2 planetary boundary layer scheme. The study is still in progress, and further sensitivity simulations will be performed to understand whether surface conditions have any role in the formation, intensification and location of the hail event.

KEYWORDS: hydrology, meteorology, modelling, hail, parameterizations



1. GİRİŞ

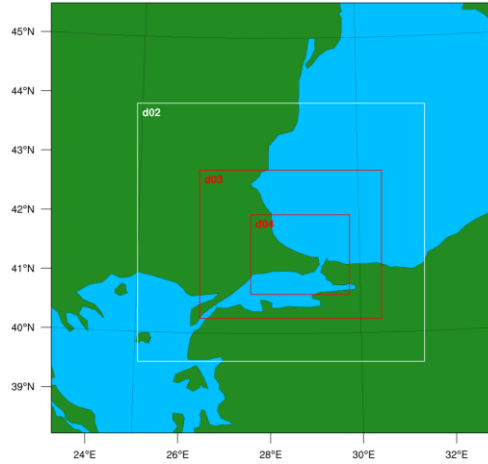
27 Temmuz 2018 tarihinde İstanbul meydana gelen dolu yağışı ilk olarak saat 12:00 UTC civarında Trakya bölgesinden yurda giriş yapmış, saat 15:00 UTC sıralarında şehrin farklı noktalarında yağmur ve fırtına ile birlikte etkili olmuş ve bu hava olaylarının sonucunda toplamda 30-40 kg yağış kaydedilmiştir.

Dolu, dikine gelişimli bulut içerisinde yükselici hava hareketleri sonucu yağışa geçmek isteyen nemli hava içerisinde bulunan damlaların yukarı seviyelere taşınarak sıcaklığı 0°C ile -40°C arasında olan katmanlarda tekrar tekrar donması ve büyümesinin ardından düşüşe geçip buz kütleleri olarak yağışı gerçekleştirmesi olaydır.

Dolu gelişimi oldukça bölgesel ve kısa zamanlı bir olay olduğundan dolu yağışı en zor tahmin edilebilen meteorolojik hadiselerdendir. Uzaktan algılama teknolojileri ve kısa süreli tahmin çalışmaları ile takibinin yapılması mümkün olabilmektedir. Yapılan çalışmalarda bilgisayarların artan işlem gücü kapasitesi ve geliştirilen hava tahmin modelleri kullanılmakta, model çıktıları ile gözlemler karşılaştırılarak tahmin yöntemlerinin verimliliği analiz edilmektedir. Meydana gelen hadiseye ve olayın yaşandığı coğrafi bölgeye göre model içerisinde yer alan fizik seçenekleri arasında farklı parametrisasyon kombinasyonları kullanarak meteorolojik hadisenin gerçeğe yakın bir biçimde öngörülebilmesi için benzetimler gerçekleştirilmektedir.

2. MODEL VE VERİ

Kuzey Yarım Küre'de orta ve yukarı enlemlerde meydana gelen jetlerin kuvvetlenmesi ve Avrupa üzerinde güçlenen basınç sistemleri sonucunda Trakya bölgesini kapsayan bir alanda yükselici hava hareketleri sonucu dikine gelişimli bulutlar oluşmuş ve bu sistem bir süre bölgede etkili olmuştur. Çalışılacak alan olarak dolu yağışının merkezinin olduğu ve ilerlediği alanı içeri alacak şekilde bir bölge belirlenmiştir ve bölgenin merkezinde İstanbul konumlandırılmıştır. Alan bilgileri, başlangıç ve sınır koşulları, veriler ile birlikte modele tanıtılıp dolu benzetimleri yapılmıştır.



Şekil 1. 27 Temmuz 2017 İstanbul dolu yağışı için çalışılacak alan

2.1. Model

Çalışmada kullanılan WRF atmosfer modeli içerisinde hem yüzeyi hem de atmosferi çözüp birleştiren bir mimariye sahiptir. Yüksek çözünürlüklü veriyi kullanıcının belirlediği fiziksel seçeneklere göre sayısal yöntemlerle hızlıca çözebilmektedir.

WRF modelini çalıştırmadan önce iç içe yuvalanmış 4 alan belirlenmiştir (Şekil 1). Balkanları ve Türkiye'nin bir kısmını içeren en dış alan 27 km, Marmara Bölgesi'ni ve Trakya'yı kapsayan ikinci alan 9 km, Marmara Bölgesi'nin bir kısmını kapsayan üçüncü alan 3 km ve İstanbul'u içeren dördüncü alan 1 km yatay çözünürlüktedir. Belirlenen dört alan için alınan çıktıların zamansal çözünürlükleri en içeride yuvalanan alan için 15 dakika, dış alanlar için 180 dakikadır.

Hadisenin öngörülebilmesi için yapılan simülasyonlarda dolu yağışının oluşumunu ve dikey gelişimli bulutları çözebilen fizik seçenekleri araştırılmış ve her yeni simülasyon için bu parametreler değiştirilerek kombinasyonlar halinde denenmiştir (Tablo 1).

Tablo 1. Kullanılan parametrizasyon seçenekleri

Mikro-fizik	Lin, Milbrant 2-mom, NSSL 2-mom
--------------------	---------------------------------



KümüLüs	Kain-Fritsch, New SAS, Multi Scale KF, KF-CuP, New Tiedtke
Sınır tabaka	YSU, MYNN2
Kısa dalga radyasyon	Dudhia, RRTMG
Uzun dalga radyasyon	RRTM, RRTMG

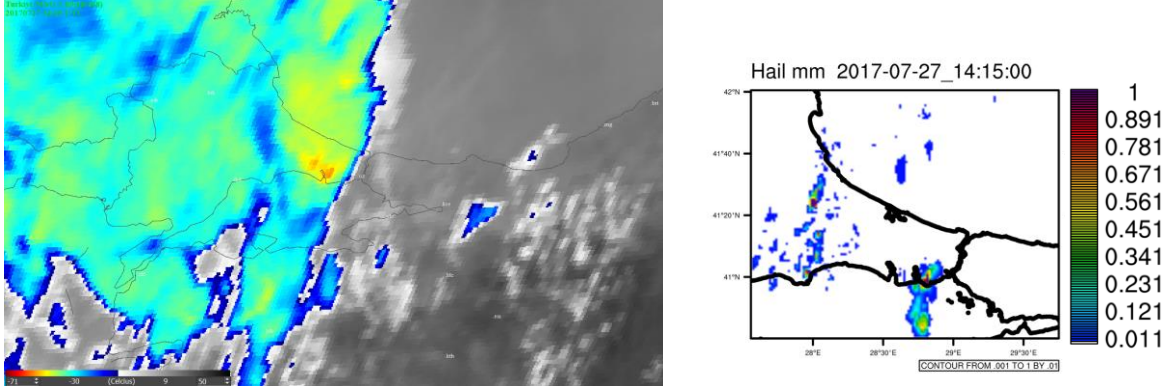
Model, meteorolojik koşulların gerçekçi biçimde kurgulayabilmesi için başlangıç saati 26 Temmuz 2017 günü saat 18 UTC olarak belirlenip 30 saat boyunca koşturulmuş ve sonuçlar irdelenirken ilk 6 saat modelin dengeye gelebilmesi için spin-up zamanı olarak kabul edilip 24 saat olarak değerlendirilmiştir.

2.2. Veri

Modelde kullanılmak üzere $0.75^{\circ} \times 0.75^{\circ}$ alansal ve 6 saat zamansal çözünürlüğe sahip, 37 farklı basınç seviyesi için oluşturulan ERA-Interim Yeniden Analiz verisi tercih edilmiştir. Model sonuçları ile karşılaştırmak üzere Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden dolu olayının yaşandığı tarihlere ait fevk verisi, uydu-radar gözlem verisi, İstanbul'da bulunan meteorolojik istasyonlarından sağlanan ölçüm verileri alınmıştır.

3. SONUÇLAR

İstanbul'da 27 Temmuz 2017 tarihinde yaşanan dolu olayı oldukça şiddetli bir hadise şeklinde yaşanmış, yüzlerce yapı ve binlerce araç zarar görmüştür. Gözlem verilerine göre İstanbul üzerinde yükselen hava, bulut tepe sıcaklığını ciddi derecede düşürmüştür. Bununla birlikte bulut içinde dolu tanelerinin gelişmesi ve yer yüzeyine erimeden düşmesi için gerekli meteorolojik koşullar meydana gelmiştir. Farklı parametrisasyon kombinasyonları ile yapılan benzetim çıktılarına göre model olay saatine, şiddetine ve merkezine yakın sonuçlar üretmiştir. Model çıktıları ve gözlem verileri bulut tepe sıcaklığı, nemlilik, dikey hava hareketleri ve yansıma gibi dolu hadisesinin anlaşılmasında önemli rol oynayan hava olaylarının zamanla değişimi karşılaştırılmıştır (Şekil 2). Çalışmada şimdiye kadar üretilen en iyi sonuçlardan birini veren kombinasyon NSSL-2-moment mikrofizik seçeneği, Multi-Scale Kain-Fritsch kümülüs seçeneği ve MYNN2 yüzey sınır tabaka seçeneğinin birlikte kullanıldığı parametrisasyon olduğu görülmüştür.



(a) (b)

Şekil 2. 27 Temmuz 2017 14:15 UTC MGM Uydu görüntüsü bulut tepe sıcaklığı (a) ve model çıktısı dolu yağışı (b)

KAYNAKLAR

Morrison, H., Milbrant, J. A., Bryan, G. H., Ikeada, K., Tessendorf, S. A. ve Thompson, G. (2014). Parameterization of cloud microphysics based on the prediction of bulk ice particle properties. Part II: Case study comparisons with observations and other schemes. *Journal of The Atmospheric Sciences*, 312-339.

Chevuturi, A., Dimri, A. P. Ve Gunturu, U. B. (2014). Numerical Simulation of rare winter hailstorm event over Delhi, India on 17 January 2013. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 3331-3344.



Bölgesel İklim Modeli Projeksiyonlarına göre Etezyen Rüzgarlardaki Değişimin Değerlendirilmesi

Yasemin Ezber¹ ve Ömer L. Şen²

¹ Araştırma Görevlisi, Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul

² Profesör, Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul

Email: ezber@itu.edu.tr

ÖZET

Etezyen rüzgarlar Ege Denizi üzerinde yaz aylarında kuzeyden sürekli esen yerel rüzgarlardır. Temmuz-Ağustos Etezyen rüzgar deseni, ECMWF ERA-Interim (ERA-Interim) ve 11 EURO-CORDEX Bölgesel İklim Model (BİM) benzetimleri kullanılarak mevcut zaman aralığı (1981-2000) için araştırılmıştır. Ayrıca, RCP8.5 BİM benzetimleri de gelecekte Etezyenlerin desenlerinde meydana gelecek değişimler için değerlendirilmiştir. ERA-Interim yere yakın meridyonel rüzgar bileşenine (v10) Ege Denizi üzerinde EOF analizi uygulanmıştır. Birinci EOF modu bütün değişkenliğin %43.6'sını açıklamaktadır. Etezyen şiddetini ifade etmek için bir indeks geliştirilmiştir ve EOF1'in temel bileşeni (PC1) ile oldukça yüksek bir korelasyonu ($r=0.98$) vardır. Kompozit analizi, Azor yüksekliğinin Balkanlar'a ve Karadeniz'e kadar uzanmasının meridyonel basınç gradyanını artırdığını, bu nedenle güçlü Etezyen rüzgarlarının Ege Denizinde oluştuğunu göstermiştir. Projeksiyonlar, Ege Deniz'i üzerinde artan basınç gradyanıyla birlikte Etezyen rüzgarlarının gelecekte güçleneceğini göstermektedir. Bu sonuçlar, gelecekte Ege Denizi kıyılarında rüzgar enerjisi yatırım potansiyelinin artacağına işaret etmektedir.

ANAHTAR KELİMELER: Etezyen rüzgar, EOF, BİM.

Assessment of the Changes in the Etesian Winds According to Regional Climate Model Projections

¹ Research Assistant, Eurasia Institute of Earth Sciences, Istanbul Technical University, Istanbul

² Professor, Eurasia Institute of Earth Sciences, Istanbul Technical University, Istanbul

Email: ezber@itu.edu.tr

ABSTRACT

The Etesian winds are persistently blowing northerly local winds over the Aegean Sea during summer. The July-August (JA) pattern of the Etesians is investigated for a present time period (1981-2000) using ECMWF ERA-Interim (ERA-Interim) Reanalysis dataset and eleven EURO-CORDEX Regional Climate Model (RCM) simulations. Also, RCP8.5 RCM simulations are assessed for the future changes in the pattern of the Etesians. EOF analysis is applied to ERA-Interim near surface meridional wind component (v10) over the Aegean Sea. First EOF mode explains 43.6% of the total variance. We developed an index to show intensity of the Etesians, which has a very high correlation ($r=0.98$) with the principal component (PC) time series of EOF1. A composite analysis shows that Azores high extension towards Balkans and the Black Sea increases the meridional pressure gradient, therefore the strong Etesians exist over the Aegean Sea. Projections indicate that the Etesians are stronger in the future periods due to the increasing



pressure gradient over the Aegean Sea. This result suggests that potential of wind energy investment in the Aegean Sea coast will increase in the future.

KEYWORDS: Etesian wind, EOF, RCM.

1. GİRİŞ

Etezyen rüzgarlar, hava kalitesi ve rüzgar enerjisi gibi pek çok farklı alanda önemli olan, Ege Denizi üzerinde esen aşağı seviye yere yakın rüzgarlardır. Daha çok yazın Ege Denizi ve Akdeniz’de görülen bu rüzgarlar büyük ölçek hava şartlarına bağlı olarak bölge üzerinde günlerce hakim olabilirler (Repapis, 1978; Kallos vd.,1998). Yapılan çalışmalar Etezyen rüzgarların oluşması ya da sürekliliğinin Avrupa üzerindeki yüksek basınç ve Anadolu üzerindeki Asya Muson alçağının yarattığı basınç gradyan farkından meydana geldiği ortaya konulmuştur (Alpert vd. 1990; Saaroni ve Ziv, 2000). Etezyen rüzgarların oluşumunda Azor yüksekliğinin mi yoksa Asya alçağının mı rolünün olduğu araştırmacılar tarafından incelenmiş ve Rodwell ve Hoskins (1996), Tyrlis (2014) gibi bazı araştırmacılar Asya yaz Muson’unun önemine işaret ederken Kallos (1998), Poupkou (2011) gibi bazı araştırmacılar ise Avrupa ve Balkan üzerindeki yüksekliğin rolüne dikkat çekmişlerdir.

Etezyen rüzgarların mevcut ve gelecekteki desenleri sayısal modeller yardımıyla ortaya koyulmaya çalışılmıştır. Örneğin, Dafka vd. (2017) BİM benzetimlerini kullanarak modellerin mevcut Etezyen rüzgarları iyi bir şekilde ortaya koyduğunu göstermiştir. Bunun yanısıra Anagnostopoulou vd. (2014) hem kümeleme analiz hem de bir bölgesel iklim modeli yardımı ile Etezyen rüzgarları meydana getiren desenleri ortaya koymuş hem de gelecekte artan basınç gradyanı nedeni ile Etezyen rüzgarların kuvvetleneceğini göstermiştir.

Bu çalışmada, ERA-Interim veri seti ve CORDEX veri setleri kullanılarak Etezyen rüzgarlarının belirlenen yirmi yıllık zaman aralıkları için mevcut ve gelecekteki desenleri incelenmiştir.

2. VERİ

Bu çalışmada Avrupa Orta Menzül Hava Araştırma merkezi ECMWF tarafından hazırlanan tahmin ve asimilasyon şemaları içeren 0.75 dereceye 0.75 derecelik yatay çözünürlüğe ve 60 düşey seviyeye sahip günlük ERA-Interim (ERA-Interim) verisi kullanılmıştır. Günlük ERA-Interim verinin zamansal çözünürlüğü 1979 yılından günümüze kadar uzanmaktadır. Bu çalışmada, yere yakın meridyonel rüzgar (v_{10}), ortalama deniz seviyesi basıncı (m_{slp}) ve 500hPa jeopotansiyel yüksekliği (z_{g500}) Etezyen rüzgarların mevcut desenlerini ortaya koymak için kullanılan değişkenlerdir.

Ayrıca Tablo 1’de bilgileri verilen BİM benzetimlerinin günlük verileri de mevcut durumu modellerin ne kadar temsil edebildiğini anlamak amacı ile kullanılmıştır. Bu çalışmada 11 BİM benzetim sonucu hem mevcut hem de gelecek için kullanılmıştır. Modellerin yatay çözünürlüğü yaklaşık 12 km’dir ve gelecek için en kötümser senaryo olarak bilinen RCP8.5 model çıktıları kullanılmıştır. Çalışmada mevcut durum için 1981-2000 yılı arasındaki 20 yıllık periyod kullanılırken gelecek için 2041-2060 ve 2081-2100 yılları yüzyıl ortası ve yüzyıl sonu olarak iki periyod için Etezyen rüzgarlar incelenmiştir.

3. METOD



Çalışmada, günlük ERAIN v10 verisine EOF analizi uygulanmıştır. Analiz, EOF1'in toplam değişkenliğin %43.6'sını açıkladığını göstermektedir. EOF1, Etezyen rüzgarların şiddetini göstermektedir. Basitçe Ege Deniz üzerinde belirlediğimiz alan (34.5-38.25°Kuzey ve 24-26.25°Doğu) üzerinden hesapladığımız indeks yardımı ile EOF1 arasındaki 0.98'lik korelasyon bize geliştirilen indeksin diğer veriler (BİM çıktıları) için de kullanılabileceğini göstermiştir. Böylece bu çalışmada elde edilen indeks, her bir veri seti için Etezyen rüzgarların şiddetini belirlemede kullanılmıştır. Etezyen şiddet indeksine ek olarak Etezyen rüzgarların oluşmasının temel nedeni olan basınç gradyanı için de bir indeks geliştirilmiştir. Bu indeks ise belirlenen iki noktadaki basınç farkı ile hesaplanmıştır.

Tablo 1: BİM benzetimlerinin yapıldığı Enstitü isimleri ve kullanılan küresel modeller.

Kurum	Küresel İklim Modeli	BİM
Danish Meteorological Institute (DMI)	ICHEC-EC-EARTH	HIRHAM5
Swedish Meteorological and Hydrological Institute (SMHI)	CNRM-CERFACS-CNRM-CM5 ICHEC-EC-EARTH IPSL-IPSL-CM5A-MR MOHC-HadGEM2-ES MPI-M-MPI-ESM-LR	RCA4
Climate Limited-area Modelling Community (CLM-Community)	CNRM-CERFACS-CNRM-CM5 ICHEC-EC-EARTH MOHC-HadGEM2-ES MPI-M-MPI-ESM-LR	CLMC-8-17
Royal Netherlands Meteorological Institute, De Bilt, The Netherlands (KNMI)	ICHEC-EC-EARTH	RACMO22E

4. SONUÇ

Bu çalışma, Azor yüksekliğinin bir kolunun Balkanlar ve Karadeniz'e kadar uzanmasının basınç gradyanının artmasında önemli rolü olduğunu göstermiştir. Basınç gradyanının BİM çıktılarında mevcut periyod için daha zayıf olduğu bu nedenle Etezyen rüzgarların model çıktılarında ERAIN ile karşılaştırıldığında daha zayıf olduğu bulunmuştur. Gelecek için yapılan analizler ise Etezyen rüzgarların şiddetinin artacağını göstermektedir. Ayrıca gelecekte subtropikal jetin daha güçleneceği ve yukarı enlemlere doğru yer değiştireceği de öngörülmektedir. Sonuçlar Ege Denizi ve civarında rüzgar enerjisi potansiyelinin gelecekte artacağına işaret etmektedir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma İTÜ BAP MGA-2017-40771 numaralı proje ile desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

Alpert P., Abrasmski R., Neeman B.U. (1990). The prevailing summer synoptic system in Isreal-subtropical high, not Persian trough, *Isr. J. Earth Sci.*, **39**, 93-102.

Anagnostopoulou C., Zanis P., Katragkou E., Tegoulas I., Tolika K. (2014). Recent past and future patterns of the Etesian winds based on regional scale climate model simulations, *Clim. Dyn.*, **42**, 1819-1836.



Dafka S., Toreti A., Zanis P., Luterbacher J., Tyrlis E., Xoplaki E. (2017). On the ability of RCMs to capture the circulation pattern of Etesians, *Clim Dyn.*, doi:10.1007/s00382-017-3977-2.

Kallos G., Kassomenos P., Pielke R.A. (1998). Synoptic and mesoscale weather conditions during air pollution episodes in Athens, Greece. *Bound Layer Meteorol.* 63,163–184.

Poupkou, A., Zanis, P., Nastos P., Papanastasiou D., Melas D., Tourpali K, and Zerefos C. (2011). Present climate trend analysis of the Etesian winds in the Aegean Sea, *Theor. Appl. Climatol.*, **106**, 459–472, doi:10.1007/s00704-011-0443-7.

Repapis C, Zerefos C, Tritakis B. (1978). On the Etesians over the Aegean, *Proceedings of the Academy of Athens*, **52**:572–606.

Rodwell M.J., Hoskins B.J. (1996). Monsoons and the dynamics of deserts, *Q.J.R. Meteorol. Soc.*, **122**:1385–1404.

Saaroni H., Ziv B. (2000). Summer rain episodes in a Mediterranean climate, the case of Israel: climatological-dynamical analysis, *Int. J. Climatol.*, **20**:191–209.

Tyrlis E., Škerlak B., Sprenger M., Heini Wernli H., Zittis G., and Lelieveld J. (2014). On the linkage between the Asian summer monsoon and tropopause fold activity over the eastern Mediterranean and the Middle East, *J. Geophys. Res.Atmos.*, **119**, 3202–3221



TÜRKİYE'YE YAĞIŞ GETİREN SIKLONLARIN YÖRÜNGELERİ

Merih Bozbura¹, Yasemin Ezber² ve Ömer Lütfi Şen³

¹ Yüksek Lisans Öğrencisi, İklim ve Deniz Bilimleri Bölümü, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul

² Araştırma Görevlisi, İklim ve Deniz Bilimleri Bölümü, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul

³ Profesör, İklim ve Deniz Bilimleri Bölümü, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul

Email: bozbura@itu.edu.tr

ÖZET

Orta enlem siklonları, orta ve yukarı enlemlerin günlük hava koşullarını kontrol etmektedir. Orta enlem siklonları ve bunlarla ilişkili olan cepheler yağış oluşumu ve yağışın miktarına bağlı olarak şiddetli hava olaylarının meydana gelmesine neden olurlar. Böylece, bölgenin hidrolojik çevrimini de önemli ölçüde etkilerler. Bu çalışmanın amacı, atmosferdeki nemi taşıyarak yağışları oluşturan siklonların Türkiye'ye hangi yollardan geldiğini incelemektir. Bu projede, Melbourne Üniversitesi tarafından hazırlanmış olan siklon izleme yazılımı kullanılarak 1996-2017 yılları için Türkiye üzerindeki siklonlar incelenmiştir. Siklon izleme yazılımı, yatay çözünürlüğü 2.5° x 2.5° olan NCEP2 Reanalysis veri setine ait ortalama deniz seviyesi basıncı kullanılarak 15°W - 60°E ve 20°N - 60°N bölgesi için çalıştırılmıştır. Yazılım, seçilen zaman ve alan aralığında her grid için komşu 8 grid ile karşılaştırma yapılarak alçak basınç alanlarını bulmakta ve bu alanları zamanda takip ederek siklonların yörüngelerini oluşturmaktadır. İlk sonuçlar, Türkiye'yi etkileyen siklonların büyük oranda batılı olduklarını ve kış mevsiminde genellikle daha güneyli bir yörünge izlediklerini göstermiştir.

ANAHTAR KELİMELER: Siklon, yağış, Türkiye, ortalama deniz seviyesi basıncı

TRAJECTORIES OF CYCLONES BRINGING PRECIPITATION TO TURKEY

¹ Graduate Student, Climate and Marine Science Department, İstanbul Technical University, İstanbul

² Research Assistant, Climate and Marine Science Department, İstanbul Technical University, İstanbul

³ Professor, Climate and Marine Science Department, İstanbul Technical University, İstanbul

Email: bozbura@itu.edu.tr

ABSTRACT

Mid-latitude cyclones control daily weather conditions. Mid-latitude cyclones and their related fronts cause severe weather conditions depending on the occurrence and amount of precipitation. Thus, they also significantly affect the hydrological cycle of the region. The purpose of this study is to examine which paths that cyclones cause form of precipitation by transporting the atmospheric moisture come to Turkey. This project is carried out between 1996 and 2017 using cyclone tracking software which is prepared by The University of Melbourne for cyclones over Turkey. The software is operated for NCEP2 Reanalysis dataset with horizontal resolution of 2.5° x 2.5° using the mean sea level pressure for a region between 15°W to 60°E and 20°N to 60°N. The software finds low pressure grids by comparing with the



neighboring 8 grids for each grid in the selected time and area and it creates the trajectories of the cyclones by following these grids in time. The preliminary results show that the cyclones which affect Turkey are mainly westerly and they generally follow a southerly trajectory in the winter.

KEYWORDS: Cyclone, precipitation, Turkey, mean sea level pressure

1. GİRİŞ

Orta enlem siklonları, orta ve yüksek enlemlerin her gün hava koşullarını kontrol etmekte ve iklimlerinde baskın bir rol oynamaktadır. İlk olarak, hareketli orta enlem siklonları yerel havanın belirlenmesinde ve böylece yağış, bulutluluk, yere ulaşan radyasyon miktarı ve bunların zaman ve mekandaki değişimleri üzerinde büyük bir etkiye sahiptir. İkinci olarak, atmosferdeki dikey ve yatay ısı ve su buharı taşınımı rolleri ile atmosferin genel dolaşımı üzerindeki etkisi büyüktür. Son olarak, blokajlar gibi büyük ölçekli merkezlerle etkileşime geçerek hafta zaman ölçeğinde bölgesel havaya hakim olabilirler. Güçlü rüzgarlar güçlü siklonlarla ilişkilendirilir ve rüzgarlar siklonların gücüyle orantılı olarak ekonomik kayıplara sebep olurlar. Yağış olayları konvektif hareketler, siklonik sirkülasyonlar ve orografik yükselmeden (yamaç yağışları) dolayı meydana gelir. Orta enlemlerdeki ekstrem yağışların çoğu, siklonlarda ve bunlarla ilgili cephelerde ve sıcak konveyör bantlarda meydana gelir.

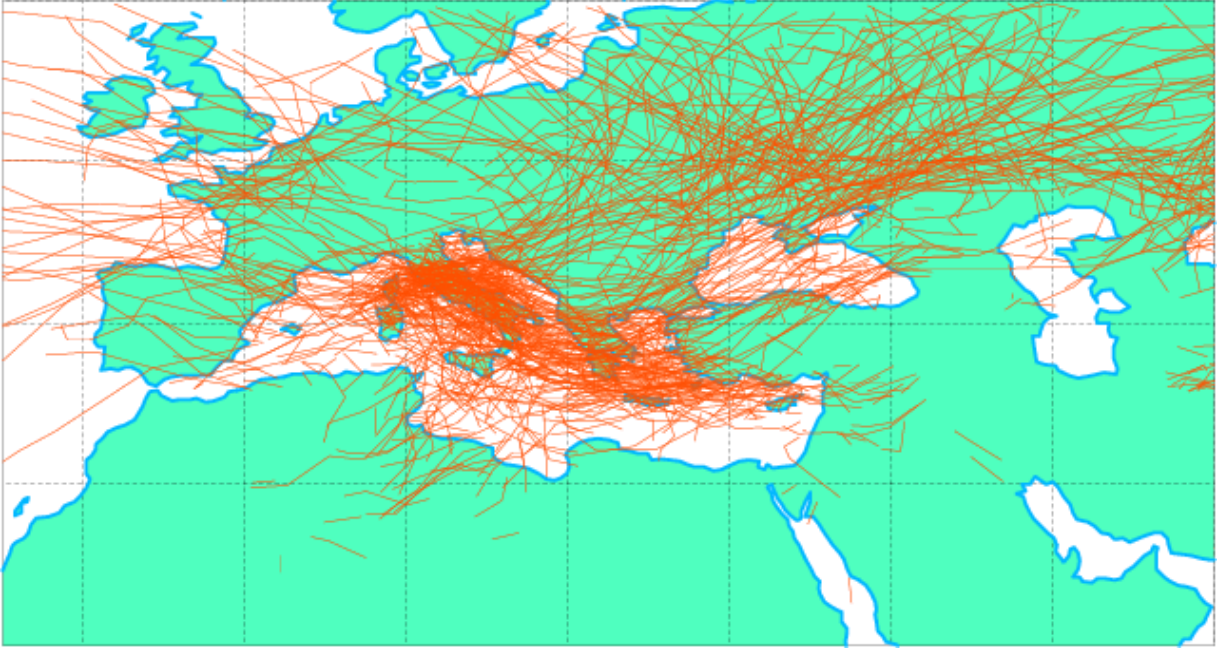
Hidrolojik çevrim iklimin önemli bir parçasıdır ve su kaynaklarının belirlenmesini sağlar. Hidrolojik çevrimin en önemli elemanlarından biri yağıştır. Aynı zamanda orta enlem siklonları, şiddetli yağış ve sıcaklıktaki değişimlerle ilişkili olduğundan, ani seller, geniş ölçekli seller veya şiddetli dolu gibi riskli olaylar yaratarak insan ve çevreyi etkiler. Bundan dolayı su kaynaklarını besleyen ve çevreyi bu şekilde etkileyen yağışların nem kaynağının nereden geldiğini bilmek çok önemlidir. Bu projenin amacı, atmosferde önemi bu kadar büyük olan orta enlem siklonlarını araştırarak Türkiye'ye yağış getiren siklonların yörüngelerini tespit etmektir.

2. VERİ ve YÖNTEM

Siklon yörüngeleri, 15°W - 60°E ve 20°N - 60°N bölgesi için 22 yıllık (1996-2017) 2.5° x 2.5° yatay çözünürlüklü NCEP2 Reanalysis verisinin ortalama deniz seviyesi basınç değişkeni kullanılmaktadır. Siklonların takibi için Melbourne Üniversitesi tarafından geliştirilen otomatik siklon izleme yazılımı bu çalışmada kullanılmıştır (Murray ve Simmonds 1991a, b). Murray ve Simmonds (1991a), bu yazılım ilk aşamada, alçak basınç alanlarını bir griddeki basınç değerini komşu 8 griddeki basınç değeri ile karşılaştırarak bulmaktadır. Komşu gridlerdeki basınç değerlerinden daha az olduğunda o nokta bir siklon olarak atanır. Yukarıda bahsedilen tekniğin dezavantajı, grid aralığı beklenen boyutla aynı düzeye sahip olduğunda bazı meteorolojik sistemleri tanımlarken başarısız olmasıdır. Bu amaçla, iki aşamalı siklon sorgulama prosedürü uygulanmaktadır. Öncelikle, komşu grid noktalarındaki değerleri karşılaştırarak olası en düşük yerler taranır. Lokal minimumun bulunmasıyla sığ depresyonların tespit edilememesine izin vermek için, daha az kısıtlayıcı bir prosedür uygulanmaktadır. Bu prosedür, komşu 8 grid içinde basıncın Laplacian değerinin diğerlerinden ve saptanmış bir pozitif değerden büyük olduğu grid noktasını sorgulamaktadır. Eğer kapalı bir depresyon uygun bir yarıçap içinde bulunamazsa, program aynı grid noktasından başlayarak, basınç gradyanının büyüklüğünü en aza indirmeye çalışarak açık bir depresyon arayışına girer. Yazılımın ikinci aşamasında, her sistem görüldüğü ilk andan sönümlendiği ana kadar takip edilir. Bu prosedür, her bir sistemin yeni pozisyonunu tahmin eder, tahmin edilen ve gerçekleşen pozisyonlar arasındaki ilişkilerin olasılığını hesaplar ve bunlarla yüksek olasılıkla ilişkili olanları eşleştirerek takip eder (s.157-160).

3. SONUÇ

Kullanılan yazılım yardımıyla izlenen siklon yörüngeleri bilindiği gibi genellikle Genova Körfezi'nden doğmakta ve Türkiye'nin batısından giriş yaparak kuzeye doğru devam edebilmektedir. Şekil 1'de de görüldü gibi bu siklonlar Türkiye'ye girdiklerinde iki yol izlemektedirler. Birinci yol, siklonların kuzeye hareket ederek Rusya'ya kadar ilerlemekte, ikincisi yol ise bazı siklonların Ege Denizi üzerinden Akdeniz'i geçerek Suriye sınırına kadar uzanmasıdır.



Şekil 1. 1996-2017 yılları kış mevsiminde siklonların izlediği yörüngeler.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma İTÜ BAP MYL-2017-40836 numaralı proje ile desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

Murray, R. J. ve Simmonds, I. (1991a). A numerical scheme for tracking cyclone centres from digital data. Part I: Development and operation of the scheme. *Australian Meteorological Magazine* **39:3**, 155-166.

Murray, R. J. ve Simmonds, I. (1991b). A numerical scheme for tracking cyclone centres from digital data. Part II: Application to January and July general circulation model simulations. *Australian Meteorological Magazine*, **39:3**, 167-180.



MARMARA BÖLGESİNDEKİ YAĞIŞLARIN EKSTREM İKLİM İNDEKSLERİ İLE İNCELENMESİ

M. Aydın¹ ve B. Önal²

¹ Lisans Öğrencisi, Meteoroloji Müh. Bölümü, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul

² Doçent Doktor, Meteoroloji Müh. Bölümü, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul
Email: onolba@itu.edu.tr

ÖZET

Günümüz şartlarında iklim değişikliği, tüm dünyayı olduğu gibi Türkiye'yi de tehdit eden çevre sorunlarının başında gelmektedir. Tarım, orman, temiz su kaynakları, deniz seviyesi ve insan sağlığı gibi konular üzerindeki etkileri göz önüne alındığında iklim değişikliği sebebiyle meydana gelen meteorolojik parametrelerdeki değişimlerin tespiti, sonrasında yapılacak öngörüler için oldukça büyük bir öneme sahiptir. Uzun yıllar değişim göstermeyen ortalamalar bu değişimleri belirlemede tek başına yeterli olmayabilir. İklim değişikliğinin ne denli gerçekleştiğini anlayabilmek ancak ve ancak ekstrem koşulların incelenmesiyle mümkün olabilir. Marmara bölgesindeki günlük yağışların uzun yıllardaki değişiminin ekstrem iklim indeksleri yardımıyla irdelendiği bu çalışmada; 1971 – 2000 yılları arasındaki günlük gözlem verileri, bu bölgedeki yirmi beş istasyonun her biri için meteorolojik normal olarak kabul edilmiştir. Meteorolojik normallere göre 1960 – 2016 yılları arasındaki günlük yağışların R95 ve R99 indeks değerlerine göre analizleri yapılmıştır. Bu yağış indeksleri eldeki verilere göre seçilen referans periyotundaki 1 mm'den fazla yağış alan günlerin %95'inci ve %99'uncu değerlerinin eşik değer olarak kabul edilmesiyle belirlenir. Daha sonrasında bu eşik değerlerden büyük yağışlı günlerin sayısı belirlenerek sonuca ulaşılr. Yapılan bu çalışma kapsamında, Marmara bölgesindeki günlük yağışlar belirlenen indeksler yardımıyla incelendiğinde R95 eşik değerlerini en çok aşan istasyonlar: Sarıyer, Kocaeli, Sakarya, Bursa, Yalova, Şile ve Gevre iken; R99 eşik değerinde Sarıyer, Sakarya ve Florya göze çarpmaktadır. Bunlara ek olarak, bölgedeki yirmi beş istasyonun on sekizinde yaşanan maksimum günlük yağışlar 1996 yılından sonra meydana gelmiş ve on bir istasyonda yaşanan maksimum günlük yağışlar da ilkbahar ve yaz aylarında gerçekleşmiştir.

ANAHTAR KELİMELER: İklim değişikliği, İklim İndeksleri, Ekstrem yağışlar

INVESTIGATION OF PRECIPITATON IN MARMARA REGION WITH EXTREME CLIMATE INDICES

¹ Undergraduate student, Meteorological Eng. Department, Istanbul University, Istanbul

² Associate Professor, Meteorological Eng. Department, Istanbul Technical University, Istanbul
Email: aydinma@itu.edu.tr



ABSTRACT

In today's conditions, climate change is one of the most environmental problems in Turkey as well as the rest of the world. Changes in meteorological parameters due to climate change when the interactions with agriculture, forests, fresh water resources, sea level and human health are taken into account. Changes in these parameters have been considered for precaution in future projections. Averages that have not changed for many years may not be sufficient alone to determine these changes. It is only possible to understand how the climate change has taken place, but only by examining the extreme conditions. In this study, the change of daily total precipitation in the Marmara region is analyzed with the help of extreme climate indices; daily observations from 1971 to 2000 were considered as a reference period for each of the twenty-five stations in this region. According to meteorological normals, daily total rainfall between 1960 and 2016 was analyzed according to R95 and R99 indexes. These precipitation indices are calculated with the days more than 1 mm of precipitation in a selected reference period for 95% and 99%. When the daily precipitation in the Marmara region is examined with the help of determined indices, the stations which exceed the R95 threshold values most: Sarıyer, Kocaeli, Sakarya, Bursa, Yalova, Şile and Gevre; Sarıyer, Sakarya and Florya are striking at the R99 threshold. In addition, the maximum daily precipitation at eighteen of the twenty-five stations in the region rose after 1996, and the maximum daily precipitation in eleven stations also occurred in spring and summer.

KEYWORDS: Climate Change, Climate Indices, Extreme precipitation

1. GİRİŞ

Sanayi devrimiyle birlikte başlayan yerleşim alanlarındaki atış, nüfusun büyümesi, sanayi üretimi ve teknolojiye artışı sonucu atmosfere salınan sera gazları miktarında da öngörülemez bir yükselişe neden olmuştur. Bu durumun sonucu olarak yağış rejimlerinde değişiklikler meydana gelmiştir.

Türkiye'deki yağışların azalma eğilimlerinin olduğu, öte yandan özellikle karasal yağış rejimine sahip bazı istasyonların ilkbahar ve yaz yağışlarında bir artış eğiliminin olduğu gözlenmiştir (Türkeş, 2000).

Doğu Akdeniz bölgesindeki küresel ısınmanın potansiyel etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada bölge için ana su kaynağı olan Fırat ve Dicle Nehrinin güneydoğusundaki havzalarında kış yağışlarının % 24 oranında azalması beklenmektedir. Aynı bölgede, sonbahar yağışında % 48'lik bir artış olacağını, bu da kış açığını telafi etmede ve dolayısıyla yıllık döngü sırasında net değişimi azaltmaya yardımcı olabileceğini göstermektedir (Önol ve Semazzi, 2008).

Sıcaklık ve yağış indekslerinin on yıllık eğilimini belirlemek için yapılan bir başka çalışmada ise tüm yağış indeksleri azalan bir eğilim göstermiştir. RR1 indeksinin on yıllık trendi, Türkiye'nin tüm bölgelerinde 1-4 gün arasında azalan eğilim gösterirken, R10mm ve R20mm Ege ve Karadeniz bölgesinde 1-3 gün aralığında azalan bir eğilim göstermiştir. Öte yandan, kuraklık endeksi (CDD), Anadolu Yarımadası'nın güney kesiminde artış göstermiştir (Batıbeniz ve Önol, 2015).

İnsan – İklim etkileşiminin hayati öneme sahip olduğu göz önüne alındığında yağışın alansal ve zamansal değişiminin tespiti gün geçtikçe daha büyük bir önem kazanmaktadır. Bu sebeple, çalışmamızda 1971 – 2000 yılları arasındaki günlük yağış miktarı referans dönem kabul edilerek, 1960 – 2016 yılları arasındaki günlük yağışların R95 ve R99 indeks değerlerine göre analizleri yapılmıştır.

2. MATERYAL VE METOD

Marmara Bölgesi'ndeki günlük yağışların uç değerlerindeki değişiminin incelendiği bu çalışmada R95 ve R99 indeks değerleri kullanılmıştır. Bu indeksler, seçilen bir referans periyotundaki 1 mm'ye eşit ve bu değerden büyük yağış alan günlerin %95'inci ve %99'uncu değerlerinin eşik değeri olarak kabul eder ve sonrasında bu eşik değerlerden büyük yağışlı günlerin sayısı belirlenir. Bu kapsamda aşağıda verilmiş olan denklemler işleme alınmış ve görselleştirilmiştir. İndeksler için kullanılan veriler Meteoroloji Genel Müdürlüğünden alınmış Marmara bölgesindeki yirmi beş istasyona ait gözlem verileridir.

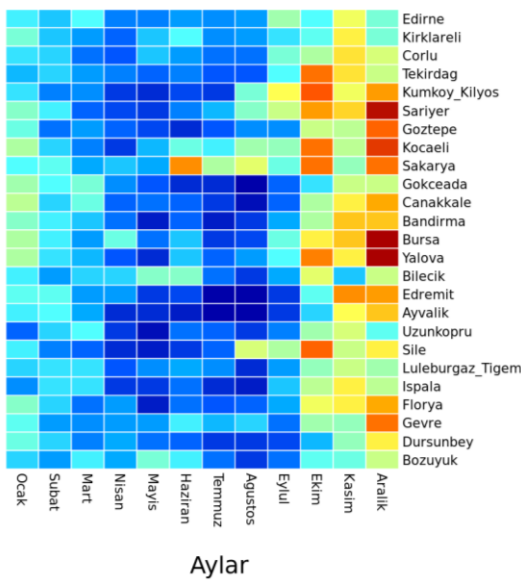
$$R95p_j = \sum_{w=1}^w RR_{wj}, RR_{wi} > R95(1)$$

$$R99p_j = \sum_{w=1}^w RR_{wj}, RR_{wi} > R99(2)$$

3. BULGULAR

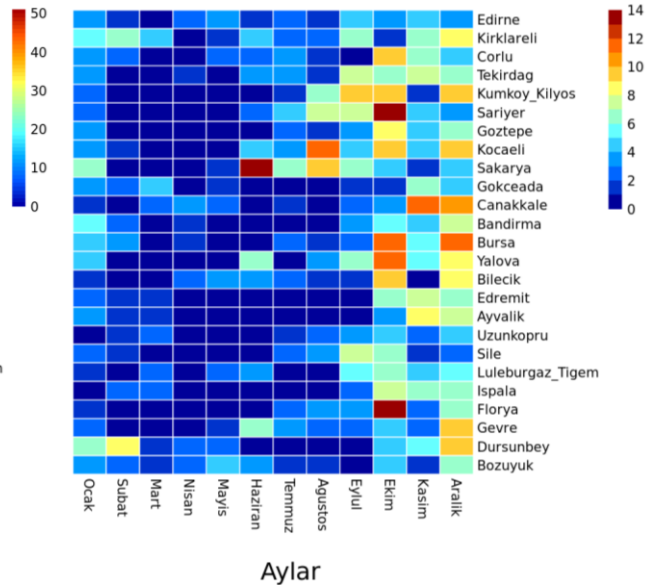
Bu çalışma, Marmara bölgesindeki günlük yağışların R95 ve R99 indekslerine göre inceleme sonuçları aşağıdaki grafiklerde verilmiştir. Şekil 1. ile gösterilen lejantlar her bir istasyonun kendi indeks değerlerini aşan gün sayıları ifade etmektedir. R95 için maksimum değerler Sarıyer, Yalova ve Bursa'da Aralık ayında görülürken R99 için ise Sakarya'da Haziran ayı, Sarıyer ve Florya'da ise ekim ayında görüldü. Ayrıca R95 ve R99 indeksleri için ekstrem yağış miktarlarının kış yağışlarında yoğunluk gösterdiği belirlenmiştir.

1960-2016 Yılları İçin R95



(a)

1960 - 2016 Yılları İçin R99



Aylar

(b)



Şekil 1. Aylara göre R95'ten büyük günlerin sayısı (a) ve Aylara göre R99'dan büyük günlerin sayısı R99 (b)

4. SONUÇLAR

Marmara Bölgesi'ndeki günlük toplam yağışların uç değerlerindeki değişiminin incelendiği bu araştırmada R95 ve R99 indeks değerleri kullanılmıştır. İncelemelere göre R95 eşik değerlerini en çok aşan istasyonlar: Sarıyer, Kocaeli, Sakarya, Bursa, Yalova, Şile ve Gevre iken; R99 eşik değerinde ise Sarıyer, Sakarya ve Florya'dır. Bunlara ek olarak, bölgedeki yirmi beş istasyonun on sekizinde yaşanan maksimum günlük yağışlar yaklaşık son yirmi yıllık süreçte meydana gelmiş ve on bir istasyonda yaşanan maksimum değerler de ilkbahar ve yaz aylarında görülmüştür.

KAYNAKLAR

Kadıoğlu, M. (2007). Küresel İklim Değişimi ve Türkiye, İstanbul.

Önol, B., Semazzi, F. H. M. (2008). Regionalization Of Climate Change Simulations Over The Eastern Mediterranean.

Batıbeniz, F., Önol, B. (2015). Assessment Of Temperature And Precipitation Extremes With Climate Indices By Using High Resolution Climate Simulation.

Önol, B., Tan E. ve Batıbeniz F. (2015). Yüksek Çözünürlükteki Bölgesel İklim Modeli Simülasyonu İle Ekstrem İklim İndekslerinin Belirlenmesi.

Türkeş, M., Sümer, U. M. ve Çetiner, G. (2000). 'Küresel İklim Değişikliği ve Olası Etkileri', Çevre Bakanlığı, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi Seminer Notları (13 Nisan 2000, İstanbul Sanayi Odası), 7-24, ÇKÖK Gn. Md., Ankara.



TUJJB TÜRKİYE ULUSAL
JEODEZİ VE JEOFİZİK BİRLİĞİ
BİLİMSEL KONGRESİ
30 Mayıs - 2 Haziran 2018, İzmir



TUMAK

TÜRKİYE ULUSAL JEOMAGNETİZM VE AERONOMİ KOMİSYONU
NATIONAL COMMISSION OF METEOROLOGY AND ATMOSPHERE PHYSICS

POSTER



TARIMSAL KURAKLIĞIN İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNE HASSASİYETİNİN SWAP MODELİ İLE ANALİZİ

N. Altınbaş^{1*}, B. Özkalp², B. Çaldağ³, L. Şaylan⁴

¹ Araştırma Görevlisi, Meteoroloji Müh. Bölümü, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul

² Meteoroloji Mühendisi, Meteoroloji Müh. Bölümü, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul

³ Yardımcı Doçent, Meteoroloji Müh. Bölümü, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul

⁴ Profesör, Meteoroloji Müh. Bölümü, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul

*e-mail: akatas@itu.edu.tr

ÖZET

İklim değişikliği sonucunda gerçekleşmesi beklenen sıcaklık ve yağış değişimleri, tarımsal üretimde bitki gelişimi ve sağlanacak verim için önemli bir faktör olan toprak su içeriğini, dolayısıyla tarımsal kuraklığı doğrudan etkileyecektir. Bu etkiler sonucunda oluşan koşullara bitkilerin adapte olup olamayacağını tahmin edebilmek için, bitkilerin gelişim süreçlerinin ve tarımsal kuraklığın göstergesi olan toprak su içeriğinin bilinmesi gerekmektedir. Genellikle, dünyada toprak su içeriği ölçümleri makro ölçekte ve sürekli yapılmamaktadır. Günümüzde uzaktan algılama ile toprak su içeriğinin takibi için geliştirilen/geliştirilecek yaklaşımlar için de yersel ölçümlerin önemi çok büyüktür. Dolayısı ile toprak su içeriği değişiminin takip edilmesini kısıtlayan faktörler, tarımsal kuraklık durumunun izlenmesini de güçleştirmektedir. Bu nedenle ülkemizde toprak su içeriğini direkt ölçüm yöntemleri yerine, matematiksel denklemlere dayanan iklim değişikliği etki modelleri ile tahmin etmek, etkin çözümlerden biridir. Bu çalışmada, Kırklareli Atatürk Toprak Su ve Tarımsal Meteoroloji Araştırma Enstitü Müdürlüğü'ne ait uygulama arazisindeki buğday bitkisine ait bitki gelişim parametreleri ve meteorolojik veriler kullanılarak SWAP (Soil Water Atmosphere Plant) Bitki Gelişim Modeliyle, tarımsal kuraklığın göstergesi olan toprak su içeriğinin iklim değişikliğine hassasiyeti dikkate alınan senaryolarına göre incelenmiştir.

ANAHTAR KELİMELER: Bitki gelişim modeli, buğday, agrometeoroloji, Kırklareli

SENSITIVITY ANALYSIS OF AGRICULTURAL DROUGHT TO CLIMATE CHANGE BY SWAP MODEL

N. Altınbaş^{1*}, B. Özkalp², B. Çaldağ³, L. Şaylan⁴

¹ Research Assistant, Meteorological Eng. Department, İstanbul Technical University, İstanbul

² Meteorological Engineer, Meteorological Eng. Department, İstanbul Technical University, İstanbul

³ Assistant Professor, Meteorological Eng. Department, İstanbul Technical University, İstanbul

⁴ Professor, Meteorological Eng. Department, İstanbul Technical University, İstanbul

*e-mail: akatas@itu.edu.tr

ABSTRACT

The expected changes in temperature and precipitation rates as a result of climate change will directly affect soil water content which is an important parameter for plant growth and yield in terms of agricultural production. As a result of these effects, it is necessary to know the development processes of the plants and the soil water contents in order to predict whether the crops can be adapted to the conditions that may occur. Generally, macro-scale soil water content measurements are not taken

globally. For this reason, remote sensing and terrestrial measurements are crucial ways to follow the soil water content. The factors that restrict the monitoring of soil water content changes make difficult to monitor the agricultural drought situation. For this reason, estimating the soil water content by means of climate change effect, models based on mathematical equations rather than direct measurement methods is one of the effective solutions. Thus, in this study, volumetric soil water content estimation by SWAP (Soil Water Atmosphere Plant) model was performed using plant growth parameters and meteorological data of wheat crop in the agrometeorological research area of Kırklareli Atatürk Soil Water and Agricultural Meteorological Research Institute and various climate change scenarios sensitivity analysis was done by examining the variation of the average volumetric soil water content.

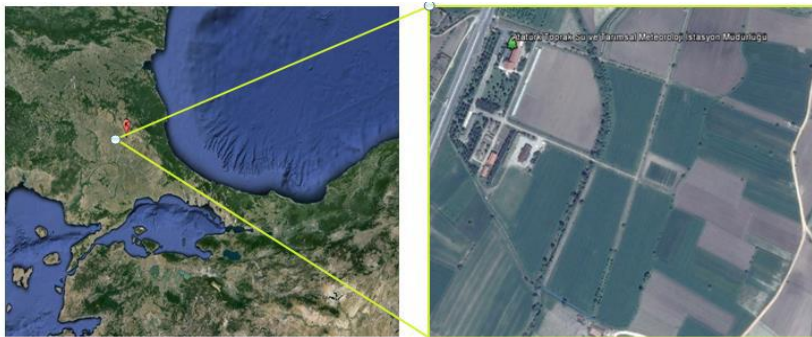
KEYWORDS: Crop growth simulation model, wheat, agrometeorology, Kırklareli

1. GİRİŞ

Toprak su içeriği direkt yöntemler ile ölçülebildiği gibi matematiksel modellerle de tahmin edilebilmektedir. Ülkemizde her yerde ve düzenli olarak toprak su içeriği ölçümü yapılamamakta, dolayısı ile toprak su içeriğinin nasıl değiştiği bilinmemektedir. Bu nedenle toprak su içeriği, direkt ölçüm yöntemleri yerine ölçülebilen parametreler aracılığıyla matematiksel denklemlere dayanan bitki gelişim modelleri ile tahmin edilebilir. Literatürde bir model yardımıyla toprak su içeriği tahminlerinin yapıldığı çalışmalar bulunmaktadır (Eitzinger ve diğ., 2004; Crescimanno ve Garofalo, 2005; Constantin ve diğ. 2015, vd.). Bu çalışmada, Kırklareli Atatürk Toprak Su ve Tarımsal Meteoroloji Araştırma Enstitüsü arazisinden alınan veriler SWAP modeline girilerek 0-30 cm, 30-60 cm, 60-90 cm derinliklerindeki hacimsel toprak su içerikleri simüle edilmiş, ayrıca çeşitli iklim değişikliği senaryolarına toprak su içeriğinin hassasiyet analizleri yapılmıştır. İklim değişikliği senaryolarına göre modelde girdi olarak kullanılan maksimum ve minimum sıcaklık değerleri 1°C ve 2°C artırılarak, günlük toplam yağış miktarları ise %10 ve %20 azaltılarak model yeniden çalıştırılmıştır.

2. ÇALIŞMA ALANI VE VERİ

Araştırmada kullanılan meteorolojik veriler Kırklareli Atatürk Toprak Su ve Tarımsal Meteoroloji Araştırma Enstitüsü arazisinden elde edilmiştir (Şekil 1). Modelin ihtiyaç duyduğu tüm toprak, bitki ve atmosfer verileri, 2014-2015 yılları arasında buğday bitkisinin ekiminden hasadına kadar olan periyotta, söz konusu arazide kurulu 10 m'lik otomatik tarımsal meteoroloji istasyonundan alınmıştır. Bu dönem için araziden sürekli olarak fenolojik gözlem kayıtları da alınmıştır (Tablo 1).



Şekil 1. Çalışma alanı

Tablo 1. Buğday bitkisine ait fenolojik gözlemler



BUĞDAY – Fenolojik Gözlemler (2014-2015)			
Ekim	20.10.2014	Başaklanma	1.05.2015
Çıkiş	1.11.2014	Çiçeklenme	26.05.2015
3. Yaprak	11.11.2014	Olgunlaşma	11.06.2015
Kardeşlenme	5.12.2014	Hasat	26.06.2015
Sapa Kalkma	24.03.2015		

4. METOT

4.1. SWAP Modeli

SWAP; üzerinde bitki bulunan, doymuş veya doymamış toprak içerisinde, sulama ve drenajı da içeren, farklı sınır koşulları altında su, çözülmüş madde ve ısı taşınımını tahmin eden, Wageningen Üniversitesi ve Alterra tarafından geliştirilmiştir bir simülasyon modelidir. (Kroes ve diğ., 2008). Model; bitki gelişimi, su dengesi vb. standart çıktılarının yanı sıra toprak profili gibi isteğe bağlı çıktılar da verebilmektedir. Çıktılar seçime bağlı olarak günlük, aylık veya yıllık periyotlar için elde edilebilir.

SWAP modelinde sınır koşulları; evapotranspirasyon, sulama ve yağış değerleri ile belirlenmektedir. Yağış değerleri için yersel ölçümler kullanılırken evapotranspirasyon için FAO Penman-Monteith eşitliği (1) (Monteith, 1965) ile hava sıcaklığı, güneş radyasyonu, rüzgar şiddeti ve nem gibi günlük meteorolojik değişkenlerden günlük referans evapotranspirasyonu hesaplanmaktadır.

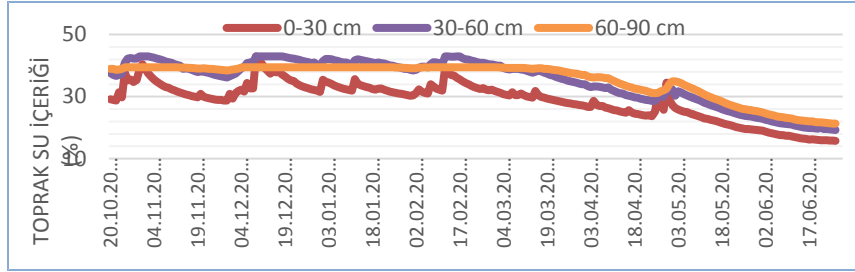
$$\lambda E = \frac{[\Delta(R_n - G)] + (\gamma \lambda E_a)}{(\Delta + \gamma)} \quad (1)$$

λE = buharlaşma gizli ısı akısı ($\text{MJ m}^{-2} \text{gün}^{-1}$); λ = gizli buharlaşma ısısı (MJ kg^{-1}); Δ = sıcaklık ve doymuş buhar basıncının eğimi; R_n = net radyasyon ($\text{MJ m}^{-2} \text{gün}^{-1}$), G = topraktaki ısı akısı ($\text{MJ m}^{-2} \text{gün}^{-1}$); γ = psikrometrik sabit ($\text{kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$); E_a = buhar transfer akısı (mm gün^{-1}) ifadeleridir.

Çalışmada bitki gelişimi için fenolojik gözlemlerden yararlanılmıştır. Fenolojik gözlemlere göre 2014-2015 yılları arasında buğday bitkisinin gelişim periyodunun 250 gün olduğu belirlenmiş ve modelde bu periyot girdi olarak kullanılmıştır. Ayrıca bu bitkiye ait LAI değerleri gelişim aşamalarına göre modele girilmiştir. Bitki gelişimi ile ilgili diğer parametreler için ise mevcut değerler kullanılmıştır.

5. SONUÇLAR

SWAP modeli yersel girdi verileri ile çalıştırılmış ve toprak su içeriğine ait simülasyonlar elde edilmiştir. 0-30 cm, 30-60 cm ve 60-90 cm olmak üzere 3 farklı toprak derinliği için elde edilen hacimsel toprak su içeriği değerleri Şekil 2’de gösterilmiştir. Hassasiyet analizleri için buğday bitkisine ait farklı toprak derinliklerindeki (0-30 cm, 30-60 cm ve 60-90 cm) hacimsel toprak su içeriklerinin sıcaklıklardaki ve günlük toplam yağış miktarındaki değişimlere nasıl tepki vereceğini incelemek amacıyla dört farklı senaryo oluşturulmuştur. Bitkinin tüm gelişme dönemindeki maksimum ve minimum sıcaklıkların 1°C ve 2°C artırılmasının yanı sıra ölçülen günlük toplam yağış miktarlarının %10 ve %20 artırıldığı iki farklı senaryo da modelde denenmiştir. Senaryolara ait sonuçlar Tablo 2’de verilmektedir.



Şekil 2. SWAP modeline ait toprak su içeriği simülasyonları

Tablo 2. Senaryolara göre hacimsel toprak su içeriği model sonuçları

Senaryo	0-30 cm ortalaması	30-60 cm ortalaması	60-90 cm ortalaması
Orijinal koşullar	28.93	35.33	35.68
Sıcaklığın 1°C artırılması	28.84	35.18	35.59
Sıcaklığın 2°C artırılması	28.5	34.95	35.4
Yağışın %10 azaltılması	28	34.56	35.34
Yağışın %20 azaltılması	27.2	33.75	34.98

TEŞEKKÜR

Bu araştırmaya desteklerinden ötürü; İTÜ'ye, Atatürk Toprak Su ve Tarımsal Araştırma Enstitüsü çalışanlarına, Dr. Fatih Bakanoğulları, Met.Yük.Müh. Serhan Yeşilköy'e teşekkürü borç biliriz.

KAYNAKLAR

Constantin, J., Willaume, M., Murgue, C., Lacroix, C., Therond, O. (2015). The soil-crop models STICS and AqYield predict yield and soil water content for irrigated crops equally well with limited data, *Agricultural and Forest Meteorology*, **206**, 55-68

Crescimanno, G., Garofalo, P. (2005). Application and evaluation of the SWAP model for simulating water and solute transport in a cracking clay soil, *Soil Science Society of America Journal*, **69**, 1943-1954.

Eitzinger, J., Tranka, M., Hösch, J., Zalud, Z., Dubrovsky, M. (2004). Comparison of CERES, WOFOST and SWAP models in simulating soil water content during growing season under different soil conditions, *Ecological Modelling*, **171**, 223-246.

Kroes, J.G., Van Dam, J.C., Groenendijk, P., Hendriks, R.F.A., Jacobs, C. M. J. (2008). SWAP version 3.2. Theory description and user manual. Wageningen, Alterra, Alterra Report1649(02).

Monteith, J.L. (1965). Evaporation and environment. In G.E. Fogg (ed.) Symposium of the Society for Experimental Biology, The State and Movement of Water in Living Organisms, Academic Press, Inc., NY. **19**, 205-234.



SPEKTRAL VEJETASYON İNDEKSLERİNİN VERİM TAHMİNİ İÇİN BİR ARAÇ OLARAK DEĞERLENDİRMESİ

Sezel Karayusufoglu Uysal¹, Barış Çaldağ², Fatih Bakanoğulları³, Levent Şaylan²

¹*Meteoroloji Yük. Müh., Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Uzaktan Algılama Şube Müdürlüğü, Ankara*

²*Yrd. Doç. Dr., İstanbul Teknik Üniversitesi, Meteoroloji Mühendisliği Bölümü, İstanbul*

Prof. Dr., İstanbul Teknik Üniversitesi, Meteoroloji Mühendisliği Bölümü, İstanbul

³*Müdür V., Atatürk Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Enstitüsü, Kırklareli*

Email: skarayusufoglu@mgm.gov.tr

ÖZET

Hasat öncesi dönemde bitkilerin sağlık ve gelişme durumlarının belirlenmesi ve verim miktarlarının tahmin edilebilmesi, sosyo-ekonomik koşulların şekillenmesinde ve sürdürülebilirlik bakımından son derece önemlidir. Son yıllarda uzaktan algılama verileri bitki gelişimi ve üretimi ile zirai kuraklığın takip ve tahmininde önemli bir araç haline gelmiştir. Bu çalışmanın amacı Türkiye'nin kuzeybatı bölümünde yetişen kışlık buğday (*Triticum aestivum* L.), ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.) ve mısır (*Zea mays* L.) için genel bir verim modelinin elde edilmesidir. Bu nedenle 2009-2011 yılları arasında iki ardışık gelişme dönemi için MODIS Aqua ve Terra uydularından elde edilen verilerden NDVI, SAVI, TSAVI ve RDVI gibi spektral vejetasyon indeksleri (SVI) türetilmiş ve yer ölçümleri ile doğrulanmıştır. SVI'lara ek olarak fenolojik kayıtlara göre bitkilerin olgunlaşmaya ulaştıkları tarih Julyen Günü (JG) olarak kullanılmıştır. En iyi verim tahmininin elde edilmesi için adım adım doğrusal regresyon analizleri yapılmıştır. Sonuç olarak TSAVI'ye dayanan tahmin modeli 0.614'lük belirlilik katsayısı ile en iyi tahmini vermiştir. Elde edilen sonuçlara göre hasattan yaklaşık 30 gün kadar önce doğrusal model ile yaklaşık %35 hata ile verim tahmini yapılabilmektedir.

ANAHTAR KELİMELER: Uzaktan algılama, Spektral Vejetasyon İndeksleri, Verim, Zirai Meteoroloji, NDVI.

EVALUATION OF REMOTE SENSING TECHNIQUES AS A TOOL FOR ESTIMATING GRAIN YIELD

ABSTRACT

Monitoring crop's health, growth stage together with estimating final crop yield before harvest are of great importance in order to understand how the socio-economic conditions shape in terms of sustainability and to take necessary precautions. During the recent years remote sensing data has become a good and useful tool for monitoring crop growth and development, assessing and forecasting crop production and agricultural drought. The aim of this study is to obtain one generic yield model for winter wheat (*Triticum aestivum* L.), sun flower (*Helianthus annuus* L.) and maize (*Zea mays* L.) over the northwest part of Turkey. For this reason, spectral vegetation indices (SVIs) such as NDVI, SAVI, TSAVI and RDVI are derived from MODIS Aqua and Terra satellites and validated by in-situ measurements for two successive growth periods between 2009 and 2011. In addition to SVIs, according to phenological records, Julian day information of each crop's maturity stage is also used. Step-wise linear regression is carried out to get the best yield estimation. As a result TSAVI based model has the best determination coefficient with 0.614. According to the results, the model can predict the grain yield with approximately 35% error roughly 30 days before the harvest.



KEYWORDS: Remote Sensing, Spectral Vegetation Indices, Grain Yield, Agricultural Meteorology, NDVI.

1. GİRİŞ

Geleneksel yöntemlerle yürütülen rekolte kestirimleri yüksek maliyetler ve uzun zamanlı çalışma gerektirdiğinden geniş çapta rekolte tahmini göz önünde bulundurulduğunda kullanışlı değildir. Bitki Simülasyon Modelleri ise pek çok meteorolojik, zirai, arazi yönetimi ve toprak ölçüm verisi gerektirmektedir. Bitkinin gelişiminde parametrelerin önemini anlamada yardımcı olsalar da çok fazla girdi verisi gerektirmesi kullanımını komplike hale getirmektedir. Son yıllarda uzaktan algılama verileri ile geniş kapsamda, hızlı ve maliyeti düşük bir şekilde bitki gelişimi ve üretiminin takip ve tahmini yapılabilmektedir.

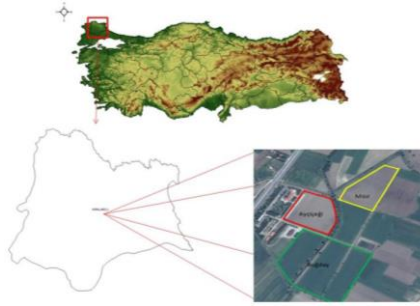
Tucker ve ark. (1980), kışlık buğday ekili arazi üzerinde iki bantlı el tipi radyometre ile gelişme dönemi boyunca yaptıkları ölçümlerden hesapladıkları NDVI ile dane verimi arasında belirgin doğrusal ilişkiler elde etmişler. Benedetti ve Rossini (1993), buğday ekili arazinin verimini tahmin etmek için NOAA AVHRR uydu verilerinden türettikleri NDVI görüntüleri ile basit doğrusal regresyon modeli geliştirmişler. Elde ettikleri verim tahminleri ile resmi kayıtlar arasında anlamlı korelasyonlar elde etmişler. Kogan ve ark. (2012), AVHRR uydu verisi ile kışlık buğday, darı ve mısırın verimini hasat tarihinden 3-4 ay önce ve sırasıyla %8, %6 ve %3 hata ile tahmin edebilmişlerdir. Serrano ve ark. (2000), İtalya'da ekili olan kışlık buğday için basit oran ($SR=RNIR/RVIS$) indeksini yansıma değerlerini ölçerek hesaplamışlar. SR ile toprak üstü biokütle, LAI ve dane veriminin ilişkilerini farklı azot seviyeleri için değerlendirmişler. Gelişme dönemi boyunca hesaplanan SR'nin kümülatif değerleri ile dane verimi arasındaki ilişkiyi modellemek için basit doğrusal regresyon yöntemini kullanan araştırmacılar modelin belirlilik katsayısını 0.64 olarak bulmuşlar ($p<0.001$). Bitkinin azot stresi adında olduğu durumlar için SR'nin dane verimini belirlemede kullanılabileceğini belirlemişler. El-Wesemy ve ark. (2016), Mısır'da üretilen 3 farklı tipteki zeytin için el-tipi spektrometre ile yaptıkları spektral ölçümlerde bitkilerin beş farklı fenolojik evresi için yedi farklı SVI (NDVI, TVI, MACRI, MCARI-1, MCARI-2, MTVI-2 ve CI) hesaplayarak basit doğrusal regresyon ile bitki verimini modellemişler. En iyi verim kestirimini MCARI (zeytinin iki farklı tipi için R^2 değerleri 0.981 ve 0.941) ve NDVI (üçüncü zeytin tipi için $R^2=0.969$) indeksleri tarafında gerçekleştirmişler. Quarmby ve ark. (1993), Yunanistan'da 1986-1989 periyodu için yaptıkları verim tahmini çalışmasında, buğday için yılın 1. gününden 200.gününe kadar; pirinç, mısır ve pamuk için ise yılın 150. ve 175. günler arasındaki kümülatif NDVI değerlerini kullanmışlar. Ekili arazileri tespit etmek için sınıflandırılmış SPOT uydu verisinden faydalanmışlar. Tüm bitki tipleri için tek bir doğrusal regresyon modeli geliştiren araştırmacılar hasattan 50-100 gün kadar önce doğruluğu yüksek verim tahmini yapılabileceğini göstermişlerdir. Ren ve ark. (2008), MODIS-NDVI on günlük görüntülerini kullanarak mısırın verimi tahmini üzerinde çalışmışlar. Adımlı regresyon modeli geliştirerek bölgesel bazda toplam NDVI değerleri ile kışlık buğday üretimi arasında doğrusal regresif bir ilişki tespit etmişler. Ortalama verimi, tahmin edilen üretim değerini kışlık buğdayın ekili olduğu arazinin alanına bölerek elde etmişler. Sonuçlara göre MODIS-NDVI' dan tahmin edilen verim değerlerinin bağıl hataları %4.62 ile %5.40 arasında değişmekte ve hasat tarihinden yaklaşık 40 gün kadar önce verim tahmini yapılabilmektedir. Lopresti ve ark. (2015), Arjantin'in Buenos Aires şehrinin kuzey kesimlerinde buğday ekili araziler için 2003-2011 arasındaki 9 gelişme dönemi için NDVI tabanlı ampirik bir model kullanarak verim tahminini amaçlamışlardır. Çalışmada kullanılmak üzere verimi en iyi temsil eden NDVI'nin gözlemlendiği tarih yılın 289. günü olarak tespit edilmiş ($R^2=0.52$, $p<0.0001$). İlk 5 gelişme dönemine ait gözlenmiş verim ve MODIS-NDVI ürünü değerleri ile modelin kalibrasyon-doğrulaması yapılmıştır. Diğer 4 yıllık veriye kalibre edilmiş model uygulanarak verim bu yıllar için verim tahminler elde edilmiştir. Kalibre edilmiş model sonuçları ile gözlem değerlerinin

belirlilik katsayısı 0.75 olarak bulunmuş ve hasat tarihinden 30 gün önce verim tahmini yapılabilmektedir.

2. MATERYAL VE METOD

2.1. Çalışma Alanı

Bu çalışmada, 41°41'56"K, 27°12'39" D koordinatlarında yer alan Kırklareli Atatürk Toprak Su ve Tarımsal Meteoroloji Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü arazisinde ekilen kışlık buğday, mısır ve ayçiçeği bitkileri üzerinde çalışılmıştır (Şekil 1).



Şekil 1: Çalışma alanı.

2.2. Kullanılan Veri

Çalışmada kullanılan MODIS ürünü, Aqua-Terra/MODIS uydularının her ikisinden alınan veriler kullanılarak oluşturulan 3. Seviye (radyometrik, geometrik ve atmosferik olarak düzeltilmiş veri; MOD09Q1) 250 m uzaysal çözünürlüğe sahip 8 günlük bütünleştirilmiş, bulut örtüsü, bulut gölgesi, aerosollere göre düzeltilmiş yüzey yansıtma değerleridir. MOD09Q1 ürünü, görünür ve yakın kızılötesi bantlar için (bant 1 ve bant 2) yüzey yansıtma değerlerini ve bu kanallara ait kalite değerlendirme unsurlarını içermektedir. ENVI 4.8 ortamında NDVI, SAVI, TSAVI ve RDVI formülleri uygulanarak ayçiçeği, buğday ve mısır için ürünler elde edilmiştir. Ayçiçeği, buğday ve mısır ekili arazilerin koordinatları için elde edilen SVI değerleri yer ölçüleriyle karşılaştırılmış ve düzeltilmiştir. Bu çalışmada her üç bitki tipi için tek bir verim tahmini modeli geliştirmek amaçlanmıştır. Bu amaçla sonuç verim değerleri, fenolojik gözlemler göz önünde bulundurularak bitkilerin olgunlaşma evresindeki SVI değerleri ve bu evrenin yılın kaçınıcı günü olduğu bilgisi ile tahmin edilmiştir.

3. UYGULAMA

3.1. Regresyon Analizi ve Verim Denklemlerinin Oluşturulması

Verimi tahmin etmek için çoklu regresyon denklemlerinin kurulması yoluna gidilmiştir. Denklemlerde gelişme dönemleri boyunca toplam yağış miktarı, 2m ortalama sıcaklık değerleri, toprak 2, 5 ve 10cm derinlikteki sıcaklıklar, toprak seviyelerine göre hacimsel su içeriği, enerji dengesi bileşenleri, fenolojik dönem kayıtları ve uydudan elde edilen SVI'lar bağımsız değişken olarak belirlenmiştir. Verim tahmininin için en uygun denklemin hangi bağımsız değişkenleri içermesi gerektiği modelin ve model parametrelerinin anlamlılık düzeyine göre belirlenmiştir. Model için en uygun bağımsız değişkenler MODIS'ten elde edilen SVI'lar ve fenolojik kayıtlara göre olgunlaşmaya ulaşılan tarih, julyen günü olarak tespit edilmiştir. Regresyon analizinde en küçük kareler yaklaşımıyla adım adım regresyon tekniği kullanılmıştır.

4. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Regresyon analizi sonuçlarına göre verim $V=f(SVI, JG)$ şeklinde bir fonksiyondur. Doğrusal ve doğrusal olmayan regresyon analizlerinden elde edilen denklemler, belirlilik katsayıları ve ortalama hataların karekök (RMSE) değerleri Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Regresyon analizi sonuçları.

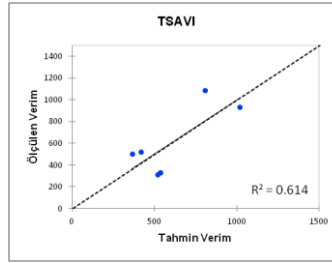
Fonksiyon	Denklem	R ²	RMSE
$V=f(NDVI, JG)$	Verim = 353.95-998.44*NDVI+5.61*JG	0.601	261.973
$V=f(SAVI, JG)$	Verim = 486.64-1441.67*SAVI+5.16*JG	0.597	263.188
$V=f(TSAVI, JG)$	Verim = 173.31-871.24*TSAVI+5.53*JG	0.614	257.791
$V=f(RDVI, JG)$	Verim = 460.69-1468.26*RDVI+5.19*JG	0.594	264.139

Doğrusal regresyon sonuçlarına göre en iyi tahmin TSAVI ile elde edilmiştir. En iyi modele göre elde edilen tahmin değerleri ve gözlem değerleri, mutlak ve bağıl hata değerleri Tablo 2’de gösterilmektedir.

Tablo 2. En iyi tahmin yaptığı tespit edilen denklemlere ait tahmin değerleri, mutlak ve bağıl hata değerleri.

Gözlenen Verim	Tahmin Verim	Mutlak Hata	Bağıl Hata (%)
308.00	521.347	213.35	69.27%
330.10	537.305	207.21	62.77%
519.40	420.253	99.15	19.09%
502.57	366.258	136.31	27.12%
1082.00	808.654	273.35	25.26%
932.41	1020.663	88.25	9.46%

Gözlem ve tahmin değerlerinin saçılma diyagramı Şekil 3’te gösterilmektedir.



Şekil 3. Doğrusal ve doğrusal olmayan modellerin gözlem ve tahmin değerlerinin saçılma diyagramları.

Elde edilen sonuçlara göre hasattan yaklaşık 30 gün kadar önce yaklaşık %35 hata ile verim tahmini yapılabilmektedir. Sonuçların geliştirilmesi için daha uzun yıllara ait ölçüm gerekmektedir. Böylelikle daha doğru ve güvenilir bir modelleme yapılabilecektir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, “İklim Değişiminin Bitki Gelişimine Olası Etkilerinin Bitki Gelişim Modelleri ile İncelenmesi” ve “Buğday Bitkisinin CO₂, H₂O ve enerji akılarının belirlenmesi” isimli TÜBİTAK projeleri kapsamında yürütülmüştür. Bu nedenle desteklerinden dolayı TÜBİTAK’a teşekkür ederiz. Destek ve katkıları için Atatürk Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Enstitüsü’ne, Elif Semizoğlu Ceyhan’a, Osman Çaylak’a ve Yunus Özkoca’ya teşekkür ederiz.

Referanslar



1. Benedetti, R., Rossini, P., 1993. On the Use of NDVI Profiles as a Tool for Agricultural Statistics: The Case Study of Wheat Yield Estimate and Forecast in Emilia Romagna. *Remote Sens. Environ.* 45, 311-326.
2. El-Wesemy A.F., Abdelghany, N.A., Abohadid, A.F., Aboelghar M.A., 2016, Assessment of the Spectral Characteristics of Different Physiological Stages of Some Olive cvs and Its Relation with Productivity, *International Journal of Advanced Remote Sensing and GIS* 5, 1580-1591.
3. Kogan, F., Salazar, L., Roytman, L., 2012. Forecasting crop production using satellite-based vegetation health indices in Kansas, USA. *International Journal of Remote Sensing* 33, 2798-2814.
4. Lopresti, M.F., Bella, C.M., Degioanni, A.J., 2015, Relationship Between MODIS-NDVI data and Wheat Yield: A case study in Northern Buenos Aires province, Argentina, *Information Processing in Agriculture*, 2 (2015), 73-84.
5. Quarmby, N. A., Milnes, M., Hindle, T. L., & Silleos, N. (1993). The use of multi- temporal NDVI measurements from AVHRR data for crop yield estimation and prediction. *International Journal of Remote Sensing*, 14(2), 199-210.
6. Ren, J., Chen, Z., Zhou, Q., & Tang, H., 2008. Regional yield estimation for winter wheat with MODIS-NDVI data in Shandong, China. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 10, 403–413.
7. Serrano, L., Filella, I., Penuelas, J., 2000. Remote Sensing of Biomass and Yield of Winter Wheat under Different Nitrogen Supplies. *Crop Sci.* 40, 723–731.
8. Tucker, C.J., Holben, B.N., Elgin, J.H., Jr., McMurtrey, J.E., III, 1980. Relationships of spectral data to grain yield variation, *Photogram. Eng. and Remote Sens.* 46, 657-666.



TUJJB TÜRKİYE ULUSAL
JEODEZİ VE JEOFİZİK BİRLİĞİ
BİLİMSEL KONGRESİ
30 Mayıs - 2 Haziran 2018, İzmir



TUOK

TÜRKİYE ULUSAL OŞİNOGRAFI KOMİSYONU
NATIONAL COMMISSION OF OCEANOGRAPHY

SÖZLÜ / *ORAL*



İzmir Körfezi Gözlem ve Tahmin Sistemi

Şükrü T. Beşiktepe, Erdem Sayın, Murat Gündüz, Şengül Beşiktepe, Canan Eronat

Dokuz Eylül Üniversitesi Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Enstitüsü, İzmir

Email: sukru.besiktepe@deu.edu.tr

ÖZET

İzmir Körfezi'nde iklimsel ve insan kaynaklı faaliyetlerin neler olduğunu ve nedenlerini anlamak ve bunların körfez ekosistemine etkilerini azaltmak için yürütülen çalışmalar kapsamında gerekli olan bilgileri sağlayacak Kıyusal Gözlem ve Tahmin Sistemi geliştirilmiştir. Sistem, gözlem sistemi ve fiziksel dinamik modelden oluşmaktadır. Gözlem sistemi, meteorolojik birim, denizin fiziksel, biyokimyasal özelliklerini ölçen birimler ve tabana monte edilmiş Akustik Doppler Akım Profilleycisi (ADCP) içeren beş istasyondan oluşmaktadır. Bu sistem geleneksel deniz ölçümleriyle birlikte İzmir Körfezi'ni etkileyen faktörler ve iklimsel ve insan kaynaklı faaliyetlerin etkilerinin gelecekteki etkilerinin ne olacağı amacıyla kullanılmaktadır.

ANAHTAR KELİMELER: İzmir Körfezi, deniz gözlem sistemi, deniz tahmin sistemi

İzmir Bay Observing and Prediction System

Şükrü T. Beşiktepe, Erdem Sayın, Murat Gündüz, Şengül Beşiktepe, Canan Eronat

Dokuz Eylül University Institute of Marine Sciences and Technology, İzmir

Email: sukru.besiktepe@deu.edu.tr

ABSTRACT

The Coastal Observation and Prediction System has been developed to provide the knowledge base to understand the climatic and anthropogenic effects on the Izmir Bay and to reduce these effects on the Bay's ecosystem. The system consists of the observation system and the physical dynamic model. The observation system consists of meteorological units, units measuring the physical, biochemical properties, and bottom mounted Acoustic Doppler Flow Profilers (ADCPs) at five locations. This system is used together with traditional sea measurements to determine the factors affecting Izmir Bay and what future effects of climatic and anthropogenic factors will be.

KEYWORDS: İzmir Bay, ocean observing system, ocean prediction system

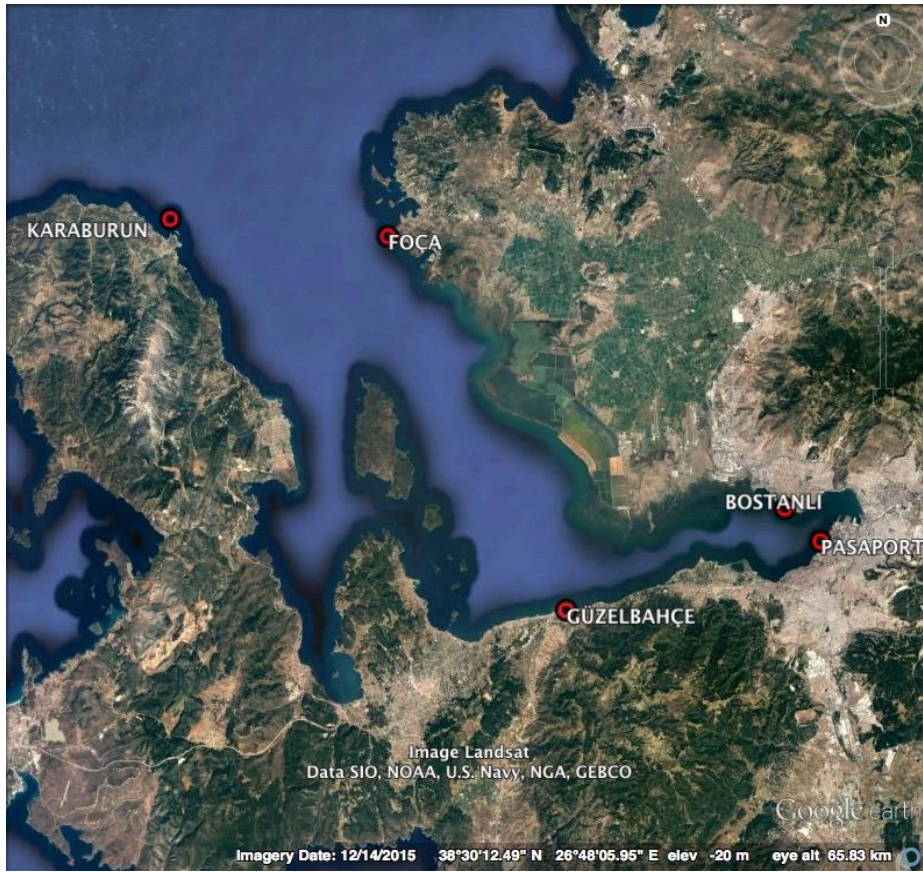
1. GİRİŞ

İzmir Körfezi hızlı nüfus artışından kaynaklanan yapılaşma ve kıyı bölgesinde artan ekonomik faaliyetler nedeniyle yoğun bir baskı altındadır. Özellikle İzmir kenti tarafından "üretilen" evsel deşarj ve

sedimentlerin havza içerisine taşınmasına neden olan kıyı erozyonu büyük problemlerin başında gelmektedir. İnsan kaynaklı bu etkilerin yanı sıra iklim değişikliği nedeniyle atmosfer koşullarındaki değişimlerde bu insan faaliyetlerinden oluşan etkilerin şiddetini artırmaktadır. Bütün bu sorunlarla baş edebilmek öncelikle sorunları ölçüme dayalı olarak tanımlayabilmekten geçer. Bu tanımlamayı yaptıktan sonra, gözlemlerin dinamiğini anlamak ikinci aşamayı teşkil eder. Daha sonra bu bilgilere dayanarak kara vericilere alternatif senaryolar sunmak ise son aşamadır. Bu çalışma da İzmir Belediyesi İZSU Genel Müdürlüğü tarafından kurulan ve işletilen ve Dokuz Eylül Üniversitesi Deniz Bilimleri Enstitüsü tarafından hem kalite kontrolü yapılan hem de bilimsel değerlendirmelerde kullanılan Kıyı Gözlem ve Tahmin Sistemi'nin işleyişi ve sorunların çözümüne ne gibi katkısının olduğu irdelenmiştir. Bu sunumda yukarıdaki adımlara oluşturulan gözlem sistemi ve uygulamaları anlatılmaktadır.

2. Gözlem Sistemi

Gözlem sistemi, meteorolojik birim, kıyı sıcaklığı, tuzluluk, deniz seviyesi birimi ve altta monte edilmiş Akustik Doppler Akım Profilsisi (ADCP) içeren ve Şekil 1 de konumları gösterilen beş istasyondan oluşmaktadır.

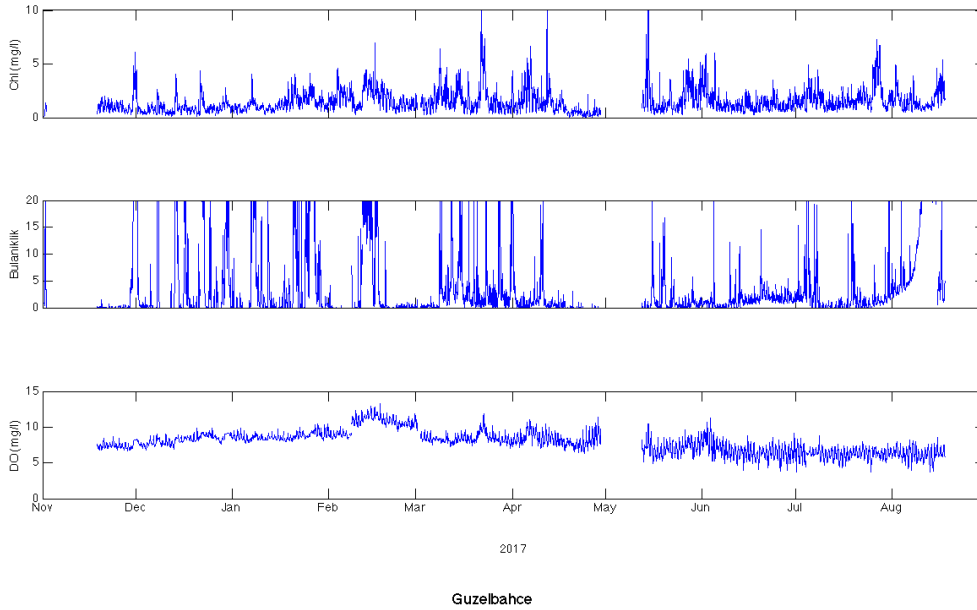


Şekil 1. İzmir Körfezi Gözlem Sistemi bileşenlerinin konumları

Bu sistem Körfeze giren ve çıkan suları izlemek için kurulan Foça ve Karaburun, orta körfezi takip edebilmek için Güzelbahçe ile iç körfezi izlemek üzere Bostanlı ve Pasaport istasyonlarından oluşmaktadır.

3. Gözlem Sistemi Ölçümleri

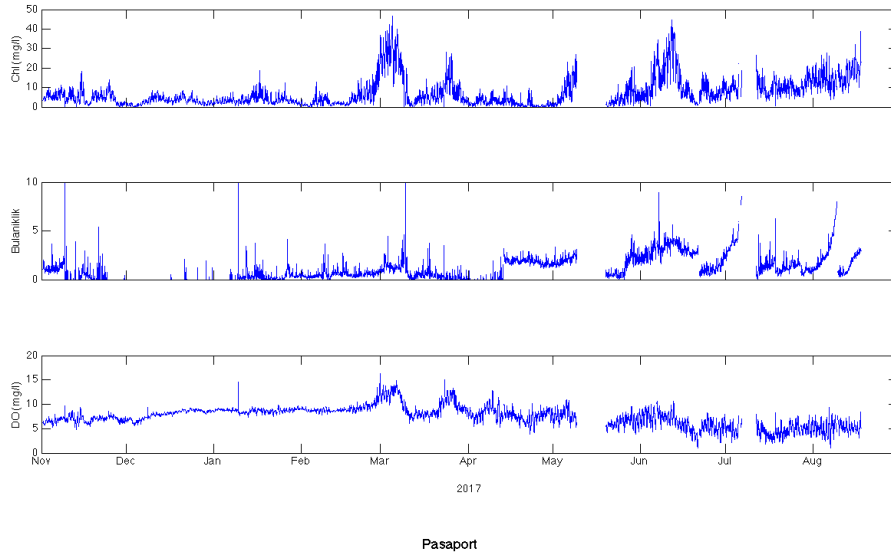
İstasyonlarda Ekim 2012'den bugüne fiziksel ölçümler yapılmaktadır. Ekim 2016'dan bugüne ise sisteme biyokimyasal ölçümler yapan algılayıcılar eklenmiştir. İstasyonlardan gerçek zamanlı olarak gelen ölçümlerin kalite kontrolleri yapıldıktan sonra, bu veriler bilimsel çalışmaların yanı sıra karar vericilerin ihtiyaçları doğrultusunda analiz edilmektedir. Körfezin durumunu göstermesi açısından Pasaport ile Güzelbahçe istasyonlarında yapılan ölçümlerin analizleri verilmiştir (Şekil 2 ve 3). Körfezde kasım ile mart aylarında rüzgâr kuzeyden güçlü olarak esmektedir. Mart ile Temmuz arasında rüzgâr şiddeti zayıflamakta Temmuz ayını takiben Sonbahar aylarında rüzgâr nispeten güçlenmektedir. Körfeze yağmur sasım ile haziran ayları arasında yağmış ve yaz aylarında hiç yağış düşmemiştir. Ocak 2017 de yağış sürekli olmakla beraber, düşen yağış miktarı düşüktür. Yağış alan diğer aylarda, ani ve çok miktarda yağış düşmüştür.



Şekil 2. Güzelbahçe meteo-öşinografik istasyonunda yapılan öşinografik ölçümlerden örnekler

Zaman zaman ani ve yüksek pikler görülse de Güzelbahçe istasyonunda Klorofil değerleri maksimum 5-6 mg/l değerlerine ulaşmaktadır. Sene boyunca Klorofilin ani arttığı belirli bir dönem gözlenmemiştir. Deniz suyu bulanıklığıda benzer bir yapı sergilemektedir. Suda çözülmüş oksijen değerleri rüzgar karışımının güçlü olduğu kış aylarında yüksektir ve tabakalaşmanın olduğu yaz aylarında düşüş trendine girmektedir.

Pasaport istasyonunda yapılan meteorolojik ölçümler Güzelbahçe ile doğal olarak aynı özellikleri göstermektedir (şekil burada gösterilmemektedir). Birbirine yakın iki istasyon arasında bir fark beklenmemesine rağmen genede bazı farklar vardır ve bu farkların öneminin ne olabileceği ile ilgili çalışmalarımız sürmektedir. Pasaport 'ta yapılan deniz ölçümlerinden Güzelbahçe için verilenleri Pasaport içinde Şekil 3'de verilmiştir. Pasaport ta ölçülen klorofil değerleri Güzelbahçe de ölçülen değerlerin 10 katı kadar fazladır. Bu değerlerde iç körfezde ötrofikasyonun ciddi bir problem olduğunu ortaya koymaktadır. Doğal olarak ta oksijen değerleri de Pasaport ta daha düşüktür ancak yine de kritik değerin altında değildir. Kış aylarında rüzgar karışımı nedeniyle yüksek olan oksijen değerleri, Mart ayı itibarıyla düşüş trendine girmiş ve yaz aylarında 5 mg/l nin altına inmiştir. Sıcaklığın artışıyla ve rüzgarların azalması ile oluşan bu durumun 5 mg/l nin çok altına inmemesi Körfezin sağlığı için sevinilecek bir durumdur.



Şekil 3. Pasaport meteo-oşinografik istasyonunda yapılan oşinografik ölçümlerden örnekler.

4. Sonuç

Bu tebliğde Türkiye’de ilk ve tek olan Kıyasal Gözlem Sistemi işleyişi ve sonuçlarının kullanılması anlatılmıştır. Bu gibi sistemlerin ülkemiz kıyılarında yaygınlaşması, kıyılarımızın daha iyi yönetilebilmesine alt bilgi sağlayabileceği gibi, iklim ve insan kaynaklı etkilerden ötürü kıyılarımızda oluşan/ oluşabilecek problemlere bilgiye dayanan çözümler getirebilmesine yardımcı olacaktır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma İzmir Belediye İZSU Genel Müdürlüğü tarafından desteklenmektedir. Bu sistem İZSU personelinin özverili çalışmaları ile çalışır durumda tutulabilmektedir.



TSUNAMİ TEHLİKESİNE HAZIR MIYIZ?

Öcal Necmioğlu¹, Ceren Özer Sözdinler^{1,2}, Mehmet Yılmazer¹, Doğan Kalafat¹,
Nurcan Meral Özel¹, Gülüm Tanırcan¹, Haluk Özener¹

¹ Boğaziçi Üniversitesi - Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, İstanbul

² Kagawa Üniversitesi, Takamatsu, Japonya
Email: ocal.necmioğlu@boun.edu.tr

ÖZET

Bu çalışmada Doğu Akdeniz ve Ege Denizinde tsunami tehlikesinin özet bir değerlendirmesi sunulmakta ve bu bağlamda Boğaziçi Üniversitesi – Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü tarafından UNESCO Hükümetlerarası Oşinografi Komisyonu Kuzey-Doğu Atlantik, Akdeniz ve Bağlantılı Denizler Tsunami Erken Uyarı ve Zararlarını Azaltma Sistemi Hükümetlerarası Koordinasyon Grubu (IOC/ICG/NEAMTWS) çatısı altında yapılan çalışmalar özetlenerek ülkemizde etkin bir tsunami erken uyarısı sisteminin gereksinimleri hakkında bazı değerlendirme ve öneriler sunulmaktadır.

ANAHTAR KELİMELEER: Tsunami Tehlikesi, Tsunami Erken Uyarısı

ARE WE PREPARED FOR A TSUNAMI ?

¹ Boğaziçi University - Kandilli Observatory and Earthquake Research Institute, İstanbul

² Kagawa University, Takamatsu, Japan
Email: ocal.necmioğlu@boun.edu.tr

ABSTRACT

This paper provides an overview of the tsunami threat in the Eastern Mediterranean and Aegean Seas and the establishment of a tsunami warning system in Turkey by KOERI under the framework UNESCO/Intergovernmental Oceanographic Commission/Intergovernmental Coordination Group for the Tsunami Early Warning and Mitigation System in the North-eastern Atlantic, the Mediterranean and connected seas (IOC/ICG/NEAMTWS), supported with a discussion and suggestions concerning the requirements of an effective tsunami warning system in the region.

KEYWORDS: Tsunami Threat, Tsunami Early Warning

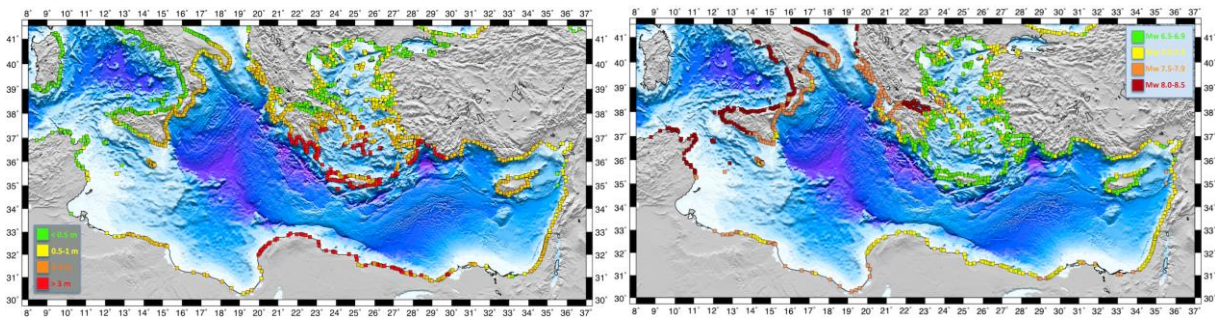
1. TÜRKİYE VE ÇEVRESİNDE TSUNAMİ TEHLİKESİ

Tarih boyunca Doğu Akdeniz ve Ege Denizinde meydana gelen pek çok büyük depremin önemli ölçüde tsunami hasarı ve can kaybına sebep olduğu bilinmektedir. İÖ 16. yy'da gerçekleştiği kabul edilen Santorini volkanının patlaması sonucu oluşan kaldera çökmesi tsunamiye yol açmış, oluşan dalgalar tüm Doğu Akdeniz'de etkisini hissettirmiştir. Doğu Akdeniz'de 365 ve 1303 yıllarında meydana gelen büyük depremler yüksek can ve mal kaybına yol açmıştır. 21 Temmuz 365 tarihinde batı Girit'te meydana gelen

deprem ve tsunami Akdeniz'i önemli ölçüde etkilemiştir. Bu depremin Akdeniz'de meydana gelen en büyük deprem olduğu düşünülmektedir. Tarihsel çalışmalar İskenderiye'de tsunami dalgasının kıyıda oldukça içerilere ulaşmış olduğunu, hatta bazı teknelerin evlerin çatılarına yerleşmiş olduğunu ve yaklaşık 5000 kişinin boğulmuş olduğunu göstermektedir. Girit'te yapılan çalışmalar tsunami yüksekliğinin 6m olduğunu ortaya koymaktadır. 1303 yılında Batı Helen Yayında (Girit'in güney doğusu) meydana gelen büyük deprem ve oluşturduğu tsunami etkisini Doğu Akdeniz'de hissettirmiş, yine İskenderiye'de binlerce kişi tsunami nedeniyle yaşamını kaybetmiştir. Bunların dışında 1509 ve 1894 İstanbul, 1598 Amasya, 1963 Doğu Marmara, 1939 Erzincan, 1968 Bartın depremleri sonucu tsunami meydana gelmiştir. Ege denizinde 1389, 1856, 1866, 1881 ve 1949 tarihli depremler tsunami oluşturmuşlardır. 1956 yılında Güney Ege'de meydana gelen Amorgos depreminde Kilimli adasında 2.5m yüksekliğinde dalga ve 1.5 km derinliğinde su baskın alanı ve Ünye, İncirli, Batnaz, Papazlık ve Lipsi adalarında ciddi maddi hasar gözlemlenmiştir. Tsunami dalgası Fethiye'de 1m'ye ulaşmış, su baskın derinliği 250m olarak gözlemlenmiştir.

Yakın zamanda tanık olduğumuz 21 Temmuz 2017 Bodrum Depremi ve Tsunamisi de ülkemiz kıyılarında tsunami tehlikesi olduğu gerçeğini bir kez daha ortaya koymuştur. Gökova Körfezi-Akdeniz'de yerel saat ile 01:31'de aletsel büyüklüğü Mw=6.6, odak derinliği yaklaşık 6 km olan bu şiddetli deprem Muğla ili ve ilçeleri başta olmak üzere tüm Güney Batı Ege'de hissedilmiş ve Bodrum kıyılarında tsunamiye neden olmuştur. Deprem sonrasında Bodrum kıyılarında 30-40 cm dalga yüksekliği gözlemlenmiş, oluşan tsunami nedeni ile kısmi su baskınları meydana gelmiş, Gumbet'te araçlar sürüklenmiş ve yapılan saha çalışmalarında tsunami tırmanma yüksekliğinin 1.9m'ye kadar çıktığı belirlenmiştir (Yalçın ve diğerleri, 2017).

Enstitümüzde 2014 yılında tamamlanmış olan bir doktora çalışmasında (Necmioğlu, 2014) üretilen veri tabanında yer alan 2415 tsunami senaryosunun değerlendirilmesi sonucunda; Ege ve Doğu Akdeniz'de Mw \geq 6.5 büyüklüğünde sığ depremlerin kıyılarda 0.5m dalga yüksekliğinde tsunamiye neden olabileceği görülmüştür. En büyük dalga yüksekliklerinin incelenmesi sonucunda; Kuzey Ege'de 1 m'ye varan tsunamilerin görülebileceği, Kıbrıs, Levanten kıyıları, Trablusgarp, Doğu Sicilya, Güney İtalya ve Batı Yunanistan'da 3 m'ye varan dalgaların oluşabileceği değerlendirilmiştir. Girit, Güney Ege, Kuzey-Doğu Libya ve İskenderiye (Mısır) arasında kalan bölgede ise, tsunami dalga yüksekliklerinin Hw > 3 m olabileceği görülmüştür (Şekil 1).



Şekil 1. Ege ve Doğu Akdeniz'de deprem kaynaklı tsunami modelleme çalışmaları uyarınca beklenebilecek tsunami yükseklikleri (sol) ve kıyılarda 50 cm tsunami dalga yüksekliğine neden olabilecek eşik deprem büyüklük değerleri (Necmioğlu ve Özel, 2015).

2. KRDAE-BDTİM TSUNAMİ ERKEN UYARI SİSTEMİ



Günümüz modern dünyasında, özellikle kıyı şeritlerindeki kentsel yerleşme ve liman, tersane, havaalanı, termik ve nükleer santraller başta olmak üzere endüstriyel yapılaşmaların artması, çevre denizlerimizde yaşanabilecek herhangi bir tsunaminin ülkemize olan etkileri üzerinde dikkatle durulmasını zorunlu kılmaktadır. Ülkemiz kıyılarına olan tsunami tehlikesinin en sağlıklı ve bilimsel bir şekilde anlaşılması ve olası bir tsunaminin oluşması durumunda operasyonel olarak hazırlıklı olmak ve mümkün olan en kısa sürede özellikle afet acil durum yönetimi unsurlarına erken uyarı mesajını gönderebilmek büyük önem taşımaktadır. KRDAE Bölgesel Deprem-Tsunami İzleme ve Değerlendirme Merkezi (BDTİM), ICG/NEAMTWS çatısı altında 1 Temmuz 2012 tarihinde başladığı ve sorumluluk alanları Karadeniz, Ege ve Doğu Akdeniz'i kapsayacak şekilde ülkemiz ve çevresinde meydana gelen tüm depremleri ve denizlerde meydana gelebilecek su seviyesi değişimlerini gözlemleyerek ilgili ulusal kurum ve kuruluşlara Deprem Bilgi Mesajı ve Tsunami Erken Uyarısı veren ve akredite olmuş 7/24 operasyonel bir merkez olarak bu konudaki faaliyetlerine devam etmektedir. BDTİM'de, gözlem alanı içinde meydana gelen 5.5 ve üzeri büyüklüklerdeki depremler için Karar Destek Sistemi devreye sokulmakta ve gerekli seviyede tsunami uyarı mesajı oluşturulmaktadır. Bu mesajlar sisteme üye olan ülkelerdeki kuruluşlara ve ülkemizde AFAD'a iletilmektedir.

3. TSUNAMİ TATBİKATLARI, FARKINDALIK VE EĞİTİM ÇALIŞMALARI

ICG/NEAMTWS tsunami tatbikatlarında amaç, Tsunami Uyarı Merkezleri ile mesaj alıcıları arasındaki iletişim kanallarının ve katılımcı ülkelerin afet ve acil durum yönetiminden sorumlu kurumlarının olası bir tsunami uyarısı ve afetine yönelik hazırlıklarının test edilmesidir. KRDAE, bu çalışmalara önderlik etmiş ve 2012, 2014 ve 2017 yıllarında düzenlenen tatbikatlarda mesaj göndericisi olarak yer almıştır (KRDAE-BDTİM Tsunami Bilgi Notu, 2018).

KRDAE-Afete Hazırlık Eğitim Birimi (AHEB) çatısı altında tsunami tehlikesine yönelik de eğitim ve farkındalık çalışmaları yürütmektedir. Bu bağlamda Kuzeydoğu Atlantik, Akdeniz ve Bağlantı Denizler Tsunami Bilgi Merkezi (NEAMTIC) çalışmalarına katkı verilmiş ve NEAMTIC tarafından üretilmiş olan eğitim posterleri, oteller için tahliye bilgilendirmesi gibi bilgi materyalleri dilimize kazandırılmıştır. Japon Kalkınma ve İşbirliği Ajansı (JICA) desteği ile yürütülmekte olan Marmara Bölgesinde Deprem ve Tsunami Zararlarının Azaltılması ve Afet Eğitimi (MarDim) projesi kapsamında yapılan çalışmaların sonucunda üretilen "Tsunami Bilgilendirme El Kitabı" ve bilgilendirme videosu her hafta AHEB'i ziyaret eden öğrenci ve öğretmenler ile paylaşılmaktadır.

4. ETKİN BİR TSUNAMİ UYARI SİSTEMİ İÇİN GEREKSİNİMLER

Bir tsunami oluşturması muhtemel büyük bir depremi müteakip KRDAE tarafından gönderilen uyarı mesajlarının kamuya AFAD tarafından nasıl iletileceği henüz bilinmemektedir. Bu alandaki eksiklikleri gidermek amacı ile KRDAE ve AFAD arasında eşgüdümün sağlanmasının zorunlu olduğu değerlendirilmektedir. Etkin bir tsunami uyarı sisteminin en önemli bileşeninin afet ve acil durum yönetimi unsurları nezdinde kurumsal ve kamusal farkındalık ve hazırlık olduğu açıktır. Turizm sektörünün ülkemiz ekonomi ve istihdamında aldığı rol göz önüne alınarak kıyı kesimlerindeki yurttaşların tsunami afeti ve bir erken uyarı durumunda yapılması gerekenler hakkında bilinçlendirilmesi amacı ile çalışmalar yapılması elzemdir. Kıyı kesimlerindeki kentlerimizde il afet planlarının tsunami afetine yönelik güncellenmesi bir zorunluluktur. Belirlenecek pilot bölgelerde bütünlük çalışmaları



gerçekleştirilmesi, gereksinimlerin ve uygulama ile ilgili değerlendirmelerin yapılabilmesi bakımından gereklidir. Tsunami Erken Uyarısı Amaçlı özellikle Datça – Kaş arasında kalan kıyı şeridinde gerçek zamanlı GPS-ivme ölçer-mareograf entegre ölçüm ağının kurulması gerekmektedir. Kaş-Rodos arasında kalan bölgede tsunami erken uyarısı amaçlı deniz tabanı basınç ölçer ya da deniz yüzeyi GPS-düba ölçüm sistemlerinin kurulması ve sürdürülebilirliğinin sağlanması, sistemin iyileştirilmesi ve olası hata payının düşürülmesi bakımından önemli bir gereksinimdir. Özellikle planlanan ve yapılmakta olan Nükleer Enerji Santralleri başta olmak üzere kıyı kesimlerindeki kritik altyapı ve tesislerin tsunami afetine karşı hazırlığının sağlanması ve 2011 yılında Japonya’da meydana gelen tsunaminin neden olduğu nükleer kaza benzeri bir afetin önüne geçilebilmesi için Tsunami Erken Uyarı Sisteminin bu kritik tesislerin işletimine entegre edilmesi zorunludur. Bu bağlamda Sinop ve Akkuyu açıklarında deprem ve tsunami erken uyarı amaçlı deniz tabanı kablolu gözlem sistemlerinin kurulması hedeflenmelidir. Ülkemiz kıyı bölgeleri için su baskın haritalarının yüksek çözünürlüklü batimetri – topoğrafya ve CBS veri tabanlarının entegre edilerek üretilmesi ve bu veriler ışığında kayıp ve risk hesaplamalarının yapılması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

Altınok, Y., ve Ersoy, S. (2000). “Tsunamis Observed on and Near the Turkish Coasts”, *Natural Hazards*, 21, 185–205.

Altınok, Y., B. Alpar, N. Özer ve H. Aykurt. (2011). “Revision of the Tsunami Catalogue Affecting Turkish Coasts and Surrounding Regions”, *Natural Hazards Earth System Science*, 11, 273-293

Ambraseys, N. (Ed.), 2009, Earthquakes in the Mediterranean and Middle East, Cambridge University Press, ISBN 978-0-521-87292-8, Cambridge.

KRDAE-BDTİM Tsunami Bilgi Notu (2018) http://www.koeri.boun.edu.tr/sismo/2/wp-content/uploads/2015/05/BDTIM_Tsunami_Subat_2018.pdf

Tanırcan, G., Püskülcü S., Necmioğlu, Ö. ve Özel N.M., (2017). KRDAE Tsunami Bilgilendirme El Kitabı (2017) http://www.koeri.boun.edu.tr/aheb/pdf%20dokumanlar/tsunami_kitap.pdf

Meral Ozel, N., Necmioğlu, O., Yalciner, A.C., Kalafat, D., Mustafa, E. (2011). Tsunami hazard in the Eastern Mediterranean and its connected seas: Toward a Tsunami warning center in Turkey, *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, Volume 31, Issue 4, 598-610

Necmioğlu, Ö. ve Özel, N.M. (2015). Earthquake Scenario-Based Tsunami Wave Heights in the Eastern Mediterranean and Connected Seas, *Pure and Applied Geophysics*, Volume 172, Issue 12, 3617-3638

Necmioğlu, Ö. (2014). Tsunami Hazard in Turkey and Surroundings, Doktora Tezi, Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, Jeofizik Anabilim Dalı, Boğaziçi Üniversitesi, İstanbul

Soloviev, S. L., O. N. Solovieva, C. N. Go, K. S. Kim ve N. A. Shchetnikov (Eds.) (2000). Tsunamis in the Mediterranean Sea – 2000 B.C.–2000 A.D., Kluwer Academic Publishers, 237 pp.

Yalciner, A.C., Annunziato, A., Papadopoulos, G., Dogan, G.G., Guler, H.G., Cakir, T.E., Sozdinler, C.O., Ulutas, E., Arikawa, T., Suzen, L., Kanoglu, U., Guler, I., Probst, P., Synolakis, C. (2017), The 20th July 2017 (22:31 UTC) Bodrum/Kos Earthquake and Tsunami; Post Tsunami Field Survey Report.



İZMİT KÖRFEZİ'NDE SICAKLIK VE AKINTI PROFİLLERİNİN GÜNLÜK DEĞİŞİMİ

Hüsne Altıok¹, Lalehan Can¹ ve Sabri Mutlu²

¹ *İstanbul Üniversitesi, Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü, İstanbul*

² *TUBITAK MAM, Çevre ve Temiz Üretim Enstitüsü, Gebze.*

Email: altiokh@istanbul.edu.tr

ÖZET

Bu çalışmada, Marmara Denizi kuzey-doğusunda yer alan İzmit Körfezi'nin girişinde, bir şamandıra yerleştirilerek ölçülen sıcaklık ve akıntı verileri ile atmosferik koşullar değerlendirilmiştir. Körfez girişinin doğusunda yaklaşık 40 m derinliğe kadar su kolonunda 4 Şubat – 24 Nisan 2015 tarihleri arasında 10 dakika aralıkla sıcaklık ve saatlik akıntı ölçümü yapılmıştır. Atmosferik koşullar için meteorolojik parametreler en yakın meteoroloji istasyonlarından (Yalova, Çınarcık ve Gebze) temin edilmiştir. Tabakalaşmanın gün içerisinde değişkenlik göstermesi bölgenin oldukça dinamik olduğunu göstermektedir. Şiddetli esen kuzeyli ve güneyli rüzgarlar tabakalaşmayı azaltmakta ve iki tabaka arasındaki karışımı artırmaktadır. Akıntı profilleri incelendiğinde akıntının her iki tabakada aynı yöne doğru olduğunu ancak üst tabaka akıntı hızının alt tabaka akıntı hızına oranla daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Farklı rüzgar rejimlerinde akıntı yönü değişmemektedir. İki tabakalı bir sistemde yüksek frekanslı ölçümler hidrografik süreçleri anlama, açıklama ve neden sonuç ilişkisini belirlemede oldukça önemli bilgiler içermektedir.

ANAHTAR KELİMELELER: İzmit Körfezi, sıcaklık, akıntı, günlük değişim, tabakalaşma

DIURNAL VARIABILITY OF TEMPERATURE AND CURRENT PROFILES IN IZMIT BAY

¹ *İstanbul University, Institute of Marine Science and Management, İstanbul*

² *TUBITAK MRC, Environment and Cleaner Production, Gebze.*

Email: altiokh@istanbul.edu.tr

ABSTRACT

In this study, investigating the effect of atmospheric conditions on stratification, short time intervals oceanographic observations were made in the Sea of Marmara via deploying a buoy at the north-east of İzmit Bay. At the east of the bay entrance, 10-minute temperature and hourly current measurements were made between the dates of 4 February and 24 April 2015 down to about 40 meters depth in the water column. The meteorological parameters for the atmospheric conditions were obtained from the closest



weather stations (Yalova, Çınarcık and Gebze). The variability of stratification during the day revealed that the region was quite dynamic. Severe northern and southern winds reduced the stratification and increased the stirring between the two layers. When the current profiles were analyzed, the flow in both layers were in the same direction, however the current speed of the upper-layer was determined to be higher than of the lower-layer. The current direction has not changed in different wind conditions. A high-frequency measurement in a two-layer system contains significant information in order to understand, explain and determine cause and effect relations of hydrographic processes.

KEYWORDS: İzmit Bay, temperature, current, diurnal variations, stratification

1. GİRİŞ

İzmit Körfezi 50km uzunluğunda 2-10km genişliğinde uzun ve dar bir yapıdadır. Doğu, orta ve batı olmak üzere 3 kısımdan oluşur. Doğu baseni en fazla 30m derinliğe sahip sığ bir bölgedir. Orta basen ile 2 km genişliğinde dar bir boğaz ile birleşir. Orta basende güney kıyıya daha yakın 160 ve 200m derinliklere sahip iki çukur bulunmaktadır. Bu nedenle güney kısmında daha dik bir eğimle bu derinliklere ulaşılır. Orta ile batı baseni yaklaşık 50m derinlikte dar ve kısa bir boğaz ile birbirlerine bağlanır. Batı baseni ortalama 50m derinliktedir ve Marmara Denizi'ne doğru derinleşerek hızla 200m derinliğe ulaşır.

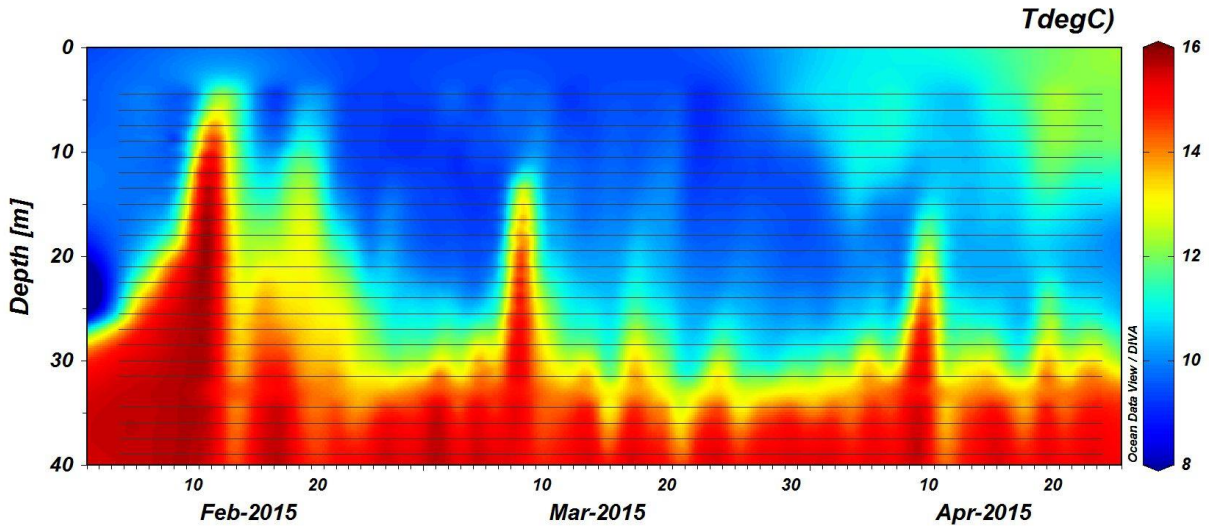
Marmara Denizi'nin doğusunda yer alan İzmit Körfezi'nde iki tabakalı yapı yıl boyunca korunmaktadır. Yaklaşık 15-20m derinlikte bulunan ara tabaka atmosferik koşullara göre yaz ve kış aylarında farklılıklar göstermektedir. Üst tabaka sıcaklığı hava sıcaklığına paralel olarak yıl içerisinde değişirken tuzluluk kış aylarında yüksek yaz aylarında düşük değerlerdedir. Akıntı ölçümleri ve model sonuçları İzmit Körfezi'nde rüzgara bağlı akıntı paternlerinin oluştuğunu göstermektedir (Oğuz ve Sur, 1986, Altıok ve diğ. 1996, Algan ve diğ. 1999, Müftüoğlu, 2008).

İzmit Körfezi'nde yaz ve kış sirkülasyonlarının farklılık gösterdiği hidrodinamik modeller ortaya konmuştur (Oğuz ve Sur, 1986). Modele göre kış koşullarında üst tabakadan körfez dışına doğru bir akıntı bulunurken alt tabakadan da tersi yönde körfez içine doğru akıntı oluşmaktadır. Yaz koşullarında ise akıntı yönleri tersine dönmektedir. Bununla beraber batı rüzgarları körfezdeki akıntılar üzerinde etkilidir ve kış koşullarındaki akıntıyı oluşturmaktadır. İzmit Körfezi'nin basenleri arasındaki su alış-verişinde daralan bölgelerin etkisinin olduğu ve sirkülasyonu etkilediği de görülmektedir. En dış körfezin kuzeyinde akıntı yönü her iki tabaka için aynı yönlü olması batimetri etkisini göstermektedir. İzmit Körfezi dar ve uzun bir yapıda olmasından ve körfezin iç kısımlarının 30m civarında olmasından dolayı ara tabakanın zaman zaman kalınlaştığı ve iki tabaka arasında karışımın arttığı gözlenmiştir (Tuğrul ve diğ. 1986, Algan ve diğ. 1999). Körfezin orta kısmındaki derin çukurda ise akıntı hızının yavaşlaması buradaki suyun yenilenmesini geciktirdiğinden en derin kısımlarda hidrojen sülfürlü sulara rastlanmıştır (Balkıs, 2003). Türkiye'nin en kalabalık ve yoğun sanayi bölgesinde bulunan İzmit Körfezi'nde su kalitesi 80 li yıllardan itibaren hızla kötüleşmiş ve bu konuda pek çok araştırmanın konusu olmuştur. Bu çalışmada İzmit Körfezi'ndeki tabakalaşmanın atmosferik koşullarla nasıl bir etkileşimde olduğu yüksek frekanslı sıcaklık ve akıntı verisiyle araştırılmıştır. Sıcaklık ve akıntı verileri yaklaşık 50 m taban derinliğine sahip İzmit Körfezi'nin kuzey kıyısında Marmara Denizi çıkışına yakın bir konuma

yerleştirilen bir şamandıra ile ölçülmüştür. 24 adet sıcaklık sensörünün (RBR, XR-420 model) 1.5 m aralıklarla yerleştirilmesiyle elde edilen sıcaklık dizini ile yüzeyde 4.5 m den başlayarak dipte 39 m derinliğe kadar 10 dk aralıklarla sıcaklık ölçümü gerçekleştirilmiştir. Şamandıra sisteminin hemen altına yerleştirilen ADCP (Workhorse Sentinel 300Khz) ile de dip izleme yöntemiyle saatlik akıntı hızı ve yönü ölçülmüştür. Bu çalışmada 4 Şubat 2015-24 Nisan 2015 tarihleri arasında sürekli ölçüm yapılarak elde edilen veriler en yakın meteoroloji istasyonlarından alınan atmosferik verilerle birlikte değerlendirilmiştir.

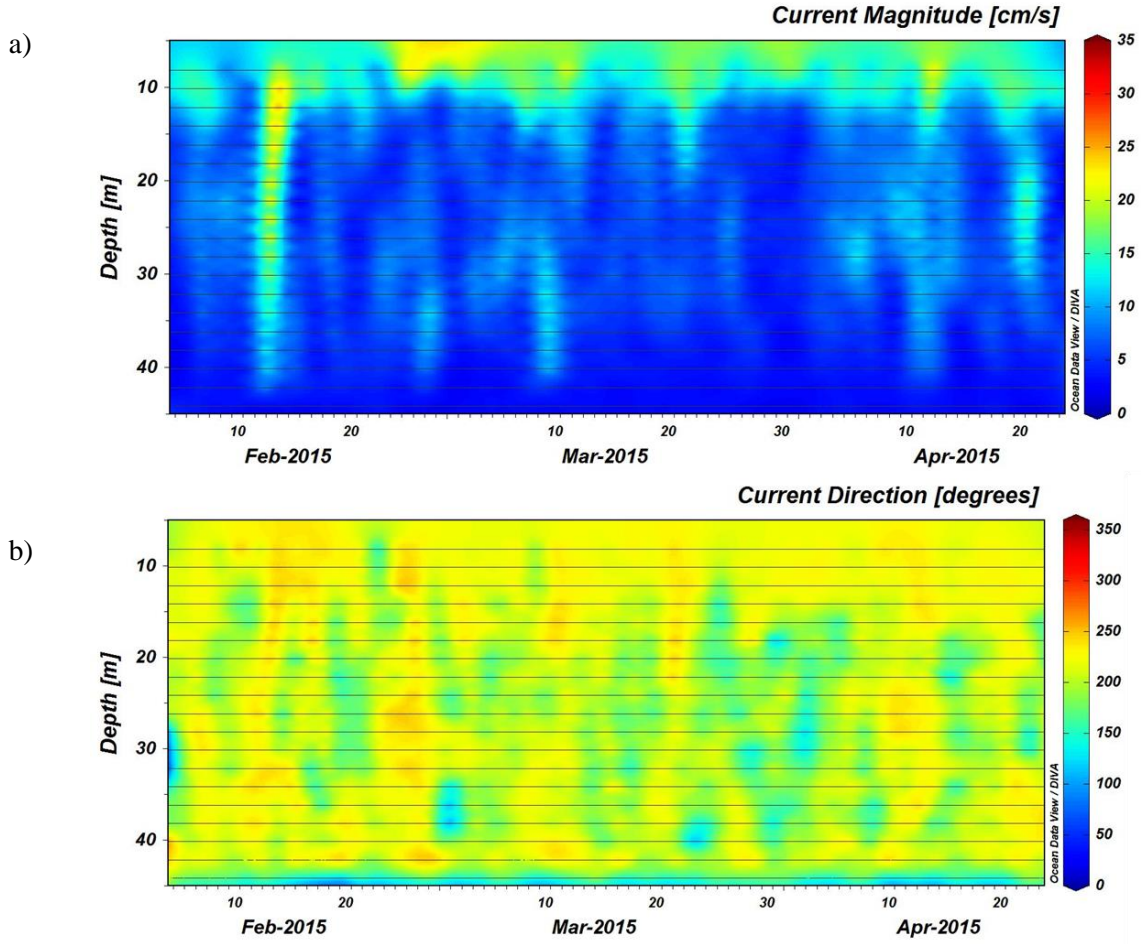
2. BULGULAR ve TARTIŞMA

Sıcaklık profillerinin saatlik değişimi su kolonunda kısa aralıklarla tabakalaşmada ciddi değişiklikler olduğunu göstermektedir (Şekil 1). Genel olarak 20-30m civarında olan ara tabaka derinliği 5 metre ile 35m derinliklere kadar değişebilmektedir. Üst tabaka sıcaklığı da Şubat ayı başlarında hafifçe ısınmaya başlamışken ay sonunda ve Mart ayı başlarında yeniden soğuyarak 8 °C ler seviyesine düşmüş, Nisan ayı başında yeniden artmaya başlamıştır. Ancak Nisan ayının ortasında yeniden bir düşüş görülmektedir. Ayın son günlerinde ise atmosferik ısınma üst tabakada kendini göstermeye başlamıştır.

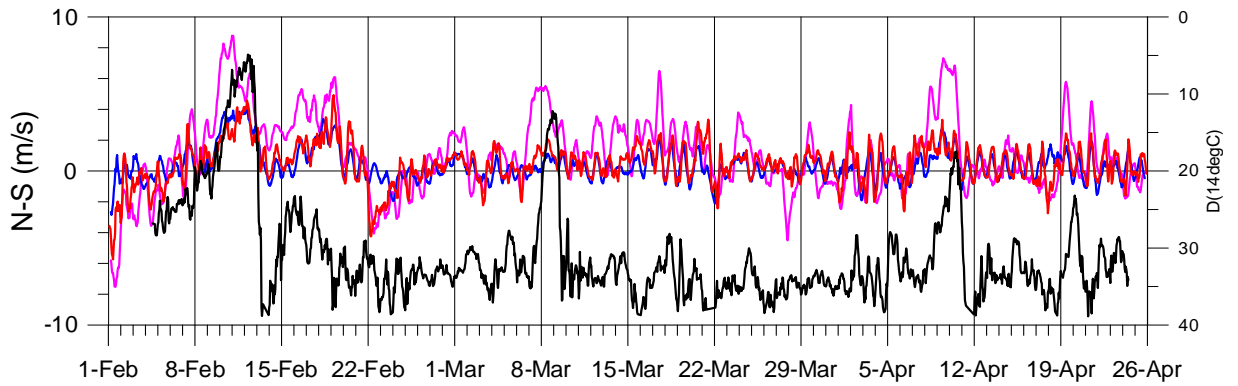


Şekil 1. Sıcaklık zaman serisi

Akıntı şiddeti ve yönünün zamana bağlı değişimi (Şekil 2) bu dönemde akıntı şiddetinin üst tabakada daha yüksek ve 15cm/s civarında alt tabakada ise 10cm/s değerinden düşük olduğunu göstermektedir. Akıntı yönü bu dönemde hem üst tabakada hem de alt tabakada güneybatı yönlüdür. Ölçüm yapılan bölgede akıntı yönünün her iki tabakada aynı yönlü olması model sonuçlarıyla uyumludur. Sıcaklık profillerinden 14 °C sıcaklığın ara tabakayı temsil ettiği gözlenmiştir. Ara tabakanın zamana bağlı değişimi bölgede esen rüzgarların kuzey-güney bileşenleriyle birkaç saatlik fark ile benzer eğilimi gösterdiği (Şekil 3) şiddetli esen kuzeyli rüzgarların ara tabaka derinliğinin yükselmesine neden olduğu gözlenmiştir.



Şekil 2. Akıntı zaman serisi (a) şiddeti (b) yönü



Şekil 3. Rüzgarın kuzey ve güney yönlü bileşeni (renkli çizgiler) ve 14 C sıcaklık derinliğinin (siyah çizgi) zaman serisi



3. SONUÇLAR

Tabakalaşmanın gün içerisinde değişkenlik göstermesi ölçüm yapılan konumun hidrografik açıdan oldukça dinamik bir bölge olduğunu göstermektedir. Kuzeyli ve güneyli rüzgarların her ikisi de şiddetli olduğunda tabakalaşmayı bozduğu ve iki tabaka arasında karışımı artırdığı tespit edilmiştir. Uzun süreli kısa aralıklarla ölçülen akıntı profili her iki tabakanın da aynı yöne doğru akmakta olduğunu ancak üst tabakada akıntının daha yüksek olduğunu göstermiştir. Farklı rüzgar rejimlerinde akıntı yönü değişmemektedir. Tabakalı sistemlerde karışım, tabakalaşma, atmosfer deniz etkileşimi ve diğer fiziksel süreçleri daha iyi ortaya çıkarabilmek için uzun dönemli yüksek frekanslı ölçümlere ihtiyaç duyulmaktadır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma kullanılan verilerin büyük bir kısmı TUBITAK 1001, 110Y244 numaralı araştırma projesinden desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

Altıok, H., Legovich T., Kurter A., 1996. “A Case Study of Circulation and Mixing Processes in Two-layered Water System: Izmit Bay”, 8. International Biennial Conference on Physics of Estuaries and Coastal Seas, Netherlands Centre for Coastal Research, September 8-12.

Algan, O., H. Altıok And H. Yüce, 1999. “Seasonal Variation of Suspended Particulate Matter in Two-layered Izmit Bay, Turkey”, *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 49, 235-250.

Balkıs N (2003) The effect of Marmara (Izmit) earthquake on the chemical oceanography of Izmit Bay, Turkey. *Mar. Pollut Bull* 46:865–878

Müftüoğlu, A. E. (2008). Marmara Denizi Haliç ve Körfezleri'nin Hidrodinamik Yapısı. Doktora Tezi, Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü, İstanbul Üniversitesi, İstanbul.

Oğuz, T. & Sur, H. I. (1986). A numerical modelling study of circulation in the Bay of Izmit: Final Report. *TUBITAK-MRI, Chemistry Department Publication, Gebze-Kocaeli (Turkey) No. 187*. 97 pp.

Tuğrul, S., Sunay, M., Başturk, Ö., Balkaş, T.I., (1986). The Izmit Bay case study. In: G. Kullenberg (Ed.), *The Role of Oceans as a Waste 498 Disposal Option*. Reidel, Dordrecht, pp. 243–275.



KARADENİZ'DE UZUN DÖNEMLİ VE MEVSİMSEL DENİZ SEVİYESİ DEĞİŞİMLERİ

N.B. Avşar¹ ve Ş.H. Kutoğlu²

¹ Araştırma Görevlisi, Geomatik Müh. Bölümü, Bülent Ecevit Üniversitesi, Zonguldak

² Profesör, Geomatik Müh. Bölümü, Bülent Ecevit Üniversitesi, Zonguldak

Email: nb_avsar@beun.edu.tr

ÖZET

Bu çalışmada, Karadeniz'deki uzun dönemli ve mevsimsel mutlak deniz seviyesi değişimleri uydu altimetre verileri yardımıyla araştırılmıştır. Bu amaçla, Ocak 1993 – Mayıs 2017 periyodunda haftalık ortalama deniz seviyesi zaman serileri AVISO (French Archiving, Validation and Interpretation of the Satellite Oceanographic Data)'dan sağlanmıştır. Deniz seviyesi zaman serilerinin analizi için trend, faz ve genlikten oluşan bir harmonik model kullanılmıştır. Sonuçlar, Karadeniz'in 24,5 yıllık zaman periyodunda yaklaşık $2,5 \pm 0,3$ mm/yıl hızla yükseldiğini göstermektedir. Altimetre verilerine göre deniz seviyesi değişiminin ortalama yıllık genliği $\sim 33,4$ mm ve ortalama yıllık fazı $\sim 148,02^\circ$ dir. Buna göre, Karadeniz'de deniz seviyesinin yıllık döngüsü maksimum değere Mayıs-Haziran aylarında ulaşmaktadır. Diğer yandan, Ocak 1950 – Aralık 2001 zaman aralığı için yeniden yapılandırılmış mareograf verileri de Karadeniz'de deniz seviyesinin ilgili periyotta $1,8 \pm 0,1$ mm/yıl hızla yükseldiğini ortaya koymuştur.

ANAHTAR KELİMELER: Karadeniz, Uydu Altimetresi, Harmonik Analiz, Trend, Mevsimsel Değişimler

LONG-TERM AND SEASONAL SEA LEVEL VARIATIONS IN THE BLACK SEA

¹ Research Assistant, Geomatics Eng. Department, Bulent Ecevit University, Zonguldak

² Professor, Geomatics Eng. Department, Bulent Ecevit University, Zonguldak

Email: nb_avsar@beun.edu.tr

ABSTRACT

In this study, long-term and seasonal sea level variations in the Black Sea are investigated from satellite altimetry data. For this aim, weekly mean sea level time series from January 1993 to May 2017 have been provided from AVISO (the French Archiving, Validation and Interpretation of the Satellite Oceanographic Data). In order to analyze the time series, a harmonic model including a linear trend, phase and amplitude has been used. The results show that the Black Sea has risen at a rate of around 2.5 ± 0.3 mm/yr for the 24.5-year period. Mean annual amplitude and mean annual phase of the sea level change are 33.4 mm and 148.02° , respectively from the altimetry data. According to this, the annual cycle of sea level change in the Black Sea reaches the maximum value in May-June. Besides, the



reconstructed tide-gauge data over January 1950 – December 2001 indicated that the mean rate of sea level rise in the Black Sea was 1.8 ± 0.1 mm/yr in this period.

KEYWORDS: Black Sea, Satellite Altimetry, Harmonic Analysis, Trend, Seasonal Variations

1. GİRİŞ

Karadeniz, Dünya'nın en büyük yarı-kapalı denizlerinden biri olarak kabul edilir (Sorokin 1983). Kendi yüzey alanının (~ 420.000 km²) yaklaşık 6 katı büyüklüğünde ($2.400.000$ km²) bir drenaj havzasından beslenen (Bondar 2007) Karadeniz'in deniz seviyesi değişimlerinin izlenmesi, Karadeniz'i çevreleyen ülkelerin sosyo-ekonomik aktiviteleri açısından önemli ve gereklidir. Volkov ve Landerer (2015)'e göre, Karadeniz'de ortalama deniz seviyesi değişimleri havzanın taze su bütçesi (yağış, buharlaşma ve nehir akışlarındaki değişimler), boğazlar (özellikle İstanbul Boğazı) yoluyla su alışverişleri ve deniz suyu yoğunluğundaki değişimler ile ilişkilidir. Mareograf verileri gösteriyor ki, Karadeniz'de deniz seviyesi 1875–1922 yılları arasında hafif bir düşme eğilimi gösterse de genel olarak durağan olmuştur. 1920–1985 döneminde ise $1,8 \pm 0,7$ mm/yıl hızla yükselmiştir (Ginzburg vd. 2013). Tsimplis vd. (2004) ise Karadeniz'in 1944–2003 yılları arasında yılda 2,5 mm yükseldiğini ortaya koymuşlardır. 1993–1999 dönemindeki uydu altimetresi gözlemlerinden, Karadeniz'de deniz seviyesi yükselme hızının ~ 27 mm olduğu belirlenmiştir (Cazenave vd. 2002; Vigo vd. 2005). Ginzburg vd. (2013), altimetre verilerini kullanarak, Ocak 1993 – Aralık 2009 periyodunda Karadeniz'de deniz seviyesinin 5,7 mm/yıl hızla yükseldiğini ortaya koymuş; uzun dönemli ve mevsimsel deniz seviyesi değişimlerinin 1993–2002 aralığında Tuna nehrinin akışındaki değişkenlik ile iyi bir korelasyon gösterdiğini ancak 2003 yılından itibaren bu korelasyonun ortadan kalktığını belirlemişlerdir. Avsar vd. (2016), çok misyonlu altimetre verilerinden yararlanarak Ocak 1993 – Aralık 2014 periyodunda Karadeniz'in $3,2 \pm 0,8$ mm/yıl hızla yükseldiğini ifade etmişlerdir. Bu çalışmada, Karadeniz'de uzun dönemli ve mevsimsel deniz seviyesi değişimlerinin, yakın zamana ait altimetre verileri kullanılarak belirlenmesi amaçlanmıştır. Diğer yandan, yeniden yapılandırılmış mareograf verileri ile de geçmiş dönemde Karadeniz'deki uzun dönemli deniz seviyesi değişimi araştırılmıştır.

2. VERİ VE ANALİZ

2.1. Uydu Altimetresi Verileri

Ocak 1993 – Mayıs 2017 periyodundaki haftalık ortalama deniz seviyesi zaman serileri, Karadeniz için AVISO (<http://www.aviso.altimetry.fr/en/data.html>)'dan sağlandı. Bu ürün, Topex/Poseidon ve Jason-1&2&3 uydu verilerinin kombine edilmesi ile oluşturulmuştur ve 2 aylık filtrelenmiş veriler olarak sunulmaktadır. Bu çalışmada, haftalık deniz seviyesi verilerinden elde edilen aylık ortalamalar kullanıldı.

2.2. Yeniden Yapılandırılmış Mareograf Verileri

Deniz seviyesinin yeniden yapılandırılması için altimetre verileri, dominant paternlerine ayrıştırılır ve ilgili zaman serileri mareograf verilerinden uydurulur (Church vd. 2004). Bu çalışmada, Ocak 1950 – Aralık 2001 dönemi için yeniden yapılandırılmış aylık deniz yüzeyi yüksekliği verileri, Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO; <http://www.cmar.csiro.au/sealevel/>)'dan elde edildi. Bu verilere, ters barometrik etki ve Buzul İzostatik Dengeleme (Glacial Isostatic Adjustment - GIA) düzeltmeleri uygulanmıştır. Mevsimsel sinyaller filtrelenmiştir. Bu çalışma için Karadeniz'e ait deniz yüzeyi yükseklikleri, 1'er derecelik gridler halindeki tüm veri içerisinden çıkarıldı.

2.3. Analiz ve Değerlendirme

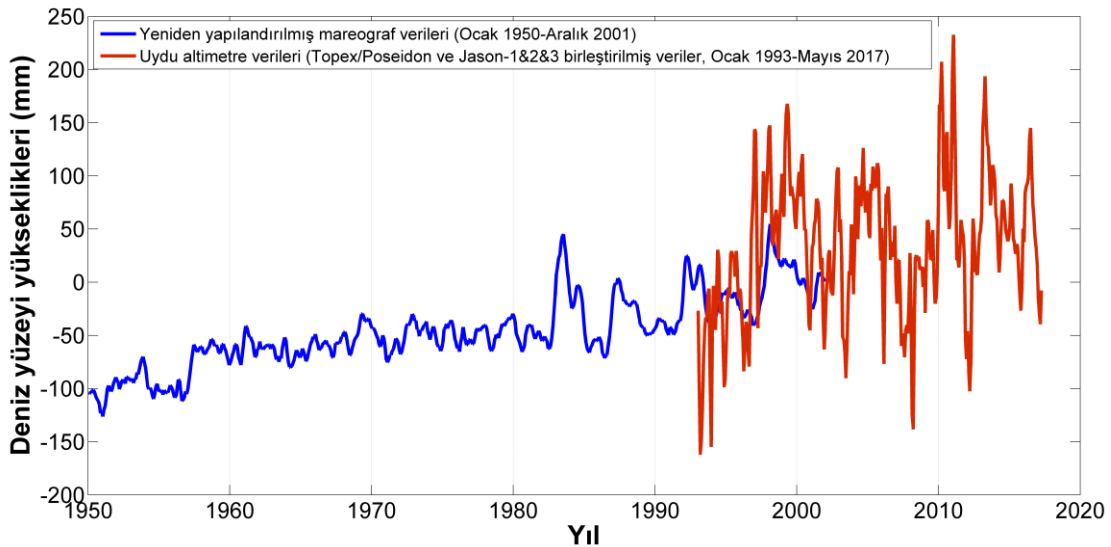
Deniz seviyesi zaman serileri, trend ve mevsimsel değişimlerden oluşmaktadır. Buna uygun olarak deniz seviyesi zaman serilerinin analizi için bu çalışmada, lineer trend ve mevsimsel bileşenler (yıllık ve yarı-yıllık harmonikler)'i içeren bir model kullanıldı (Avsar vd. 2016):

$$M(t) = a + bt + \sum_{k=1}^2 A_k \cos(\omega_k(t - t_0) + \phi_k) + \varepsilon(t) \quad (1)$$

Burada; $M(t)$ deniz seviyesi zaman serisini, t zamanı ($t_0 = 1$ Ocak 1993), a sabit katsayıyı (t_0 anındaki deniz yüksekliği), b değişim hızını (trendi) göstermektedir. Eşitlikteki üçüncü terim, mevsimsel ($k=1$ yıllık, $k=2$ yarı-yıllık) bileşenleri temsil etmektedir. A , ω , ϕ sırasıyla genlik, açısal frekans ve faz açısına karşılık gelmektedir. $\varepsilon(t)$ ise modellenmeyen artık terimleri ifade etmektedir.

Eşitlik (1)'deki bilinmeyenler (a , b , A ve ϕ) en küçük kareler yöntemi ile kestirildi. Böylelikle, uydu altimetre verileri ile Karadeniz'de deniz seviyesi değişiminin trendi ve yıllık/yarı-yıllık bileşenleri tahmin edildi. Buna göre, Karadeniz'in, Ocak 1993 – Mayıs 2017 döneminde $2,5 \pm 0,3$ mm/yıl hızla yükseldiği belirlenmiştir. Değişimin ortalama yıllık ve yarı-yıllık genlikleri sırasıyla 33,4 mm ve 23,7 mm olarak bulunmuştur. Yıllık ve yarı-yıllık deniz seviyesi değişimleri için faz açıları da sırasıyla $148,02^\circ$ ve $336,37^\circ$ 'dir. Sonuçlar, Karadeniz'de altimetre gözlemleri ile belirlenen $\sim 24,5$ yıllık deniz seviyesi değişiminin maksimum yıllık genliğinin Mayıs-Haziran aylarında meydana geldiğini işaret etmektedir. Karadeniz'de en yüksek deniz seviyesi Mayıs-Haziran aylarında, en düşük deniz seviyesi ise Ekim ayında gerçekleşmektedir.

Diğer yandan, yeniden yapılandırılmış aylık mareograf verileri 1950–2001 döneminde Karadeniz'de genel olarak yükselen bir deniz seviyesi trendi olduğunu göstermektedir. Bu verilerden, Karadeniz'de deniz seviyesinin yükselme hızı $1,8 \pm 0,1$ mm/yıl olarak belirlenmiştir.



Şekil 1. 1950–2017 periyodunda Karadeniz'de deniz seviyesi değişimleri (Mevsimsel değişimler kaldırılmıştır)



1993–2017 periyodundaki uydu altimetre verileri ve 1950–2001 dönemi için yeniden yapılandırılmış mareograf verilerinden elde edilen Karadeniz deniz seviyesi zaman serileri Şekil 1’de görülmektedir. Burada, Eşitlik (1) kullanılarak, uydu altimetre verilerinden mevsimler sinyaller kaldırıldı. Şekilden görüldüğü gibi, her iki veri de Karadeniz’de uzun dönemli bir deniz seviyesi yükselmesini işaret etmektedir. Uydu altimetre gözlemlerine göre en yüksek deniz seviyesi ortalaması 2010 yılında olmuştur. Bu değer, 1993 yılı ortalamasının yaklaşık 20 cm üzerindedir. Karadeniz için uydu kayıtlarındaki en yüksek deniz seviyeleri Mart 2010, Ocak 2011 ve Nisan 2013’dedir.

3. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Karadeniz Havzası’ndaki su bütçesi değişimleri ve deniz suyu yoğunluğundaki değişimler, Karadeniz’de uzun dönemli bir deniz seviyesi yükselmesine neden olmaktadır. Hem mareograf verileri hem de uydu altimetresi verileri Karadeniz’de yükselen bir deniz seviyesi trendini göstermektedir. Bu sonuçlar, deniz seviyesi yükselmesinin etkilerine karşı önlemler alınmasının Karadeniz kıyıları için de gerekli olduğuna dikkati çekmektedir.

KAYNAKLAR

- Avsar, N.B., Jin, S., Kutoglu, H. ve Gurbuz, G. (2016). Sea level change along the Black Sea coast from satellite altimetry, tide gauge and GPS observations. *Geodesy and Geodynamics* **7:1**, 50–55.
- Cazenave, A., Bonnefond, P.F., Mercier, F., Dominh, K. ve Toumazou, V. (2002). Sea level variations in the Mediterranean Sea and Black Sea from satellite altimetry and tide gauges. *Global and Planetary Change* **34:1–2**, 59–86.
- Church, J.A., White, N.J., Coleman, R., Lambeck, K. ve Mitrovica, J.X. (2004). Estimates of the regional distribution of sea level rise over the 1950 to 2000 period, *Journal of Climate*, **17**, 2609–2625.
- Ginzburg, A.I., Lebedev, S.A., Kostianoy, A.G. ve Sheremet, N.A. (2013). Interannual variability of the Black Sea level basing on the radar altimetry. *Proceedings of the 20 years of Progress in Radar Altimetry’in İçinde* (Ouweland, L., Ed.), Venice, Italy (ESA SP-710, February 2013).
- Jaoshvili, S. (2002). The rivers of the Black Sea. *EEA Technical Report 71*, European Environmental Agency, 58 pp.
- Sorokin, Y.I. (1983). The Black Sea. *Ecosystems of the World, 26: Estuaries and Enclosed Seas’in İçinde* (Ketchum, B.H., Ed.), Elsevier, Amsterdam, pp. 253–292.
- Tsimplis, M.N., Josey, S.A., Rixen M. ve Stanev, E.V. (2004). On the forcing of sea level in the Black Sea. *Journal of Geophysical Research* **109**, C08015.
- Vigo, I, Garcia, D. ve Chao, B.F. (2005). Change of sea level trend in the Mediterranean and Black Sea. *Journal of Marine Research* **63**, 1085–1100.
- Volkov, D.L. ve Landerer, F.W. (2015). Internal and external forcing of sea level variability in the Black Sea, *Climate Dynamics* **45:9–10**, 2633–2646.



ARGO VERİLERİ

Devrim TEZCAN¹, Bettina FACH², M. Abdul LATİF³

¹ Yrd. Doç. Dr., Deniz Bilimleri Enstitüsü, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Mersin

² Doç. Dr., Deniz Bilimleri Enstitüsü, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Mersin

³ Prof. Dr., Deniz Bilimleri Enstitüsü, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Mersin

E-posta: devrim@ims.metu.edu.tr

ÖZET

Argo programı ekosistem ve iklim araştırmaları için okyanus ve denizlerde sürekli yüksek kalitede oşinografik veri toplamayı hedefleyen bir programdır. Veriler Argo yüzücüsü adı verilen, önceden belirlenmiş derinliklerdeki akıntılarla sürüklenen, belli periyotlarda su kolonunun özellikle sıcaklık ve tuzluluk profilini çıkartmayı sağlayan cihazlar tarafından toplanmaktadır. Bu çalışmada Doğu Akdeniz ve Karadeniz’de toplanmış Argo verilerinin bir değerlendirilmesi sunulmaktadır.

ANAHTAR KELİMELELER: Argo, Ekosistem, İklim, Doğu Akdeniz, Karadeniz

ARGO DATA

Devrim TEZCAN¹, Bettina FACH², M. Abdul LATİF³

¹ Assist. Prof., Institute of Marine Sciences, Middle East Technical University, Mersin

² Assoc. Prof., Institute of Marine Sciences, Middle East Technical University, Mersin

³ Prof., Institute of Marine Sciences, Middle East Technical University, Mersin

Email: devrim@ims.metu.edu.tr

ABSTRACT

The Argo program aims to collect continuous high-quality data in oceans for ecosystem and climate researches. Data is generated from battery-powered autonomous “argo floats” that drift at the “parking depth” set prior to deployment. The floats also provide sea column profile data (mainly temperature and salinity) periodically. A review of Argo data for the Eastern Mediterranean and Black Sea will be presented in this study.

KEYWORDS: Argo, Ecosystem, Climate, Eastern Mediterranean, Black Sea

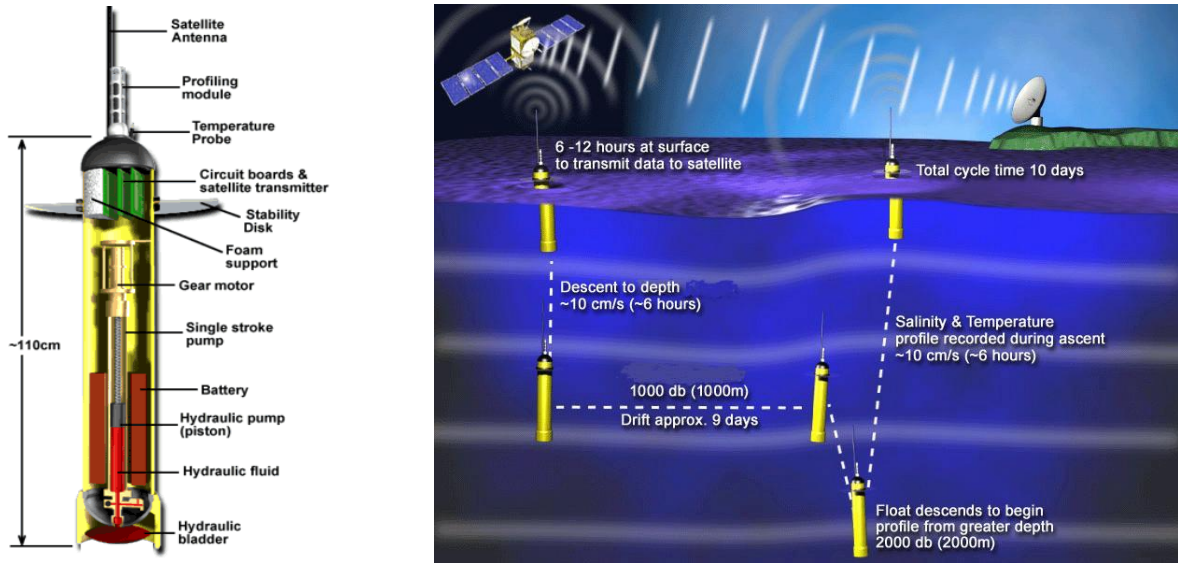
1. GİRİŞ

Küresel değişim ve bu değişimin bölgesel yansımaları gün geçtikçe daha da artan bir endişe yaratmaktadır. Denizlerimizin küresel boyuttaki değişikliklere nasıl tepki verdiği büyük bir merak konusudur. Deniz suyu sıcaklıklarının artması, deniz seviyelerinin yükselmesi, canlıların ölümü veya

göçü bu değişikliklerin bazı sonuçlarıdır. Değişen denizleri sürekli olarak gözlemlenmesi için otonom sistemlerin kullanılması zaman ve maliyet açısından önemlidir.

1.1. Argo yüzücü nasıl çalışır?

Argo yüzücüler pil ömürlerinin sonuna kadar denizlerde ve okyanuslarda dolaşarak veri toplayan, ortamdaki akıntılarla hareket eden gelişmiş ölçüm cihazlarıdır. En önemli özelliği, kendi kendine istenilen zaman aralıklarında istenilen derinliklere inip çıkabilmesidir. Bu inip çıkma hareketini hacmini ve dolayısıyla yoğunluğunu değiştirerek gerçekleştirir. Argo yüzücü yükselmek için hacmini arttırmakta, batmak için ise hacmini azaltmaktadır. Hacmi artırmak için içinde depolanan mineral yağı bir hidrolik pompa vasıtasıyla altına entegre edilmiş esnek bir kesenin içine pompalayarak ve dolayısıyla keseyi şişirerek gerçekleştirir. Aynı şekilde hacmi azaltmak için bu kesenin içindeki yağ geri çekilmektedir (Şekil 1).



Şekil 1. Argo Yüzücünün (a) iç aksamı ve (b) veri toplama süreci

2000 metre derinliğe kadar inebilen Argo yüzücüler üzerlerinde standart olarak sıcaklık, iletkenlik ve basınç ölçebilen algılayıcılar taşır. Son dönemlerde oksijen, pH gibi biyojeokimyasal algılayıcılar da argo yüzücülerde sıkça kullanılır olmuştur. Argo yüzücü denize bırakıldıktan sonra daha önceden programlanmış olan derinliğe iner. Bu sürüklenme derinliğinde cihaz yine önceden programlanmış süre kadar akıntılarla sürüklenir. Bu sürenin sonunda yine önceden programlanmış olan derinliğe iner ve yukarı doğru çıkmaya başlar. Yukarı çıkarken üzerindeki algılayıcılar deniz kolonun fiziksel ve algılayıcıya bağlı olarak diğer özelliklerini ölçer. Deniz yüzeyine ulaşan cihaz topladığı verileri uydular aracılığı ile veri merkezine iletir. Bu veriler işlenip kalite kontrolü yapıldıktan sonra internet üzerinden ücretsiz olarak tüm kullanıcılara sunulmaktadır.

1.2. Dünyadaki Argo yüzücüler

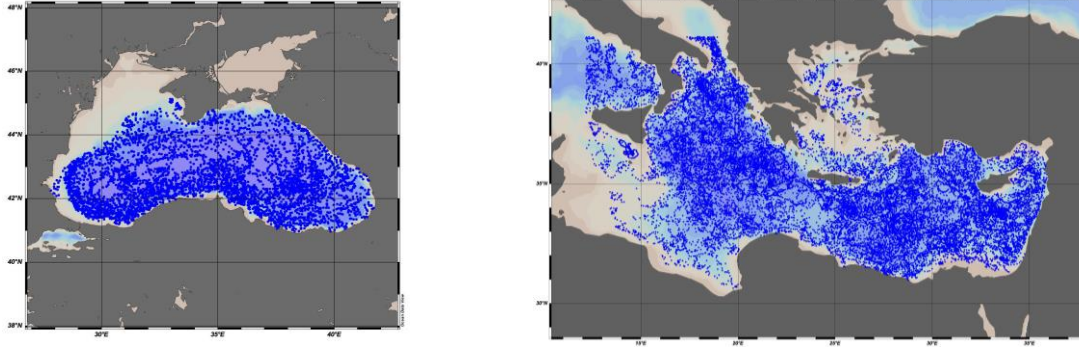
30 ayrı ülke tarafından desteklenen bu program kapsamında tüm dünya denizlerinde her yıl ortalama 3800 Argo yüzücü aktif olarak veri toplamaktadır. Türkiye, ODTÜ Deniz Bilimleri Enstitüsü tarafından

yürütülen DEKOSİM projesi kapsamında denize bırakılan altı adet argo sayesinde bu uluslararası Argo programında yer almaktadır.

2. ARGO VERİLERİ

Argo programı kapsamında denizlerde dolaşan argo yüzücülerin verileri uydu aracılığı ile veri işleme merkezlerine iletilmekte, bu merkezlerde toplanan tüm veriler veri işlem sürecinin ardından en kısa zamanda <http://www.argodatamgt.org> adresinden ücretsiz olarak paylaşılmaktadır.

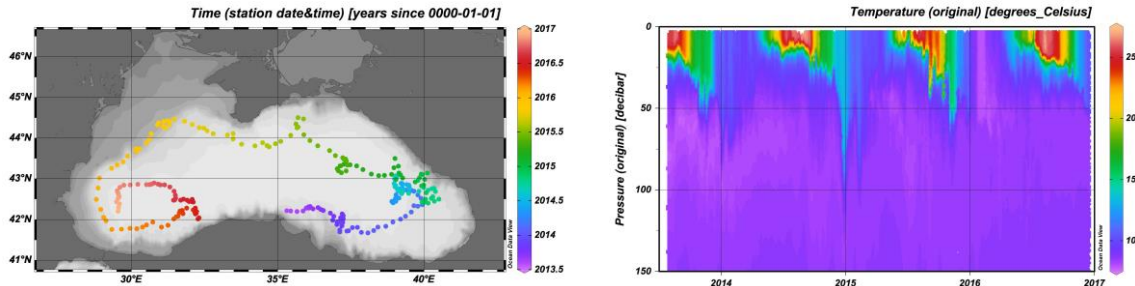
Argo veri tabanında Şekil 2’de verilen haritalarda görüldüğü gibi 2000’li yılların başından bu yana toplanmış çok önemli bir veri seti bulunmaktadır. Bu veri seti Karadeniz’de yaklaşık 11000, Doğu Akdeniz’de ise 45000 profilden oluşmaktadır. Ağırlıklı olarak sıcaklık ve tuzluluk verileri olmasına karşın son yıllarda diğer parametrelerde yaygınlaşmaktadır.



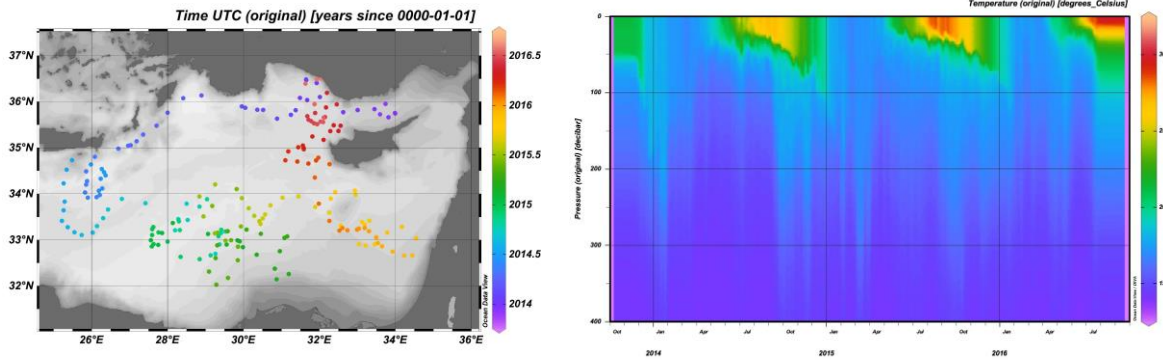
Şekil 2. (a) Karadeniz de 2005-2017 ve (b) Doğu Akdeniz’de 2000-2017 yılları arasında toplanmış Argo verileri.

3. DEKOSİM ARGO PROGRAMI

Kalkınma Bakanlığı tarafından desteklenen Deniz Ekosistem ve İklim Araştırmaları Merkezi (DEKOSİM) projesi kapsamında Orta Doğu Teknik Üniversitesi Deniz Bilimleri Enstitüsü (ODTÜ-DBE) 2013 ve 2014 yıllarında Karadeniz’e dört, Akdeniz’e iki adet Argo yüzücü bırakmıştır. Toplamda 1000’e yakın profil elde edilmiştir. Bu profiller sıcaklık, tuzluluk ve oksijen verilerini içermektedir. Karadeniz’de Sinop önünde bırakılan 6901896 WMO numaralı argo yüzücünün rotası ve topladığı sıcaklık profili Şekil 3’de verilmiştir.



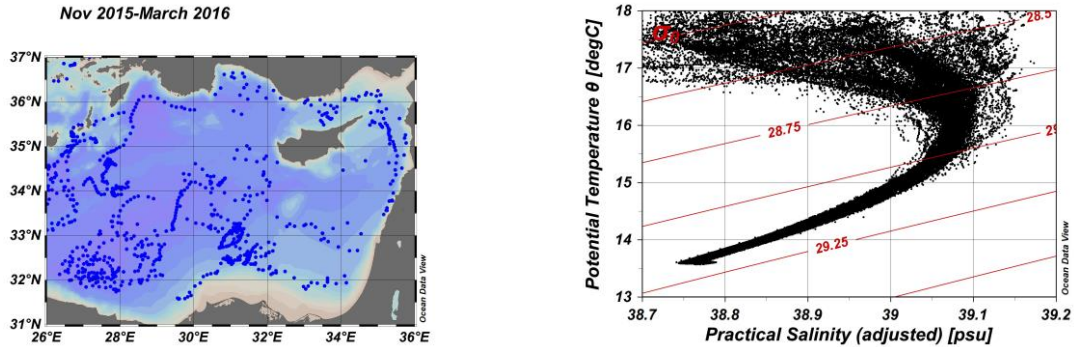
Şekil 3. Karadeniz’de bırakılan Argo yüzücünün (a) rotası ve (b) zamana bağlı topladığı sıcaklık profilleri Akdeniz’de KKTC ile Türkiye arasında bırakılan iki Argo yüzücü batıya doğru hareket etmişlerdir. Bunlardan 6901897 WMO numaralı yüzücü Şekil 4’de gösterilen rotayı takip ederek 3 yıllık bir sürenin sonunda Alanya’da sahile vurmuştur. Çok iyi durumda olan bu Argo yüzücü, pili değiştikten sonra yeniden denize bırakılacaktır.



Şekil 4. Akdeniz’de bırakılan Argo yüzücünün (a) rotası ve (b) zamana bağlı topladığı sıcaklık profilleri

4. SONUÇ

Son yıllarda hız kazanan kendi kendine hareket kabiliyetine sahip oşinografik gözlem cihazları, oşinograflara çok önemli bir veri seti sağlamaktadır. Örneğin Şekil 5’de verilen TS diyagramında, yerinde ölçümle mümkün olmayan genişlikte bir sahada toplanmış veri seti sayesinde Levantine Ara Tabakası (LIW) gözlenebilmiştir. Ülkemizin Argo ve benzeri sürekli gözlem cihazlarına katkıda bulunması çok önemlidir.



Şekil 5. Akdeniz’de Kasım 2015-Mart 2016 aralığında değişik Argo yüzücülerinden elde edilen veri setinin (a) istasyon haritası, (b) TS diyagramı.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Kalkınma Bakanlığı tarafından desteklenen “Deniz Ekosistem ve İklim Araştırmaları Merkezi (DEKOSİM) Projesi (BAP-08-11-DPT.2012K120880)” kapsamında gerçekleştirilmiştir.



DENİZ EKOSİSTEM ve İKLİM ARAŞTIRMALARI MERKEZİ

**Devrim TEZCAN, Barış SALİHOĞLU, Hasan ÖREK, Yeşim AK ÖREK,
Bettina FACH, Mustafa YÜCEL**

*Deniz Bilimleri Enstitüsü, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Mersin
E-posta: devrim@ims.metu.edu.tr*

ÖZET

Deniz Ekosistem ve İklim Araştırmaları Merkezi (DEKOSİM), Kalkınma Bakanlığı'nın desteği ile 2012 yılında ODTÜ Deniz Bilimleri Enstitüsü bünyesinde kurulmasına başlanılan disiplinler arası bir merkezdir. DEKOSİM kapsamında öncelikli olarak bölgesel ekosistem ve iklim araştırmalarına katkı sağlamak için Doğu Akdeniz'de uzun süreli bir gözlem programı oluşturulmuştur.

ANAHTAR KELİMELER: Ekosistem, İklim, Oşinografik Gözlem Sistemleri

CENTRE FOR MARINE ECOSYSTEM AND CLIMATE RESEARCH

**Devrim TEZCAN, Barış SALİHOĞLU, Hasan ÖREK, Yeşim AK ÖREK,
Bettina FACH, Mustafa YÜCEL**

*Institute of Marine Sciences, Middle East Technical University, Mersin
Email: devrim@ims.metu.edu.tr*

ABSTRACT

Centre for Marine Ecosystem and Climate Research (DEKOSIM) is an interdisciplinary centre of excellence funded by the Turkish Ministry of Development, established at the Institute of Marine Sciences of the Middle East Technical University. A long term monitoring program was set up in the Eastern Mediterranean to contribute to the regional ecosystem and climate research under DEKOSIM.

KEYWORDS: Ecosystem, Climate, Oceanographic Observation Systems

1. GİRİŞ

Ekosistem ve iklim araştırmaları, ulusal altyapı ve uluslararası işbirliğiyle sağlanabilen uzun süreli gözlemlere ve bilgi birikimine dayanmaktadır. Ülkemiz, coğrafi ve sosyo-ekonomik yapısı nedeniyle küresel iklim değişiminin yerel ve bölgesel etkilerine son derece duyarlıdır. Bu etkiler nedeniyle ortaya çıkacak politik ve sosyo-ekonomik sorunların çözümlenmesinde, uzun süreli gözlem, bilgi birikimi ve öngörü sistemlerine dayanan, atmosfer ve deniz ortamlarının dinamik sistem davranışını inceleyen ekosistem ve iklim araştırmaları, karar ve yönetim süreçlerine bilimsel destek sağlarlar. Meteorolojik, oşinografik gözlem ve öngörüler her kesimden insanın ve ekonomik birimlerin gerek duyduğu ve duyacağı bilgileri sağlar. Bu bilgiler; sanayi, taşımacılık, enerji kullanımı ve verimliliği, kültür balıkçılığı, balık stok yönetimi, petrol arama faaliyetlerinin risk ve etkileri, büyük nüfus barındıran kıyı kentlerimizin atıklarının çevreye olan etkilerinin saptanması gibi pek çok konuda karar süreçlerine ve yönetim planlarına girdi sağlarlar.



2. DEKOSİM Projesi

Bu çalışmalar katkı vermek için ODTÜ-DBE 2012 yılında Kalkınma Bakanlığı'nın desteği ile DEKOSİM projesini başlatmıştır.

DEKOSİM'in ana amaçları arasında

- Türkiye'de deniz ekosisteminin ve iklim değişimlerinin takip edilebileceği bir altyapı kurmak,
- Bu değişimlerin deniz ekosisteminde meydana getirdiği değişimleri ortaya koymak,
- Değişik senaryolarla ilerde iklimin ve buna bağlı ekosistemin nasıl değişebileceğinin tahmin edilmesi yer almaktadır.

Bu amaçları gerçekleştirmek için DEKOSİM'in hedefleri şu şekildedir:

- Türkiye'de eksik bulunan denizlerde sürekli ve gerçek zamanlı gözlem sistemleri kurmak ve bu konuda tecrübe biriktirmek
- Deniz Bilimlerine özel bir laboratuvar kurmak
- Tüm denizlerimizde kapsamlı deniz seferleri yapmak
- Zaman serisi çalışmalarını yürütmek
- Son teknoloji cihazları kullanarak denizlerimizi daha iyi takip etmek
- Model çalışmalarını yaparak denizlerimizin mevcut ekosistemini daha iyi anlamak
- Geleceğe yönelik iklim senaryolarını geliştirmek.

DEKOSİM projesi başlıca üç bölümden oluşmaktadır. Bunlar denizlerde kendiliğinden ölçüm yapabilen sabit ve hareketli sürekli gözlem sistemlerinin tasarımı ve kurulumu, deniz bilimlerine özel bir laboratuvar kurulması ve düzenli deniz seferleri ile tüm ulusal açık denizlerde iklimsel veri toplamaktır.

3. DEKOSİM SÜREKLİ GÖZLEM PROGRAMI

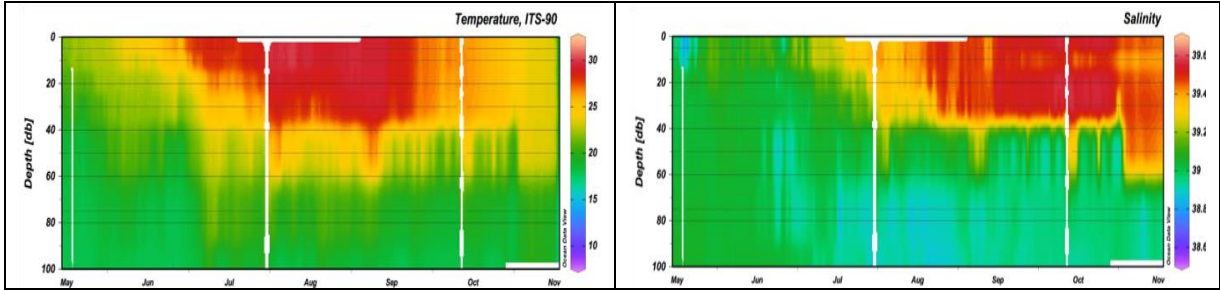
Deniz ekosistemlerinin kaza/kirlilik gibi hızlı etkiler, ya da iklim değişimi gibi uzun süreli etkilerinin izlenmesi için gözlem programlarının geliştirilmesi gereklidir. Bu gözlem programlarının 10 yıllarla ifade edilebilecek uzun süreler hedeflemesi önemlidir. Uzun süreli olmasının yanı sıra bu gözlem programlarının düzenli aralıklarla tekrarlanması ve sürekli olması gereklidir. Gözlem periyotları ise ölçülen parametrelere, ölçüm yerinin fiziksel konumuna göre değişiklik gösterebilir.

DEKOSİM kapsamında geliştirilen gözlem programı sabit sistemler, hareketli sistemler gibi otonom cihazların yanı sıra birkaç hafta periyotlu zaman serileri ve mevsimsel periyotlu seferleri de kapsamaktadır.

3.1 Şamandıra Sistemleri

Sabit sistemler, tek bir noktaya sabit, yüzeyde bir şamandıranın olduğu, belli derinliklerde algılayıcıların yer aldığı sistemlerdir. Bu algılayıcılar belli zaman aralıklarında buldukları derinlikteki sıcaklık, tuzluluk (iletkenlik), çözünmüş oksijen miktarı gibi fiziksel parametreleri ölçerler.

ODTÜ-DBE DEKOSİM projesi kapsamında Mersin Körfezi'ne bir şamandıra bırakmıştır. Kıyıdan yaklaşık 67 km açıda, 100 metre su derinliğine yerleştirilen şamandıradaki yüzeyde, 10, 20, 30, 50, 75 ve 100 metrelerde asılı algılayıcılar yer almaktadır. Bu algılayıcılar ölçtükleri fiziksel parametreleri, sahip oldukları indaktif modemler ile şamandıra sistemini taşıyan kabloyu kullanarak yüzeye göndermekte, yüzeyden ise radyo dalgası ve GPRS aracılığı ile gerçek zamanlı olarak laboratuvara ulaştırmaktadır. Oşinografik şamandıra'nın 6 ay süreli sıcaklık ve tuzluluk verileri Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Şamandıra sisteminden ölçülen 6 aylık (a) sıcaklık ve (b) tuzluluk kesitleri

3.2 Argo Yüzücüler

Hareketli gözlem platformları denizlere bırakılan ve akıntılarla pasif hareket eden sistemlerdir. En yaygın olanlardan bir tanesi Argo yüzücülerdir. Argo yüzücüler denizlerde, istenilen derinliklerde ki akıntılarla pasif olarak sürüklenen, belli periyotlarda su kolonunun fiziksel ve kimyasal profilini kaydedebilen cihazlardır. DEKOSİM projesi kapsamında ODTÜ-DBE 2013 ve 2014 yıllarında Karadeniz'e dört, Akdeniz'e iki adet Argo yüzücü bırakmıştır. Toplamda 1000'e yakın profil elde edilmiştir.

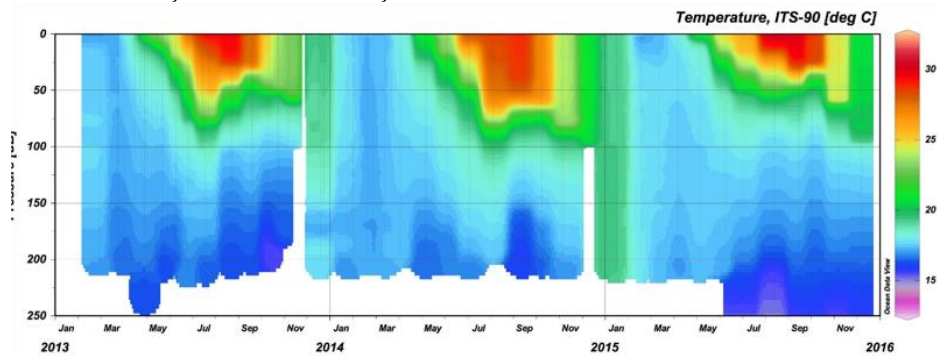
3.3 Erdemli Zaman Serisi

Tüm bu otomatik sistemlerin yanı sıra özellikle henüz tam anlamıyla algılayıcılarla ölçülenemeyen parametrelerin düzenli olarak takip edilmesi için zaman serileri seferleri deniz ekosisteminin sağlığının takip edilmesi için çok büyük önem arz etmektedir. Oşinografik zaman serileri belli periyotlarda denizde aynı noktada yerinde ölçüm alma çalışmalarıdır.

ODTÜ-DBE yerleşkesi önünde çeşitli kesintilere rağmen 1997-2012 yılları arasında kıyından 200 metre su derinliğine kadar olan bölgede üç istasyonda fiziksel, kimyasal ve biyolojik parametreler toplanmıştır. DEKOSİM projesi kapsamında, 1997 yılında üç istasyonla başlanan bu zaman serisini daha düzenli ve hassas şekilde devam edilmesinin sağlanması için istasyon sayısı sekize çıkartılarak "Erdemli Zaman Serisi" (Erdemli Time Series – ETS) programı başlatılmıştır.

2016 yılında Yakınoğu Üniversitesi ve ODTÜ'nün birlikte sundukları 114Y119 nolu TÜBİTAK projesi kapsamında Girne önlerinde de 7 istasyonluk bir zaman serisi başlatılmıştır. Her iki zaman serisinde de aylık periyotlarda fiziksel, kimyasal ve biyolojik parametreler toplanmaktadır.

Erdemli Zaman Serisi kapsamında 200 metre derinliğe sahip istasyondaki 2013-2016 yılları arasında toplanan sıcaklık verileri Şekil 2'de verilmiştir.

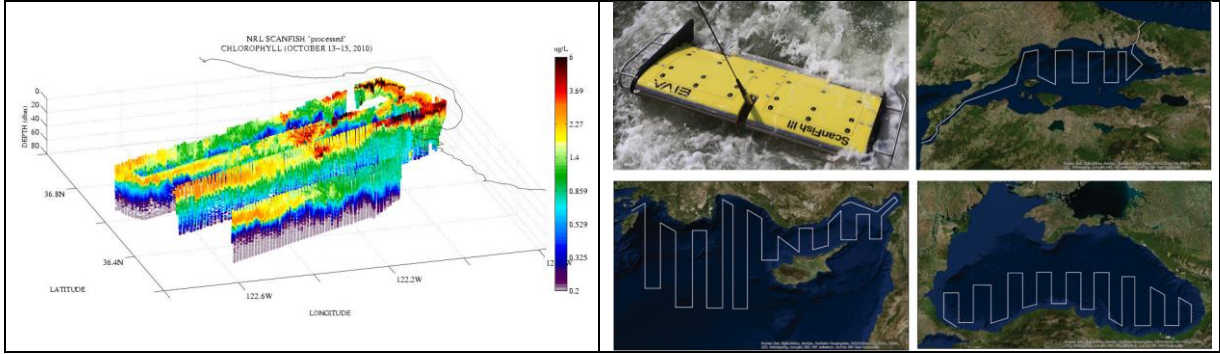


Şekil 2. ETS kapsamında ETS-200 istasyonunda 2013-2016 yılları arasında toplanmış tuzluluk verileri

3.4 Deniz Seferleri

Kıyasal zaman serilerinin yanı sıra açık denizlerde de düzenli olarak mevsimsel farklılık gösteren dönemlerde açık deniz çalışmaları yapmak gerekmektedir. Geleneksel oşinografi çalışmaları istasyon olarak tabir edilen ölçüm noktalarında tüm su kolunu boyunca fiziksel parametrelerin ölçülmesi, belli derinliklerden kimyasal ve biyolojik parametreler için su örneği alınması, bunun yanında ağılar yardımıyla biyolojik örneklerin toplanmasıdır. Ancak bu noktasal çalışmalar hidrodinamik modellerinin çıkartılmasında yetersiz kalabilmektedir.

Bu nedenle DEKOSİM kapsamında hem düşey, hem de yatay yöndeki değişimlerin anlaşılması amacıyla Scanfish adı verilen cihaz satın alınmıştır. Geminin arkasından çekilen ve yüzey ile 400 metre su derinliği arasında salınım yapan bu cihaz yüksek çözünürlüklü su kolununun fiziksel parametrelerini ölçebilmektedir. Yeni algılayıcılar takarak geliştirilmeye açık olan, ODTÜ Deniz Bilimleri Enstitüsü'nün bu yıl kullanmaya başladığı bu cihaz, yatay ve düşey yönde sıcaklık, tuzluluk, klorofil gibi parametreleri yüksek hassasiyette okuma kapasitesine sahiptir. Örnek scanfish serisi ve planlanan deniz sefer haritası Şekil 3'de verilmiştir.



Şekil 3. (a) Örnek Scanfish ile toplanmış klorofil verisi ve (b) Türkiye denizlerinde yapılması planlanan Scanfish seferinin hatları.

4. SONUÇ

Bölgesel ve küresel ekosistem - iklim çalışmaları için sürekli ve düzenli verilerin toplanmasına ihtiyaç vardır. Üç tarafı denizlerle çevrili olan ülkemizde DEKOSİM kapsamında yapılan çalışmalara benzer çalışmaların çoğaltılması, bu verilerin tüm bilim insanları için paylaşılması, ülkemizdeki uzun süreli gözlem, bilgi birikimi ve öngörü sistemlerine dayanan, atmosfer ve deniz ortamlarının dinamik sistem davranışını inceleyen ekosistem ve iklim araştırmaları, karar ve yönetim süreçlerine bilimsel destek sağlayacaktır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Kalkınma Bakanlığı tarafından desteklenen "Deniz Ekosistem ve İklim Araştırmaları Merkezi (DEKOSİM) Projesi (BAP-08-11-DPT.2012K120880)" kapsamında gerçekleştirilmiştir.



AKSAZ ve MUĞLA BÖLGESİ İÇİN YÜKSEK ÇÖZÜNÜRLÜKLÜ TSUNAMİ SAYISAL MODELLEMESİ

C.Ö. Sözdinler¹ H. B. Bayraktar¹ Ö. Necmioğlu¹ M. Elge² A.C. Yalçın³ N.M. Özel¹

¹*Boğaziçi Üniversitesi, Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü*

²*Türk Deniz Kuvvetleri Seyir, Hidrografi ve Oşinografi Dairesi Başkanlığı*

³*Ortadoğu Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü*

Email: ceren.ozel@boun.edu.tr

ÖZET

Tarihsel ve bilimsel çalışmalar 8300 km'den fazla kıyı şeridinde sahip ülkemizde son 3000 yıl içinde ülkemizi çevreleyen tüm denizlerde 90'dan fazla tsunami meydana geldiğini göstermektedir. Bunlardan en önemlisi olan Doğu Akdeniz'de meydana gelmiş 365 ve 1303 depremleridir ve bu büyük depremler yıkıcı tsunamilere neden olmuştur. KRDAE Bölgesel Deprem-Tsunami İzleme ve Değerlendirme Merkezi (KRDAE-BDTİM) tarafından, kıyılarımızda belirlenmiş olan 47 adet Tsunami Tahmin Noktalarından seçilen bölgelerde Harita Genel Komutanlığı ve Seyir Hidrografi ve Oşinografi Dairesi Başkanlığı tarafından elde edilmiş verilerden yararlanarak oluşturulmuş yüksek çözünürlüklü batimetri ve topografya verileri kullanılarak NAMIDANCE tsunami sayısal modelleme kodu ile simülasyon çalışmaları yapılmıştır. Bu çalışmada, Aksaz ve Muğla çevresinde seçilen pilot bölgeler ile Seviye-1 (yüksek oluşma olasılığı, düşük hasarlı) ve Seviye-2 (düşük oluşma olasılığı, yüksek hasarlı) tsunamilerine ait modelleme sonuçları elde edilmiştir. Bu sonuçlara göre, Seviye 1 tsunami olayları çalışma alanlarında kıyıdan 60-70 m içerilerde su baskınına neden olurken, Seviye 2 tsunamiler için bu değerler 700 m'ye kadar çıkmaktadır. Aynı zamanda, Seviye-2 için tsunami ilk dalga varış zamanlarının Seviye-1'e göre birkaç dakika daha erken olduğu gözlenmiştir.

ANAHTAR KELİMELER: Tsunami, tsunami baskını, Muğla, NAMIDANCE

TSUNAMI NUMERICAL MODELLING WITH HIGH RESOLUTION BATHYMETRY FOR AKSAZ AND MUĞLA SITES

C.Ö. Sözdinler¹ H. B. Bayraktar¹ Ö. Necmioğlu¹ M. Elge² A.C. Yalçın³ N.M. Özel¹

¹*Bogazici University, Kandilli Observatory and Earthquake Research Institute*

²*Turkish Naval Forces, Office of Navigation, Hydrography and Oceanography*

³*Middle East Technical University, Department of Civil Engineering*

Email: ceren.ozel@boun.edu.tr

ABSTRACT

Historical and scientific studies reveal that in last 3000 years more than 90 tsunami events happened along the coasts of our country with the length of about 8300km. 365 and 1303 earthquakes in Eastern Mediterranean are the most severe ones and they had triggered huge tsunamis. These earthquake and tsunami events have greatly affected the Mediterranean region, including our country. For the purpose of determining tsunami inundation scenarios along Turkish coasts, Regional Earthquake and Tsunami Monitoring Center (RETMC) performed tsunami simulations at the selected regions among 47 tsunami



forecasting points in Turkey using NAMIDANCE tsunami numerical modelling code with high resolution bathymetry and topography data compiled using the data collected by the General Command of Mapping (HGK) and Office of Navigation, Hydrography and Oceanography (SHOD). In this study, tsunami numerical modelling results for Level 1 (high-frequency but low-impact) and Level-2 (low-frequency but high-impact) tsunamis in pilot test sites Aksaz and Dalaman have obtained. According to results, Level 1 tsunami events inundate up to 60-70m inland while Level 2 tsunami events cause up to 700m inundation distance. Moreover, initial tsunami waves in Level 2 tsunami events arrives to the test sites a few minutes earlier than in Level 1 case.

KEYWORDS: Tsunami, tsunami inundation, Muğla, NAMIDANCE

1. GİRİŞ

Doğu Akdeniz ve Ege Denizinde tarih boyunca pek çok deprem ve tsunami meydana gelmiş, kıyılarında tarihsel kayıtlarla da ispatlanmış önemli boyutlarda tsunami hasarı ve can kaybı yaşanmıştır. (Altınok ve diğ, 2011; Ambraseys, 2009). Tarihsel çalışmalar sayesinde bildiğimiz en önemli iki olay ise 21 Temmuz 365 ve 8 Ağustos 1303 yıllarında Girit açıklarında meydana gelen büyük depremlerdir. 365 Tsunamisi sebebiyle İskenderiye’de tsunami dalgasının kıyıdan oldukça içerilere ulaşmış olduğunu ve yaklaşık 5000 kişinin boğulmuş olduğu bilinmektedir (Soloviev ve diğ, 2000). 1303 büyük depremi ve oluşturduğu tsunami etkisi Doğu Akdeniz’de hissedilmiş, yine İskenderiye’de binlerce kişi tsunami nedeniyle yaşamını kaybetmiştir. Yakın tarihe geldiğimizde 21 Temmuz 2017 Bodrum Depremi ve Tsunamisinin ülkemiz kıyılarında tsunami tehlikesi olduğu gerçeğini bir kez daha ortaya koymuştur. Gökova Körfezi-Akdeniz’de aletsel büyüklüğü $M_w=6.6$, odak derinliği yaklaşık 6 km olan bu şiddetli deprem sonrasında Bodrum kıyılarında 30-40 cm dalga yüksekliği gözlenmiş, oluşan tsunami nedeni ile kısmi su baskınları meydana gelmiş, Gümbet’te araçlar sürüklenmiş ve yapılan saha çalışmalarında tsunami tırmanma yüksekliğinin 1.9m’ye kadar çıktığı belirlenmiştir (Yalçiner ve diğ, 2017). Tüm bu veriler ışığında, bölgedeki deprem ve tsunami gerçeği düşünüldüğünde kritik yapıların ve tesislerin bulunduğu kıyılarda çeşitli olası deprem senaryolarına dayanarak ayrıntılı tsunami baskın analizleri yapılması kaçınılmazdır. Bu çalışma KRDAE-BDTIM tarafından belirlenmiş 47 Tsunami Tahmin Noktası arasından seçilen Aksaz ve Dalaman kıyı bölgelerinde yüksek çözünürlüklü çalışma alanları kullanarak Seviye 1 (yüksek oluşma olasılığı, düşük hasarlı) ve Seviye 2 (düşük oluşma olasılığı, yüksek hasarlı) tsunamiler için yapılan tsunami sayısal modelleme sonuçlarını sunmaktadır.

2. ÇALIŞMA ALANI

1480 km uzunluğu ile ülkemizde en uzun sahil şeridine sahip bir ildir. 1480 km uzunluğu ile ülkemizde en uzun sahil şeridine sahip ili olan Muğla, yoğun kıyı kullanımı, yüksek nüfuslu kıyı yerleşim bölgeleri, kritik öneme sahip tesisler ve turistik faaliyet hacmi sebebiyle tsunami tehlikesi açısından incelenmesi gereken bir bölgedir. Bu çalışmada 47 Tsunami Tahmin Noktasından Aksaz ve Dalaman bölgeleri pilot alanlar olarak seçilmiştir. Aksaz çalışma bölgesi, Muğla Marmaris ilçesinin yaklaşık 13 km doğusunda Karaağaç Körfezi’ni içermektedir. Bu körfez, Aksaz Askeri Üssü’nün de burada bulunmasından dolayı büyük bir öneme sahiptir. Dalaman çalışma alanı ise, Aksaz’ın doğusunda turistik faaliyetlerin yoğun olduğu bir bölgede Dalaman Havalimanını da dahil ederek belirlenmiştir.

3. VERİ ve YÖNTEM

Tsunami sayısal modellemesinde kullanılacak batimetri verileri, denizde SHOD tarafından yapılmış tek ve çok ışınlı batimetrik ölçümler, bunların yetersiz olduğu yerlerde 900 m çözünürlüklü GEBCO verisi



ile, karada ise HGK'dan temin edilen 30 m çözünürlüklü topografya verisi, ASTER verisi ve sayısallaştırılmış kıyı çizgisi ve bina lokasyon ve kat yükseklikleri kullanılarak yüksek çözünürlükte üretilmiştir. Alanlar 150 m çözünürlüklü C alanları, 50 m çözünürlüklü D alanları ve 3 m çözünürlüklü E alanları şeklinde üretilmiştir. Tsunami sayısal modellemesi doğrusal olmayan sığ su denklemlerini kullanarak kartezyen ve küresel koordinat sisteminde çözüm yapan NAMIDANCE (NAMIDANCE, 2017) yazılımı ile gerçekleştirilmiştir. Modelleme çalışmaları iki aşamalı olarak uygulanmıştır. İlk aşamada, 150 m ve 50 m grid aralıklı C ve D alanları ile iç içe alanlar kullanılarak statik analiz yapılmıştır. Daha sonra, belirlenen yüksek çözünürlüklü E alanları için, bu alanın sınırına koyulan sentetik ölçüm noktasında statik analiz sonucunda oluşan su yüzeyi değişimi hesaplanmış, bu değişim kullanılarak E alanında dinamik analiz yapılmıştır. Çalışma kapsamında Seviye-1 ve Seviye-2 deprem ve tsunami kaynakları için kullanılan fay mekanizmaları ayrıntıları Tablo 1' de görülmektedir.

Tablo 1. Deprem Kaynak Parametreleri

Büyüklik	Mw: 7.5	Mw: 8.4
Doğrultu Açısı (Strike)	265°	265°
Dalım Açısı (Dip)	20°	20°
Kayma Açısı (Rake)	90°	90°
Derinlik	11.4 km	20.4 km
Uzunluk	69.9 km	190 km
Genişlik	37.3 km	90 km
Yer Değiştirme	2.6 m	9 m

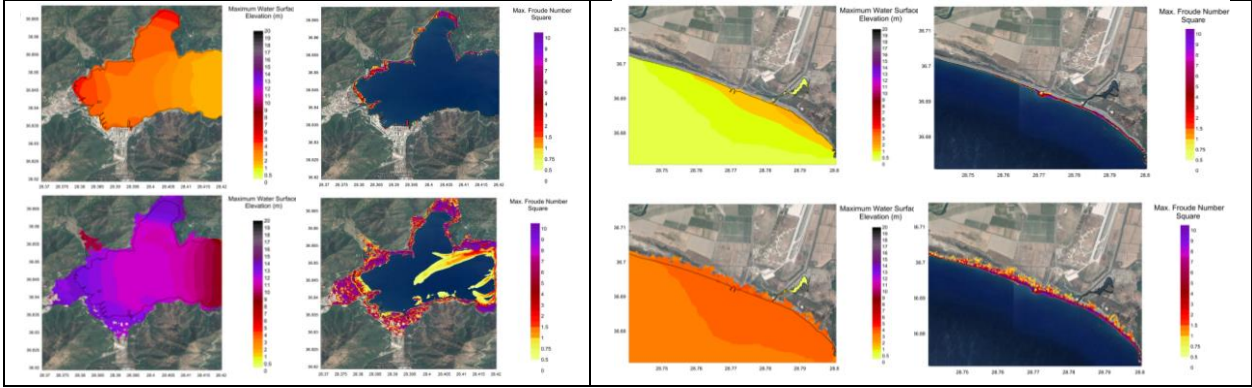
4. SONUÇLAR

Aksaz ve Dalaman pilot bölgeleri için hesaplanan tsunami hidrodinamik parametreleri Tablo 2'de verilmiştir. Ayrıca Sekil 1'de her iki bölgede iki seviye tsunami için en büyük dalga yüksekliği ve tsunami hasarı ile ilişkili olan Froude sayısı dağılımları verilmektedir (Ozer Sozdinler ve diğ, 2015).

Tablo 2. Aksaz ve Dalaman için Seviye-1 ve Seviye-2 Tsunami ile Hesaplanan Parametreler

Tsunami Seviyesi	Seviye-1		Seviye-2	
	Aksaz	Dalaman	Aksaz	Dalaman
En büyük pozitif dalga yüksekliği	4.8 m	1.7 m	14 m	4.2 m
En büyük negatif dalga yüksekliği	-4.7 m	-1.5 m	-17 m	-2.5 m
En büyük akıntı hızı	20 m/s	20 m/s	25 m/s	30 m/s
En büyük akım derinliği	7 m	1.5 m	14 m	4 m
Su baskını mesafesi	60-80 m	60-70 m	700-800 m	300-400 m
İlk dalga varış zamanı	25 dk	7 dk	20 dk	4 dk

Genel olarak analiz sonuçlarına bakıldığında Seviye-1 ve Seviye-2 tsunami olayları arasında dalga yükseklikleri ve etki alanları açısından büyük bir fark vardır. Dalga yükseklikleri neredeyse 3 kat artarken, varış zamanlarında büyük bir değişim gözlemlenmemiştir. Sonuçlar Seviye-1'e benzer 7.5 büyüklüğünde bir deprem meydana geldiğinde bölgede göz ardı edilemeyecek seviyelerde tsunami oluştuğunu göstermektedir. Ayrıca her ne kadar oluşma olasılığı düşük de olsa bölgede meydana gelebilecek 1303 depremi benzeri 8.4 büyüklüğünde bir deprem sonucunda bölgenin önemli bir tsunami baskınına maruz kalabileceği görülmektedir. Dalaman bölgesi deprem kaynağına daha yakın olduğundan tsunami ilk dalga varış zamanları oldukça düşüktür. Seviye-1 için ilk dalga varış zamanı 7 dakika,



Şekil 1. Aksaz (sol) ve Dalaman (sağ) için Seviye-1 (ilk satır) ve Seviye-2 (ikinci satır) analizi sonuçları. Her iki kutuda en büyük pozitif dalga yüksekliği (sol) ve yüksek hasar potansiyeli (sağ) dağılımları verilmektedir.

Seviye-2 için ise 4 dakika hesaplanmıştır ve her iki durumda da kıyı bölgesi tahliyesi oldukça zordur. Aksaz'da ise dalga varış zamanları Seviye-1 ve Seviye-2 tsunamiler için sırasıyla 25 ve 20 dakikadır.

Bu çalışmada sunulan sonuçların seçilen deprem senaryoları özelinde olduğu unutulmamalıdır. Senaryo sayıları artırılarak bölgelere özel tsunami senaryo veri tabanı oluşturmak ve ayrıca seçilen senaryoların oluşma olasılıklarını hesaba katarak dalga yüksekliği, varış zamanı ve hızlar gibi parametrelerin olasılıksal dağılımlarını belirlemek mümkündür. Bu tür çalışmalar bölgede gelecek çalışmaları olarak sıralanabilir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü Tsunami Projesi tarafından desteklenmiştir. Yazarlar çalışmalara desteklerinden dolayı SHOD Başkanı Dr. Müh. Kd. Albay Sn. Erhan GEZGİN, Jeoloji Müh. Sn. Şenol Aydın, Meteoroloji Müh. Sn. Elif Semizoğlu Ceyhan ve Endüstri Müh. Sn. Sabri Mutlu'ya teşekkür ederler.

KAYNAKLAR

Altınok, Y., B. Alpar, N. Özer ve H. Aykurt, (2011). "Revision of the Tsunami Catalogue Affecting Turkish Coasts and Surrounding Regions", *Natural Hazards Earth System Science*, 11, 273-293

Ambraseys, N. (Ed.), 2009, Earthquakes in the Mediterranean and Middle East, Cambridge University Press, ISBN 978-0-521-87292-8, Cambridge.

NAMIDANCE, (2012). <http://namidance.ce.metu.edu.tr/pdf/NAMIDANCE-version-5-9-manual.pdf>

Ozer Sozdinler, C., Yalciner, A.C., Zaytsev, A., (2015), "Investigation of Hydrodynamic Parameters in Inundation Zones with Different Structural Layouts", *J. of Pure Appl. Geophys*, 172, 3-4, pp 931-952

Soloviev, S. L., O. N. Solovieva, C. N. Go, K. S. Kim ve N. A. Shchetnikov (Eds.) (2000). Tsunamis in the Mediterranean Sea – 2000 B.C.–2000 A.D., Kluwer Academic Publishers, 237 pp.

Yalçiner, A.C., Annunziato, A., Papadopoulos, G., Dogan, G.G., Guler, H.G., Cakir, T.E., Sozdinler, C.O., Ulutas, E., Arikawa, T., Suzen, L., Kanoglu, U., Guler, I., Probst, P., Synolakis, C. (2017), The 20th July 2017 (22:31 UTC) Bodrum/Kos Earthquake and Tsunami; Post Tsunami Field Survey Report.



PERFORMANCE OF TRIANGULAR IRREGULAR NETWORK METHOD IN SHALLOW BATHYMETRY DATA ANALYSIS

G. Kaboğlu¹, S. O. Kaboğlu² and D. Kısacık³

¹ Dr., Institute of Marine Sciences and Technology, Dokuz Eylül University, İzmir

² Geophysical Eng., MSc, Institute of Marine Sciences and Technology, Dokuz Eylül University, İzmir

³ Dr., Institute of Marine Sciences and Technology, Dokuz Eylül University, İzmir

Email: gokhan.kaboglu@deu.edu.tr

ABSTRACT

Disciplines dealing with marine or coastal realm need bathymetry data either directly or as a supporting data in assessments, within an acceptable degree of certainty. There are many interpolation methods (e.g. Kriging, natural neighbours, inverse distance weighting, etc.) used to predict a depth value at an unsampled location. This study was based on the accuracy assessment of Triangular Irregular Network (TIN), using a split sample methodology to calculate mean absolute error (MAE), mean of percent error (MPE) and root mean square error (RMSE) of the TIN predicted values. TIN found to meet hydrographic survey requirements with low overall MAE, MPE and RMSE values, but with greater uncertainties at the data boundaries and at the locations with rapidly varying depth values.

KEYWORDS: single beam data, TIN interpolation, accuracy assessment, split sample methodology, geographic information system (GIS)

1. INTRODUCTION

Bathymetry is a fundamental data for almost all fields of coastal/marine science and engineering. One of the factors affecting the quality of bathymetry data is the error in derived (interpolated) data (Burrough and McDonnell, 1998), which leads to positional errors in XYZ components. Accuracy assessment is made to ensure the high quality of bathymetry data, and beyond obligations (e.g. Standards for Hydrographic Surveys of International Hydrographic Organization (IHO), 2008), it is important to perform self-evaluation, to compare method/algorithms/analysts quantitatively and to produce best available science to decision-making process as stated by Congalton (2004). However, Wechsler (2003) mentioned in her study that over half of the digital elevation model (DEM) users rarely or never account for uncertainty in the DEM.

TIN, which was developed by Peucker and co-workers in 1978 for digital elevation modelling (Li & Heap, 2008), is one of the widest techniques used in bathymetry data interpolation. There are various approaches for accuracy assessment methodology used in the literature such as comparison of single beam interpolated data with multibeam data (Aykut et al., 2013), split sample methodology (Amante and Eakins, 2016), feature determination capability (Maleika et al., 2012), etc. This study aims to test the accuracy of TIN method of single beam bathymetry data from a shallow coastal area with split sample method, by calculating MAE, MPE and RMSE, which are used for accuracy assessment measurements (Li & Heap, 2011).

2. MATERIAL & METHOD

2.1. Data collection and post-processing

The single-beam bathymetry data was collected at the Gediz River mouth (Turkish Aegean coast) at approximately 50 m line intervals (Figure 1). Depth measurements were performed by ATLAS Single Beam Echo Sounder (SW6014A005 210 kHz) and position data was collected by TOPCON GRS-1. The data was then post-processed by sound velocity correction, mean sea level adjustment (from Menteş tide gauge station) and elimination of bad data. The resulting XYZ data consisted of 178,534 points, varying from 1.12 m to 21.29 m depth, with a mean of 8.27 m.

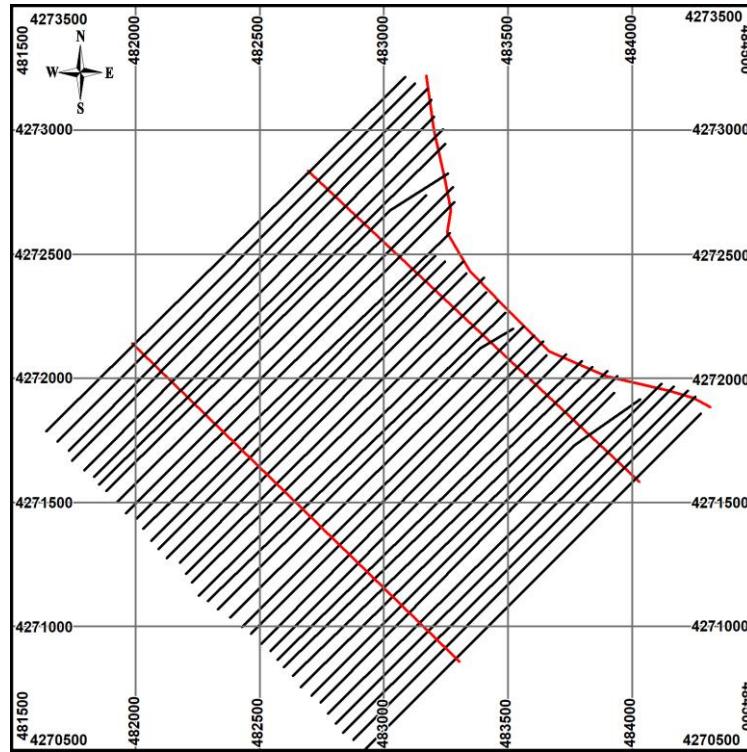


Figure 1. Single beam data collection lines (black: main lines, red: check lines)

2.2. Accuracy assessment

XYZ data were separated into two sub-samples by simple random sampling at each test, 80% to be used for interpolation and 20% to be used for calculating errors between predicted and measured values. Test sample size was determined as 20% of the original data (35,707 points), which is much higher than the requirement of the binomial probability theory (9,604 points for maximum sample size of 95% confidence interval required by IHO standards (IHO, 2008), with 1% precision). 80% of randomly selected XYZ data were interpolated using triangulation method in Vertical Mapper of MapInfo GIS software at three different grid cell size, which are 7.84 m (default value, case A), 1 m (high resolution value, case B), 4.42 m (average of default and high resolution values, case C), at each test in order to determine the sensitivity of margin of errors to interpolation grid size. The predicted values were then compared to the nearest measured values of the 20% test data. Spatial queries of GIS were used to find the closest measured data to predicted values. The accuracy assessment parameters for each 9 test case were calculated according to the following formulae.



$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |p_i - m_i| \quad (1)$$

$$MPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |p_i - m_i| / m_i \quad (2)$$

$$RMSE = \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (p_i - m_i)^2 \right]^{1/2} \quad (3)$$

(n: number of predicted or measured values, p: predicted value at interpolation, m: measured value of test data sample)

3. RESULTS

The accuracy assessment showed that MAE values varied from 0.0057 m to 0.0225, whereas MPE had a value between 0.0012 and 0.0047, which correspond to 0.12% and 0.47%, respectively (Table 1). RMSE had a minimum of 0.0129 m and a maximum of 0.0541 m. All parameters were small at the highest grid cell resolutions and higher at the lowest grid cell resolutions, as expected. Another result was that the maximum values of absolute and percent errors reached up to 2.7 m at 7.6 m depth and 82% at 1.9 m, respectively (Table 2).

Table 1. Result of accuracy tests (SD= standard deviation)

Test Case	MAE ± SD (m)	MPE ± SD	RMSE (m)
1A	0.0223 ± 0.0489	0.0047 ± 0.0118	0.0541
1B	0.0059 ± 0.0115	0.0012 ± 0.0032	0.0129
1C	0.0157 ± 0.0325	0.0032 ± 0.0118	0.0361
2A	0.0225 ± 0.0464	0.0046 ± 0.0119	0.0516
2B	0.0057 ± 0.0117	0.0012 ± 0.0035	0.0131
2C	0.0153 ± 0.0245	0.0031 ± 0.0071	0.0288
3A	0.0224 ± 0.0492	0.0044 ± 0.0096	0.0540
3B	0.0057 ± 0.0119	0.0012 ± 0.0033	0.0132
3C	0.0154 ± 0.0260	0.0032 ± 0.0078	0.0302

Table 2. Maximum errors in triangulation

Maximum Absolute Error	Maximum Percent Error
1A: 2.4929; 1B: 0.7597; 1C: 1.5190	1A: 0.3453; 1B: 0.2087; 1C: 0.8167
2A: 2.4422; 2B: 0.7659; 2C: 1.0340	2A: 0.3397; 2B: 0.1994; 2C: 0.2488
3A: 2.7037; 3B: 0.7167; 3C: 1.1550	3A: 0.3567; 3B: 0.1909; 3C: 0.2872

The spatial distribution of absolute errors more than the sum of mean and standard deviation were through the boundaries of the bathymetry data and rapidly changing locations. On the other hand, percent errors showed more concentration on the locations with rapidly changing seabed morphology.

4. CONCLUSIONS

TIN interpolation has been widely used in DEMs. The study confirmed that the overall accuracy of the method is above the required limits for hydrographic surveys. Despite this supremacy, the accuracy tests showed that the results of the method are sensitive to the selected interpolation grid cell size. For this reason, appropriate cell sizes should be chosen for the application in purpose. Another important



conclusion was that triangulation method had concentrated errors through the data boundaries and at the locations where seabed morphology is very irregular. The former problem needs to be managed in the interpolation process and should be considered in data acquisition for the region of interest. The latter is a much more complex problem to be overcome. Studies such as engineering applications or bedform research at shallow coastal zones require very high quality bathymetry data and they are highly dependent to the capability of accurate morphology determination. Thus, spatial analysis is needed in the accuracy assessments of such studies in addition to the calculation of parameters depending on the mean error values.

ACKNOWLEDGEMENT

This research was funded by TÜBİTAK with 115Y722 project number. The study is a part of a PhD thesis ongoing at the Graduate School of Natural and Applied Sciences of Dokuz Eylül University, İzmir, Turkey. The authors acknowledge MAREX for bathymetry data acquisition and post-processing.

REFERENCES

- Amante, C. J. and Eakins, B. W. (2016). Accuracy of interpolated bathymetry in digital elevation models. *Journal of Coastal Research* **76**, 123-133.
- Aykut, N. O., Akpınar, B. and Aydın, Ö. (2013). Hydrographic data modeling methods for determining precise seafloor topography. *Computational Geosciences* **17**, 661–669.
- Burrough, P.A. and McDonnell, R.A. (1998). Principles of Geographical Information Systems. Oxford University Press, Oxford.
- Congalton, R. G. (2004). Putting the Map Back in Map Accuracy Assessment in R. S. Lunetta & J. G. Lyon (Eds.) *Remote Sensing and GIS Accuracy Assessment* (pp. 1-11) CRC Press, Boca Raton.
- IHO (2008). IHO Standards for Hydrographic Surveys, 5th Ed. Special Publication No:44, Monaco.
- Li, J. and Heap, A.D. (2008). A Review of Spatial Interpolation Methods for Environmental Scientists. Geoscience Australia, Record 2008/23, Canberra, Australia.
- Li, J. and Heap, A.D. (2011). A review of comparative studies of spatial interpolation methods in environmental sciences: Performance and impact factors. *Ecological Informatics* **6**, 228–241.
- Maleika, W., Palczynski, M. and Frejlichowski, D. (2012). Interpolation Methods and the Accuracy of Bathymetric Seabed Models Based on Multibeam Echosounder Data. In: Pan J.S., Chen S.M., Nguyen N.T. (Eds) *Intelligent Information and Database Systems. ACIIDS 2012. Lecture Notes in Computer Science*, vol 7198. Springer, Berlin, Heidelberg.
- Wechsler, S. P. (2003). Perceptions of digital elevation model uncertainty by DEM users. *Journal of the Urban and Regional Information Systems Association* **15:2**, 57-64.



TUJJBK TÜRKİYE ULUSAL
JEODEZİ VE JEOFİZİK BİRLİĞİ
BİLİMSEL KONGRESİ
30 Mayıs - 2 Haziran 2018, İzmir



TUSAK

TÜRKİYE ULUSAL SİSMOLOJİ VE ARZIÇI FİZİĞİ KOMİSYONU
NATIONAL COMMISSION OF SEISMOLOGY AND INTERIOR OF THE EARTH PHYSICS

SÖZLÜ / *ORAL*



VAN DEPREMİ KAYNAKLI OLASI İYONOSFERİK DEĞİŞİMLERİN FARKLI MODELLERLE İZLENMESİ

Selçuk PEKER¹, Samed İNYURT², Çetin MEKİK³

¹ Mühendis, Harita Genel Komutanlığı, Ankara

² Araştırma Görevlisi, Geomatik Müh. Bölümü, Bülent Ecevit Üniversitesi, Zonguldak

³ Profesör, Geomatik Müh. Bölümü, Bülent Ecevit Üniversitesi, Zonguldak

Email: selcuk-peker@hotmail.com

ÖZET

Depremle ilgili geçmişten bugüne farklı disiplinlerden çok sayıda bilim insanı çalışma yapmıştır. Yapılan çalışmalar sonucunda; deprem öncesi, anı veya sonrasında iyonosfer tabakasında bazı değişimler meydana geldiği, bu sebeple deprem tahmini çalışmalarında iyonosfer tabakasının incelenmesi gerekliliği ortaya koyulmuştur. Bu çalışmada, 23 Ekim 2011 tarihinde Van ilinin kuzeyindeki Erçek Gölü'nün kuzeybatısında yerel saat ile 13.41'de (-3 UT), merkez üssü (38,758° N, 43,360° E) olan, moment büyüklüğü Mw=7,2 olarak gerçekleşen depremin, iyonosferde meydana getirdiği değişimler IONOLAB-TEC ve CODE merkezinin üretmiş olduğu Global İyonosfer Modelden (GIM) elde edilen TEC değerleriyle irdelenmiştir. Söz konusu çalışmada elde edilen iyonosferik değişimlerin deprem kaynaklı olup olmadığının anlaşılabilmesi için solar ve jeomanyetik aktivite hakkında bilgi veren indislerden (F10.7 cm, (Kp*10), Dst) faydalanarak iyonosferik şartlar araştırılmıştır. Çalışmanın son bölümünde, her iki modelden elde edilen TEC değerleri kullanılarak yapılan istatistik test sonucu deprem öncesi, günü ve sonrasında pozitif ve negatif anomaliler elde edilmiş ve bu anomalinin sebepleri detaylı bir şekilde irdelenmiştir. Çalışma sonucunda analizi yapılan günlerde iyonosferik koşulların oldukça hareketli olmasından dolayı söz konusu anomalilerin jeomanyetik etki, solar aktivite ve deprem kaynaklı olabileceği düşünülmektedir. Söz konusu anomalilerin deprem kaynaklı olan kısmının ayırt edilebilmesi için disiplinler arası çalışmaya ihtiyaç duyulmaktadır.

ANAHTAR KELİMELEER: İyonosfer, GNSS, Deprem

INVESTIGATION OF IONOSPHERIC POTENTIALLY CHANGES CAUSED BY EARTHQUAKE FROM DIFFERENT MODELS

¹ Engineer, General Command of Mapping, Ankara

² Research Assistant, Geomatics Eng. Department, Bulent Ecevit University, Zonguldak

³ Professor, Geomatics Eng. Department, Bulent Ecevit University, Zonguldak

Email: selcuk-peker@hotmail.com



ABSTRACT

Several scientists from different disciplines have studied earthquakes for many years. As a result of these studies, it has been proposed that some changes take place in the ionosphere layer before, during or after earthquakes, and the ionosphere should be monitored in earthquake prediction studies. This study investigates the changes in the ionosphere created by the earthquake with magnitude of $M_w=7.2$ in the northwest of the Lake Erçek which is located to the north of the province of Van in Turkey on 23 October 2011 and at 1.41 pm local time (-3 UT) with the epicenter of 38.758° N, 43.360° E using the TEC values obtained by the Global Ionosphere Models (GIM) created by IONOLAB-TEC and CODE. In order to see whether the ionospheric changes obtained by the study in question were caused by the earthquake or not, the ionospheric conditions were studied by utilizing indices providing information on solar and geomagnetic activities (F10.7 cm, $(K_p \cdot 10)$, Dst). As a result of the statistical test on the TEC values obtained from the both models, positive and negative anomalies were obtained for the times before, on the day of and after the earthquake, and the reasons for these anomalies are discussed in detail in the last section of the study. As the ionospheric conditions in the analyzed days were highly vibrant, it was thought that the anomalies were caused by geomagnetic effects, solar activity and the earthquake. The authors believe that interdisciplinary studies are needed to distinguish the earthquake-related part of the anomalies in question.

KEYWORDS: Ionosphere, GNSS, Earthquake

1. GİRİŞ

Varlığı ilk olarak 1926 yılında saptanan iyonosfer, atmosferin elektromanyetik dalgaları yansıtacak miktarda iyonların ve serbest elektronların bulunduğu yeryüzünden 60 km. ile 1100 km. arasını temsil eden tabaka olarak adlandırılabilir. İyonosferin içerisinde 1 m^2 kesitli bir silindir boyunca elektron miktarı olarak tanımlanan Toplam Elektron Miktarı (TEC) iyonosferin uzay ve zamandaki değişimlerinin gözlenebilmesi için çok uygun bir parametredir. Coğrafi konum, mevsimsel değişim, jeomanyetik etki, solar aktivite, deprem gibi etmenler iyonosferi etkilediğinden dolayı bu tabakanın hassas şekilde modellendirilmesi oldukça önemlidir.

Depremın sebep olduğu maddi ve manevi kayıpların önüne geçmek amacıyla çok sayıda bilim insanı çalışma yapmıştır. Yapılan çalışmalar sonucunda; deprem öncesi, anı veya sonrasında iyonosfer tabakasında deprem kaynaklı bazı değişimler saptandığı, bu sebeple deprem tahmini çalışmalarında iyonosfer tabakasının incelenmesi gerekliliği ortaya koyulmuştur (Liu vd., 2001; Plotkin 2003; Liu vd., 2009)

2. METHOD VE UYGULAMA

(Arikan vd., 2004) gün içinde herhangi bir zaman döneminde ölçülen tüm GPS sinyalleri kullanılarak VTEC değerlerini kestiren bir yöntem geliştirmiştir. Bunun içinde yükseklik açısı 60° üzerinde olan uydulardan alınan ölçüler aynen kullanılırken, yükseklik açısı 10° ile 60° arasında olan uydulardan alınan ölçümler bir Gauss fonksiyonu ile ağırlıklandırılır. Yükseklik açısı 10° altındaki uydu verileri multipath etkisinin azaltılması için hesaba katılmaz. GIM modeli ise, yerel modellerde kullanılan Taylor açılımının yeryuvarını kaplayan TEC modelini oluşturmada yetersiz kalmasından dolayı küresel harmonik açılımı (1) kullanmaktadır.

$$E_v(\beta, s) = \sum_{n=0}^{n_{max}} \sum_{m=0}^n P_{nm}(\sin \beta) (C_{nm} \cos(ms) + S_{nm} \sin(ms)) \quad (1)$$

biçimindedir. Burada; β , coğrafi enlemi; $s=\lambda-\lambda_0$, iyonosfer geçiş noktasının güneş-sabit boylamı; λ , iyonosfer geçiş noktasının boylamı; λ_0 güneşin boylamını; n_{\max} , küresel açılımın maksimum derecesi; $P_{nm} = N_{nm}P_{nm}$, Legendre fonksiyonu; N_{nm} , normlandırma fonksiyonu; P_{nm} , normlandırılmış Legendre fonksiyonu; C_{nm} ve S_{nm} küresel harmoniğin bilinmeyen katsayıları ya da küresel iyonosfer haritalarının kestirilen parametreleridir.

Çalışmada 23 Ekim 2011 tarihinde Van'da meydana gelen Mw 7.2 depremin iyonosferde yarattığı olası değişim (Arıkan vd., 2004) ve Center For Orbit Determination in Europe (CODE) merkezinin yayınlamış olduğu Global İyonosfer Modelden (GIM) yöntemleri kullanılarak deprem merkezine yakın HAKK, MALZ, OZAL ve TVAN istasyonlarına ilişkin TEC değerleri elde edilmiştir. Alt ve üst sınır TEC değerlerinin belirlenmesi amacıyla her iki modelden elde edilen TEC değerlerine $x\pm 3\sigma$ formülü uygulanmıştır. Burada x ilgili epoğa ait TEC değerini ifade ederken, σ standart sapmayı ifade etmektedir. Diğer yandan söz konusu anomalilerin deprem kaynaklı olup olmadığının anlaşılabilmesi amacıyla iyonosferi etkileyen solar aktivite ve manyetik fırtına hakkında bilgi veren F10.7cm, (Kp*10) ve Dst indisleri irdelenmiştir.



Şekil 1: İstasyonların Genel Gösterimi

Yapılan analiz sonucunda deprem öncesi ve sonrasında, pozitif ve negative anomaliler tespit edilmiştir. Söz konusu günlerde görülen anomalilerin depremle ilgili olup olmadığının anlaşılabilmesi için anomali görülen günlerdeki manyetik ve solar aktivite koşulları irdelenmiştir. Çalışma sonucunda 286 ile 292'ncü günler arasında F10.7cm indis değerleri sırasıyla 136 sfu, 135.4 sfu, 136.9 sfu, 150 sfu, 151.6 sfu, 145.7 sfu, 146.1 sfu' olduğu, dolayısıyla söz konusu anomalilerin deprem ve solar aktivite kaynaklı olabileceği düşünülmektedir. 293, 294, 295 ve 296'nci (deprem günü) günlerde sırasıyla F10.7cm indis değerlerinin sırasıyla 157.8 sfu, 166.3 sfu, 162.5 sfu, 153.9 sfu olduğu tespit edilmiştir. Söz konusu değerler güçlü şiddette solar aktivite meydana geldiğini göstermektedir. Diğer yandan söz konusu günlerde iyonosfer tabakası jeomanyetik koşullar açısından oldukça sakin. Solar aktivite seviyesi güçlü olduğundan dolayı anomali miktarları 286-292 günleri arasında görülen anomali miktarı değerlerinden genel olarak daha fazladır. 297'nci günde orta şiddette solar aktivite meydana geldiği için gözlemlenen anomali miktarında düşüş görülmektedir. 298'nci günde orta derecede solar aktivite, şiddetli derecede jeomanyetik aktivite (Dst -147 nt, Kp*10=73) meydana gelmiştir. 298 nci güne ilişkin anomali miktarının her iki modelde diğer günlere nazaran daha fazla olmasının sebebinin jeomanyetik aktivite



olduğu düşünülmektedir. Analiz edilen günler genel olarak incelendiğinde deprem öncesi ve sonrası meydana gelen solar aktivite ve jeomanyetik koşulların sakin olmamasından dolayı deprem kaynaklı anomalinin ayırt edilebilmesinin zor olduğu görülmektedir. Bu sebeple analiz edilen istasyonlara ilişkin 293-296 günler arasında meydana gelen anomalilerin solar aktivite ve deprem kaynaklı olabileceği, 297 ve 298 ncı günlerde meydana gelen anomalilerin solar aktivite, jeomanyetik aktivite ve deprem kaynaklı olabileceği düşünülmektedir.

3. SONUÇLAR

Yapılan çalışma kapsamında HAKK, MALZ, OZAL, TVAN istasyonlarına ait deprem öncesi ve sonrası 10 güne ilişkin TEC değerleri GIM-TEC ve IONOLAB-TEC yöntemleri kullanılarak elde edilmiştir. Elde edilen değerlerin genel olarak karşılaştırılmasında iki yöntem ile elde edilen TEC değerlerinin yüksek korelasyona sahip olduğu gözlenmiştir. Deprem kaynaklı TEC değişimlerinin daha iyi tespit edilebilmesi için iyonosferik koşulların sakin olduğu 01-10.10.2011 tarihlerine ait her iki modelden TEC değeri üretilmiştir. Söz konusu TEC değerleri 13.10.2011-02.11.2011 tarihlerine ilişkin TEC değerlerinin UB ve LB sınırlarının belirlenmesi için referans veri olarak kullanılmıştır. Yapılan istatistiki test sonucunda deprem öncesi, günü ve sonrasında analiz edilen tüm istasyonlarda anomali tespit edilmiştir. Her iki modelden elde edilen anomalilerin deprem kaynaklı olup olmadığının anlaşılabilmesi için analiz edilen günlere ait iyonosferik koşullar, jeomanyetik ve solar aktivite hakkında bilgi veren ($Kp \cdot 10$), Dst ve F10.7 cm indisleri aracılığıyla irdelenmiştir.

Yapılan çalışma sonucunda 286-292 günleri arasında gözlemlenen pozitif anomalilerin orta şiddette solar aktivite ve deprem kaynaklı olabileceği, 293, 294, 295, 296 (deprem günü) gözlemlenen pozitif anomalilerin güçlü derecede solar aktivite ve deprem kaynaklı olabileceği, 298. günde orta derecede solar aktivite, şiddetli derecede jeomanyetik aktivite gözlenmiş dolayısıyla her iki modelden elde edilen anomali değerlerinde ciddi artış gözlenmiştir. Söz konusu bu artışın jeomanyetik aktivite kaynaklı olduğu düşünülmektedir. 298. güne ilişkin anomalinin solar aktivite, jeomanyetik etki ve deprem kaynaklı olabileceği düşünülmektedir. Analizi yapılan günlerde iyonosferik koşulların hareketli olması deprem kaynaklı iyonosferik değişimin belirlenmesini oldukça zorlaştırmaktadır. Bu sebeple söz konusu değişimin deprem kaynaklı olan kısmının daha iyi belirlenebilmesi için disiplinler arası çalışmaya ihtiyaç duyulmaktadır.

KAYNAKLAR

- Arikan F, Erol C. B., Arikan O. (2004) Regularized Estimation of Vertical Total Electron Content from GPS Data for a Desired Time Period, *Radio Science*, 39:RS6012.
- Liu, J. Y., Chen, Y. I., Chuo, Y. J., Tsai, H. F. (2001). Variations of ionospheric total electron content during the Chi-Chi earthquake. *Geophysical Research Letters*, 28(7), 1383-1386.
- Liu, J. Y., Chen, Y. I., Chen, C. H., Liu, C. Y., Chen, C. Y., Nishihashi, M., Lin, C. H. (2009). Seismoionospheric GPS total electron content anomalies observed before the 12 May 2008 Mw7. 9 Wenchuan earthquake. *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, 114(A4).
- Plotkin, V. V. (2003). GPS detection of ionospheric perturbation before the 13 February 2001, El Salvador earthquake. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 3(3/4), 249-253.



WIDE AREA KINEMATICS OF THE EARTH'S SURFACE STRAINS IN RELATION TO 2011 VAN, TURKEY EARTHQUAKES

Vladimir I. Kaftan^{1,2} Ilknur Kaftan³ and Elçin Gök⁴

¹Principal research scientist, Geophysical Center, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia.

²Professor, Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University), Moscow, Russia.

³Dr, Dokuz Eylül University, Faculty of Engineering, Department of Geophysics Izmir, Turkey

⁴Assistant professor, Dokuz Eylül University, Faculty of Engineering, Department of Geophysics Izmir, Turkey

Email: ilknur.kaftan@deu.edu.tr

ABSTRACT

The results of observations in a permanent GPS network with an area of about $300 \times 300 \text{ km}^2$ were used to analyze deformations of the earth's surface around the Van earthquake in the time interval January 16, 2009 - October 29, 2012 with a daily temporal resolution. Schemes of horizontal and vertical displacements, dilatation deformations and maximum shear were obtained approximately 3 years before and one year after the 2011 Van earthquake. In order to study the evolution of the deformation process, kinematic visualizations of movements and deformations of the earth's surface were obtained. Anomalous deformations were revealed several months before the earthquake at a distance of about a hundred kilometers from the future epicenter. The epicentral region did not undergo significant displacements before the earthquake. Coseismic and postseismic deformations have demonstrated a reorientation of stress from the overthrust to transpressional fault mechanisms. The conclusion is made about the need for a thorough understanding and interpretation of the results obtained.

KEYWORDS: GPS network (GNSS data), Van earthquake, deformations of earth surface

1. INTRODUCTION

Currently permanent GNSS networks are actively used to control movements and deformations of the earth's surface in seismically active regions. They allow scientists to monitor the evolution of the deformation process, thereby providing information for solving problems of earthquake prediction. One of the largest earthquakes in Turkey in recent years is the Van earthquake (Mw 6.7, October 23, 2011). The movements and deformations of the earth's surface in the region of the earthquake have been thoroughly investigated over a long time interval. The time series of crustal displacements and the velocities of the principal deformations are analyzed in [Tiryakioglu et al., 2017]. Pre-, post- and seismic movements were studied in detail in [Altiner et al., 2012]. The accumulated data on movements and deformations of the earth's crust in seismically active regions make it possible to extend the study of deformation earthquake precursors. This problem is studied an example in [Kaftan & Melnikov, 2017]. Deformational precursors of earthquakes were previously recorded at significant distances from the epicenters of strong earthquakes [Mescherikov, 1968, Kaftan & Ostach, 1996]. The authors of this paper attempted to identify deformation earthquake precursors from GPS data with a daily resolution and wide coverage of the study area. The paper is devoted to the study of kinematic features of deformation of the earth's surface in connection with the Van earthquake, seismic regime and tectonic structure of the region.

2. DATA AND ANALYSIS METHODOLOGY

The study uses observational data from Global Navigation Satellite Systems (GNSS) in Continuously Operating Reference Stations, Turkey (CORS-TR). CORS-TR is the national network of the Turkish GNSS, established by Istanbul Kultur University (IKU) in cooperation with the General Command of Mapping and General Directorate of Land Registry and Cadastre with the financial support of the Scientific and Technological Research Council of Turkey (TUBITAK). A detailed description of the network and the results of its use are available at [<http://cors-tr.iku.edu.tr/ENGLISH.htm>]. The necessary information can be obtained at [<http://www.euref.eu/symposia/2009Florence/07-26-turkey.pdf>]. To calculate the deformations, the time series of coordinates published by the Geodetic Observatory of Nevada, Reno, USA [<http://geodesy.unr.edu/>] were used. The time series contained coordinate solutions for 1392 days (January 16, 2009 - October 29, 2012). The study used a catalog of earthquakes [AFAD,2017], as well as tectonic information, borrowed from [Emre, Ö.et al,2013].The horizontal deformations were calculated for the Delaunay triangulation triangles produced.

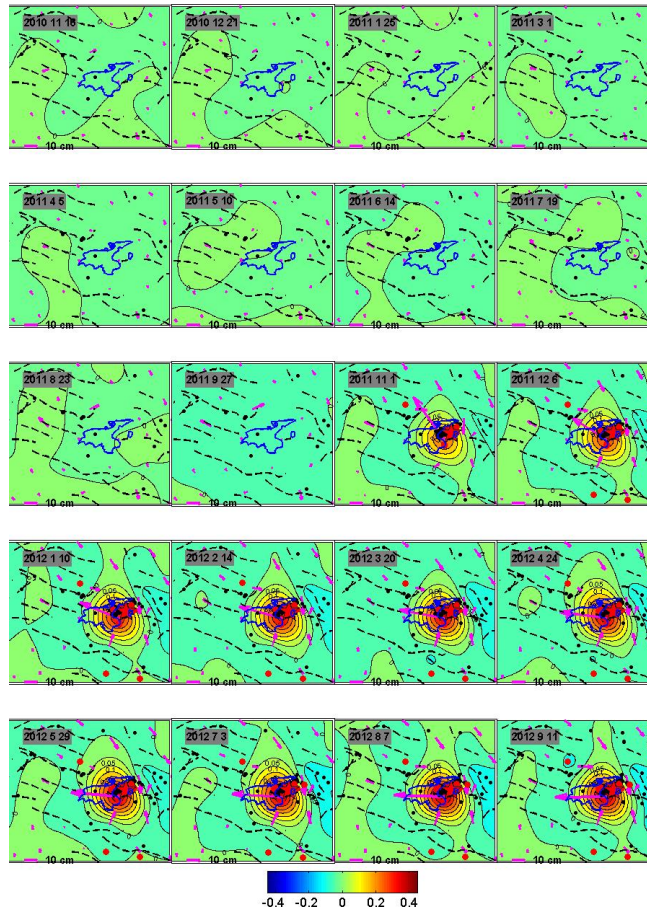


Figure 1. Spatial distribution of horizontal (magenta arrows) and vertical (isolines) before and after the Van earthquakes. The isolines were plotted with an interval of 0.05 m. The star indicates the epicentre of the main shock. Solid red dots are epicentres of foreshocks and aftershocks with $M > 5$. Small black dots are epicenters of shocks with $4 < M < 4.9$. RMS strain values are less than 10^{-7} . Dashed black lines are main fault zones.

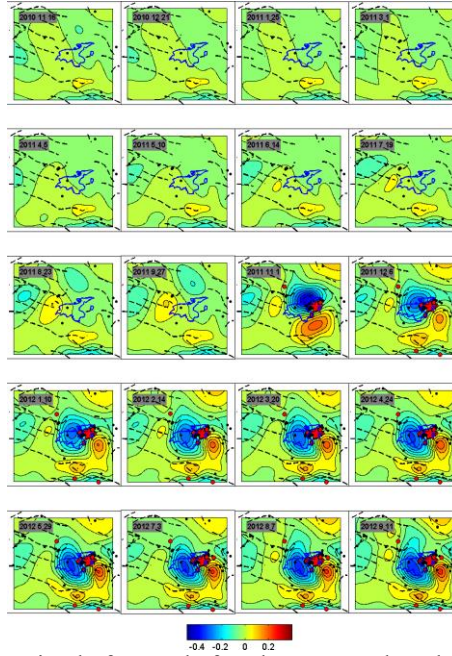


Figure 2. Spatial distribution of dilatation before and after the Van earthquakes. The isolines were plotted with an interval of $5 * 10^{-6}$. The star indicates the epicentre of the main shock. Solid red dots are epicentres of foreshocks and aftershocks with $M > 5$. Small black dots are epicenters of shocks with $4 < M < 4.9$. RMS strain values are less than 10^{-7} . Dashed black lines are main fault zones.

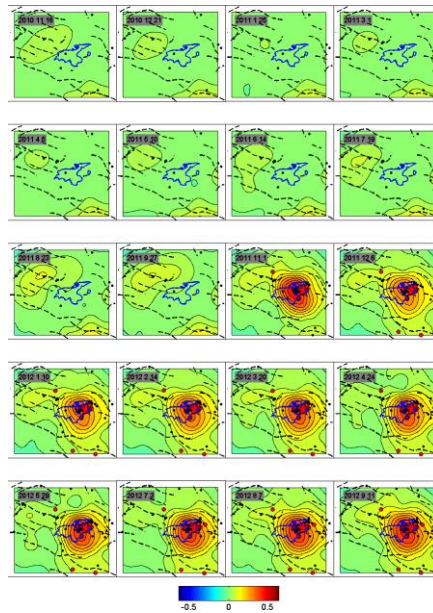


Figure 3. Spatial distribution of maximal shear strain before and after the Van earthquakes. The isolines were plotted with an interval of $5 * 10^{-6}$. The star indicates the epicentre of the main shock. Solid red dots are epicentres of foreshocks and aftershocks with $M > 5$. Small black dots are epicenters of shocks with $4 < M < 4.9$. RMS strain values are less than 10^{-7} . Dashed black lines are main fault zones.



To calculate deformations of finite elements, the strain tensor

$$T_{\varepsilon} = \begin{pmatrix} \varepsilon_n & \varepsilon_{ne} \\ \varepsilon_{en} & \varepsilon_e \end{pmatrix} \quad (1)$$

the elements of which are $\varepsilon_n = \frac{\partial u_n}{\partial n}$, $\varepsilon_e = \frac{\partial u_e}{\partial e}$ and $\varepsilon_{en} = \varepsilon_{ne} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u_n}{\partial e} + \frac{\partial u_e}{\partial n} \right)$, correspondently, wherein $\frac{\partial u_n}{\partial e} + \frac{\partial u_e}{\partial n} = \gamma_{ne} = \gamma_{en}$, was used.

To study the spatiotemporal distribution of horizontal deformations, the following invariant characteristics were obtained.

- 1) Principal strains ε_1 and ε_2 .

$$\varepsilon_{1,2} = \frac{1}{2} \left[\varepsilon_n + \varepsilon_e \pm \sqrt{(\varepsilon_n - \varepsilon_e)^2 + \gamma_{ne}^2} \right] \quad (2)$$

- 2) Maximal shear $\gamma_{\max} = \varepsilon_1 - \varepsilon_2$.

- 3) Dilatation $\Delta = \varepsilon_1 + \varepsilon_2$.

The observations were processed using Matlab software. Discontinuities of observations in time series [<http://geodesy.unr.edu/>] were filled using interpolation and extrapolation of data by Hermite splines. Deformations of the earth's surface were determined for every day. Kinematic visualizations were created in the form of video films of point displacement changes and strains in the territory studied. Rare sequences of frames of these visualizations are shown in Fig. 1-3.

2. DISCUSSION AND CONCLUSION

The results obtained make it possible to discover the following features of the evolution of movements and deformations of the earth's surface. As was noted earlier [Altiner et al., 2012], no major anomalies of movements and strains were found directly near their epicenters. Before the earthquake, its epicentral zone demonstrates a deformation gap, also expressed by the absence of strong foreshocks. But at the same time, the areas of the western fault zones of the parallel North Anatolian zone and the Biltis-Zagros system, remote from the epicenter, demonstrate the accumulation of strain of dilatation and maximum shear. After the main shock, these anomalies are combined into uniform deformation clusters, which can indicate their common seismic deformation nature. It can be assumed that these anomalies are deformation precursors of earthquakes remote from the future focal zone.

The main shocks are accompanied by the northward displacement, the uplift, the formation of a compression-extension dipole structure, which corresponds to the formation of a rupture-type rupture, oriented east-west in the epicentral zone. Relaxation of stresses is accompanied by redirection of the main displacement from the north to the west, and also by reorienting the deformation dipole by almost 90 degrees. At the end of 2012, there are two significant extrema of dilatation located to the south and to the east of the main compression extremum, demonstrating transpressional fault type of relaxation movements along formed ruptures.

The results obtained allow us to expand our understanding of the kinematics of movements and strains of the earth's surface in the Van earthquake region over a time interval of about 3 years before and 1 year after the main seismic event. The spatial picture of the deformation process gives grounds for assuming the significant role of remote



deformation manifestations in the preparation of an earthquake. The presented results need further deeper comprehension and interpretation in connection with the likely tectonic mechanisms of the region.

REFERENCES

AFAD, 2017. T.C. Disaster and Emergency Management Presidency <http://www.deprem.gov.tr>.

Altınar, Y., Söhne, W., Güney, C., Perlt, J., Wang, R. and Muzli, M. (2012). A geodetic study of the 23 October 2011 Van, Turkey earthquake. *Tectonophysics*, **588**, 118-134 <http://dx.doi.org/10.1016/j.tecto.2012.12.005>

Emre, Ö., Duman, T. Y., Özalp, S., Elmacı, H., Olgun, Ş., and Şaroğlu, F., (2013). Active fault map of Turkey with explanatory text 1:1,250,000 scale. Publications of the Mineral Research and Exploration (MTA), Special Publication Series-30, Ankara.

Kaftan, V. and Melnikov, A. (2017). Local Deformation Precursors of Large Earthquakes Derived from GNSS Observation Data. *IOP Conference Series Earth and Environmental Science* 95(3):032030 DOI 10.1088/1755-1315/95/3/032030

Kaftan, V. I. and Ostach, O. M. (1996). Vertical land deformation in Caucasus region,” *Earthquake Prediction Research*, **5**, 235–245

Mescherikov, J. A. (1968). Resent crustal movements in seismic regions: Geodetic and geomorphic data”, *Tectonophysics*, **6**, p. 29.

Tiryakioglu, I., Yavasoglu, H., Ugur, M. A., Ozkaymak, C., Yilmaz, M., Kocaoglu, H. and Turgut B. (2017). Analysis of October 23 (Mw 7.2) and November 9 (Mw 5.6), 2011 Van Earthquakes Using Long-Term GNSS Time Series. *Earth Sci. Res. J.* **21:3**, 147-156.



Marmara Bölgesinde Deprem Tehlikesinin Belirlenmesine Yönelik Olarak Yapılan Çok Disiplinli Jeofizik Çalışmalar

Doğan Kalafat¹, Ali Pinar¹, Yojiro Yamamoto², Narumi Takahashi^{2,3}, Seçkin Çitak², Motoyuki Kido⁴, Mustafa K. Tuncer⁵, Oğuz Özel⁵, Yasuo Ogawa⁶, Takafumi Kasaya⁷, Remzi Polat¹, Zeynep Coşkun¹, Ryusuke Yamamoto⁴, Nurcan M. Özel^{1,8}, Yoshiyuki Kaneda^{2,9}, Haluk Özener¹

¹ Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve DAE., 34684 Çengelköy/İstanbul ²
JAMSTEC 3173-25 Showa-machi, Kanazawa-ku, Yokohama Kanagawa 236-0001 Japan ³ National
Research Institute for ESDR., NIED 3-1, Tennodai, Tsukuba, Ibaraki, 305-0006, Japan ⁴ IRI of
Disaster Science/ Graduate School of Science, Tohoku University, Sendai, Japan ⁵ İstanbul
Üniversitesi Jeofizik Bölümü, 34320 Avcılar-İstanbul ⁶ Volcanic Fluid Research Center, Tokyo
Institute of Technology, Tokyo, 152-8551, Japan ⁷ IFREE, JAMSTEC, Yokosuka, 237-0061, Japan
⁸ CTBTO, 1400 Vienne, Austria ⁹ Kagawa University 1-1 Saiwai-cho, Takamatsu,
760-8521, Japan

ÖZET

Kuzey Anadolu Fayı (KAF), dünyanın en önemli ve aktif doğrultu-atımlı faylarından birisidir. Özellikle aletsel dönemin başlarında meydana gelen 1939 Erzincan Depremi'nden başlayarak, yarı-sistemik bir şekilde yaklaşık 10'ar yıllık periyotlarla batıya doğru büyük depremler ($M_s > 7.0$) üretmiş ve son olarak 1999 Gölcük-Doğu Marmara Depremi ile de Marmara Denizi'ne ulaşmıştır. Bu bağlamda Marmara Denizi deprem tehlikesi açısından yakın gelecekte ülkemizin en riskli yerlerinden birisi haline gelmiştir. Marmara Denizi etrafında bulunan 7 ilin olması, bölgede nüfus ve yerleşim yeri yoğunluğu, önemli mühendislik yapılarının, limanların, tarihi yapıların vb. kritik yapıların bulunması Marmara Denizi ve çevresinde depreme yönelik çalışmaların ivedilikle yapılmasını ve sismolojik açıdan sismik boşluk olarak tanımlanan bu bölgenin çok disiplinli jeofiziksel aletlerle uzun yıllara dayalı gözlem altında tutulmasını zorunlu kılmıştır.

Bu bağlamda MarDiM (Marmara Deprem ve Tsunami Zararlarının Azaltılması ve Afet Eğitimi) projesi kapsamında 2014 yılından itibaren Marmara Denizi tabanına her yıl 15 deniz tabanı deprem ölçer (OBS) yerleştirilmiştir. Böylece öncelikle KAF'nın kuzey kolu uzun süreli gözlem altına alınmıştır. Ayrıca Batı Sırtta (2014-2017) ve Orta Sırtta (2017-halen) 5 adet açılma ölçer (EXT) yerleştirilmiş ve deniz tabanındaki kabuk deformasyonlarının uzun süreli ölçülmesine başlanmıştır. Proje kapsamında elektromanyetik alan (OBEM) ve elektrik alan ölçerler (OBE) ile iletken yapıların belirlenmesine yönelik çalışmalar da yapılmaktadır. Sonuç olarak çalışma kapsamında Marmara bölgesindeki deprem üreten kırık parçalarının boyutları, kaynak özellikleri, bölgedeki farklı gerilme alanlarının ve iletken yapıların belirlenmesi hedeflenmiştir.

İlkesel olarak analizi yapılan verilerin değerlendirilmesinde; Deprem dışmerkezlerinin dağılımı özellikle batıda (Tekirdağ Baseni) üst kabukta yoğunlaştığı, Batı Sırt'ta yaklaşık 27.75° - 28.0° D boylamları arası ise alt kabukta yoğunlaştığı (yaklaşık 20 km.) gözlenmiştir. Orta Basen'de ise üst kabukta, Orta Sırt'ta ise (28.25° D) çok sık yaklaşık 5 km. civarında yoğunlaştığı gözlenmiştir. Orta Basen'in doğusu ve Orta Sırt-Kumburgaz Baseni arasında 10 km.'nin altında herhangi bir deprem olmadığı gözlenmiştir. Kumburgaz Baseni doğusunda ise tüm kabukta oldukça düşük bir deprensellik gözlenmiştir.



ANAHTAR KELİMELEER: Marmara Denizi, Deniz tabanı deprem ölçer, açılma ölçer, deprensellik

Multidisciplinary Geophysical Studies for the Determination of Earthquake Hazard in Marmara Region

Doğan Kalafat¹, Ali Pinar¹, Yojiro Yamamoto², Narumi Takahashi^{2,3}, Seçkin Çitak², Motoyuki Kido⁴, Mustafa K. Tuncer⁵, Oğuz Özel⁵, Yasuo Ogawa⁶, Takafumi Kasaya⁷, Remzi Polat¹, Zeynep Coşkun¹, Ryusuke Yamamoto⁴, Nurcan M. Özel^{1,8}, Yoshiyuki Kaneda^{2,9}, Haluk Özener¹

¹ Boğaziçi University, Kandilli Observatory and ERI., 34684 Çengelköy/İstanbul

²JAMSTEC 3173-25 Showa-machi, Kanazawa-ku, Yokohama Kanagawa 236-0001 Japan ³National

Research Institute for ESDR., NIED 3-1, Tennodai, Tsukuba, Ibaraki, 305-0006, Japan ⁴IRI of

Disaster Science/ Graduate School of Science, Tohoku University, Sendai, Japan ⁵İstanbul

Üniversitesi Jeofizik Bölümü, 34320 Avcılar-İstanbul ⁶Volcanic Fluid Research Center, Tokyo

Institute of Technology, Tokyo, 152-8551, Japan ⁷IFREE, JAMSTEC, Yokosuka, 237-0061, Japan

⁸CTBTO, 1400 Vienne, Austria

⁹Kagawa University 1-1 Saiwai-cho, Takamatsu,

760-8521, Japan

ABSTRACT

The North Anatolian Fault (NAF) is one of the most important and active strike-slip faults in the world. In particular, starting from the 1939 Erzincan Earthquake, which occurred in the early part of the instrumental period, NAF produced a massive earthquakes (Ms > 7.0) in a semi-systematic manner with a period of approximately 10 years and finally reached 1999 Marmara Sea with Gölcük-East Marmara Earthquake. In this context, Marmara Sea has become one of the most risky places of our country in the near future in terms of earthquake hazard. The presence of the Marmara Sea region seven provinces, population density and settlement density, important engineering constructions, critical buildings such as ports, historical buildings and so on, need urgent work towards the seas of Marmara Sea and its surroundings and investigation for seismic gap. This region should be deployment as multidisciplinary geophysical instruments and should be kept under observation for many years.

In this context, as of MarDiM (Marmara Earthquake and Tsunami Damage Mitigation and Disaster Education) project, 15 seafloor earthquake meters (OBS) have been placed every year at the base of Marmara Sea since 2014. Thus, firstly, the Northern branch of the NAF has been observed for a long time. In addition, 5 Extensometers (EXT) were deployed in the Western High (2014-2017) and Central high (2017-currently) and a long-term crustal deformation measurement started. Also Within the scope of the project, electro-magnetic ((OBEM)) and electric field meter (OBE) studies were carried out to determine the resistivity structure. As a result, dimensions of the earthquake-generating fractures, their source characteristics, stress-field variance and resistivity structure were determined in the Marmara region. As a result, it was aimed to determine the dimensions of the earthquake-producing fractures in Marmara region, their source parameters, the different stress areas in the region and the conductor structures.

Preliminary evaluations; We observed distribution of earthquake epicenters is mainly concentrated in the upper crust of the west (Tekirdag Basin), and between the longitudes of 27.75°-28.0°E in the West Ridge is concentrated in the lower crust (about 20 km). In the Central Basin, seismic activity has been



observed about 5 km in the upper crust, and very shallow in the Central High (28.25°E). There is no any earthquake activity below the upper crust between the east of the Central Basin and the Central High-Kumburgaz Basin. To the east of the Kumburgaz Basin, very low seismicity was observed at the entire crust.

KEYWORDS: Marmara Sea, Ocean Bottom Seismometer, extensometer, seismicity

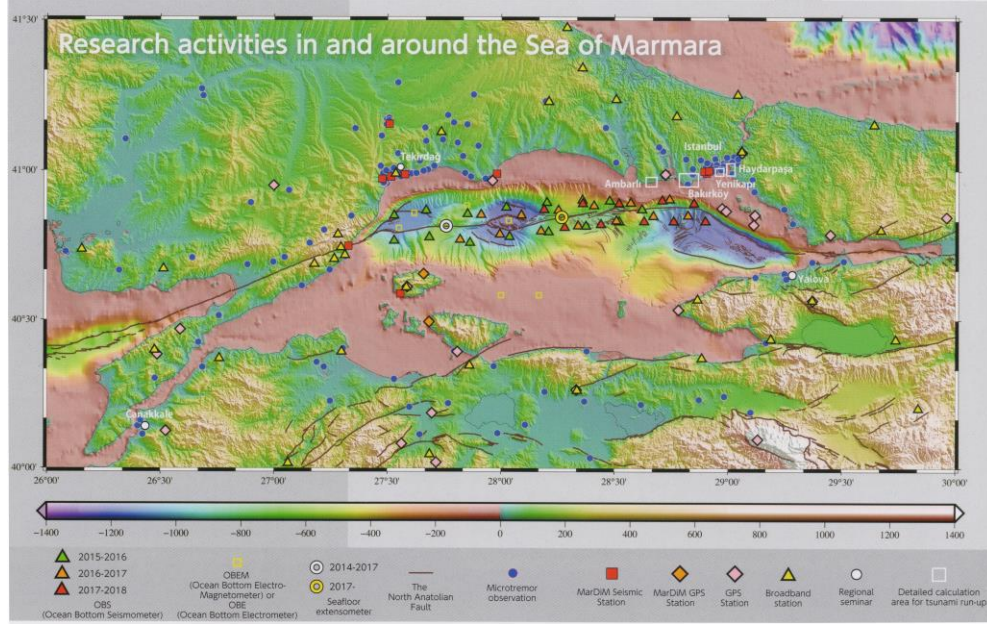
1. GİRİŞ

Marmara Bölgesinde Deprem ve Tsunami Zararlarının Azaltılması ve Afet Eğitimi Projesi (MarDiM) 4 ana iş paketi kapsamında çalışmalarına 30'a yakın üniversite ve kurumun katkıları ile devam etmektedir. Bu paketler özellikle bilimsel araştırmalar ve bu araştırma sonuçlarının eğitime yönelik olarak hazırlanacak olan eğitim modüllerini ve bölgede afete dirençli bir toplum yaratılmasına yönelik farkındalığı hedeflemektedir. İş paketlerinde, Marmara Deniz tabanında çok disiplinli jeofizik çalışmalar, olası tsunami modellemeleri, mikro-bölgelendirme, bir deprem esnasında zeminin ve üzerindeki binaların davranışlarının hesaplanması, maksimum yer hareketlerinin öngörülmesi ve hasar tahmini, kent tahliye simülasyonları, depremin etkili olacağı alanlar ve yaratacağı ivmelerin simülasyon modellerinin ortaya konulması yapılan çalışmalardan bazılarıdır. Bunun yanında Marmara bölgesindeki deprem üreten kırık parçalarının boyutları, kaynak özellikleri, bölgedeki farklı gerilme alanlarının ve iletken yapıların belirlenmesi vb. çalışmaları da kapsamaktadır. Proje sonuçlarının özellikle Deprem ve Tsunami zararlarının azaltılmasına yönelik eğitim çalışmalarında kullanılmak üzere, Tsunami bilgilendirme el kitabı, videosu ve çocuklar için çizgi kitap 4. iş paketi kapsamında hazırlanmıştır. Bu çalışmada yalnızca deniz tabanında yapılan sismolojik çalışmalardan bahsedilecektir.

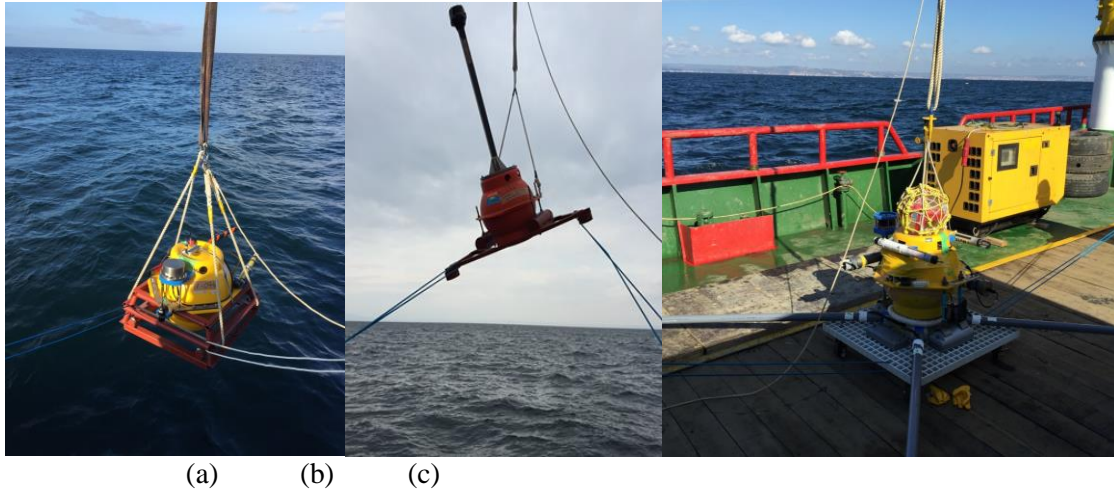
2. DENİZ İÇİNDE YAPILAN JEOFİZİK ÇALIŞMALAR

Deniz içerisinde genel olarak 4 tip jeofizik parametre ölçer alet kullanılmıştır (Şekil 1). Bunlar Deniz tabanı deprem ölçer (OBS), Deniz tabanı açılma ölçer (EXT), Deniz tabanı elektro-manyetik alan ölçer (OBEM) ve Deniz tabanı elektrik alan ölçer (OBE). OBEM ve OBE sistemleri deniz tabanında bulunan özellikle iletken yapıların ve düşük hız zonlarının belirlenmesine yönelik olarak kullanılmıştır (Şekil 2). OBS Deniz tabanında meydana gelen mikro-depremlerin, EXT ise deniz tabanında meydana gelen kabuk deformasyonlarının, kısaca yer değiştirmelerin ölçülmesi için kullanılmaktadır. Batı Sırta (2014-2017) ve Orta Sırta (2017-halen) 5 adet açılma ölçer (EXT) yerleştirilmiştir (Şekil 2a,b,c).

Batı Marmara'dan başlayarak KAF'nın kuzey kolunu kontrol edecek şekilde OBS'ler bir dizin olarak yerleştirilmiştir ve her yıl OBS'ler çıkartılarak bakımları yapılmakta ve tekrar yeni yerlerine doğuya doğru aralıkları yaklaşık olarak 8-10 km. olacak şekilde atılmaktadır. Genel olarak OBS'ler 400-1200 m. derinliklere atılmıştır. OBS gözlemleri, Marmara Denizi içinde meydana gelen mikro depremlerin kaydedilme kapasitesini çok olumlu yönde (yaklaşık 2.5 katı) arttırmıştır.



Şekil 1. Araştırmada kullanılan ekipmanların çeşitleri ve konumları

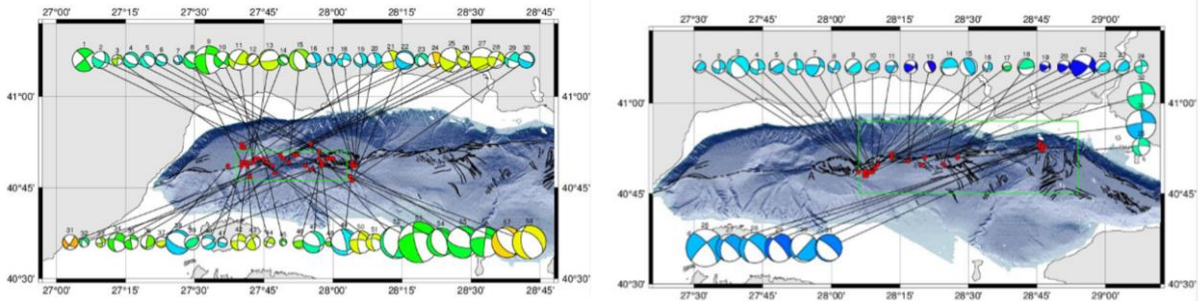


Şekil 2. OBS (a), EXT (b), OBEM-OBE (c) ekipmanlarının denize atılması

3. İLKSEL VERİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ

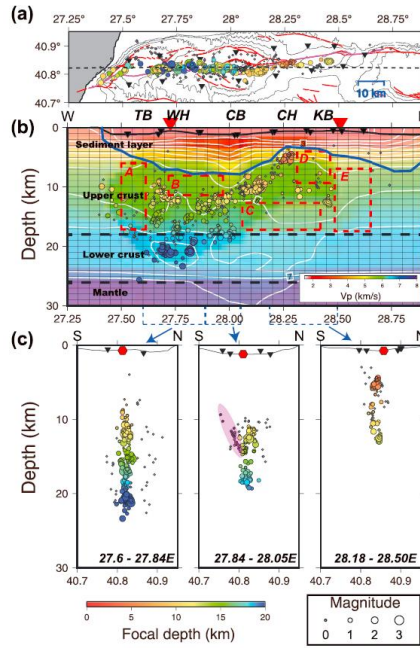
Bugüne kadar yapılan 3 kampanyada alınan verilerin büyük bir kısmı okunmuş olup, yorumlanmasına başlanılmıştır. İlk bulgulara göre Batı Marmara Sırtı'nda OBS verilerinden elde edilen ilk hareket yönlerine göre yapılan fay düzlemi çözümlerinin büyük bir çoğunluğu doğrultu atımlı ve normal faylanma tipinde olduğu ve az bir miktarda ters faylanma olduğuna ortaya koymuştur. Bu tip fay düzlemi çözümleri genel olarak yerel genişleme ve sıkıştırma özelliklerini oluşturan KAF'nın segmentasyonunun özelliklerini oluşturmaktadır. Orta Sırt ve buradaki faylanma tipleri genellikle ters faylanma

mekanizması göstermektedir. Yeniden çözüm yapılan deprem dış merkezleri Orta Sırt segmenlerinin güneye doğru daldığına işaret etmektedir (Şekil 3).



Şekil 3. Batı Marmara'da, Orta Marmara ve KB Çınarcık Baseni'nde OBS verisinden yapılan fay düzlemi çözümleri (Pınar ve Kalafat, 2016)

Deprem dış merkezlerinin dağılımı özellikle batıda (Tekirdağ Baseni) üst kabukta yoğunlaşmakta, Batı Sırt'ta yaklaşık 27.75°-28.0°D boylamları arası ise alt kabukta yoğunlaştığı (yaklaşık 20 km.) gözlenmiştir. Orta Basen'de ise üst kabukta, Orta Sırt'ta ise (28.25°D) çok sığ yaklaşık 5 km. civarında yoğunlaştığı gözlenmiştir. Orta Basen'in doğusu ve Orta Sırt-Kumburgaz Baseni arasında üst kabuğun altında 10 km.'nin altında herhangi bir deprem olmadığı gözlenmiştir. Kumburgaz Baseni doğusunda ise tüm kabukta çok düşük depremsellik gözlenmiştir (Şekil 4).



Şekil 4. OBS verilerinden elde edilen deprem dış merkezleri ve derinlik dağılımları (Yamamoto ve diğ., 2017)



4. SONUÇLAR

Proje kapsamındaki verilerin analizi ve değerlendirilmesi devam etmektedir. MarDiM projesi sayesinde bölgenin deprem algılama kapasitesi $M_c=0.5$ civarına düşmüştür. Bu ise bölgedeki aktif fay parçalarının kaynak özelliklerinin ve deprem oluş düzenlerinin ortaya çıkarılmasında çok değerli katkılar sağlamaktadır. Olası bir büyük deprem öncesi bu bilgilerin ortaya çıkartılması ve Marmara Denizi'nde devam edecek uzun süreli gözlemlerin ulusal imkanlarla sürdürülebilirliğinin sağlanması, ülkemizin denizlerin deprenselliğinin hassas olarak izlenmesine yönelik araştırmalara önemli katkılar sağlayacaktır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, JICA (Japonya Uluslararası İşbirliği Ajansı), JST (Japonya Bilim ve Teknoloji Ajansı) ve Türkiye Kalkınma Bakanlığı tarafından desteklenen SATREPS kapsamında MarDiM (Marmara Afet Zararlarını Azaltma) projesinde altında yürütülmektedir.

KAYNAKLAR

Yamamoto Y., N. Takahashi, S. Citak, D. Kalafat, A. Pinar, C. Gurbuz and Y. Kaneda (2014). Offshore Seismic Observation in the Western Marmara Sea, Turkey, T13C-4675, AGU Fall Meeting, 15-19 December 2014, San Francisco CA, USA.

Yamamoto Y., N. Takahashi, S. Citak, D. Kalafat, A. Pinar, C. Gurbuz and Y. Kaneda (2015). Offshore seismicity in the western Marmara Sea, Turkey, revealed by ocean bottom observation, *Earth, Planets and Space* (2015) 67:147, DOI 10.1186/s40623-015-0325-9.

Yamamoto Y, N. Takahashi, S. Citak, D. Kalafat, A. Pinar, C. Gürbüz and Y. Kaneda (2015). Offshore seismicity in the western Marmara Sea, Turkey, revealed by ocean bottom observation, Geophysical Research Abstracts Vol. 17, EGU2015-1876, EGU General Assembly 2015.

Yamamoto, R., M. Kido, Y. Ohta, N. Takahashi, Y. Yamamoto, D. Kalafat, A. Pinar, S. Ozeren, Y. Kaneda (2016). Creep rate measurement and fault modeling at the North Anatolian Fault, beneath the Sea of Marmara, Turkey, by means of acoustic ranging, SCG59-07, Japan Geoscience Union, 2016.

Yamamoto, Y., N. Takahashi, A. Pinar, D. Kalafat, S. Citak, M. Çomoğlu, R. Polat, Ö. Çok, Z. Oğutcu, M. Suvarikli, S. Tunc, C. Gurbuz, F. Turhan, N. Ozel, Y. Kaneda (2016). Detailed spatial distribution of microearthquakes beneath the Sea of Marmara, Turkey, deduced from long-term ocean bottom observation; SCG59-08, Japan Geoscience Union, 2016.

Yamamoto, Y., N. Takahashi, A. Pinar, D. Kalafat, S. Çitak, M. Çomoğlu, R. Polat, Ö. Çok, Z. Ögütçü, M. Suvarikli, S. Tunc, C. Gürbüz, F. Turhan, N. Ozel and Y. Kaneda (2016). Detailed spatial distribution of microearthquakes beneath the Marmara Sea, Turkey, deduced from long-term ocean bottom observation, Geophysical Research Abstracts Vol. 18, EGU2016-5269-1, 2016 EGU General Assembly 2016.

Yamamoto, Y., N. Takahashi, A. Pinar, D. Kalafat, S. Çitak, M. Çomoğlu, R. Polat and Y. Kaneda (2017). Geometry and segmentation of the North Anatolian Fault beneath the Marmara Sea, Turkey, deduced from long-term ocean bottom seismographic observations, Journal of Geophysical Research: Solid Earth Research Article, p. 2069-2084, AGU Publications.



Pınar A., Z. Coskun, A. Mert and D. Kalafat (2015). Fault strength in Marmara region inferred from the geometry of the principle stress axes and fault orientations: A case study for the Prince's Islands fault segment, Geophysical Research Abstracts Vol. 17, EGU2015-9103, EGU General Assembly 2015.

Pınar A., D. Kalafat (2016). "Focal Mechanism from First Motion Polarities of OBS and Land Stations" and "Lateral Variation of Stress Field Along the North Anatolian Fault Zone in Marmara Region", Scientific Report.

Pınar, A., Y. Yamamoto, M. Çomoğlu, R. Polat, F. Turhan, N. Takahashi, D. Kalafat and S. Çıtak (2016). Fault Characterization in the Sea of Marmara (Turkey) Using OBS and Land Seismic Stations, Geophysical Research Abstracts Vol. 18, EGU2016-9813-2, 2016 EGU General Assembly 2016.

Pınar, A., Z. Coşkun, A. Mert and D. Kalafat (2016). Frictional strength of North Anatolian fault in eastern Marmara region Earth, Planets and Space (2016) 68:62, DOI 10.1186/s40623-016-0435-z.

Kalafat D, M. N. Toksöz (2017). An overview of the seismic activity and gaps in the Marmara Sea Area, JpGU AGU Joint Meeting 2017 Japan Geoscience Union, 20-25 Mayıs 2017 Makuhari Messe International Conference Hall, Makuhari-Tokyo, Japan.

Kaneda, Y., M. O. Erdik, N. Takahashi, N. M. Ozel, T. Hori, M. Hori, K. Kumamoto, D. Kalafat, A. Pınar, A.O. Ozel, A. C. Yalciner, M. Nurlu, G. Tanircan, S. Citak, K. Ariyoshi and O. Necmioglu (2014). Earthquake and Tsunami Disaster Mitigation in The Marmara Region and Disaster Education in Turkey. (SATREPS Project: Science and Technology Research Partnership for Sustainable Development by JICA-JST), NH23B-07, AGU Fall Meeting, 15-19 December 2014, San Francisco CA, USA.

Kaneda, Y., M. Erdik, N. Takahashi, N.M. Özel, T. Hori, M. Hori, K. Kumamoto, D. Kalafat, A. Pınar, O. Ozel, A. C. Yalçiner, M. Nurlu, G. Tanırcan, M. Mirzaoğlu, K. Ariyoshi, S.O. Citak (2014). SATREPS Project on Earthquake and Tsunami Disaster Mitigation in the Marmara Region and Disaster Education in Turkey, SSS23-P03 Japan Geoscience Union (JpGU) Meeting 2014, Yokohama / Kanagawa-Japan.

Kido, M., N. Takahashi, Y. Yamamoto, D. Kalafat, A. Pınar, S. Ozeren, Y. Ohta and Y. Kaneda (2015). Development of a geodetic monitoring system using seafloor extensometers for the state of the submerged North Anatolian Fault in the Sea of Marmara, Geophysical Research Abstracts Vol. 17, EGU2015-9326, EGU General Assembly 2015.

Takahashi, N., A.Pınar, D. Kalafat, Y. Yamamoto, S. Çıtak, M. Çomoğlu, Z. Öğütçü, M. Suvarıklı, S. Tunç, C. Gürbüz, N. Özel, Y. Kaneda (2015). Long term seismic observation using ocean bottom seismographs in Marmara Sea, Turkey, Abstract NH13D-1956 presented at 2015 Fall Meeting, AGU, San Francisco, Calif., 14-18 Dec., 2015.

Takahashi, N., S. Shimizu, T. Maekawa, D. Kalafat, A. Pınar, S. Citak and Y. Kaneda (2015). OBS development for long term observation in the Marmara Sea, NW Turkey, Geophysical Research Abstracts Vol. 17, EGU2015-5113, EGU General Assembly 2015.



2017 AYVACIK DEPREMLERİ ve KAYNAK PARAMETRELERİNİN BÖLGESEL ve GEÇİCİ SİSMİK AĞ VERİSİ İLE BELİRLENMESİ

T. Bekler^{1,4}, S. Özden² ve A. Demirci³

¹ Doç. Dr., Jeofizik Müh. Bölümü, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Çanakkale

² Prof. Dr., Jeoloji Müh. Bölümü, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Çanakkale

³ Yrd. Doç. Dr., Jeofizik Müh. Bölümü, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Çanakkale

⁴ Doç. Dr., Deprem Araştırma Uygulama ve Araştırma Merkezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Çanakkale

Email: tbekler@comu.edu.tr

ÖZET

Biga Yarımadası Güneybatı ucunda yeralan Ayvacık (Çanakkale) – Tuzla merkezli 6 Şubat 2017 tarihinde meydana gelen deprem (Mw=5.4) bu bölgenin tektonik davranışını ön plana çıkarmıştır. Ana deprem öncesi başlayan ve deprem sonrasında yoğun bir şekilde devam eden sismik aktivitenin gözlemlenmesi amacı ile başta Ayvacık köyleri olmak üzere yakın çevresine 10 adet sayısal 3-Bileşen geniş peryod sismometreler kurulmuştur. Geçici istasyonların yanında ulusal kurumlara ait farklı sismik ağın bölgedeki istasyonlarına ait açık veri tabanından da faydalanılarak sismolojik sonuçları yanında sismotektonik değerlendirilmesi yapılmıştır. Geçici olarak kurulu sismik ağ (T4) birbirine uzaklığı 3-12 km arasında değişen istasyonlardan oluşmaktadır. Bölgedeki mikrodeprem aktivitesinin yoğunluğu ve sürekliliği yanında bölgenin jeotermal sahaları da kapsamı, bölgenin sismotektonik karakterinin incelenmesini ve detaylı olarak çalışılması gerekliliğini ön plana çıkarmaktadır. Çalışma alanındaki ulusal sismik ağ istasyonlarının sayısının az olması sismolojik çözümlerin çözünürlüğünü etkilemektedir. Hem ulusal sismik ağına hem de geçici istasyonlara ait verinin birlikte değerlendirilmesi bölgenin tektonik niteliğinin anlaşılmasına katkı sağlayacaktır. İlk sonuçlar, ana şok ve episantr dağılımlarına göre kurulan geçici istasyonların sabit ağlar ile karşılaştırıldığında özellikle mikrodepremlerin tespit edilmesi ve yerlerinin belirlenmesinde önemli iyileştirmeler sağladığını göstermektedir. Bunun yanında ve orta büyüklükteki deprem verisine ait kaynak mekanizması çözümlerinde, ağırlıklı olarak KB-GD yönlü normal atım bileşeni baskın faylanma karakteri belirgindir. Tuzla fayında 14 Ocak 2017 (Mw=4.4) ile meydana gelen ve Babakale ve Kocaköy'ün güneyine doğru göç eden depremlerin mekanizma çözümleri normal faylanma gerilme rejimi ile uyumlu bir patern sergilemektedir.

ANAHTAR KELİMELELER: Ayvacık, Sismik ağ, Deprem, Sismotektonik

EVALUATION OF AYVACIK EARTHQUAKES and SOURCE PARAMETERS by NATIONAL and TEMPORARY SEISMIC NETWORKS

¹ Assoc Prof. Dr., Department of Geophysical Engineering, Çanakkale Onsekiz Mart University, Çanakkale



² Prof. Dr., Department of Geological Engineering, Çanakkale Onsekiz Mart University, Çanakkale

³ Asst. Prof. Dr., Department of Geophysical Engineering, Çanakkale Onsekiz Mart University,
Çanakkale

⁴ Assoc. Prof. Dr., Earthquake Research Center, Çanakkale Onsekiz Mart University, Çanakkale
Email: tbekler@comu.edu.tr

ABSTRACT

February 6, 2017 earthquake ($M_w = 5.4$), located in Ayvacık (Canakkale) – Tuzla on the Southwest edge of the Biga Peninsula, has featured the tectonic behaviour of this region. By the aim of observing the dense seismic activity after the earthquake, 10 three-component broadband seismometers have been established in the vicinity of the main earthquake, particularly in Ayvacık. In addition to these temporary stations, also the database of the seismic networks belonging to the national institutions have used in order to reveal seismological results and detailed seismotectonic characteristics in the region. The temporarily established seismic network (T4) consists of stations ranging between 3 and 12 km away from each other. In addition to the intensity and continuity of the region's micro-earthquake activity, existence of the geothermal fields point out the importance of examining the region's seismotectonic character and the necessity of detailed study. The evaluation of the data belonging to both the national networks and temporary stations will contribute to the understanding of the tectonic framework of the region. Primary results shows, according to the main-shock and epicenter distributions, the temporary stations established at close distances, in comparison with the fixed networks, especially the detection of micro-earthquakes and significant improvements in determining their location. In addition, in the source mechanism solutions for moderate-sized earthquake data, the dominant faulting character is evident in the weighted NW-SE directional normal fault component. In the Tuzla fault, the mechanism solutions for earthquakes occurred on January 14, 2017 ($M_w = 4.4$), and then migrated southward to Babakale and Kocaköy, exhibit a pattern consistent with the normal faulting stress regime.

KEYWORDS: Ayvacık, Seismic network, Earthquake, Seismotectonics

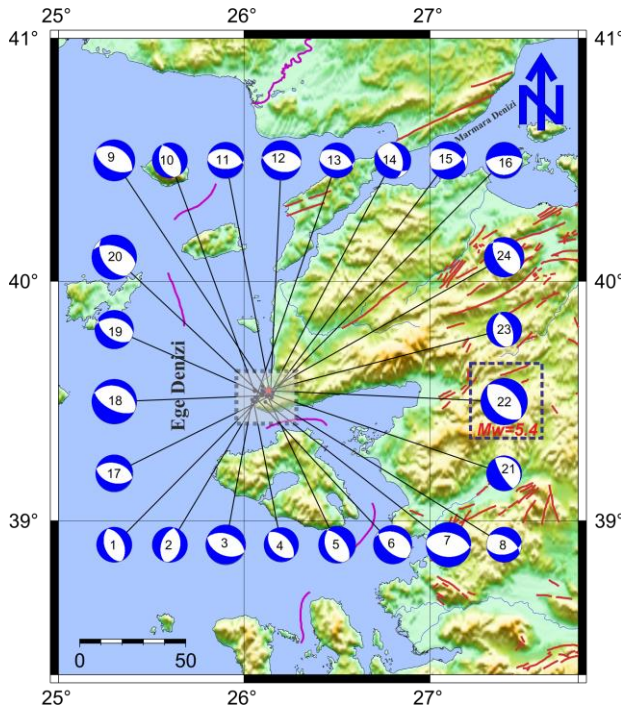
1. GİRİŞ

Kuzey Anadolu Fay zonu, deprem üretkenliği açısından dünyadaki bilinen en önemli fay sistemlerinden birisidir. Gelibolu ve Biga yarımadalarındaki Saroz-Gaziköy fayı, Etili fayı, Çan-Biga fay kuşağı, Sarıköy fayı ve Yenice-Gönen fayı meydana getirdikleri depremler nedeni ile diri oldukları bilinen aktif faylanma bölgeleridir. Biga yarımadasının aktif tektonizmasında söz sahibi olan bu fay sistemlerinin nispeten bölgenin kuzeyinde ve kuzeydoğusunda baskın olan ve Kuzey Anadolu Fayının karakteristik özellikleri ile uyumlu yüksek yanal atım bileşeni olan faylardan oluştuğu bilinmektedir (Barka and Kadinsky-Cade, 1988). Son yüzyıl aletsel dönem kayıtlarına bakıldığında, 1912 Mürefte depremi ($M_s=7.3$), 1953 Gönen depremi ($M_s=7.3$), 1966 Edremit körfezi depremi ($M_s=6.8$) ve 24 Mayıs 2014 tarihinde Kuzey Ege'de Gökçeada depremi ($M_L=6.5$) bu bölgenin önemli depremleri arasındadır. Biga Yarımadası tektonik penceresi, sağ yanal Kuzey Anadolu Fayı ile Ege açılma rejime arasında bir karakter seğilemektedir. Gerek bölgesel sismisite gerekse güncel fay kinematığı çalışmaları (Özden ve diğ., 2018) yanal atım ve normal faylanmalar, yarımada da aktif iki tektonik rejimin de hakim olduğunu göstermektedir. Depremlerin Ayvacık ve yakın çevresi ile Edremit Körfezi Kuzeyi ve kuzey-batı kesiminde ağırlıklı olarak da birbirinden bağımsız fakat oldukça yakın Tuzla, Babakale, Çamköy ve

Kestanol fay zonlarında üretildiği anlaşılmaktadır (Özden ve diğ., 2018; Karacık ve Yılmaz, 1995). Bu çalışmada 6 Şubat 2017 Ayvacık depremi ($M_w=5.4$) olarak bilinen ve uzun süre silsile olarak devam eden aktivite dahilinde küçük-orta büyüklükteki depremlerin kaynak mekanizmalarının çözümü ve tektonizma ile olan ilişkisi değerlendirilmesi yapılmıştır.

2. VERİ VE YÖNTEM

6 Şubat 2017 depremi sonrası, deprem istasyonu sayısı ve yerel dağılımı dikkate alınarak sadece deprem lokasyonlarının ve kinematik parametrelerinin iyileştirilmesi değil, ulusal kurumların kaydedemediği ve/veya tanımlama yapamadığı mikrodepremlerin değerlendirilmesi, bölgesel hız dağılımını modelleyebilmek yanında bu depremlerin kaynak parametrelerini çözümünü daha yüksek çözünürlükte çalışabilmek için geçici nitelikli istasyonlar (T4 ağı) kurulmuştur. Bunlar; Taşağıl, Tamış, Babadere, Balabanlı, Babakale, Kocaköy, Karagömlük (Ezine), Kestanol, Külcüler (Bayramiç) ve Güre (Edremit) tarafına kurulmuştur. Depremlerin ($M \geq 4.0$) odak mekanizma parametreleri moment tensor ters çözüm algoritması yaklaşımı ile elde edilmiştir (Şekil 1).



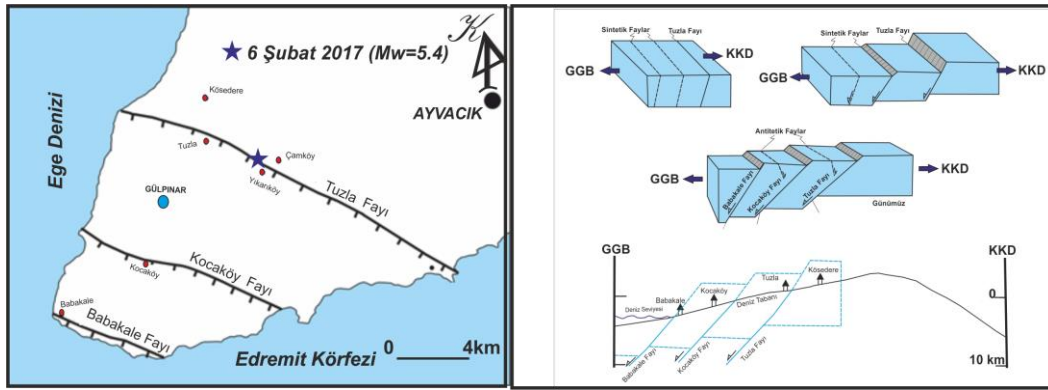
6	4.5	289	35	-110	133	57	-77
7	5.2	282	46	-83	92	44	-97
8	4.1	300	54	-64	80	43	-121
9	4.8	301	39	-87	117	51	-92
10	4.1	327	50	-100	162	41	-78
11	4.2	286	41	-78	90	50	-100
12	4.6	272	48	-99	105	43	-80
13	4.1	298	48	-72	92	45	-109
14	4.2	348	45	-54	122	55	-120
15	4.4	295	45	-51	66	56	-123
16	4.2	266	69	-90	88	21	-89
17	4.3	283	44	-92	106	46	-88
18	5.2	286	31	-100	118	60	-84
19	4.5	280	42	-110	126	51	-73
20	5.2	288	49	-117	145	48	-63
21	4.1	314	14	-105	150	76	-86
22	5.4	315	46	-92	137	44	-88
23	4.1	338	54	-99	172	37	-78
24	4.6	310	36	-106	149	56	-79

No	M_w	1. Düzlem°			2. Düzlem°		
		Doğ.	Eğim	Kayma	Doğr.	Eğim	Kayma
1	4.1	334	46	-95	160	44	-85
2	4.1	198	50	-83	15	40	-92
3	4.6	290	45	-92	113	45	-88
4	4	316	50	-90	135	40	-90
5	4.3	320	55	-102	160	37	-73

Şekil 1. 14.01.2017-24.03.2017 tarihleri arasında Ayvacık depremleri ($M \geq 4.0$) ve faylanma mekanizması parametreleri.

3. SONUÇLAR

06 Şubat 2017 tarihinde (03:51 UT) olan $M_w=5.4$ büyüklüğündeki deprem sonrası bir çok araştırmacı depremin ve artçılarının karakterini ortaya koyan çalışmalar başlatmıştır. Bu çalışmalar ağırlıklı olarak saha gözlemleri ve ulusal sismik ağların sunduğu veri tabanı kullanılarak yapılan sismolojik çalışmalardır. Başlatılan çalışma henüz sonlanmamış olup veri toplama ve değerlendirme devam etmektedir. Bununla beraber elde edilen ilk sonuçlara göre; Kaynak mekanizması çözümleri bölgede KD-GB ve saha gözlemleri ile de örtüşen hemen hemen GGB eğimli normal faylanmaları göstermektedir (Şekil 2).



Şekil 2. Ayvacık ve çevresi basitleştirilmiş aktif tektonik haritası (solda) ve Ayvacık Depremleri tektonik modeli (sağda) (Özden ve diğ., 2018).

Ayvacık depremleri analizi Biga yarımadasındaki hakim normal faylanma rejiminin KKD doğrultulu σ_3 eksenine uyumlu olduğunu göstermektedir. Saha gözlem verisi de KKD doğrultulu açılma rejiminin bir sonucu olan deprem silsilesini üreten kademeli fayların varlığını işaret etmektedir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri tarafından FBA-2017-1361 kodlu proje ile desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

- Barka, A.A. ve Kadinsky-Cade, K. (1988). Strike-Slip Fault Geometry In Turkey And Its Influence On Earthquake Activity. *Tectonics* **7**: 663- 684.
- Karacık, Z., Yılmaz, Y. (1995). Geology of the Ignimbrite Eruptions of Ezine-Ayvacic region, NW Anatolia. *Int. Earth Sci. Colloquium on the Aegean Region (IESCA). Proceedings*, 415-427.
- Özden, S., Över, S., Altuncu P.S., Güneş, Y., Pınar, A. (2018). Tectonic implications of the 2017 Ayvacık (Çanakkale) earthquakes, Biga Peninsula, NW Turkey. *Journal of Asian Earth Science* **154**:125-141.



DOĞAL POTANSİYEL ZAMAN SERİLERİNİN ÇEŞİTLİ YÖNTEMLERLE ANALİZİ: Urla-Gülbahçe Örneği

N. Sungurlu¹ ve P.Sındırgı^{2,*}

¹ Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeofizik Mühendisliği Anabilim Dalı, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir

² Yrd.Doç.Dr., Jeofizik Müh. Bölümü, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir

Email: petek.sindirgi@deu.edu.tr(Sorumlu Yazar)

ÖZET

Bu çalışma, İzmir İli, Urla İlçesi Gülbahçe Köyünde seçilmiş bir alana sabitlenmiş 4 adet elektrot yardımıyla 15.06.2013-14.06.2015 ve 24.11.2015-23.11.2017 tarihleri arasında belirli zaman aralıklarıyla kaydedilen 2'şer yıllık doğal potansiyel (SP) verilerine uygulanan analizleri içerir. Çalışmada, iki kayıtçıdan birinde kaydedilen verilerin değerlendirmeleri sunulmuştur. Bu analizlerde kullanılan yöntemler; "Eğilimden Arındırılmış Dalgalanma Analizi (EADA)" ve "Güç Spektrumu"dur. 10 dakikada bir kaydedilen doğal potansiyel verileri günlük ortalamaları alınarak analiz edilmiştir. Her iki tarih aralığı için günlük ortalamaları hesaplanan doğal potansiyel verilerinin EADA yöntemiyle ölçekleme katsayısı (α) 1., 2. ve 3. dereceden polinomlarla hesaplanmış ve yaklaşık 1,5 civarında bulunmuştur. Serilerin güç spektrumlarının logaritmik ölçekte çizimi yardımıyla elde edilen β spektral üs değeri 15.06.2013-14.06.2015; 24.11.2015-23.11.2017 tarih aralıkları için sırasıyla 2,01 ve 1,82'dir. β spektral ile α ölçekleme katsayısı arasındaki ilişkiden yararlanarak, EADA ile hesaplanan değerlere yakın (1,505 ve 1,41) ölçekleme katsayıları hesaplanmıştır. Yapılan analizlerden her iki yıllık sürecin benzer karakteristikte olduğu ve fraksiyonel Brown hareketi yaptığı görülmüştür. (*)Sorumlu Yazar:Petek SINDIRGI

ANAHTAR KELİMELEER: Doğal Potansiyel, EADA, Güç Spektrumu.

ABSTRACT

This study was carried out with the help of 4 electrodes fixed in a selected area in Gülbahçe Village of Urla District of İzmir Province. It includes analyzes of 2-year self potential (SP) data recorded at specific time intervals between June 15, 2013, June 14, 2015 and 24.11.2015-23.11.2017. In the study, evaluations of the data recorded in one of the two data loggers are presented. The methods used in these analyzes are; "Detrended Fluctuation Analysis (DFA)" and "Power Spectrum". Self potential data recorded every 10 minutes were analyzed by calculating daily averages. Scaling exponent (α) of the self potential data daily means for both date ranges was calculated with the polynomials degree of 1, 2, 3. Calculated scaling exponent is approximately 1.5. The β spectral exponent value obtained by plotting the power spectra of the series with logarithmic scale for the date ranges of 15.06.2013-14.06.2015 and 24.11.2015-23.11.2017; 2,01 and 1,82 respectively. Using the relationship between the β spectral and α scaling factor, scaling factors were calculated. These are consistent with the values calculated by the EADA (1,505 and 1,41). From the analyzes, it was seen that both of the self potential time series had similar characteristics and characterized by a fractional Brownian motion. .(*)Corresponding Author:Petek SINDIRGI

KEYWORDS: Self Potential, DFA, Power Spectrum



1. GİRİŞ

Doğal potansiyel (SP) yöntemi, yapay akımlar kullanılmadan yerin doğal potansiyelinden yararlanarak, herhangi iki nokta arasındaki gerilim farkının ölçülmesi esasına dayanmaktadır. Doğada, kaynak kullanmadan gerilim farkı oluşturacak, iklim değişimleri, topoğrafya, jeolojik koşullar ve benzeri birçok neden vardır. Doğal potansiyel yöntemi de yer içindeki bu doğal gerilim farklarından yararlanır. Doğal potansiyel yönteminin zamana bağlı olarak yapılan uygulamaları ise, yaklaşık 20 yıldan beri yapılmaktadır. Yöntem, özellikle İtalya'nın güney bölgesinde sıklıkla uygulanmıştır (Colangelo ve diğ., 2008; Telesca ve diğ. 2005). Günümüze dek dünyada yapılan çalışmalarda zamanın fonksiyonu olarak kaydedilen doğal potansiyel verilerine EAD (Eğilimden Arındırılmış Dalgalanma Analizi), PCA (Principle Component Analysis) gibi pek çok sayısal analiz ve zaman serileri yöntemleri uygulanmıştır (Balasco ve diğ., 2002; Peng ve diğ., 1995). Ülkemizde ise konuyla ilgili yapılan çalışmalar kısıtlıdır (Sındırgı, 2012; Sındırgı ve Kaftan, 2013).

2. UYGULANAN YÖNTEMLER

2.1. Eğilimden Arındırılmış Dalgalanma Analizi(EADA)

Bir zaman serileri analiz yöntemi olan EADA ilk olarak Peng ve diğerleri (1994) tarafından uygulanmıştır. Dış etkenlerden oluşmuş durağan olmayan etkileri düşük dereceden polinomlar şeklinde tanımlayarak minimize eden bir yöntemdir. EADA, iki büyüklüğün arasında güç fonksiyonu şeklinde bir ilişki olup olmadığına ve ilişkinin türünü saptar.

Eğilimden arındırılmış zaman serilerinin karekök ortalama dalgalanması $F(n)$, n 'nin bir güç fonksiyonu şeklinde davranıyorsa, $F(n) \propto n^\alpha$ şeklinde gösterilir. $F(n)$ ve n değerlerinin logaritmaları alınarak grafiklendiğinde uydurulan doğru eğimleri α ile gösterilir ve ölçekleme katsayısı olarak adlandırılır. Ölçekleme katsayısı;

- ✓ $\alpha = 1$: Flicker ($1 / f$) gürültü, pembe gürültü
- ✓ $1 < \alpha < 2$: fraksiyonel Brown hareketi
- ✓ $1 < \alpha < 3/2$: durağan olmayan, sürekli olmayan ilişki
- ✓ $\alpha = 3/2$: durağan fraksiyonel Brown hareketi
- ✓ $3/2 < \alpha < 2$: durağan olmayan, sürekli ilişki söz konusudur.

2.2. Güç Spektrumu Yöntemi

Zaman ortamından Ayrık Fourier Dönüşümü yardımıyla açılal frekans(w) ortamına aktarılan verilerin güç spektrumları,

$$S(w) = \frac{1}{T} |F(w)|^2 \quad (1)$$

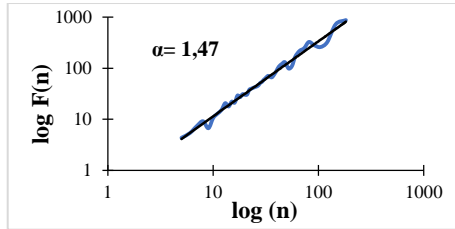
olarak ifade edilir (Akçığ ve Pınar,1990). $S(w)$ ve w 'nın logaritmik ölçekte değişimi spektral üsle (β) tanımlanır. Bu değerle EADA'de kullanılan ölçekleme katsayısı (α) arasında $\alpha = (1 + \beta) / 2$ ilişkisi mevcuttur. Böylece durağan olmayan etkilerin güç fonksiyonu ilişkileri her iki yöntemle sınımlanmış olur.

3. YAPILAN ANALİZLER

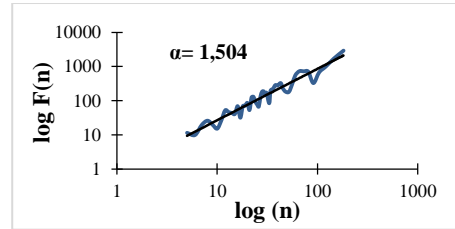
Çalışma alanından toplanan verilerin EADA ve güç spektrumu analizler Tablo 1.'de özetlenmiştir. Örnek olarak, EADA analizlerinden 1. dereceden polinom uydurularak yapılan her iki yıla ait grafikler ve logaritmik güç spektrumları Şekil 1.'de verilmiştir.

Tablo 1. Analiz Sonuçları

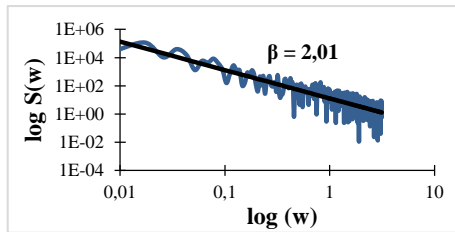
YÖNTEM (ulaşılan parametre)	TARİHLER	
	15.06.2013-14.06.2015	24.11.2015-23.11.2017
EADA (α)	1,47 (1. Der. polinom)	1,5 (1. Der. polinom)
	1,47 (2. Der. polinom)	1,44 (2. Der. polinom)
	1,47 (3. Der. polinom)	1,48 (3. Der. polinom)
Güç Spektrumu (β)	2,01	1,82
Güç Spektrumu (α)	1,5	1,41



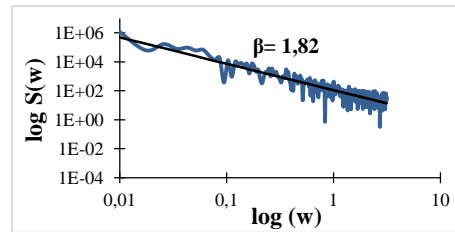
(a)



(b)



(c)



(d)



Şekil 1. (a)15.06.2013-14.06.2015 ve (b) 24.11.2015-23.11.2017 tarihleri arasında kanal 1 için ölçülen SP değerlerinin günlük ortalamalarının 1. Dereceden EADA analizi α ölçekleme katsayısı değerleri. (c)15.06.2013-14.06.2015 ve (d) 24.11.2015-23.11.2017 tarihleri arasında aynı verilerin Güç Spektrumlarından elde edilen $\text{Log}(w)$ - $\text{Log}[S(w)]$ grafikleri ve β spektral üs değerleri.

4.SONUÇLAR

İzmir İli, Urla İlçesi Gülbahçe Köyündeki çalışma alanında, 15.06.2013-14.06.2015 ve 24.11.2015-23.11.2017 tarihleri arasında 10'ar dakika aralıklarla kaydedilen doğal potansiyel (SP) verilerinin günlük ortalamaları hesaplanarak EADA ve güç spektrumu analizleri yapılmıştır. Her iki yöntemle hesaplanan ölçekleme katsayısından(α) zaman serilerinin durağan olmayan bir karakteristikte olduğu, bir güç fonksiyonu şeklinde davrandığı ve fraksiyonel Brown hareketi ile tanımlanabileceği görülmüştür.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın arazi kurulum aşamaları, Dokuz Eylül Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğünce desteklenen, 2009.KB.FEN.16 (2008-75) numaralı ve “Sürekli Jeofizik Gözlemlerle Mevsimsel ve Sismolojik Değişimlerin Yeraltına Etkilerinin İncelenmesi” adlı bilimsel araştırma projesi kapsamında gerçekleştirilmiştir.

KAYNAKLAR

- Akçığ, Z., Pınar, R.(1990).Gravite verilerine güç spektrumu yönteminin kayan pencereyi uygulaması. *Jeofizik*, **4**,41-48.
- Balasco M., Lapenna V. ve Telesca L. (2002). 1/fa fluctuations in geoelectrical signals observed in a seismic area of Southern Italy. *Tectonophysics*, **347**, 253-268.
- Colangelo G., Lapenna V. ve Telesca L. (2008). Study of self potential anomalous fluctuations in a seismic active zone of Lucano Apennine (southern Italy); recent results. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.* **8**, 1099, 1104.
- Peng C.K., Havlin S., Stanley H.E. ve Goldberger A.L. (1995). Quantification of scaling exponents and crossover phenomena in nonstationary heartbeat time series. *Chaos* **5**(1),82-7.
- Sındırgı P. (2012). Sürekli jeofizik gözlemlerle mevsimsel ve sismolojik değişimlerin yeraltına etkilerinin incelenmesi, *Bilimsel Araştırma Projesi*, D.E.Ü. İzmir.
- Sındırgı P. ve Kaftan İ. (2013). Investigating the geoelectric fluctuations measured in İzmir-Urla Demircili Village (Western Turkey) with Artificial Neural Networks, EGU 2013.
- Telesca L., Balasco M. ve Lapenna M. (2005). Investigating the time-correlation properties in self-potential signals recorded in a seismic area of Irpinia, southern Italy. *Chaos, Solitons and Fractals* **32**, 201, 202, 203. 199-211.



SPAC ANALİZLERİNDE KIRILMA JEOFONLARININ KULLANIMI

E. Yalçinkaya¹, S. Tekebaş² ve M.S. Arslan²

¹ Profesör, Jeofizik Müh. Bölümü, İstanbul Üniversitesi, İstanbul

² Doktora Öğrencisi, Jeofizik Müh. ABD, İstanbul Üniversitesi, İstanbul
Email: eyalcin@istanbul.edu.tr.

ÖZET

Mikrotremör ölçümleri, nispeten kolay toplanabilir ve düşük maliyetli olması nedeniyle son yıllarda jeofizik araştırmalarda en yaygın kullanılan ölçüm türlerinden biridir. Araştırmada kullanılan istasyon sayısı ve dizilim biçimi yöntemin araştırma derinliğini ve çözünürlüğünü sınırlar. Daha çok sayıda sensör kullanımı her zaman için bir avantaj olarak gözüke de, oluşturduğu maliyet açısından uygulamada çok fazla tercih edilmez. Bu çalışmada, geniş bant sensörlere göre önemli bir maliyet avantajı sağlayan sismik kırılma jeofonları birlikte kullanılarak mikrotremör dizilim ölçümleri toplanmış ve SPAC yöntemi ile değerlendirilmiştir. Jeofon kayıtlarından elde edilen sonuçlar, geniş bant sensörlerle elde edilenler ile karşılaştırılmış ve özellikle yüksek frekans aralığında jeofon kayıtlarının kullanılmasının herhangi bir sorun yaratmadığı görülmüştür. Bu sonuçlara bağlı olarak, özellikle sığ zemin çalışmaları için çok daha ucuz maliyetli ve piyasada hemen hemen bütün jeofizik büroların sahip olduğu sismik kırılma jeofonlarının SPAC analizlerinde kullanılabileceği tartışılmıştır.

ANAHTAR KELİMELELER: Mikrotremör, SPAC, jeofon, sığ jeofizik araştırma, dispersiyon

SUITABILITY OF REFRACTION GEOPHONES IN SPAC ANALYSIS

E. Yalçinkaya¹, S. Tekebaş² ve M.S. Arslan²

¹ Professor, Geophysical Eng. Department, Istanbul University, Istanbul

² PhD student, Geophysical Eng. Department, Istanbul University, Istanbul
Email: eyalcin@istanbul.edu.tr.

ABSTRACT

Microtremor measurements are one of the most widely used data types in geophysical surveys in recent years due to their relatively easy to collect and low cost. The number of stations and array geometry used in the measurements limits the penetration depth and resolution of the survey. Although the use of more sensors seems to be an advantage at all times, it is not much preferred in practice in terms of cost. In this study, microtremor array measurements were collected by using seismic refraction geophones providing a significant cost advantage over broadband sensors and evaluated by the SPAC method. The results obtained from geophone records were compared with those obtained with broadband sensors and it was found that the use of geophones, in particular in the high-frequency band, did not pose any problem. Depending on these results, it has been discussed that seismic refraction geophones, which are much cheaper and have almost all geophysical firms in the market, can be reliably used in SPAC analyzes, in particular, shallow site surveys.



KEYWORDS: Microtremor, SPAC, geophone, shallow geophysics survey, dispersion

1. GİRİŞ

Mikrotremör olarak bilinen çevresel gürültüler (ambient vibrations) mühendislik sismolojisi çalışmalarında yaygın bir kullanım alanı bulmuştur. Yüzeysel dalgalarının dispersif özelliğinden yararlanarak, ters çözüm yöntemleri ile yer altı tabakalarının V_s hız yapısının belirlenebildiği bilinmektedir. Mikrotremörlerin dalga içeriğinin baskın olarak yüzeysel dalgalarından oluştuğu kabulü, çevresel gürültülerin dispersiyon analizinde kullanılmasına olanak sağlamaktadır. Bu amaçla mikrotremörler sismik ağlar yardımı ile kaydedilebilir. Düzenli iki boyutlu (2D) ağlarda Uzamsal Özilişki Yöntemi (Spatial Auto Correlation Method-SPAC) (Aki, 1957) kullanılarak, istasyonların gelişigüzel yerleştirildiği düzensiz ağlarda ise frekans-dalga sayısı yöntemleri (f-k) (Capon, 1969) ile Rayleigh dalgasının faz hızını belirlemek mümkündür. Dalga sayıları birbirine yakın birden fazla kaynaktan yayılan dalgalar analiz edilirken, bu dalgaları birbirinden ayırmak sismik ağın teorik tepkisine bağlıdır (Rosa-Cintas vd. 2014). Bir sismik ağın ayırabileceği minimum ve maksimum dalga sayısı limitlerini o ağın geometrik dizilimine bağlı teorik ağ tepki fonksiyonu belirler.

Mikrotremör ağ ölçümlerinde kullanılacak istasyon sayısı ve uygulanacak dizilim geometrisinin yanı sıra, ölçümlerde ne tip sensörlerin kullanılacağı da çok önemlidir. Kullanılan sensör tipleri genel olarak geniş band (broad band), kısa periyod (short period) ve jeofon (geophone) olarak sınıflandırılabilir. Geniş band sensörlerin algılayabileceği frekans bandında alt sınır 0.0033Hz değerine kadar düşebilir. Kısa periyod cihazların alt frekans sınırı genel olarak 1-2 Hz civarında iken, sismik uygulamalarda kullanılan jeofonların alt sınır frekansları 4.5 Hz ve üzerindedir. Bilindiği gibi yüzeysel dalgaları analizlerinde sismik dalga hızlarına bağlı olarak, daha düşük frekanslar daha fazla nüfus derinliği anlamı taşır. Artan araştırma derinliğine ve yüksek algılama hassasiyetlerine bağlı olarak geniş band sensörlerin kullanımı tercih sebebidir. Fakat bu tip cihazlar yüksek maliyetleri nedeniyle uygulamada sınırlı kullanım alanı oluştururlar. Özellikle çok sayıda sensör gerektiren dizilim geometrilerinin yerine, az sayıda sensörle, örneğin 4 sensör ile oluşturulan eşkenar üçgen dizilimler çoğunlukla tercih edilir. Fakat çoğu çalışmada, az sayıda sensör kullanımının yeterli güvenilirlikte dispersiyon eğrisi sağlamadığı görülmüştür.

Bu çalışmada gürültü kaydetmede çok yaygın olarak kullanılan Guralp 6T (1Hz) sensörler ile özellikle kırılma ve MASW çalışmalarında sıklıkla kullanılan Doremi (4.5Hz) jeofonlar aynı anda bir mikrotremör ağ ölçümünde birlikte kullanılmış ve SPAC yöntemi ile değerlendirilerek dispersiyon eğrileri karşılaştırılmıştır. Amacımız, çok düşük maliyetli ve kolay uygulanabilir sismik kırılma jeofonlarının mikrotremör ağ ölçümlerinde kullanılabilirliğini araştırmaktır.

2. YÖNTEM

Aki (1957) tarafından temelleri atılan SPAC yöntemi, mikrotremör titreşimlerinin zaman ve uzayda yapılan stokastik bir işlem olduğunu kabul eder. Dairesel dizilimle kaydedilen mikrotremör titreşimlerinin uzaysal özilişki katsayıları, dispersiyon özelliği gösteren yüzeysel dalgalarıyla tanımlanabilir. Bu durumda uzaysal özilişki katsayıları faz hızı ve frekansın bir fonksiyonudur. Bir daire üzerinde bulunan istasyonlar için w frekansındaki SPAC katsayıları şu şekilde tanımlanır:

$$\rho(w, r) = J_0(rk) \quad (1)$$

Burada r ; merkezden uzaklık, k ; dalga sayısı, J_0 ; sıfıncı dereceden Bessel fonksiyonudur. Denklemde $k = w/c(w)$ kullanılırsa;

$$\rho(w, r) = J_0(rw/c(w)) \quad (2)$$

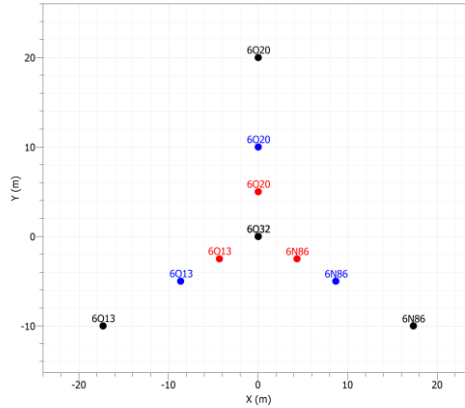
ya da $w = 2\pi f$ ile;

$$\rho(f, r) = J_0(2\pi fr/c(f)) \quad (3)$$

olur. Bu denklemde; f frekansındaki SPAC katsayısı, sıfıncı dereceden Bessel fonksiyonundaki $c(f)$ faz hızı ile ilişkilendirilmiştir. Diğer bir ifadeyle; belirli bir frekandaki faz hızı, r yarıçaplı dairesel dizimli titreşim kayıtlarından ve w açısal frekansındaki dalga bileşenlerinin SPAC katsayılarından hesaplanabilir.

3. UYGULAMA VE ANALİZLER

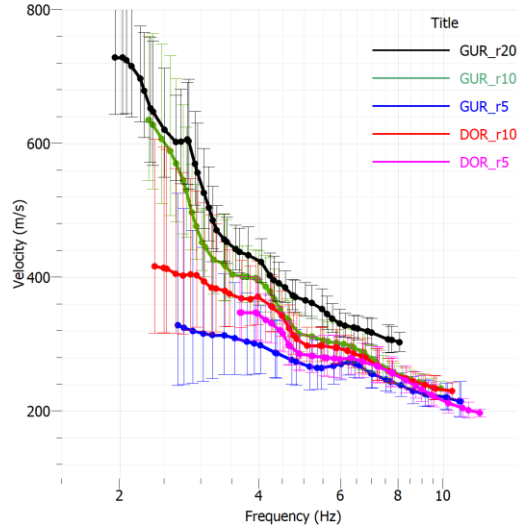
Araştırma için İstanbul-Çatalca bölgesinde, Istranca masiflerinin oluşturduğu ana kaya üzerinde, yamaç molozları ve güncel sedimanların oluşturduğu bir yüzey tabakasının olduğu arazi seçilmiştir. Ölçüm modelinde, çalışmalarda yaygın olarak kullanılan eşkenar üçgen geometri, 3 adet köşelerde ve bir adet merkezde olmak üzere 4 cihazın kullanıldığı dizilim geometrisi tercih edilmiştir (Şekil 1). Her bir lokasyona Güralp 6T sensör ile Doremi 4.5 Hz jeofon birlikte yan yana yerleştirilmiş ve 40-60 dakika süreyle kayıt alınmıştır.



Şekil 1. 5, 10 ve 20m yarıçaplarına sahip mikrotromör dizilim geometrisi farklı renklerde gösterilmektedir. Merkezde bir, köşelerde üç adet olmak üzere toplam 4 cihaz kullanıldı. Her bir lokasyonda Güralp 6T ve Doremi 4.5Hz jeofon birlikte kayıt almıştır.

SPAC analizleri Geopsy programı kullanılarak yapılmıştır. Öncelikle kayıtlar frekans bağımlı olarak pencerelere ayrılmış, endüstriyel gürültü pencereleri analizden çıkarılmış ve pencere sayısı 10^3 'ün altına düşmeyecek şekilde mümkün olan en düşük frekanslara kadar analizler yapılmıştır. Analizlerden elde edilen özet bir dispersiyon eğrisi grubu Şekil 2'de verilmektedir. Şekilden görülebildiği gibi, dizilim yarıçapına ve kullanılan sensör türüne göre dispersiyon eğrileri farklılıklar göstermektedir. Eğrilerdeki asıl farklılıklar düşük frekanslara doğru gidildikçe önem kazanmaktadır. Yüksek frekanslardaki farklılıklar genellikle standart sapmalar içinde kalmaktadır. Dizilim yarıçapı arttıkça dispersiyon eğrilerinin daha düşük frekanslara hassasiyetinin artması beklenen bir durumdur. Özellikle yüksek

frekanslarda, yani 4Hz-10Hz frekans bandında sensör tipinin dispersiyon eğrileri üzerinde önemli bir etkisi yok gibidir. Bu sonuç, SPAC analizlerinde sığ araştırma derinlikleri için 4.5 Hz sismik kırılma jeofonlarının rahatlıkla tercih edilebileceğini göstermektedir.



Şekil 2. Farklı tip sensörler (Guralp 6T ve Doremi 4.5Hz) kullanılarak 5, 10 ve 20m yarıçapları için elde edilen dispersiyon eğrileri. Eğriler üzerindeki dikey barlar hız değerlerindeki saçılmayı temsil eder.

4. SONUÇLAR

SPAC analizlerinin iki farklı tip sensör kullanılarak değerlendirildiği bu çalışmada, hesaplanan dispersiyon eğrilerinde asıl farklılaşmanın düşük frekanslara doğru anlam kazandığı ortaya çıkmaktadır. İşin teorisi gereği aslında bu sonuç beklenen bir durumdur. Çünkü, geniş band sensörlerin düşük frekanslardaki hassasiyeti, yüksek rezonans frekansına sahip jeofonlara göre çok daha fazladır. Bu nedenle 4.5 Hz jeofonlarla elde edilen dispersiyon eğrilerinin sınırları yaklaşık 4Hz civarında oluşmakta ve bu değerden daha düşük frekanslarda ise geniş band sensör dispersiyon eğrilerinden ayrılmaktadır. Sonuç olarak yüksek frekans analizler, ya da sığ araştırma derinlikleri için önemli bir maliyet ve iş yükü avantajı sağlayan jeofonların kullanılmasında herhangi bir sakınca yoktur.

KAYNAKLAR

- Aki, K. (1957). Space and time spectra of stationary stochastic waves, with special reference to microtremors. *Bull. Earthquake Res. Inst.* **35**, 415–456.
- Capon, J. (1969). High-resolution frequency-wavenumber spectrum analysis. *Proc. IEEE* **57**, 1408–1418.
- Rosa-Cintas, S., Galiana-Merino, J.J., Alfaro, P., Rosa-Herranz, J. (2014). Optimizing the number of stations in arrays measurements: Experimental outcomes for different array geometries and the f–k method. *Journal of Applied Geophysics*, **102**, 96-133.



Orta Karadeniz Bölgesi İçin Yeni Bir Azalım İlişkisinin Geliştirilmesi

Aleyna Gençoğlu¹ ve Nilgün Sayıl²

¹Aleyna GENÇOĞLU, Jeofizik Müh. Bölümü, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon

²Prof. Dr. Nilgün SAYIL, Jeofizik Müh. Bölümü, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon

Email: aleynagencoqlu61@gmail.com; sayil@ktu.edu.tr

Development of a New Attenuation Relationship for the Central Black Sea Region

¹Aleyna GENÇOĞLU Geophysics Eng. Department, Karadeniz Technical University, Trabzon

²Prof. Dr. Nilgün SAYIL, Geophysics Eng. Department, Karadeniz Technical University, Trabzon

Email: aleynagencoqlu61@gmail.com; sayil@ktu.edu.tr

ÖZET

Bu çalışmada Orta Karadeniz bölgesinde PGA değeri için yeni bir azalım ilişkisi geliştirilmiştir. Bu çalışmada kullanılan veri seti 63 adet deprem kaydının 208 pik ivme yatay bileşenini içermektedir. Kayıtların tümü ana depremler ve artçı şoklardan oluşmaktadır. İlişkilerin hesaplanmasında çoklu ilişki analizi kullanılmıştır ve önerilen azalım ilişkisi bağıntısı;

$\log PGA = -0,07 + 0,99 M_w - 0,017 M_w^2 - 1,66 \log R - 0,04 \log \Delta\sigma + 0,004 \log M_0 - 0,002 S_b + 0,04 S_c - 0,02 S_d$ şeklinde bulunmuştur. Burada PGA; kuvvetli yer hareketi ivmesi, R; kaynaktan inceleme alanına olan uzaklık (km), M_0 ; sismik moment; M_w ; Moment magnitudü, $\Delta\sigma$; gerilme düşümü (stress drop), S_b , S_d , S_c ; zemin katsayılarıdır. Pik yatay yer ivme azalım ilişkisinin 0.35'lik standart sapma ve 0.89'lük ilişki katsayısı ile Log-normal dağılıma uyduğu belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Azalım İlişkisi, Yatay Pik İvme, Deprem Tehlikesi

ABSTRACT

A new attenuation relation for peak ground acceleration (PGA) values in the Central Black Sea region has been developed. The data base consists of 208 horizontal components of peak ground acceleration recorded from 63 earthquakes. Multiple regression analyses have been used to calculate the relationship. The proposed attenuation relationship is given as;

$\log PGA = -0,07 + 0,99 M_w - 0,017 M_w^2 - 1,66 \log R - 0,04 \log \Delta\sigma + 0,004 \log M_0 - 0,002 S_b + 0,04 S_c - 0,02 S_d$ where PGA is the peak ground horizontal acceleration, M_w is the moment magnitude, R is the distance from source to site, M_0 is the seismic moment, $\Delta\sigma$ is the stress drop, S_b , S_d , S_c are the ground coefficients. The peak ground horizontal acceleration attenuation relationship has been found to be log-normally distributed with a standard error value of 0.35 and relation coefficient value of 0.89.

Key words: Attenuation Relationship, Peak Ground Acceleration, Earthquake Hazard

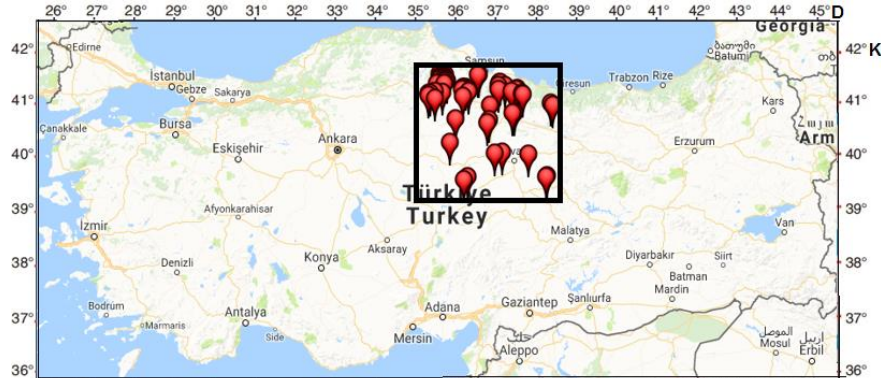
1. GİRİŞ

Yıkıcı bir depremden hemen sonra magnitudü ve episantr bilgisi belirlenir. Ancak hasar dağılımı yalnızca bu iki parametreden oluşan basit bir işlem değildir. Çok daha detaylı bilgilere ihtiyaç vardır. Bu nedenle tehlikeli alanda maksimum yatay yer ivmesi (PGA) dağılımını tanımlamak oldukça istenilen bir durumdur. Bu dağılımları hesaplayabilmek için azalım ilişkilerine ihtiyaç vardır. Azalım ilişkileri;

depremin büyüklüğü, uzaklık, kaynak mekanizması ve yerel zemin koşullarına bağlı olarak kuvvetli yer hareketinin farklı parametrelerinin medyan ve standart sapmalarını veren, log-normal dağılıma sahip olduğu kabul edilen ampirik bir tanımlamadır. PGA ya her iki yöndeki bileşene ait maksimum değerlerin geometrik ortalaması ya da yönden bağımsız olarak en büyük değere sahip olanı alınır. Türkiye’de 1999 İzmit ve 1999 Düzce depremlerinden önce yeterli bir ivme verisi yoktu ve bu bölge için önemli bir azalım ilişkisi geliştirilmemişti, bu nedenle diğer yerlerde geliştirilen deneysel bağıntılar kullanılmıştı. Amerika’nın kuzeybatısındaki sığ depremler için Boore ve diğ. (1997) tarafından geliştirilen bağıntıda moment magnitüdü, istasyonlar arasındaki en yakın yatay uzaklık, episantr uzaklığı, kayma dalga hızı ve kuramsal kayma dalga hızı parametreleri kullanılmıştır. Özbey ve diğerleri (2004), iki rastgele değişim kaynağını içeren bir modeli tanımlayarak moment magnitüdü, istasyonlar arasındaki en yakın yatay uzaklık ve zemin sınıflarının katsayı göstergelerini parametre olarak kullanmışlardır. Ulusoy ve diğ. (2004) tarafından önerilen azalım ilişkisi modelinde ise parametre olarak moment magnitüdü, episantr uzaklığı, zemin sınıfı katsayı göstergeleri ve en geniş maksimum yatay pik ivme değeri kullanılmıştır. Yukarıda sözü edilen parametreler kullanılarak farklı bölgeler için azalım ilişkileri geliştirilmiştir. Bu çalışmada Kuzey Anadolu Fay Zonu’nu içeren Orta Karadeniz bölgesi için sismik moment ve gerilme düşümü (stress drop) gibi farklı iki parametre eklenerek yeni bir azalım ilişkisi oluşturulmuştur.

2. AMAÇ VE METOT

Bu çalışmada, bölgesel bazda alınan ivme kayıtlarının, uzaklık, magnitüd, sismik moment, gerilme düşümü (stress drop) ve yerel zemin koşullarının bir fonksiyonu olarak, Orta Karadeniz Bölgesine özgü yeni ve güncel bir azalım ilişkisinin geliştirilmesi amaçlanmıştır. Bunun için, 1976-2018 tarihleri arasında, koordinatları 39°-41°K enlemleri ve 35°-38°D boylamları arasında kalan bölgenin deprem etkinliği kuvvetli yer hareketi kayıtları ile incelenmiştir. Bu zaman aralığında bölgede meydana gelen magnitüdü 3.5 ve daha büyük olan 63 depremden alınan toplam 208 ivme kaydı diğer deprem parametreleri ile birlikte değerlendirilmiştir. Kullanılan deprem kayıtları AFAD (URL-1) tan sağlanmıştır. Değerlendirmede kullanılan depremlere ait bilgiler Tablo 1’de, kayıtları kullanılan depremlerin yerleri Şekil 1’de gösterilmiştir. Yerel zemin koşulları, kayma-dalgası hız değerlerine (V_s) göre sınıflandırılmıştır (Türkiye deprem yönetmeliği, 2007). Deprem sırasında ve sonrasında kaydedilen ana şok ve artçı şok kayıtları, bölge için yapılan model çalışmada kullanılarak veri seti oluşturulmuş ve çoklu regresyon analizi yöntemi kullanılarak Orta Karadeniz bölgesi için güncel bir ivme azalım ilişkisi modeli geliştirilmiştir.



Şekil 1. Azalım ilişkisinin geliştirilmesinde kullanılan depremlerin episantrları ve inceleme alanı.

Tablo 1. Çalışmada kullanılan depremlere ait bilgiler

Kayıt No	Tarih	Deprem	M _w	Derinlik (km)	İstasyon Sayısı	Uzaklık (km)	PGA (cm/sec ²)
1	1992-02-12	Mecitozu -Amasya	4.6	10.0	1	9	37.09
2	1996-03-17	Merzifon -Amasya	4.4	10.3	2	41	10.00
3	1996-08-14	Merzifon -Amasya	5.7	11.9	3	48	27.00
4	1996-08-14	Merzifon -Amasya	4.1	6.0	1	45	2.50
5	1996-08-14	GumuskoyAmasya	5.6	2.7	3	48	20.00
6	1996-08-14	Merkez - Corum	5.8	50.4	2	65	8.50
7	1996-08-14	Merzifon -Amasya	4.1	9.9	1	48	2.00
8	1996-08-14	Merzifon -Amasya	4.1	13.0	1	42	2.00
9	1996-08-15	Merkez - Corum	3.7	10.0	1	53	1.00
10	1996-08-15	Merzifon -Amasya	4.1	10.0	1	34	1.50
11	1996-08-15	Merzifon -Amasya	3.7	3.3	1	50	1.50
12	1996-08-19	Merkez - CORUM	3.9	8.0	1	41	2.00
13	1996-08-20	Merzifon -Amasya	4.3	10.0	1	41	6.00
14	1996-08-21	Merzifon -Amasya	4.1	24.5	1	46	2.00
15	1996-09-09	GumuskoyAmasya	4.2	5.0	1	49	1.50
16	1996-11-22	Merkez - Corum	4.3	9.4	1	59	3.00
17	1996-12-01	Resadiye - Tokat	4.7	25.2	1	42	3.00
18	1997-02-28	Merkez - Corum	5.2	4.9	3	38	21.00
19	1997-02-28	Merzifon -Amasya	4.3	5.0	1		2.50
20	1997-03-01	Merzifon -Amasya	3.7	2.0	1	42	3.00
21	1997-03-06	Merzifon -Amasya	3.7	10.0	1	51	1.50
22	1998-01-12	Mecitozu -Amasya	3.9	4.1	1	7	1.50
23	1998-05-31	Mecitozu -Amasya	4.2	5.0	1	32	9.00
24	1998-07-20	Tasova - Amasya	4.5	14.6	1	96	1.50
25	1999-06-11	Merkez - Sivas	4.9	22.7	1	95	4.11
26	1999-06-11	Merkez - Sivas	4.4	10.0	1	35	1.09
27	2001-05-03	Erbaa - Tokat	4.5	6.4	2		4.88
28	2001-12-16	GumuskoyAmasya	4.3	5.0	1	33	15.00
29	2003-09-27	Mecitozu -Amasya	4.2	3.1	1	7	58.00
30	2004-05-07	Mecitozu -Amasya	3.7	5.0	1	8	22.00
31	2006-06-29	Tokat-Turhal	3.5	17.0	1	5	3.00
32	2010-04-02	Corum merkez	5.0	19.20	1	11	43.78
33	2010-04-05	Corum Merkez	3.7	15.80	2	8	2.51
34	2012-07-03	Tokat Basciftlik	3.9	12.90	1	30	1.52
35	2013-01-02	Tokat-Basciftlik	3.7	1.92	3	14	4.88
36	2013-02-27	Tokat-Merkez	4.0	13.21	1	9	11.59
37	2013-03-07	Amasya-Tasova	4.4	20.62	3	36	3.30
38	2013-03-25	Amasya-Merkez	3.9	18.78	2	30	0.28
39	2013-04-27	Corum_Merkez	3.7	12.56	3	60	0.29
40	2013-05-01	Tokat-Niksar	3.7	14.75	3	21	2.32
41	2013-06-06	Tokat-Erbaa	3.7	14.60	4	26	1.91
42	2013-07-24	Sivas-Koyulhisar	3.6	14.38	3	9	4.63
43	2013-08-04	Tokat-Niksar	3.9	13.65	7	36	0.54
44	2013-11-01	Corum-Mecitozu	3.7	11.63	2	34	0.62
45	2013-12-10	Sivas-Merkez	3.6	10.07	3	39	0.24
46	2014-01-02	Yozgat-Cekerek	3.8	2.36	1	38	0.86
47	2014-02-20	Amasya-Merkez	3.7	6.97	9	20	2.29
48	2014-05-01	Sivas-Kangal	4.2	6.59	8	100	0.97
49	2014-06-23	Tokat-Merkez	4.0	15.41	4	60	0.69
50	2014-06-23	Tokat-Merkez	3.7	6.31	5	33	0.91
51	2014-11-11	Amasya-Merkez	3.6	2.01	15	69	0.34
52	2015-10-03	Tokat-Erbaa	3.6	20.53	8	62	0.15
53	2015-10-09	Tokat-Erbaa	4.9	20.52	27	23	26.99
54	2015-10-09	Tokat-Erbaa	4.0	10.25	12	9	18.76
55	2016-02-04	Malatya-Hekimhan	3.6	10.25	10	38	1.67
56	2016-02-18	Kayseri-Sarioglan	4.1	5.44	2	28	6.91
57	2016-06-29	Sivas-Koyulhisar	3.6	17.03	3	5	105.52
58	2016-07-25	Malatya-Hekimhan	3.7	15.19	5	33	1.23
59	2016-11-08	Tokat-Resadiye	3.6	11.20	2	25	1.50
60	2017-01-08	Yozgat-Saraykent	3.7	6.06	10	62	0.89
61	2017-05-11	Sivas-Merkez	3.8	6.99	9	36	0.43
62	2017-07-04	Kayseri-Sarioglan	3.5	21.99	6	55	0.41
63	2017-07-13	Çorum-Mecitözü	3.8	12.55	8	21	1.89



Yer hareketi tahmini ya da azalım modelleri, zemin hareketi parametrelerinin özelliklerinin odak noktasından ya da sismik kaynağın seçilen bir noktasından uzaklaştıkça nasıl değişeceğini gösteren denklemlerdir. Bu denklemler genellikle M magnitudündeki bir depremin, R uzaklığındaki inceleme alanında yaratacağı en büyük zemin hareketi parametresinin değerini veren bir fonksiyon şeklindedir. Uzaklık olarak, episantr, odak ya da sismik kaynak üzerindeki bir noktadan ölçülen mesafeler alınmaktadır. Ayrıca inceleme alanının zemin özelliklerini yansıtan bir parametre de bu ilişkilerde yer alabilmektedir. Bazı azalım ilişkileri fayın türünü de göz önünde tutmaktadır. Bu azalım ilişkilerinin genel yapısı aşağıda verilen denklem ile tanımlanabilir (Araya ve Der Kiureghian, 1988);

$$Y = N_y f(M, R, SP_i) \quad (1)$$

Burada, Y: tahmin edilecek olan kuvvetli yer hareketi parametresi, (bağımlı değişken); N_y : azalım ilişkisindeki (ortalama tahmin eğrisi) belirsizlik (saçılma) için rassal düzeltme katsayısı; R: depremden inceleme alanına olan “tanımlanmış” uzaklık ölçüsü (km); M: deprem büyüklüğünü gösteren herhangi bir ölçekteki magnitud değeri; SP_i : deprem kaynağı, dalga yayılım yolu, yerel zemin koşulları ile ilgili parametreler. Bu çalışmada kullanılan temel doğrusal çoklu ilişki (regresyon) modeli (Wu ve diğ., 2001) aşağıda verilmektedir.

$$\log PGA = C_1 + C_2 M_w + C_3 M_w^2 + C_4 \log R + C_5 \log \Delta\sigma + C_6 \log M_0 + C_7 S_b + C_8 S_d + C_9 S_c \quad (2)$$

Burada PGA; kuvvetli yer hareketi ivmesi, R; kaynaktan inceleme alanına olan uzaklık (km), M_0 ; sismik moment; M_w ; Moment magnitudü, $\Delta\sigma$; gerilme düşümü (stress drop), S_b , S_d , S_c ; zemin katsayıları ve C_1 , C_2 , C_3 , C_4 , C_5 , C_6 , C_7 , C_8 ve C_9 ; regresyon katsayıları. Bazı çok küçük olaylar için yırtılma yüzeyi açıkça tanımlanmamıştır. Bu nedenle bunun yerine episantr uzaklığı kullanılmıştır. Sismik momentin (M_0) hesaplanması için Kanamori (1977) ve Ekström ve Dziewonski (1988) tarafından geliştirilen (3) bağıntısı kullanılmıştır.

$$\log M_0 = 1.5 M_w + 16.1 \quad (3)$$

Gerilme düşümünün (stress drop, $\Delta\sigma$) hesaplanmasında Aki (1972) tarafından geliştirilen (4) bağıntısı kullanılmıştır.

$$\Delta\sigma = (2/\pi)(M_0/SW) \quad (4)$$

Burada S; fayın alanı, fayın uzunluğu (L) ile genişliğinin (W) çarpımıdır. W; fayın genişliğidir. Fayın uzunluğunun hesaplanmasında Chen (1989) tarafından verilen (5) bağıntısı kullanılmıştır. Fayın genişliği ise (6) bağıntısında verilen yırtılma genişliği-büyüklüğü arasındaki ilişki ile hesaplanmıştır (Wells ve Coppersmith, 1994).

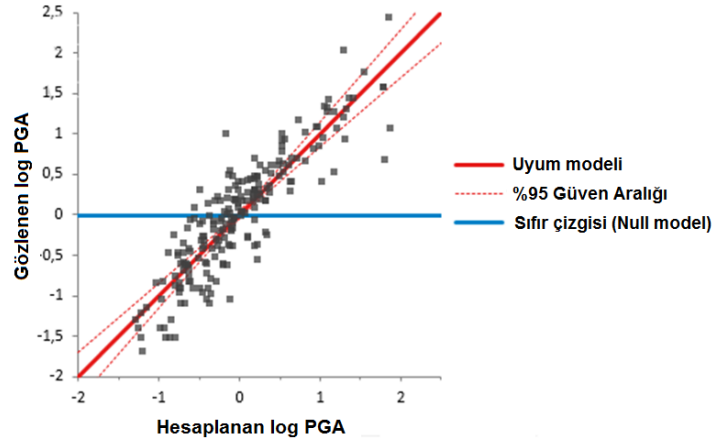
$$\log L = M_s/3 - 0.873 \quad (5)$$

$$M_w = 3.80 + 2.59 \log W \quad (6)$$

Tüm veri grubuna (208 yer ivme kaydı) dayanarak doğrusal regresyon analizi ile geliştirilen ivme azalım ilişkisi aşağıdaki gibi elde edilmiştir.

$$\log PGA = -0,07 + 0,99 M_w - 0,017 M_w^2 - 1,66 \log R - 0,04 \log \Delta\sigma + 0,004 \log M_0 - 0,002 S_b + 0,04 S_c - 0,02 S_d \quad (7)$$

Bu bağıntının standart sapma değeri 0.35 ve ilişki katsayısı 0.89 olarak bulunmuştur. Gözlenen ve hesaplanan PGA değerleri arasındaki hata miktarı oldukça azdır (Şekil 2).



Şekil 2. Gözlenen ve hesaplanan PGA değerleri arasındaki uyum ve hata miktarı.

3. SONUÇ

Bu çalışmada derlenen veriler ile Orta Karadeniz Bölgesinin PGA davranışını deneysel olarak belirlemesi amaçlanmıştır. Bu amaçla daha önce kullanılan uzaklık, magnitüd ve zemin yapısının yanı sıra sismik moment ve gerilme düşümü gibi iki yeni parametrenin de eklenmesiyle yeni bir azalım ilişkisi geliştirilmiştir. Regresyon analizi için moment magnitüdü (M_w) yaklaşık 3.5'den büyük 63 depremin 215 istasyon kaydının yatay pik yer ivmesi (PGA) değerleri kullanılmıştır. İlişkinin kat sayılarını belirlemede çoklu regresyon analizi kullanılmıştır. Hesaplanan parametrelerde kaynak-alan mesafesi 200 km ve Moment magnitüdü $3.5 \leq M_w < 7.5$ arası değerler kullanılarak azalım ilişkisi üretilmiştir. Hesaplanan ve gözlenen PGA değerleri arasındaki standart sapma değeri 0.35 ve ilişki katsayısı 0.89 dur. Kullanılan $3.5 \leq M_w < 7.5$ aralığındaki depremler için belirlenen gerilme düşümü (stress drop) değerleri 18-25 bar arasında bulunmuştur. Uygulanan çoklu regresyon analizi sonucunda Orta Karadeniz bölgesi için geliştirilen azalım ilişkisi bağıntısında PGA değerlerinin gerilme düşümü (stress drop) ile ters ilişkili ve sismik moment değeri ile doğru ilişkili olduğu belirlenmiştir.

KAYNAKLAR

- Aki, K. (1972). Earthquake mechanism. *Tectonophysics* **13**, 423-446.
- Araya, R. ve Der Kiureghian, A. (1988). Seismic Hazard Analysis: Improved Models, Uncertainties and Sensitivities. EERC Report No. UCB/EERC-90/11, College of Engineering, University of California, Berkeley
- Boore, D. M., Joyner, W. B. ve Fumal, T. E. (1997). Equations for Estimating Horizontal Response Spectra and Peak Acceleration from Western North American Earthquakes: A Summary of Recent Work. *Seismological Research Letter*, **68**, 128-153.
- Chen, P., and Chen, H. (1989). Scaling law and its applications to earthquake statistical relations. *Tectonophysics*, **166**, 53-72.
- Ekström, G., and Dziewonski, A. M. (1988). Evidence of bias in estimations of earthquake size. *Nature*, **332**, 319-323.
- Kanamori, H. (1977). The energy release in great earthquakes. *Journal of Geophysical Research*, **82**, 2981- 2987.



- Ozbey, C., Sari, A., Manuel L., Erdik, M. ve Fatja, Y. (2004). An Empirical Attenuation Relationship for Northwestern Turkey Ground Motion Using a Random Effects Approach. *Soil Dynamics Earthquake Engineering*, **24**, 115–125.
- TDY (2007). Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, 2007. Afet Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik.
- Ulusay, R., Tuncay, E., Sonmez, H. ve Gokceoglu, C. (2004). An Attenuation Relationship Based on Turkish Strong Motion Data and Iso-Acceleration Map of Turkey. *Engineering Geology*, **74**, 265–291.
- Wells, D. L. ve Coppersmith, K. J., (1994). New Empirical Relationships Among Magnitude, Rupture Length, Rupture Width, Rupture Area, and Surface Displacement. *Bulletin of the Seismological Society of America*, **84**, 974–1002.
- Wu, Y. M., Shin, T.C. ve Chang, C.H. (2001). Near Real-Time Mapping of Peak Ground Acceleration and Peak Ground Velocity Following a Strong Earthquake. *Bulletin of the Seismological Society of America*, **91**, 1218–1228.
- URL-1: Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (http://kyhdata.deprem.gov.tr/2K/kyhdata_v4.php)



TÜRKİYE’DE MEYDANA GELEN 63 $M_w \geq 5.0$ DEPREMİN SİSMİK-İYONOSFERİK AYKIRILIKLARININ İSTATİSTİKSEL OLARAK İNCELENMESİ

M.S. ÇEPNİ¹, E. ŞENTÜRK² ve F. SERTÇELİK³

¹ Doçent, Harita Müh. Bölümü, Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli

² Araştırma Görevlisi, Harita Müh. Bölümü, Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli

³ Doçent, Jeofizik Müh. Bölümü, Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli

Email: erman.senturk@kocaeli.edu.tr

ÖZET

Bu çalışmada, Türkiye’de 2003-2016 yılları arasında meydana gelen 63 depremin ($M_w \geq 5.0$) 10 gün deprem öncesi, deprem günü ve 10 gün deprem sonrası olmak üzere 21 günlük dönemde iyonosferde meydana getirdiği olası aykırılıklar, CODE-GIM den elde edilen deprem merkez üssü Toplam Elektron İçeriği (TEİ) değerleriyle istatistiksel olarak incelenmiştir. Deprem merkez üssü TEİ değerleri CODE-GIM deki deprem merkez üssüne en yakın 4 grid noktasından iki değişkenli enterpolasyon yöntemi ile hesaplanmıştır. İyonosferdeki aykırılıklar TEİ varyasyonuna 10-günlük çeyrek açıklık tabanlı kayan ortancalar yöntemi uygulanarak belirlenmiştir. İstatistiksel sonuçlar özellikle $M_w \leq 6.0$ olan depremlerde, iyonosferde deprem kaynaklı anlamlı bir değişimin gözlenmesinin mümkün olmadığını göstermiştir.

ANAHTAR KELİMELER: Deprem, İstatistiksel Analiz, İyonosfer, Toplam Elektron İçeriği.

STATISTICAL INVESTIGATION OF SEISMIC-IONOSPHERIC ANOMALIES OF 63 $M_w \geq 5.0$ EARTHQUAKE IN TURKEY

¹ Associate Professor, Department of Surveying Engineering, Kocaeli University, Kocaeli

² Research Assistant, Department of Surveying Engineering, Kocaeli University, Kocaeli

³ Associate Professor, Department of Geophysical Engineering, Kocaeli University, Kocaeli

Email: erman.senturk@kocaeli.edu.tr

ABSTRACT

In this study, possible ionospheric anomalies of 63 $M_w \geq 5.0$ earthquakes between the years of 2003-2016 in Turkey were statistically investigated in the 21-day period including 10 days before the earthquake, the earthquake day, and 10 days after the earthquake with total electron content (TEC) values of the epicenter derived from CODE-GIM. TEC values of the epicenter are calculated from the four grid points closest to the epicenter in CODE-GIM with the bivariate interpolation method. Anomalies of the ionosphere were determined by applying a 10-day quartile-based running median method to the TEC variation. The statistical results shown that it is not possible to observe a significant change in the ionosphere related with earthquake, particularly in the case of earthquakes with $M_w \leq 6.0$.

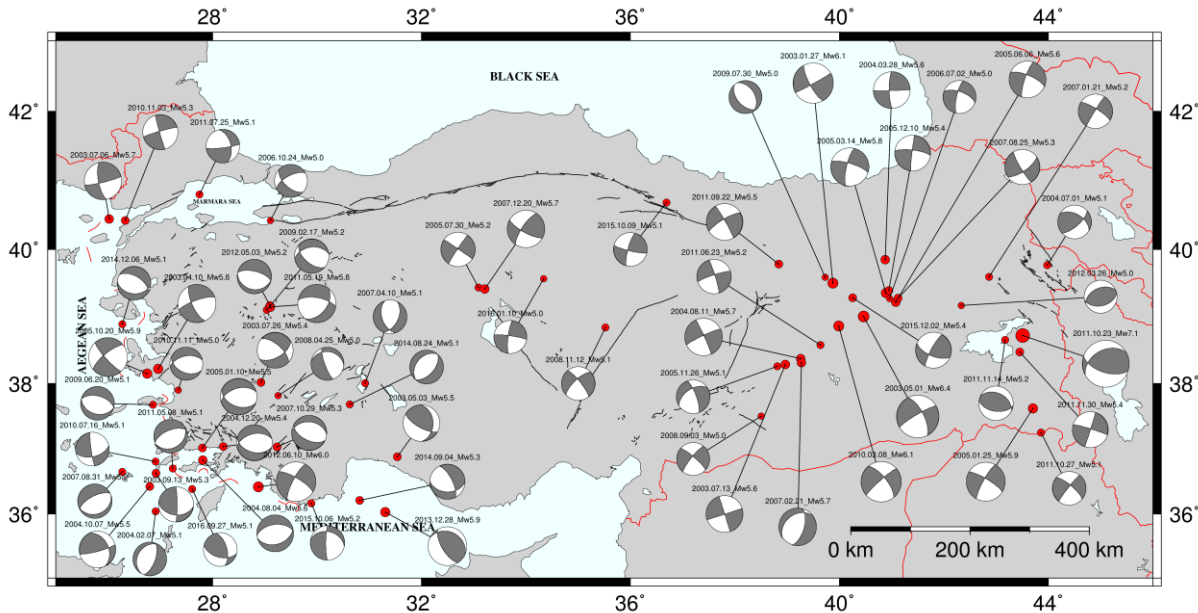
KEYWORDS: Earthquake, Ionosphere, Statistical Analysis, Total Electron Content.

1. GİRİŞ

Deprem, tsunami, volkanik patlamalar vb. yersel doğa olaylarının iyonosfer, troposfer vb. atmosfer katmanlarında bazı değişimlere neden olduğu bilinmektedir. Daha önceki çalışmalarda, depremlerin iyonosfer tabakasında beklenmedik ve kayda değer değişimlere neden olduğu belirtilmiştir (Dogan ve diğ., 2011; Arıkan ve diğ., 2012; Guo ve diğ., 2015; Ulukavak ve Yalçinkaya, 2017). Birçok araştırmacı, elektrik alan, akustik yarıçerçimi dalgaları ve elektromanyetik gibi depremlerden önce iyonosferde oluşan aykırılıkların fiziksel süreci hakkında farklı teorileri ortaya koymuştur ancak deprem-iyonosfer bağlantısının fiziksel süreci hakkında halen tamamen onaylanmış ve kabul görmüş bir yaklaşım bulunmamaktadır. Bu nedenle, istatistiksel çalışmalar daha da önem kazanmaktadır ve bu alanda birçok çalışma yapılmıştır (Kon ve diğ., 2011; Le ve diğ., 2011; Fuying ve diğ., 2011; Liu ve diğ., 2013). Bu çalışmada, 2003-2016 yılları arasında Türkiye'de meydana gelen $63 M_w \geq 5.0$ depremi ile ilişkili deprem merkez üssü TEİ değerlerinin zamansal değişimleri istatistiksel olarak araştırılmıştır. Depremlerden önce ve sonra iyonosferik aykırılıkları saptamak için TEİ varyasyonlarına çeyrek açıklık tabanlı kayan ortancalar yöntemi uygulanmıştır. Çalışmanın ikinci bölümünde kullanılan veri ve yöntemler, üçüncü bölümünde ise elde edilen sonuçlar gösterilmektedir.

2. VERİ VE YÖNTEM

Çalışmada öncelikle 2003-2016 yılları arası bölgede 108 deprem tespit edilmiş, ancak aykırılıkların başka bir sismik aktiviteden kaynaklanmadığından emin olmak için depremlerden 10 gün önce ve sonra meydana gelen daha düşük büyüklüklü depremler çalışma kapsamında ele alınmamıştır. Sonuç olarak 63 deprem çalışmada kullanılmıştır. Şekil 1'de çalışma alanındaki depremlerin merkez üssü ve odak mekanizmaları gösterilmiştir.

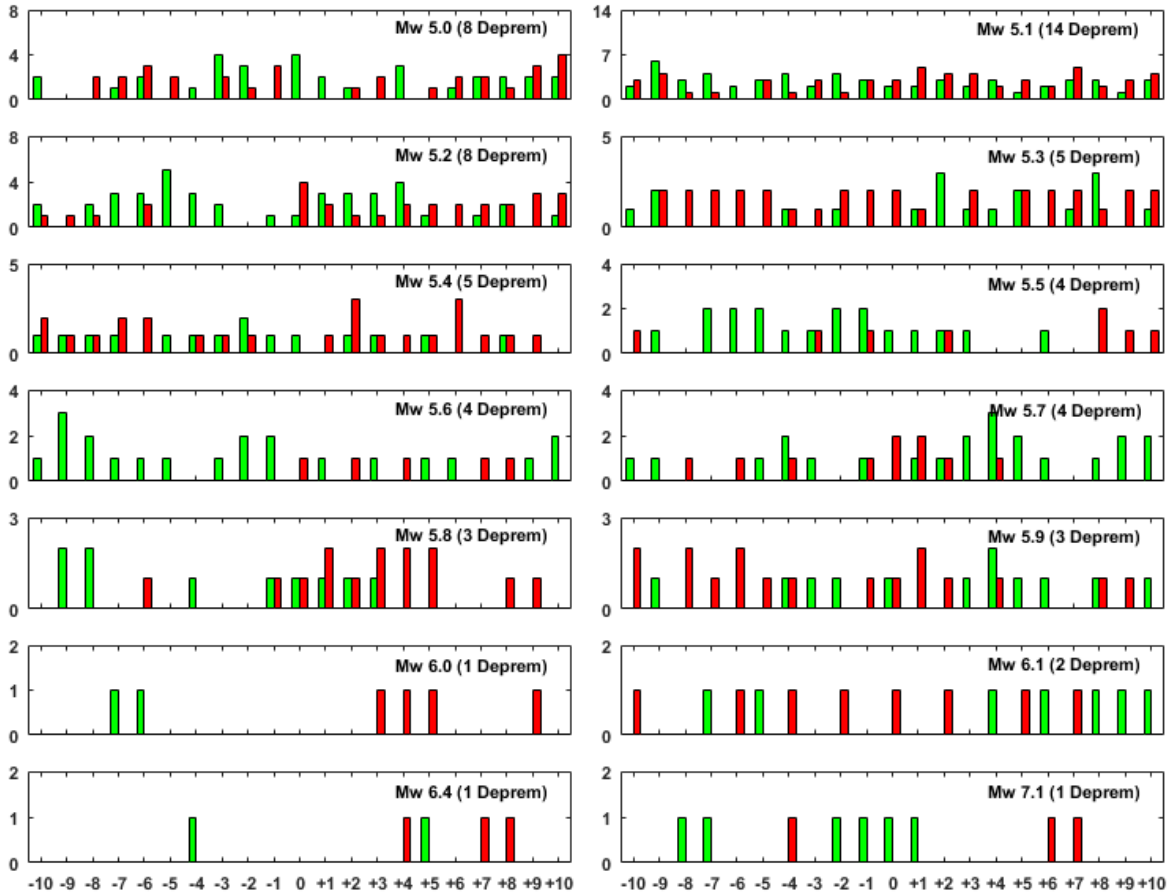


Şekil 1. Çalışma alanındaki depremlerin merkez üssü ve odak mekanizmaları

CODE-GIM verileri, $\pm 87.5^0$ enlem ve $\pm 180^0$ boylam aralığında $2.5^0 \times 5^0$ mekansal (5184 hücre) ve 2 saat zamansal çözünürlüktedir. Depremlerin merkez üssüne ait TEİ değerleri iki değişkenli enterpolasyon ile

en yakın dört GIM ızgara noktasından hesaplanmıştır (Schaer ve diğ., 1998). TEİ'nin birimi TECU'dur ve 1 TECU 10^{16} elektron/m²'ye karşılık gelmektedir. Olası aykırılıkları belirlemek için her epokta 10 gün önceki aynı epoka denk gelen değerlerin ortanca (μ), alt çeyrek (LQ) ve üst çeyrek (UQ) değerleri belirlenmiştir. Ayrıca bu değerlere bağlı olarak üst sınır, $\mu+1.5(UQ-\mu)$ ve alt sınır, $\mu-1.5(\mu-LQ)$ değerleri hesaplanmıştır. Buna göre belirli bir epokta gözlemlenen TEİ değerinin üst sınır değerleri aşması veya alt sınır değerleri aşmaması durumunda ilgili epok sırasıyla pozitif veya negatif aykırılık olarak tanımlanmıştır. Anormal bir günün sismik aktiviteden kaynaklandığına dair bulguları güçlendirmek için, TEİ varyasyonu üzerindeki uzay-iklim etkisini ortadan kaldırmak gereklidir. Bu amaçla, TEİ değişimini etkileyebilecek olası jeomanyetik aktivite (Dst) ve güneşsel aktivite (F10.7) indisleri için eşik değerler belirlenmiştir.

Anormal günlere karar verilirken şu kısıtlara uyulmuştur. (I) 6 saatten daha kısa süreli olan aykırılıklar TEİ zaman serisinden silinmiştir. (II) Mutlak Dst değerinin 20 nT'dan büyük olması durumunda ilgili zaman dilimindeki aykırılıklar TEİ zaman serisinden silinmiştir. (III) Ardışık günler arasında F10.7 değerleri arasındaki fark 20 sfu geçmesi durumunda, ilgili gündeki aykırılıklar TEİ zaman serisinden silinmiştir. (IV) Geriye kalan aykırılıklarda, ilgili günde hem pozitif hem de negatif aykırılık olması durumunda, eğer pozitif aykırılıklar negatif olanlara göre daha yüksekse ilgili gün pozitif anormal gün, tam tersi durumda ise ilgili gün negatif anormal gün olarak belirlenmiştir.



Şekil 2. Deprem büyüklüklerine göre gruplandırılmış anormal günler



3. SONUÇLAR

63 depremin anormal günleri deprem büyüklüklerine göre gruplandırılmış şekliyle Şekil 2’de gösterilmiştir. Toplam günlerin % 38.4’ü (508/1323) anormal gün olarak tespit edilmiştir. Anormal günlerin % 51.8’i (263) pozitif ve % 48.2’si (245) negatiftir. Tüm depremlerin 10 gün öncesinde 226 anormal gün (135 pozitif ve 91 negatif), deprem günlerinde 27 anormal gün (12 pozitif ve 15 negatif) ve 10 gün sonrasında 255 anormal gün (116 pozitif ve 139 negatif) tespit edilmiştir. Şekil 2’ye göre depremlerden önceki günlerdeki pozitif anormal günler ile depremlerden sonraki günlerdeki negatif anormal günler sayıca daha fazladır. Bununla birlikte, rakamlar neredeyse birbirine eşit olduğundan, anlamlı bir sonuca varmak mümkün değildir. Ayrıca depremler öncesi ve sonrası anormal gün sayıları neredeyse birbirine eşit olduğundan, $M_w \leq 6.0$ depremleri için anlamlı bir deprem öncülü belirlemek mümkün değildir. Dahası, depremlerden sonraki anormal günler depremlerden öncekinden daha fazladır.

KAYNAKLAR

- Arıkan, F., Deviren, M.N., Lenk, O., Sezen, U. ve Arıkan O. (2012). Observed Ionospheric Effects of 23 October 2011 Van, Turkey Earthquake. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, **3:1**, 1-8.
- Dogan, U., Ergintav, S., Skone, S., Arslan, N. ve Oz, D. (2011). Monitoring of the ionosphere TEC variations during the 17th August 1999 Izmit earthquake using GPS data. *Earth Planets Space*, **63:12**, 1183-1192.
- Fuying, Z., Yun, W., Yiyan, Z. ve Jian, L. (2011). A statistical investigation of pre-earthquake ionospheric TEC anomalies. *Geod. Geodyn.*, **2:1**, 61-65.
- Guo, J., Li, W., Yu, H., Liu, Z., Zhao, C. ve Kong, Q. (2015). Impending ionospheric anomaly preceding the Iquique Mw8.2 earthquake in Chile on 2014 April 1. *Geophys. J. Int.*, **203:3**, 1461-1470.
- Kon, S., Nishihashi, M. ve Hattori, K. (2011). Ionospheric anomalies possibly associated with $M \geq 6.0$ earthquakes in the Japan area during 1998–2010: Case studies and statistical study. *J. Asian Earth Sci.*, **41:4**, 410-420.
- Le, H., Liu, J.Y. ve Liu, L. (2011). A statistical analysis of ionospheric anomalies before 736 $M6.0+$ earthquakes during 2002-2010. *J Geophys Res.*, **116**, A02303/1-5.
- Liu, J.Y., Chen, C.H. ve Tsai, H.F. (2013). A statistical study on seismoionospheric precursors of the total electron content associated with 146 $M 6.0$ earthquakes in Japan during 1998–2011. *Earthquake Prediction Studies: Seismo Electromagnetics. TERRAPUB*, 17-30.
- Schaer, S., Gurtner, W. ve Feltens, J. (1998). IONEX: The ionosphere map exchange format version 1. In Proceedings of the IGS AC workshop, Darmstadt, Germany.
- Ulukavak, M. ve Yalçınkaya, M. (2017). Investigation of the Relationship Between Ionospheric TEC Anomaly Variations and Fault Types Before the Earthquakes. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, **4**, 383.



TRAKYA GAZ SAHASINDA PASİF SİSMİK YÖNTEMLERLE REZERVUAR ALANLARIN BELİRLENMESİ

Burcu SELEK¹, Can ÖREN¹, Sait BAYTOK¹, Bülent KAYPAK²

¹ *Jeofizik Yüksek Mühendisi, Arama Grubu, Türkiye Petrolleri*

² *Profesör, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, Ankara Üniversitesi*

ÖZET

Gravite, manyetik ve elektromanyetik gibi ön etüd yöntemlerinin yanısıra 2000’li yılların başından beri dünya genelinde hidrokarbon yataklarının aranmasında ön etüd niteliğinde yeni bir yöntem daha kullanılmaya başlanmıştır. Bir çeşit mikrotremor yöntemi olan ‘Düşük Frekanslı Pasif Sismik Yöntem (LF-PSM)’ adıyla bilinen bu uygulama ile bir hidrokarbon sahasındaki arka plan düşük frekanslı gürültüler dinlenerek rezervuarın varlığına ve özelliklerine ilişkin bazı parametreler kestirilmeye çalışılmaktadır.

Bu çalışmada da, önemli bir gaz üretme potansiyeline sahip Trakya Bölgesindeki gaz sahasında TÜBİTAK projesi kapsamında yapılan çalışmayla ülkemizde ilk kez uygulanan LF-PSM ile rezervuar seviyeler belirlenmeye çalışılmıştır. Yapılan bu çalışma, petrol ve gaz sahalarında yöntemin gelecekte kullanılmasına yönelik özgün ve örnek bir değer taşımaktadır. Arama amaçlı uygulanan bu yöntemde kaynak, doğal ve yapay nedenlerle rezervuarda oluşan salınım hareketleridir. Rezervuar içerisindeki hidrokarbonun neden olduğu doğal titreşimlerin spektral özellikleri incelenir.

Arazi verilerini toplamak amacıyla belirlenen lokasyonlarda üç bileşenli geniş bantlı sismometreler kullanılmıştır ve 1-6 Hz gibi dar bir frekans bandındaki düşük frekanslı spektral anomalilerin varlığı hidrokarbon göstergesi olarak değerlendirilmektedir. Ölçü alınacak noktaların düzenli bir grid ağı içerisinde seçilmesi önemlidir. Ölçü aralıkları çalışma sahasının genişliğine bağlı olarak 250-1000 m olacak şekilde belirlenebilmektedir. Belirlenen istasyonlarda sismometrelerle yaklaşık 24 saate kadar kayıtlar alınabilmektedir

ANAHTAR KELİMELER: Pasif sismik yöntem, düşük frekans, rezervuar belirleme

DETERMINATION OF RESERVOIR IN A GAS FIELD IN THE THRACE BASIN BY LOW FREQUENCY PASSIVE SEISMIC METHOD

Burcu SELEK¹, Can ÖREN¹, Sait BAYTOK¹, Bülent

¹ *Turkish Petroleum, TURKEY*

² *Geophysical Engineering of Ankara University, TURKEY*



ABSTRACT

Geophysical methods such as gravity, magnetic and electromagnetic are the methods which have long been widely used in oil and gas exploration as preliminary studies; however, lately a new method emerged using low frequency noise to determine the reservoir's existence and properties. This method is somehow a microtremor method; however, it differs by its use of low frequency noise and the method is called Low Frequency-Passive Seismic Method (LF-PSM). In our country, even though this method has not used yet; it has been applied successfully in many oil and gas fields in different parts of the world so far.

The Thrace Basin is the most productive gas province in Turkey and exploration is still underway today. Not only is the Thrace Basin important for its gas reservoirs; but also its reservoirs hold great potential for future gas storage purposes. Therefore, LF-PSM is planned to apply in this region. The LF-PSM uses oscillations as a source generated through the movements in the reservoir. The spectral analysis of those oscillations are investigated and characterized. 3 component broadband seismometers are used to collect the field data in designated locations. 1-6 Hz of low frequency spectral anomalies are considered as indicative of presence of hydrocarbons in a narrow frequency band. Important thing is that measuring points must be selected in a regular grid network. Measurement interval can be determined depending on the width of the study area to be 250 to 1000 m. On the other hand, seismometer records can be taken approximately 24 hours at selected stations.

KEYWORDS: Passive seismic method, low frequency, reservoir detection

1. YÖNTEM ve VERİ-İŞLEM

Yöntemde, birincil kaynak rezervuar dışındadır. Bu durumda, rezervuarın kendisi hem yansıtıcı, hem saçıcı, hem de soğurucu bir ortam olarak pasif bir görev yapmaktadır. İkincil kaynak ise rezervuarın kendisidir ve sinyal üreten ortam olarak aktif bir görev üstlenmektedir. Burada titreşimler gözenek ölçeğinde oluşmaktadır. Rezervuarda hapis olan sismik enerjinin titreşimi büyütücü yönde rol alması olarak düşünülmektedir.

Çalışma kapsamında 9 adet Güralp CMG-6TD marka taşınabilir geniş bantlı sismometre ile belirlenen 306 noktada yaklaşık 24/48 saatlik kayıtlar alınmıştır. Verilerin toplanmasında düzenli bir grid ağı oluşturulmuştur. Pasif sismik yöntemlerin dezavantajı aktif sismik yöntemlere göre daha düşük bir frekans bandında çalışması ve dolayısıyla veri gürültü içeriğinin yüksek olmasıdır. Bu tip gürültüler yüzey dalgaları gibi yayılır fakat yayılım derinliği küçük olduğundan rezervuar seviyeye ulaşmamaktadır. Diğer bir gürültü kaynağı depremlerdir ki depremler geniş bir frekans bandında tüm sismik dalgaları yaratır özellikle bu nedenle veri setinin analizinde deprem verilerinin atılması oldukça önemlidir. Yöntemin uygulanmasında saatlik veriler üzerinde çalışılmıştır bu nedenle seçilen saatlik veride deprem verisinin olup olmamasında göz kontrolü yapılarak karar verilmiştir.

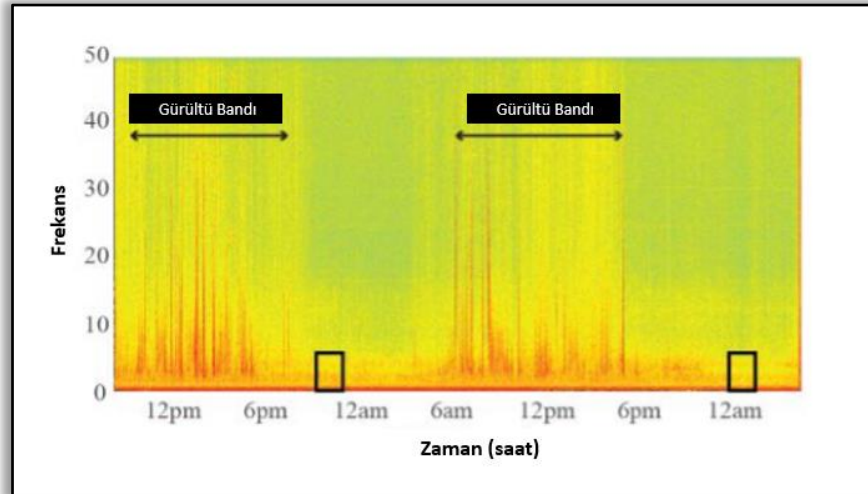
Toplanan verilerin analizinde dış gürültü içeriği düşük olan gece saatleri baz alınarak bir saatlik veriler üzerinde çalışmalar yapılmıştır (Şekil 1). Ölçüm yapılan istasyonlara ait spektrumlar incelendiğinde yol kenarına denk gelen ölçüm noktalarının ve yerleşim merkezlerine yakın istasyonların oldukça gürültülü olduğu görülmüştür. Bu nedenle mümkün olduğunca gürültü içeriğinin az olduğu istasyon kayıtları kullanılmıştır. MATLAB tabanlı geliştirilen program ile veri-işlem analizi yapılmıştır.

1.1 Güç Spektrumu Yoğunluğu (PSD) Hesabı

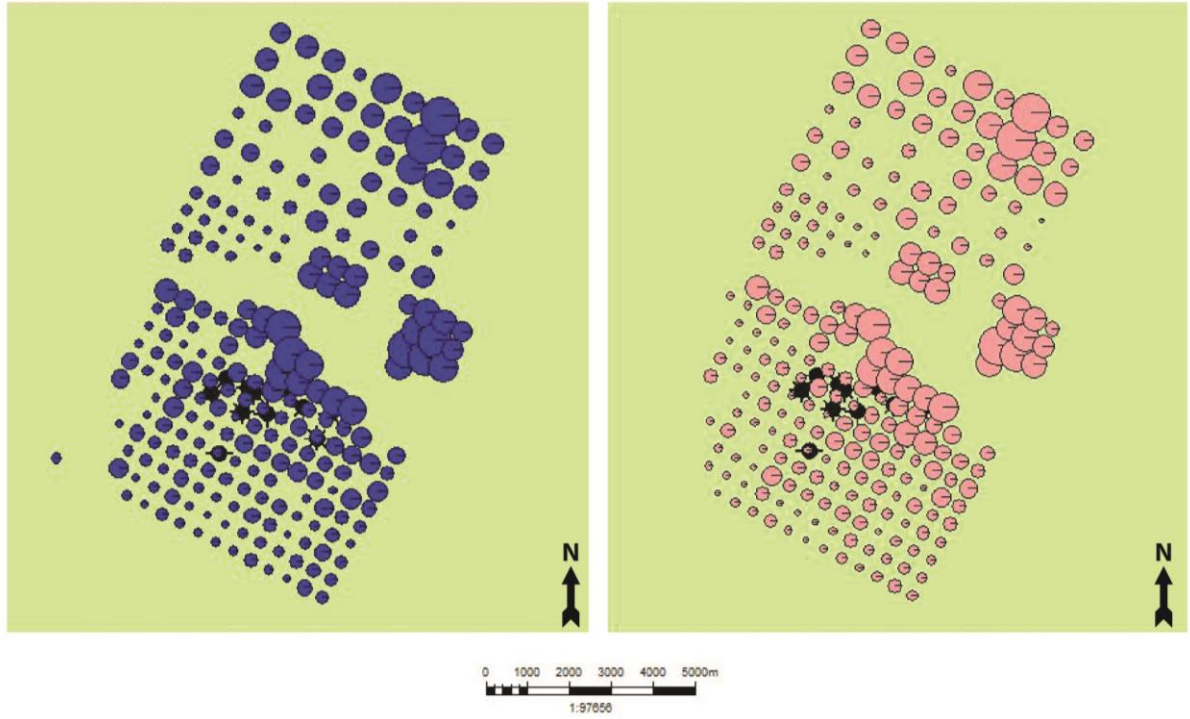
PSD niceleyicisi, düşey bileşene uygulanan (PSD-IZ) frekans ortamında enerji anomalilerinin belirlendiği bir integral hesabıdır kısaca sinyalin gücü ile ilişkilidir (Saenger, et al. 2007). Zaman ortamında kaydedilen sinyallerin frekans ortamına alınmasıyla genliklerdeki değişimin incelendiği spektral genlik yöntemine kıyasla daha kararlı sonuçlar oluşturduğu yapılan çalışmalarda gözlemlenmiştir.

2.2 V/H Spektral Oran Tekniği

Bu teknik ile frekans ortamında düşey ve yatay bileşenlerin genlik değişimleri oranlanarak rezervuar kaynaklı mikrotremör sinyal belirlenmeye çalışılır. Ölçüm noktaları üzerinde her iki yöntemde uygulanmasıyla elde edilen elde edilen anomalilerin büyüklüğüne göre baloncuk görselleri oluşturulmuş ve yapılan haritalamalarda her iki yöntemde elde edilen sonuçların uyumlu olduğu görülmüştür.



Şekil 1: Rezervuar alan üzerinde bulunan H008 istasyonuna ait 48 saatlik kaydın spektrogram görüntüsü (Kare ile gösterilen alanlar ise PSD analizinin yapıldığı gürültü içeriğinin az olduğu saat dilimleridir)



Şekil 2: Ölçüm yapılan noktalarda PSD analizi değerlerine bağlı balon görselleri (solda) ve V/H analizi değerlerine bağlı balon görselleri (sağda)

TEŞEKKÜR

Çalışmalarımızda ruhsatlı sahasını kullanma izni veren ve arazi çalışmalarımız sırasındaki konaklama için tesis kullanım olanağı sağlayan Türkiye Petrollerine ve proje çalışmalarımızda bize maddi destek sağlayan TÜBİTAK'A teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

Akrawi, K., and G. Bloch. (2006) Application of passive seismic _IPDS_ surveys in Arabian Peninsula: EAGE Workshop on Passive Seismic: Exploration and Monitoring Applications, Dubai, United Arab Emirates, A28.

Berteussen, K. A., M. Y.A. Ali, J. S. Small, and B. Barkat (2008) Allow frequency, passive seismic experiment over a carbonate reservoir in Abu Dhabi: Wavefront and particle motion study: 70th Annual International Meeting, EAGE, Extended Abstracts, B046.

Birialtsev, E.V., I.N. Plotnikova, I. R. Khabibulin, and N.Y. Shabalin (2006) The analysis of microseisms spectrum at prospecting of oil reservoir on Republic Tatarstan: 68th International Conference and Exhibition, EAGE



Birkelo B., Duclos M., Artman B., ve diğ. (2010) A passive low-frequency seismic survey in Abu-Dhabi-Shaheen project, SEG Denver Annual Meeting

Dangel, S., M. E. Schaepman, E. P. Stoll, R. Carniel, O. Barzandji, E. D. Rode, and J. M. Singer. (2003) Phenomenology of tremor-like signals observed over hydrocarbon reservoirs: Journal of Volcanology and Geothermal Research, 128, 135–158, doi:10.1016/S0377-0273(03)00251-8.

Graf, R., S.M. Schmalholz, Y. Podladchikov, and E. H. Saenger. (2007) Passive low frequency spectral analysis: Exploring a new field in geophysics: World Oil, **228**, 47–52.

Hanssen, P., and S. Bussat. (2008) Pitfalls in the analysis of low frequency passive seismic data: First Break, 26, 111–119.

Holzner, R., P. Eschle, H. Zurcher, M. Lambert, R. Graf, S. Dangel, and P. F. Meier (2005) Applying microtremor analysis to identify hydrocarbon reservoirs: First Break, 23, 41–46.

Kaypak B., Efeoğlu T., ve diğ. (2009). Passive Seismic Methods in Oil and Gas Fields, 17. Türkiye Uluslararası Petrol ve Doğalgaz Kongresi

Katebi Hoorieh, Hosseini Keivan S. ve diğ., (2011) An investigation on low-frequency passive seismic waves as a hydrocarbon indicator in SW-Iran, Proceeding of the 10th SEG International Symposium



Marmara Bölgesi Depremleri İçin M_w - M_L Dönüşüm Bağıntısı

Yunus Emre Şahin¹, T. Serkan Irmak², Hamdullah Livaoglu³ ve Evrim Yavuz³

¹ Yüksek Lisans Öğrencisi, Jeofizik Müh. ABD, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli

² Doçent Dr. Jeofizik Müh. Bölümü, Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli

³ Arş.Gör, Jeofizik Müh. Bölümü, Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli

Email: irmakts@kocaeli.edu.tr

ÖZET

Deprem büyüklüğü, bir depremi karakterize eden ve enerji ile doğrudan ilişkili olan en önemli parametrelerden biridir. Bir deprem büyüklüğünü tanımlamak için çeşitli büyüklük ölçekleri (yerel büyüklük, (M_L), cisim dalgası büyüklüğü, (m_b), yüzey dalgası büyüklüğü, (M_S), moment büyüklüğü (M_w)) kullanılmıştır. M_L , m_b ve M_S belirli frekans aralıklarındaki belirli sismik dalgaların genlik ölçümlerine dayandığı için bu büyüklükler birbirlerinden önemli ölçüde farklılık gösterebilmektedirler. Bununla birlikte M_w , sismik momenti temel aldığı için gerek büyük, gerekse de küçük depremlerde daha doğru ve tutarlı bir değer vermektedir. Bu çalışmada, Marmara Bölgesinde meydana gelen 70 deprem için ($3.4 < M < 5.4$), P dalgası genlik spektrumu kullanılarak sismik moment değerleri ve M_w büyüklükleri hesaplanmıştır. Daha sonra Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü kataloglarından alınan M_L değerleri ile regresyon analizini yapılarak, Marmara Bölgesi için $M_w = 0.7018M_L + 1.1715$ deneysel bağıntısı elde edilmiştir.

ANAHTAR KELİMELELER: Marmara, Moment Magnitudü, Lokal Magnitud, P-dalgası spektrumu

$M_w - M_L$ Relationship Small-Moderate Earthquakes in Marmara Region (Turkey)

Yunus Emre Şahin¹, T. Serkan Irmak², Hamdullah Livaoglu³ and Evrim Yavuz³

¹ Graduate Student, Geophysical Eng.Dep., Graduate School of Science, Kocaeli University, Kocaeli

² Assoc. Prof. Dr. Geophysical Engineering Dept, Kocaeli University, Kocaeli

³ Research Assist., Geophysical Engineering Dept, Kocaeli University, Kocaeli

Email: irmakts@kocaeli.edu.tr

ABSTRACT

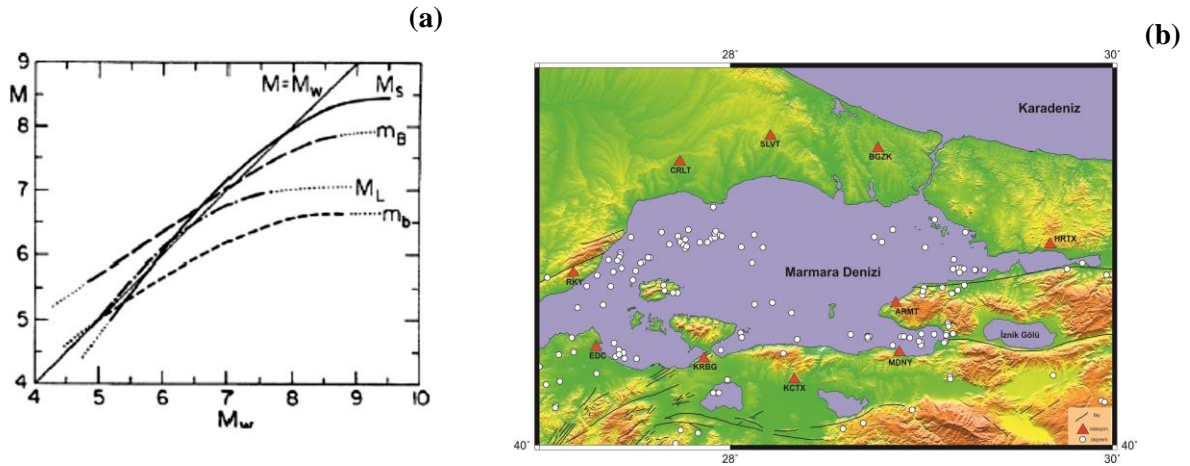
Earthquake magnitude is one of the most important parameters which is a measure directly related to the energy released characterizing an earthquake. Several magnitude scales (local magnitude, (M_L), body-wave magnitude, (m_b), surface-wave magnitude, (M_S), moment magnitude, (M_w)) are used for defining the size of an earthquake. M_L , m_b and M_S being based on amplitude measurements of specific types of seismic waves, in specified frequency ranges, sometimes recorded with a specific instrument. Because of different waves have been using to estimate the earthquake's magnitude at different distances, they

may significantly differ between each other. However, M_w is based on seismic moment, which is a physical quantity proportional to the energy released by the seismic source, hence it does not saturate even for very large earthquakes, so it has better representation for earthquake magnitude. In this study, we calculated seismic moment values and M_w magnitudes for 70 earthquakes ($3.4 < M < 5.4$) by using P-wave spectrum. M_L magnitudes were taken from Kandilli Observatory and Earthquake Research Institute catalogues. Then we obtained an empirical relationship as $M_w=0.7018M_L+1.1715$ by using regression analysis between M_w and M_L .

KEYWORDS: Marmara, Moment Magnitude, Local Magnitude, P-wave spectra

1. GİRİŞ

Son yıllarda meydana gelen büyük depremlere ait ilk magnitüd hesaplamalarında, genellikle depremin saha sonra anons edilen magnitüdünden 1 birim daha küçük değerler duyurulmaktadır. Örneğin, $M_w=7.4$ olan 17 Ağustos 1999 Kocaeli depreminin (Irmak, 2000) TC Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü tarafından (KOERI) ilk rapor edilen magnitüd değeri $M_d=6.7$ olarak verilmiştir. Benzer şekilde, 26 Ocak 2001 Kachchh-Hindistan Depreminin ($M_w=8.0$) (Gupta ve diğ., 2001), Hindistan Meteoroloji Dairesi tarafından ilk rapor edilen magnitüdü $M_L=6.9$ olarak verilmiştir. $M_w=7.7$ olan 13 Ocak 2001 El Salvador depreminin (Lomnitz ve Eliarraras, 2001) Central American Seismic Center tarafından anons edilen ilk magnitüdüleri $M_d=6.0$ ve $M_L=6.8$ şeklinde verilmiştir. Yüzeysel dalgası Magnitüdü (M_s) hesaplamaları için episantr uzaklığının fazla olması gerekmektedir ve genellikle lokal sismoloji merkezlerinin istasyonları bu uzaklığın daha altındaki uzaklıklara sahiptir. Bu örnekler, farklı magnitüdülerin satürasyon özelliğinden dolayı (Şekil 1a), özellikle büyük depremlerde, yerel sismoloji merkezleri tarafından anons edilen magnitüd değerlerinin, olması gerekenden daha küçük magnitüdüde olduğunu göstermektedir. Her ne kadar olduğundan daha küçük anons edilen magnitüdülerin, magnitüd ile hasar arasında doğrudan bir ilişki olmadığı için, özellikle depremin hemen sonrasında yapılması gereken arama-kurtarma çalışmalarını nasıl etkilediği tam olarak bilinmese de, bu durumun arama-kurtarma ekiplerinin daha yavaş hareket edebileceğine yol açabileceği konusunda şüpheler vardır.



Şekil 1(a). Farklı magnitüdülerin karşılaştırılması (M_s : yüzeysel dalgası magnitüdü, M_L : lokal magnitüd, m_b : cisim dalgası magnitüdü, m_B : Broad-band cisim dalgası magnitüdü) (Kanamori, 1983), (b) Çalışma alanı ve kullanılan depremler.



Şekil 1a'dan da görüldüğü gibi depremin büyüklüğü 6.5 ve üzerine çıktığında depremin büyüklüğünü tanımlayan farklı magnitüd değerleri için farklılıkta arttığı görülmektedir. Bu çalışmada, Marmara Bölgesi için M_L tanımlası yapılan depremler için hızlı bir şekilde M_w değerine geçebilmek için, Aralık 2007 – Temmuz 2016 tarihleri arasında meydana gelen ve $3.4 < M < 5.3$ olan 70 tane depremin P dalgası spektrumları kullanılarak, bu depremlerin sismik moment ve M_w değerleri hesaplanmış ve KOERI tarafından verilen lokal magnitüd değerleri kullanılarak, deneysel $M_w - M_L$ ilişkisi elde edilmiştir.

2. VERİ ve YÖNTEM

Bu çalışmada kullanılan sayısal deprem verisi KOERI tarafından işletilmekte olan deprem kayıt istasyonlarından elde edilmiştir (Şekil 1b). Kullanılabilecek düzeyde olan depremlerin seçimi için sinyal gürültü oranının fazla, ve en az 4 istasyon tarafından kayıt edilmiş depremler dikkate alınmıştır. Depremlerin sayısal verilerinin veri işlem aşamalarında Seismic Analysis Code (SAC), spektrum hesaplamalarında ise MATLAB programları kullanılmıştır. Depremlere ait düşey bileşen P dalgası, başlangıcından itibaren 0.5 sn öncesi ve 1.0 sn sonrası olmak üzere toplam 1.5 sn uzunluğunda pencerelenmiştir (Şekil 2a). Trend etkisinin giderilmesinden sonra %5 lik cosinus çanı ile törpüleme yapılmış, soğurulma ve alet etkileri giderilmiş, hız kaydı yer değiştirme kaydına dönüştürülmüş ve hızlı fourier dönüşümü ile spektrum hesabı yapılmıştır.

3. SONUÇLAR

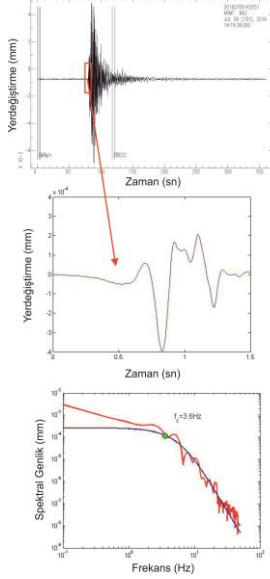
P dalgası spektrumu elde edildikten sonra (1) denklemi (Brune, 1970) kullanılarak depremin sismik moment ve (2) denklemi (Hanks ve Kanamori, 1979) ile de M_w değeri hesaplanmıştır.

$$M_0(V_{P,S}) = 4 \cdot \pi \rho \cdot R V_{P,S}^3 \frac{\Omega_0(P,S)}{k \cdot R_{\theta\phi}(P,S)} \quad (1)$$

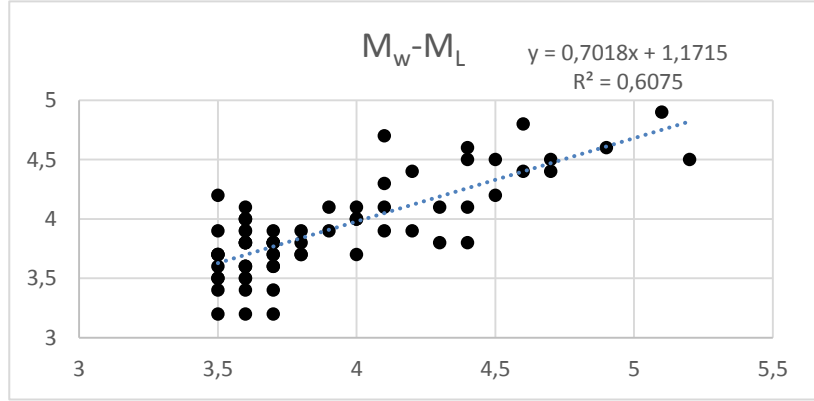
$M_0(V_{P,S})$: Sismik Moment (dyn.cm)
ρ	: Ortamın yoğunluğu (gr/cm^3)
R	: Episantr – istasyon arası uzaklık (cm)
$V_{P,S}$: P veya S dalgası için dalga hızı (cm/s)
Ω_0	: Düşük frekans seviyesi (cm.s)
$R_{\theta\phi}(P,S)$: Sismik dalganın yayılım örüntüsü katsayısı
k	: Serbest yüzey düzeltmesi

$$M_w = \left(\frac{2}{3} * \log_{10}(M_0) \right) - 10.7 \quad (2)$$

(a)



(b)



Şekil 2. (a) veri işlem aşamaları ve spektrum görüntüsü, (b) $M_w - M_L$ ilişkisi

KOERI kataloglarından alınan M_L değerleri ile regresyon analizini yapılarak, Marmara Bölgesi için $M_w = 0.7018M_L + 1.1715$ deneysel bağıntısı elde edilmiştir.

KAYNAKLAR

- Brune, J. N. (1970). Tectonic stress and the spectra of seismic shear waves from earthquakes, *J. Geophys. Res.* **75**, 4997–5009.
- Gupta, H. K., N. P. Rao, B. K. Rastogi, and D. Sarkar (2001). The deadliest intraplate earthquake, *Science* **291**, 2101–2102.
- Irmak, T. S. (2000). The source-rupture processes of recent large Turkey earthquakes. *Individual studies by participants to the International Institute of Seismology and Earthquake Engineering*, **36**, 131-143.
- Hanks, T. C., and H. Kanamori (1979). A moment magnitude scale, *J. Geophys. Res.* **84**, 2348–2350.
- Kanamori, H. (1983). Magnitude scale and quantification of earthquakes, *Tectonophysics* **93**, 185–199.
- Lomnitz, C., and S. R. Eliarrara's (2001). El Salvador 2001: earthquake disaster and disaster prevention preparedness in a tropical volcanic environment, *Seism. Res. Lett.* **72**, 346–351.



Study of the Qeshm fault using 3D tomography of Rayleigh waves

M. Haydary¹, A. Gholamzadeh²,

¹*Msc. Student of seismology, Physics Department, University of Hormozgan*

^{2*}*Assistant professor of seismology Physics Department, University of Hormozgan*

Email: abbas.gholam@hormozgan.ac.ir

ABSTRACT

Qeshm Island in the Persian Gulf, located close to the strait of Hormoz, is the biggest island of Iran. The Qeshm Fault is an active fault that responsible for many destructive earthquakes such as 27 Nov. 2005 (Mw=5.8), 9 Sept. 2008 (Mw=6.1) and some historical earthquake. We calculate dispersion curve of 856 aftershocks to make a 3D tomography of Rayleigh waves. We investigate the velocity structure of the upper crust of the Qeshm that include fault. The presence of this fault and the effect of this fault can be observed in some sections. In the horizontal sections at depths between 4 to 7 kilometers, we can see some uplifted high-velocity anomaly along the fault in direction of Northeast-Southwest parallel to the surface feature of Qeshm fault. In the vertical cross-section, normal to strike of fault, the effect of this fault is clear and we can estimate dip of the fault plane. The dip of fault range between 40 to 47 degree.

KEYWORDS: Qeshm Fault, 3D tomography, Rayleigh wave, Persian Gulf, Iran

1. INTRODUCTION

The Iranian plateau is located between the lithospheric plates of Arabia and Eurasia, which converge at a rate of

23 ± 2 mm per year at 26.5° N, 56.5° E (Vernant et al.2004). This shortening is accommodated by folding and

thrust faulting in the Makran subduction zone and Zagros mountain belt in the south and in the Alborz and Kopeh Dag mountains in the north (Walpersdorf et al. 2006).

The Zagros Fold and Thrust Belt (ZFTB) is part of the Himalayan–Alpine orogenic system, which extends continuously from the Strait of Hormoz in southern Iran to the East Anatolian fault in eastern Turkey, with ~ 1500 km length, and ranges in width from 200 to 300 km.

With a population of 149,000 and area about 1491 Km², Qeshm is the largest of the Persian Gulf islands (Fig. 1). It trends ENE along the northern Strait of Hormuz, separated from mainland Iran by the narrow Clarence Strait (or Strait of Khuran). An earthquake with magnitude Mw 5.8 occurred on Qeshm

Island, on November 27, 2005. This earthquake destroyed 3 villages completely, killed 13 persons and injured more than 100 peoples

. In the last 30 years, the economic development of Qeshm Island has increased the importance of seismic risk studies for this area. Study of the main fault of Qeshm is the most important key factors that control earthquake seismic hazard.

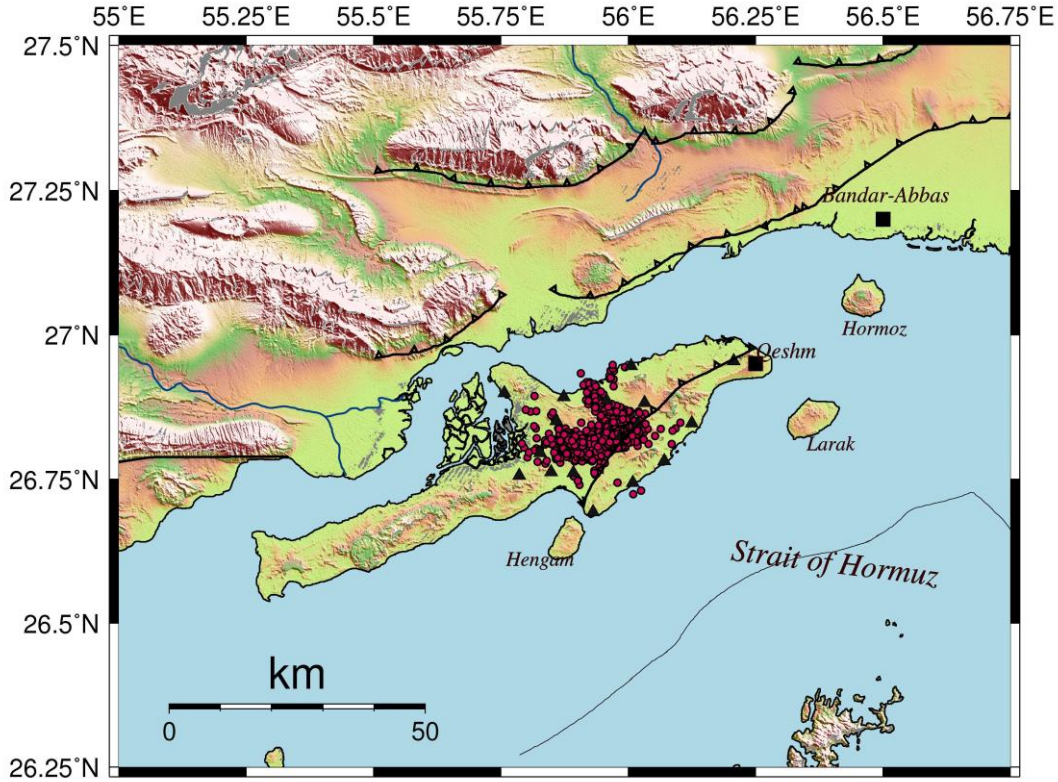


Figure 2. Location of the Qeshm Island, black Triangles are seismic stations, red circles show the epicentral distribution of all 858 located aftershocks.

2. DATA AND RESULTS

858 aftershocks of the 27 Nov. 2005 earthquake, $M_w = 5.8$, that have good accurate location are selected to make 2D tomography of Surface wave tomography. Surface waves dispersion is one of the most widely used seismic methods used to determine the crustal structure. By this information, our knowledge of internal structure and dynamics of earth, tectonics, identifying hidden faults, identifying seismic potential and risk analysis in the region, may be improved.

Because of short epicentral distance, (<40 Km), the period of the wave is less than 10 seconds. This amount of period means that wave travel uppermost of crust, mainly sediment layer.

In this study, we use the results of two-dimensional tomography of the speed of the wave-wave group, which was previously done. The one-dimensional curves of the shear wave velocity were calculated in depth at each point of the region, and by combining these one-dimensional velocity curves, we obtained the three-dimensional velocity structure of the region. In this three-dimensional structure, we review and study the Qeshm fault in the region.

In the next step by using the dispersion of group Rayleigh wave to find the 3D structure of the earth. To do this we use neighborhood algorithm (Wathelet, 2008) in Geopsy software.

For horizontal profiles drawn at depths of 4 to 7 kilometers, we see uplifted anomalies in the direction of northeast-southwest along the Qeshm fault; this anomaly could be due to Qeshm fault (Fig. 2). This anomaly is

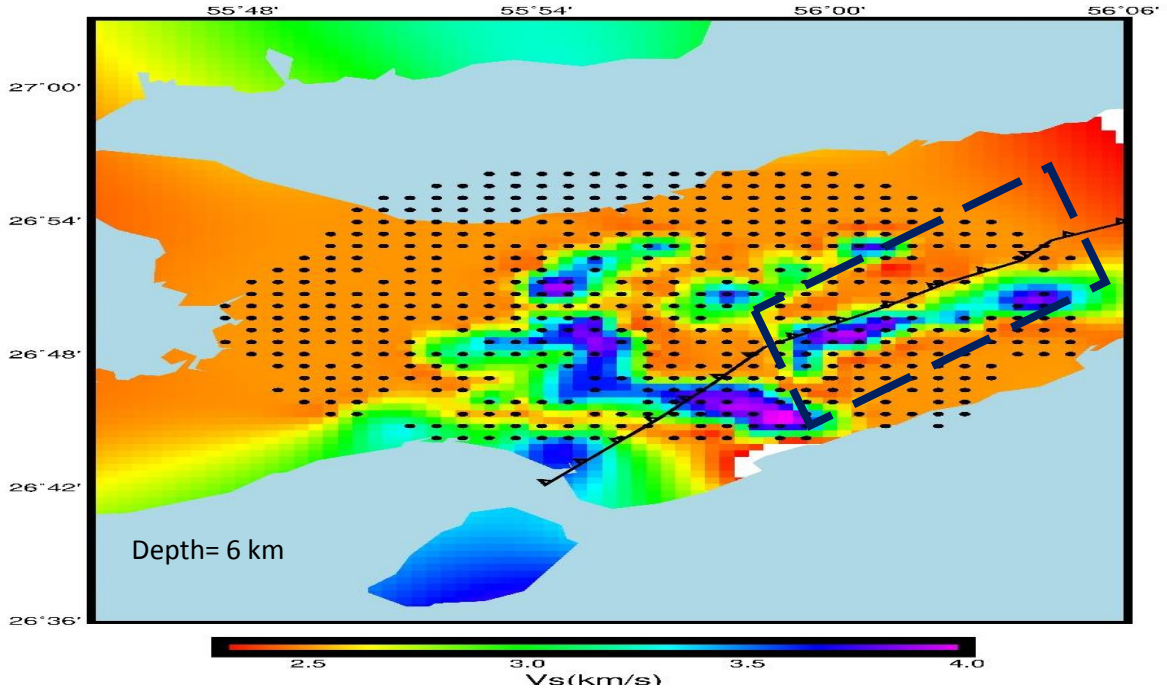


Figure 2. Horizontal section in depth 6 Km, black dashed box shows uplifted high velocity material along the fault.

drawn along the fault. It seems that along the faults, the high-velocity material goes up to shallower depths and is located next to materials with lower velocity.

For further study of this fault, vertical sections are plotted perpendicular to the fault (Fig. 3). Figure 3 shows the vertical cross section bb' in the direction of the vertical fault. As seen in the figure, it is 3 to 5 kilometers from the starting point of a bulge to a depth of 6 kilometers. The slope of this elevation is 45 degrees.

Conclusion

Qeshm fault is the most important fault in the island and responsible for many destructive earthquakes such as 27 Nov. 2005 (Mw=5.8), 9 Sept. 2008 (Mw=6.1) and some historical earthquake. It has northeast -southwest trend extending about 60 km from the vicinity of Qeshm city to the Hengam island and has surface outcrops . The presence of this fault and the effect of this fault can be observed in the deep sections of study area.

In horizontal sections mapped for the area, at depths of 4 to 7 kilometers, we can see high velocity anomaly in the direction of the northeast - southwest parallel to the Qeshm fault line, as well as the island itself.

By drawing the vertical sections in a vertical direction along the dip of fault, we obtained it with an average of 45 degrees. The result compared with the result of Yaminifard et al (2012) that the dip of the seismicity in the North West to almost 40 degrees confirmed.

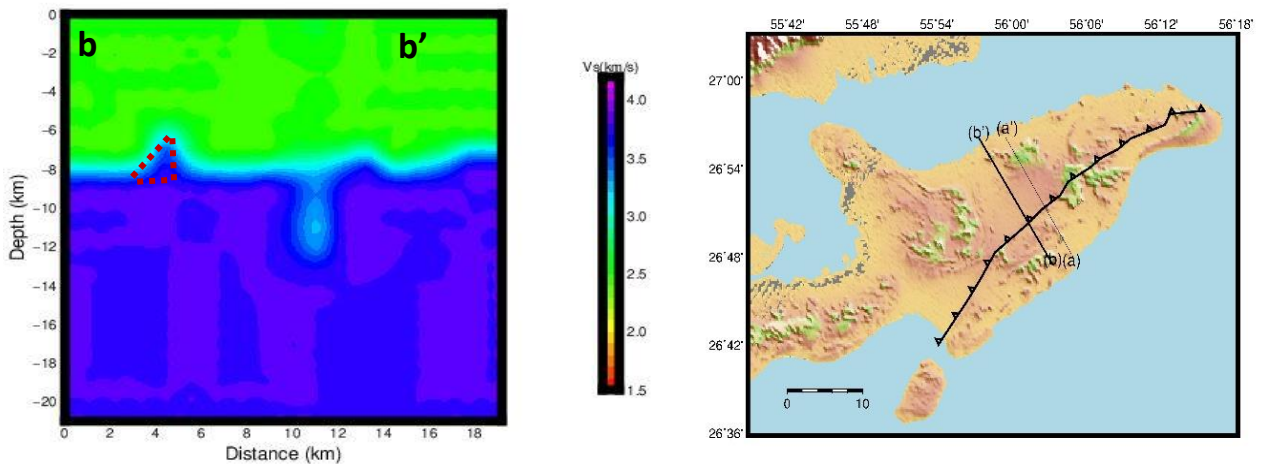


Figure 3. . The position of the vertical section bb 'is drawn along the Qeshm fault (right), the vertical section bb' drawn in the area (left). The red line drawn on a vertical cross-section defines the material uplift due to faults and indicates the slope of the fault plate.

ACKNOWLEDGEMENT

The data used in this research is collected by International Institute of Earthquake Engineering and Seismology. So we sincerely thank project team, who have been installing and collecting data under hard geographic conditions.

REFERENCES

- Sambridge, M., 1999. Geophysical inversion with a neighbourhood algorithm –I. Searching a parameter space. *Geophys. J. Int.* **138**: 479-494.
- Vernant, Ph, et al. "Present-day crustal deformation and plate kinematics in the Middle East constrained by GPS measurements in Iran and northern Oman." *Geophysical Journal International* **157.1** (2004): 381-398.



Walpersdorf, Andrea, et al. "Difference in the GPS deformation pattern of North and Central Zagros (Iran)." *Geophysical Journal International* **167.3** (2006): 1077-1088.

Wathelet, M., Jongmans, D. and Ohrnberger, M., 2004. Surface-wave inversion using a direct search algorithm and its application to ambient vibration measurements. *European Association of Geoscientists & Engineers, Near Surface Geophysics*. **2**: 211-221.

Wathelet, M., 2008. An improved neighborhood algorithm: parameter conditions and dynamical scaling. *Geophysical Research Letters*. **35**: 1-5 .

Yaminifard, F., Tatar, M., Hessami, K. and Gholamzadeh, A., 2012. Aftershock analysis of the 2005 November 27 (Mw 5.8) Qeshm Island earthquake (Zagros-Iran): Triggering of strike-slip faults at the basement. *Journal of Geodynamics*. **61**: 138-147



MERSİN AKKUYU NÜKLEER GÜÇ SANTRALİ CİVARINDAKİ SİSMİK OLAYLARIN SINIFLANDIRILMASI

E. Yavuz¹, H. Livaoglu¹, T. S. Irmak², F. Sertçelik²

¹ Araştırma Görevlisi, Jeofizik Müh. Bölümü, Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli

² Doçent Doktor, Jeofizik Müh. Bölümü, Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli

Email: evrim.yavuz@kocaeli.edu.tr

ÖZET

Bu çalışma, Türkiye'nin enerji ihtiyacını büyük ölçüde karşılaması açısından önemli bir mühendislik yapısı olan Akkuyu Nükleer Güç Santrali bölgesinde son yıllarda oluşan sismik olayların kaynağının belirlenmesi amacıyla yapılan pilot bir çalışmadır. Çalışma alanında, santral yapımı sırasındaki patlatmalar ve bölgede var olan lokal fayların oluşturduğu düşük enerjili sarsıntılar Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi (KRDAE-BDTİM) tarafından işletilen 16 adet istasyon ile kaydedilmiş olup verilerin analizleri yapılmıştır. Temmuz 2015 - Nisan 2016 aralığında (10 ay) $M_L \leq 2.0$ olan 35 adet sismik olayın kaynağı Sürekli Dalgacık Dönüşümü yöntemi kullanılarak sadece sismogramların düşey bileşenlerinde belirlenmeye çalışılmıştır. Karasal alanda oluşan olayların zamansal dağılımı dikkate alınmıştır. Yöntem, zamana ve frekansa bağlı olarak enerjinin dağılımını ifade etmektedir. Analiz sonuçlarına göre 20 adet deprem ve 15 adet yapay sarsıntı sınıflandırılmıştır. Bu derece dikkate değer bir bölgede ayırım metot sayısının artırılması ve bununla birlikte ayrıntılı analizler yapılması büyük önem arz etmektedir.

ANAHTAR KELİMELER: Akkuyu Nükleer Güç Santrali, doğal-yapay sarsıntı ayırımı, Sürekli Dalgacık Dönüşümü.

THE CLASSIFICATION OF SEISMIC EVENTS THAT OCCURED ON THE SURROUNDING REGION OF MERSİN AKKUYU NUCLEAR POWER PLANT

¹ Research Assistant, Dept. of Geophysical Engineering, Kocaeli University, Kocaeli

² Associate Professor, Dept. of Geophysical Engineering, Kocaeli University, Kocaeli

Email: evrim.yavuz@kocaeli.edu.tr

ABSTRACT

This is a pilot study that the area was chosen to be as Akkuyu Nuclear Power Plant project field which will be a new source in order to close the energy gap of Turkey. The recorded data that were provided from 16 earthquake stations operating by Boğaziçi University Kandilli Observatory (KOERI-RETMC) were analyzed. The events originated from local faults and the artificial explosions during the construction of the power plant. The vertical component of the seismograms of 35 seismic events with up to 2.0 local magnitude were analyzed with Continuous Wavelet Transform (CWT) between July 2015 - April 2016 (10 months). The temporal distribution of events occurring in the terrestrial area was taken



into account. The method reveals the time-frequency domain of the signal that indicates the energy distributions in the aspects of amplitude variations. In the results, 20 earthquake and 15 explosions were classified. It has of great importance to increase the number of discrimination methods in this remarkable region and to carry out detailed analysis with it.

KEYWORDS: Akkuyu Nuclear Power Plant, natural-artificial quake discrimination, Continuous Wavelet Transform.

1. GİRİŞ

Türkiye'nin enerji ihtiyacının büyük bir kısmını karşılamak amacıyla yapımına başlanan Akkuyu Nükleer Güç Santrali, deprem riskinin düşük olduğu Mersin il sınırları içerisinde projelendirilmiştir. Bu bölgede, santralin yapımı için test olarak meydana gelen yapay sarsıntılar üretilmiştir. Fakat, yine bölge içerisinde düşük magnitudlü tektonik olaylar da göze çarpmaktadır. Bundan dolayı da bölge içerisinde doğal-yapay sarsıntı ayırımı sismolojik olarak gözlemleyebilmek, gelecekte yapılması planlanan çalışmalar için büyük önem arz etmektedir.

Doğal-yapay sarsıntı ayırımında P dalgası ilk hareketi, P ve S maksimum genlik oranı, karmaşıklık analizi, koda dalgası azalım oranı, güç spektrumu, Pg/Lg oranı, Pn/Sn genlik oranı, kısa zamanlı Fourier Dönüşümü ve Dalgacık Dönüşümü yöntemleri yaygın olarak kullanılmaktadır (Wüster 1993; Gitterman ve diğ., 1998; Koch ve Föh, 2002; Horasan ve diğ., 2009; Yılmaz ve diğ., 2013; Carr ve Garbin, 1998; Arrowsmith ve diğ., 2006). Bu çalışmada kullanılan Dalgacık Dönüşümü yöntemi, jeofizik çalışmalarda sismik dalgaların nitelendirilmesinin yanı sıra kaynak enerji karakteristiğinin belirlenmesinde ve deprem patlatma ayırım analizlerinde de kullanılmaktadır (Başokur, 2007). Roueff ve diğ. (2004)'te sismik dalgaların türlerine ayrılmasında dalgacık dönüşümünü kullanmışlardır. Depremlerdeki sismik dalgaların daha uzun bir zaman penceresinde farklı frekanslara ve genliklere sahipken, patlatmalardan ise bu zaman aralığının daha dar olduğu çalışmalarda gözlemlenmiştir.

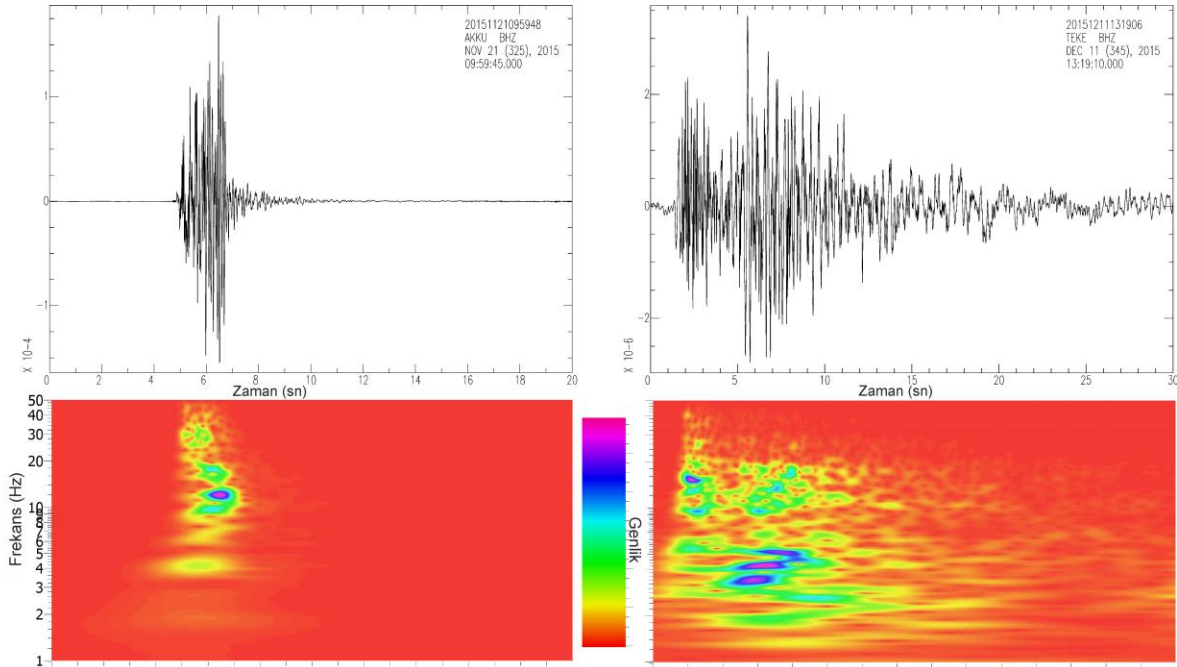
2. YÖNTEM

Çalışma alanında, Temmuz 2015 - Nisan 2016 (10 ay) tarihleri arasında karasal sınırlarda meydana gelmiş büyüklüğü (M_L) 2.0'dan küçük 43 adet sismik olay KRDAE-BDTİM veritabanında kayıtlara geçmiştir. Öncelikle olayların oluş zamanlarına bakılıp muhtemel olarak patlatmaların gündüz saatlerinde yapılmasından dolayı gece - gündüz ayırımı yapılmıştır. Böylece sadece gündüz vakitlerinde meydana gelen 35 olay ele alınmıştır. Patlatmalarda ortaya çıkan P dalgası, en iyi olarak sismogramların sadece düşey (Z) bileşeninde kaydedilebileceği için değerlendirmelerde bu kriter göz önüne alınmıştır. Sinyallerin içerisinde alet tepkileri çıkarılarak uzaklığa ve enerjiye bağlı olarak sinyal/gürültü oranı en az 2 olan kayıtlara Dalgacık Dönüşümü uygulanmıştır. Bu yöntem, Eşitlik 1'de verilen Morlet dalgacığı kullanılarak sürekli Dalgacık Dönüşümü ile gerçekleştirilmiştir.

$$M(f) = \frac{1}{\pi^{\frac{1}{4}}} e^{-w_a^2 \left(\frac{f}{f_i} - 1\right)^2} m \quad (1)$$

Denklemden, m dalgacık parametresi olarak adlandırılır ve zaman ve frekans çözünürlükleri arasındaki değişimi kontrol eder. Örneğin M değerinin artması daha iyi frekans çözünürlüğü sağlarken zaman çözünürlüğünü azaltır. f_i ise dalgacığın merkez frekansını temsil eder. Çalışmada, M değeri 10, merkez

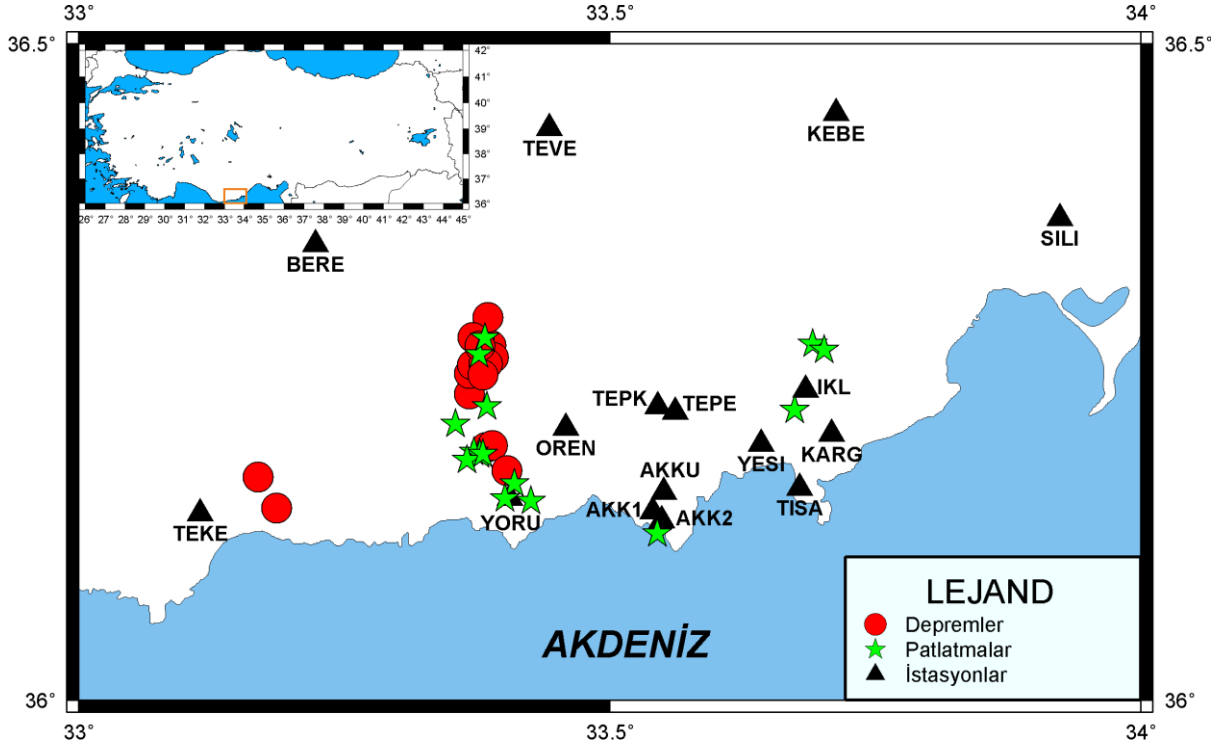
frekansı da 1 Hz olarak hesaplamalar yapılmıştır. Sismik kayıtların, frekans ortamında Morlet dalgacığı ile çarpılarak elde edilen 2-boyutlu zaman frekans haritaları sayesinde enerji dağılımları genliklerin değişimleri olarak incelenmiştir. Böylece zamanın bir fonksiyonu olarak elde edilen baskın frekans bandındaki değişimler ile deprem ve patlatma ayırımı yapılmıştır (Şekil 1).



Şekil 1. Sol tarafta 21.11.2015 tarihli 09:59:48 (GMT) saatli bir patlatma kaydının AKKU istasyonunun düşey bileşen sismogramı ve ona ait Dalgacık Dönüşümü uygulanmış görüntüsü. Sağ tarafta 11.12.2015 tarihli 13:19:06 (GMT) saatli bir deprem kaydının TEKE istasyonunun düşey bileşen sismogramı ve ona ait Dalgacık Dönüşümü uygulanmış görüntüsü.

3. BULGULAR

İnceleme alanı içerisinde konumlanmış 16 adet deprem istasyonunun sadece düşey (Z) bileşenleri kullanılarak yapılan Dalgacık Dönüşümü analizine göre, 20 adet deprem ve 15 adet patlatma kategorize edilmiştir (Şekil 2). Deprem istasyonlarının meydana gelen olaylara olan uzaklıkları 2 ile 40 kilometre arasında değişmektedir. Uzaklık arttığı zaman, dalga şekillerinin, enerjiye ve frekansa bağlı olarak değişeceği düşünüldüğünde, bu gibi kısa mesafelerde yapılan Sürekli Dalgacık Dönüşümü analizi doğal-yapay sarsıntı ayırımında faydalı olacaktır. Patlama kayıtlarında en büyük enerjinin kayıt başlangıcında tek bir frekansta ortaya çıktığı ve zaman içerisinde de aynı derecede belirgin bir enerji yükseliminin gözükmediği anlaşılmıştır. Bunun aksine depremlerde ise enerji değişiminin, farklı frekanslarda gözlenebildiği ve zaman içerisinde de yine enerji ve frekans içeriği değişiminin olduğu tespit edilmiştir. Bölgede yapılan bu pilot çalışmanın devamlılığını sağlayabilmek adına hem veri sayısının hem de yöntemlerin artırılması planlanmaktadır. Nükleer santral çalışmalarının gerçekleşeceği bu bölgede ilerleyen zamanlarda sismolojik olarak daha detaylı bilgiler ortaya koymak kaçınılmazdır.



Şekil 2. Sürekli Dalgacık Dönüşümü analizine göre kategorize edilen depremlerin ve patlatmaların episantr dağılımlarını gösterir harita.

KAYNAKLAR

- Arrowsmith, S.J., Arrowsmith, M.D., Hedlin, M.A. ve Stump, B. (2006). Discrimination of delay-fired mine blasts in Wyoming using an automatic time-frequency discriminant. *Bull Seism Soc Am*, **96**:2368-2382.
- Başokur, A.T. (2007). Spektral analiz ve sayısal süzgeçler. *TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası Eğitim Yayınları*.
- Carr, D.B. ve Garbin, H.D. (1998). Discriminating ripple-fired explosions with high-frequency (>16 Hz) data. *Bull Seism Soc Am*, **88**:963-972.
- Gitterman, Y., Pinsky, V. ve Shapira, A. (1998). Spectral classification methods in monitoring small local events by the Israel seismic network. *J Seismol*, **2**:237-256.
- Horasan, G., Güney, A.B., Küsmezer, A., Bekler, F., Ögütçü, Z. ve Musaoğlu, N. (2009). Contamination of seismicity catalogs by quarry blasts: An example from Istanbul and its vicinity, northwestern Turkey. *J Asian Earth Sci*, **34**:90-99.
- Koch, K. ve Fäh, D. (2002). Identification of earthquakes and explosions using amplitude ratios: the Vogtland area revisited. *Monitoring the Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty: Seismic Event Discrimination and Identification*, Birkhäuser Basel, pp 735-757.
- Roueff, A., Chanussot, J., Mars, J.I. ve Nguyen, M.Q. (2004). Unsupervised separation of seismic waves using the watershed algorithm on time scale images. *Geophysical Prospecting*, **52**:4, 287-300.
- Wüster, J. (1993). Discrimination of chemical explosions and earthquakes in central Europe—a case study. *Bull Seism Soc Am*, **83**:1184-1212.
- Yılmaz, Ş., Bayrak, Y. ve Çınar, H. (2013). Discrimination of earthquakes and quarry blasts in the eastern Black Sea region of Turkey. *J Seismol*, **17**:721-734.



KENTSEL ALANLAR İÇİN BÜTÜNLEŞİK SİSMİK KAYIP TAHMİNLERİ: TUJJB-UDP-01-12 PROJESİ KAPSAMINDA ERZİNCAN PİLOT UYGULAMASI

Ayşegül Askan¹, Michael Asten², Murat Altuğ Erberik¹, Cenk Erkmen³, Shaghayegh Karimzadeh⁴, Nazan Kılıç⁵, Fatma Nurten Şişman⁶ and Ahmet Yakut¹

¹ Prof. Dr., İnşaat Mühendisliği Bölümü, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara

² Prof. Dr., Yer Bilimleri Bölümü, Monash Üniversitesi, Melbourne, Avustralya

³ Jeoloji Y. Müh., Deprem Dairesi Başkanlığı, Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Ankara

⁴ Öğr. Gör. Dr., İnşaat Mühendisliği Bölümü, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara

⁵ Dr. İnşaat Müh., Deprem Dairesi Başkanlığı, Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Ankara

⁶ Jeofizik Y.Müh., Mühendislik Bilimleri Bölümü, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara

Email: aaskan@metu.edu.tr

ÖZET

Kentsel alanlarda risk azaltma çalışmalarının ilk adımı, incelenen bölgedeki potansiyel kayıpların belirlenmesidir. Bu çalışmada, kentsel alanlarda kayıp tahmini için yerel zemin modelleri, sahaya-özel sismik tehlike analizleri, yapı kırılabilirlikleri ve kayıp modelleri içeren bir yeni yaklaşım geliştirilmiştir. Çalışma alanı olarak Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun doğu kesiminde yer alan Erzincan bölgesi seçilmiştir. Bu bildiri, 2012-2015 yılları arasında disiplinlerarası bir ekip tarafından yürütülmüş olan ve TUJJB tarafından desteklenen TUJJB-UDP-01-12 kodlu proje kapsamında elde edilen sonuçlar sunulmuştur. Bu ve benzeri çalışmalarla, ülkemizde deprem tehlikesi yüksek kentsel alanlardaki kayıpların tahmini gerçekçi bir şekilde yapılabilecek; uzun vadede deprem bölgelerinde risk azaltımına ve afet yönetimine katkıda bulunulacaktır.

ANAHTAR KELİMELER: Sismik Tehlike Analizi, Hız Modeli, Yer Hareketi Simülasyonu, Bina Kırılabilirlik Analizleri, Sismik Kayıplar

INTEGRATED SEISMIC LOSS ESTIMATIONS: ERZİNCAN CASE STUDY WITHIN TUJJB-UDP-01-12 PROJECT

ABSTRACT

The first step in risk mitigation in urban areas is the estimation of potential seismic damages in the study region. In this study, a novel approach that involves local soil models, site-specific seismic hazard analyses, building fragilities and loss models is developed for damage estimation in urban areas. Erzincan, located in the eastern sections of the North Anatolian Fault Zone is selected as the study area. In this paper, the results of a project led by an interdisciplinary team and funded by TUJJB with the code TUJJB-UDP-01-12 between 2012 and 2015 are presented. Through this study and similar studies, seismic loss estimations will be estimated realistically in urban regions with high seismic hazard in our country. In the long run, the results will aid in risk mitigation and disaster management in hazardous regions.

KEYWORDS: Seismic Hazard Analysis, Velocity Models, Ground Motion Simulation, Building Fragility Analyses, Seismic Losses



1. GİRİŞ

Sismik tehlikenin yüksek, nüfusun yoğun olduğu bölgelerde, risk azaltma çalışmaları büyük önem taşımaktadır. Günümüzde yapılan sismik kayıp hesaplarındaki temel bileşenler: sismik tehlike, yapı kırılabilirliği ve hasar tahmin analizleridir. Bu çalışmada, 2012-2015 yılları arasında disiplinlerarası bir ekip tarafından yürütülmüş olan TUJJB- UDP-01-12 kodlu proje kapsamında geliştirilmiş olan bütünlük bir sismik kayıp tahmin yöntemi ve bu yöntemin Erzincan il merkezinde uygulaması sunulmuştur. Önerilen yöntemin temel özelliği, tüm bileşenlerin bölgesel ve detaylı olarak modellenmiş olmasıdır. Bu bileşenlerden ilki çalışılan bölgedeki yerel zemin özelliklerinin belirlenmesidir. İkinci aşamada, elde edilen detaylı zemin bilgileri kullanılarak çalışma alanında olasılıksal ve deterministik tehlike analizleri gerçekleştirilmiştir. Bir sonraki aşamada bölgedeki yapı özellikleri göz önünde bulundurularak yapı kırılabilirlik modelleri çıkarılmış; son aşamada ise yapı hasar dağılımları hesaplanmıştır. Yöntemi doğrulamak için 1992 Erzincan ($M_w=6.6$) depremine ait hasar dağılım tahminleri yapılmış ve gözlemlenen hasarlar ile karşılaştırılmıştır. Bu bildiride, daha önce sözü edilen bileşenlerin esasları ve projede elde edilmiş olan temel sonuçlar sunulacaktır. Projede kullanılan veri, yöntem ve çıktılara ait tüm detaylar, proje final raporunda (Askan vd., 2015a) ve ilgili yayında (Askan vd., 2015b) bulunabilir.

2. BÜTÜNLEŞİK KAYIP TAHMİN MODELİ

Çalışma alanı, çevresinde bulunan faylar ile kompleks bir tektonik yapıya sahip olan ve gerek tarihsel gerekse aletsel dönemde (1939 ve 1992) meydana gelen yıkıcı depremler ile bilinen Erzincan bölgesidir. Temelde alüvyon birimlerden oluşan yaklaşık olarak 50 km x 15 km'lik bir basen üzerinde bulunan Erzincan il merkezi, Kuzey Anadolu Fay Zonu, Kuzey Doğu Anadolu Fay Zonu ve Ovacık fayı kesişiminde yer almaktadır (Şekil 1).

2.1. Zemin Modelleri

Günümüzde, şehirleşmiş bölgelerde zemin modelleri elde etmek amacıyla, literatürde bulunan pasif sismik yöntemler arasında yaygın olarak Uzaysal Özilişki Yöntemi (SPAC) kullanılmaktadır (Aki, 1957). Bu çalışma kapsamında Erzincan il merkezinde seçilen 9 sahada (Şekil 1), geleneksel SPAC yönteminin dairesel olmayan dizilimler için geliştirilmiş hali olan MMSPAC yöntemiyle 1-boyutlu hız profilleri elde edilmesi amaçlanmıştır (Asten, 2006; Askan vd, 2015b).

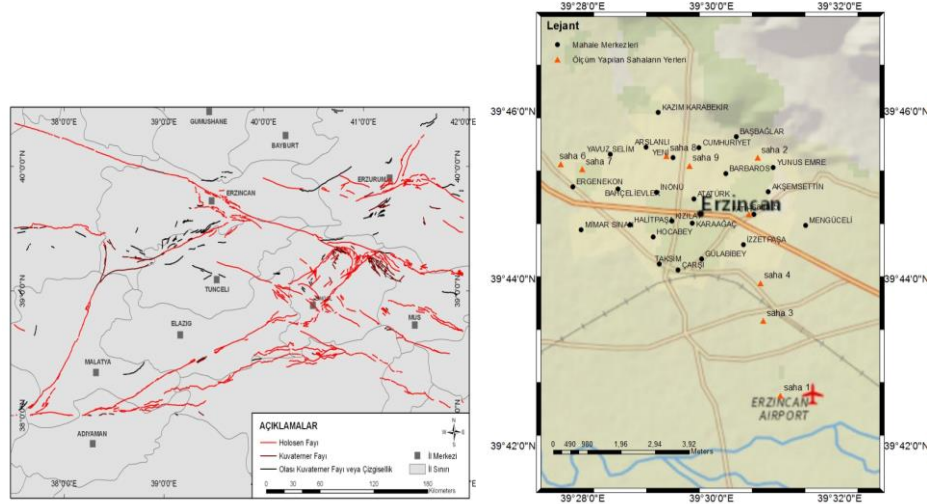
2.2. Olasılıksal ve Deterministik Sismik Tehlike Analizleri

Olasılıksal analizlerde MTA (2012) fay haritasından alınan bölgesel kaynaklar, bölgesel katalog bilgileri, yerel zemin özellikleri ve azalım ilişkileri ile bu kısımda Erzincan il merkezinde seçilen 123 düğüm noktasında analizler yapılmış; farklı yer hareketi parametrelerine ait olasılıksal dağılım haritaları elde edilmiştir. Deterministik analizler ise sonlu-fay yöntemi (Motazedian ve Atkinson, 2005) ile yapılmış; simülasyonlarda bölgesel sismik kaynak, yayılım ve saha özellikleri kullanılmıştır. Erzincan il merkezi için kritik mesafede olan bu fay üzerinde Erzincan 1992 dışmerkezi sabit tutularak farklı deprem büyüklükleri ($M_w=5.5$, $M_w=6.0$, $M_w=7.0$ ve $M_w=7.5$) için simülasyonlar yapılmış ve sözü edilen 123 düğüm noktasında yer ivmesi cinsinden tüm dalga formları elde edilmiştir. Şekil 2'de $M_w=7.0$ senaryo depremi için farklı yer hareketi parametrelerinin dağılım haritaları sunulmuştur.

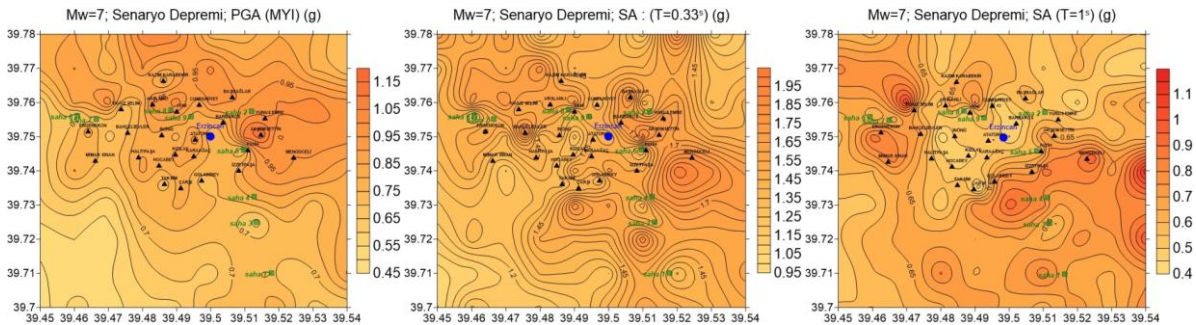
2.3. Yapısal Kırılabilirlik Modelleri

Bu aşamada öncelikle Erzincan'daki yapı stoğunun özellikleri ile ilgili bilgi toplanması ve bu bilginin bina sınıflandırmasında kullanılması için bir saha çalışması yapılmıştır. Daha sonra yapısal verilere ve

belirlenmiş olan bina alt-sınıflarına dayanarak betonarme ve yığma binaların analitik modelleri bölgesel inşaat tekniklerini ve yapı özelliklerini göz önüne alacak şekilde oluşturulmuştur. Son olarak bu modeller, senaryo depremlerde elde edilen sentetik yer hareketleri kullanılarak analiz edilmiş ve her bir yapı sınıfı için hasar potansiyeli eğrileri oluşturulmuştur.



Şekil 1. Erzincan il merkezi ve civarındaki a) Aktif faylar (MTA,2012), b) Detaylı zemin modeli ve sismik tehlike analizi yapılan sahaların, şehirdeki yerleşim birimlerine göre konumları



Şekil 2. Simülasyon sonuçlarına göre Mw=7.0 senaryo depremi sırasında Erzincan il merkezinde oluşması muhtemel maksimum yer ivmesi ve spektral ivme (SA: T=0.33s ve T=1s) dağılımları

2.4. Hasar Tahminleri

Bu çalışmada önerilmiş olan hasar tahmin algoritmasının temel aşamaları şu biçimdedir: 1. Çalışılacak senaryo depremin belirlenmesi, 2. Senaryolar ile oluşturulan sentetik yer hareketi veritabanından seçilen depreme ait yer hareketi parametrelerinin yerleşim merkezlerindeki dağılımının elde edilmesi, 3. Yerleşim yerlerindeki yapı sınıflarının ve yüzdelilerinin belirlenmesi, 4. İlgili yapı sınıflarına ait kırılma eğrilerinden hasar oranlarının ve ortalama hasar oranlarının elde edilmesi, 5. Her bir yerleşim yeri için o merkezdeki yapı sınıfı yüzdeleri ile tek bir Ortalama Hasar Oranı (MDR) belirlenmesi (Askan ve Yüçemen, 2010). Bu çalışmada sunulmuş olan hasar belirleme yaklaşımını doğrulamak için 1992 Erzincan depremi için hasar tahmini yapılmış ve bu tahminler ile gözlemlenen hasar dağılımı karşılaştırılmıştır (Şekil 3). Hesaplanan hasarın gözlemlenen hasara çok yakın olduğu görülmüştür. Bulunan küçük farkların da modelleme varsayımlarından kaynaklandığı düşünülmektedir.



İSTANBUL YEDİKULE SURLARININ DEPREMDE YIKILABİLİRLİĞİNİN TİTREŞİMCİK ÖLÇÜMLERİYLE BELİRLENMESİ

Övgün Ahmet ERCAN¹ ile Nurdan SAYIN²

¹ Profesör Dr., Jeofizik Müh. Bölümü, İstanbul Teknik Üniversitesi, Maslak, ovgunaercan@gmail.com

² Doç.Dr., Jeofizik Müh. Bölümü, İstanbul Üniversitesi, Avcılar.

Email: nursayin@istanbul.edu.tr

ÖZET

Kuzey Marmara'da olan her yıkıcı depremde öncelikle Yedikule Hisarları yıkılır. Bunun nedenini anlamak üzere Yedikule; kule, sur ile temellerinde alınan 50 tane üç bileşenli titreşimcik-microtremor algısı değerlendirilmiştir. Yedikule'de yerin ortalama baskın salınım dönemi; $T_0 = 0,2 - 0,4$ sn, yerin sarsıntı büyütmesi $b = 1,75 - 2,0$, baskın, alt ile üst salınım dönemi ile $T_0 = 0,33$ sn, $T_a = 0,12$, $T_b = 0,4$ sn bulunmuştur. Japon toprak türüne göre Z_2 , ortalama örtü katman kalınlığı $h = 28 - 33$ m, kesme ya da burkma dalgası ortalama hızı $V_s = 363$ metre/sn bulunmuştur. T_1 ile $T_0(T_a - T_b)$ ilişkisine bakarak kule ile duvarların çalkanma ile yıkılabilirliği belirlenmiştir.

AÇKI SÖZCÜKLER: Yedikule Surları, İstanbul Depremi, Titreşimcik-Mikrotremör, çınlama-rezonans, yer-yapı etkileşimi.

DETERMINATION OF DYNAMIC BEHAVIOR OF İSTANBUL YEDİKULE CASTLE FROM MICROTREMOR MEASUREMENTS BEFORE AN EARTHQUAKE

¹ Professor, Geophysical Eng. Department, Istanbul Technical University (Emeritus), Maslak

² Assos. Prof., Geophysical Eng. Department, Istanbul University, Avcılar

Email: nursayin@istanbul.edu.tr

ABSTRACT

At every destructive earthquake in Northern Marmara, Yedikule Hisarları is destroyed first. To understand the reason for this at Yedikule; three-component micro-tremor sensors used at 7 towers, fortifications(walls), and at ground surface at 40 stations. The average dominant oscillation period in Yedikule; $T_0 = 0,2 - 0,4$ sec, ground magnification $b = 1,75 - 2,0$, dominant, bottom with top ground period $T_0 = 0,33$ sec, $T_a = 0,12$, $T_b = 0,4$ sec. Type of soil is Z_2 according to Japanese soil classification. Mean

relatively soft overburden layer thickness $h = 28 - 33$ m, average shear wave velocity $V_s = 363$ meters / sec. Possible earthquake hazard or towers and walls were determined by inspection of T_1 and $T_0(T_a - T_b)$ correlation.

KEYWORDS: Yedikule City Walls, Microtremor, Interaction between soil and building, dominant period. ground-building response

1. GİRİŞ

Son 2000 yılda Marmara Bölgesinde 16 tane çok yıkıcı deprem olmuştur. Şimdi de 17 yıkıcı depremini beklemektedir. Marmara geçişi, İstanbul kolu ($M6,3-6,7$, $d=7-10$ km) ile Tekirdağ kolunun ($M7,0-7,2$, $d=7-10$ km) kırılmasıyla gerçekleşecektir.(Ercan, 2001). İstanbul yakınında her deprem olduğunda Yedikule Surları yıkılmaktadır. Bu çalışmanın amacı da yapı ile yapılaşma jeofiziği bağlamında gelecek depremde Yedikule Surlarının yıkılabilirliğinin belirlenmesi, böylece önlemler almaktır.

1.1. İstanbul Surları.

Doğu Roma döneminde, İstanbul'u akınlardan korumak amacıyla 5. yüzyıldan beri yapılmış çevre surlarıdır. Depremlerle yıkılmalar ile yeniden yapımlarla dört kez elden geçmiştir. Son yapımı DS 408'den sonradır. II. Theodosius (408-450) döneminde İstanbul surları Sarayburnu'ndan Haliç kıyısı boyunca Ayvansaray'a, oradan Marmara kıyısı boyunca Yedikule'ye, Yedikule'den Topkapı'ya, Topkapı'dan Ayvansaray'a uzanıyordu.

Görüntü 1. İstanbul surlarının dünü 1827 ile bugünü.



Surların uzunluğu 22 km'dir. Haliç surları 5,5 km, kara surları 7,5 km, Marmara surları 9 km'dir. Dış surlar ise sandık ya da kazamat duvar olup hendek, burç, dış ile iç surların toplam eni 70 m'dir. Surların kalınlığı 5 m, yüksekliği 15 m'dir, burçlar 20 m'dir.



2.YEDİKULE'DE TİTREŞİMCİK ÖLÇÜLERİ

Titreşimcikten elde edilen yer davranış bilgileri ile deprem sırasında yer davranışı arasında yakın bir benzerlik, yer-yapı-deprem etkileşiminin kestirilmesine ışık tutar. Ölçüler, 15 metre yükseklikli surlarda, 20 metre yükseklikli kulelerde, ayrıca onların temellerinin oturduğu toprak üzerinde alınmıştır. Düşey bileşen genliğine oranını b- büyütme değeri olarak tanımlamıştır.

$$b(f) = v_{x,y}(f) / v_z(f) \quad (1)$$

Örtü katman kalınlığı h;

$$h = 175,25 T_0 / b \text{ metre, (Ercan, 2011)} \quad (2)$$

Örtü toprağın burkulma dalga hızı V_S ;

$$V_S = 4 h / T_0 \text{ m/sn} \quad (3)$$

Yapının salınım dönemi T_1 , yerin T_0 salınım dönem aralığı (T_A, T_B) aralığına düşüyorsa, buna çalka (rezonans) denir. Bu durum gerçekleşirse, yapı deprem sırasında en çok dokuncayı görür.

3. YEDİKULE SURLARININ YIKILIRLIĞI

Yedikule'de yerin ortalama baskın salınım dönemi; $T_0 = 0,2 - 0,4$ sn, yerin sarsıntı büyütmesi $b = 1,75 - 2,0$, alt ile üst salınım dönemi ile $T_0 = 0,33$ sn, $T_a = 0,12$, $T_b = 0,4$ sn'dir. Japon toprak türüne göre Z_2 , ortalama örtü katman kalınlığı $h = 28 - 33$ m, kesme ya da burkulma dalgası ortalama hızı $V_S = 363$ metre/sn'dir.

Kulelerin Yıkılabilirliği;

Hazine Kulesinde yapının titreşim dönemi $T_1 = 0,27$ sn, yerin titreşimi $T_0 = 0,08$, $h = 7,2$ metre. Çalka-rezonans beklenmiyor. Güvenli.

1. Kitabeler Kulesinde yapının titreşim dönemi $T_1 = 0,2$ sn, yerin titreşimi $T_0 = 0,2$, $h = 18$ metre. Çok Güçlü bir çalka-rezonans bekleniyor. Yıkılır.
2. Kıztop Kulesinde yapının titreşim dönemi $T_1 = 0,3$ sn, yerin titreşimi $T_0 = 0,25$, $h = 23$ metre. Orta - Güçlü bir çalka-rezonans bekleniyor. Yıkılabilir.
3. III.Ahmet Kulesinde yapının titreşim dönemi $T_1 = 0,25$ sn, yerin titreşimi $T_0 = 0,25$, $h = 23$ metre. Çok-Güçlü bir çalka-rezonans bekleniyor. Yıkılır.
4. Küçük Kulede yapının titreşim dönemi $T_1 = 0,18$ sn, yerin titreşimi $T_0 = 0,23$, $h = 20$ metre. Orta - Güçlü bir çalka-rezonans bekleniyor. Yıkılabilir.

Kapılar ile Çeşmenin Yıkılabilirliği

1. Altın Kapıda yapının titreşim dönemi $T_1 = 0,22$ sn, yerin titreşimi $T_0 = 0,4$, $h = 36$ metre. Bir çalka-rezonans beklenmiyor. Çatlayabilir.
2. Çeşme titreşim dönemi $T_1 = 0,17$ sn, yerin titreşimi $T_0 = 0,33$, $h = 30$ metre. Bir çalka-rezonans beklenmiyor. Güvenli.
3. Ana Kapı Girişi, yapının titreşim dönemi $T_1 = 0,22$ sn, yerin titreşimi $T_0 = 0,22$, $h = 20$ metre. Çok Güçlü bir çalka-rezonans bekleniyor. Yıkılabilir.



Surların Yıkılabilirliği

1. Kıztop Kulesi Suru titreşim dönemi $T_1= 0,28$ sn, yerin titreşimi $T_0= 0,2$, $h= 18$ metre. Bir çalka-rezonans beklenmiyor. Çatlayabilir.
2. III.Ahmet Kulesi Suru titreşim dönemi $T_1= 0,25$ sn, yerin titreşimi $T_0= 0,28$, $h= 25$ metre. Orta-Güçlü çalka-rezonans bekleniyor. Ağır çığım görebilir. Dayanak gerekli. III.Ahmet Kulesi Suru titreşim dönemi $T_1= 0,25$ sn, yerin titreşimi $T_0= 0,28$, $h= 25$ metre. Orta-Güçlü çalka-rezonans bekleniyor. Ağır çığım görebilir. Dayanak gerekli.
3. Kıztop Kulesi ile Kitabeler Kulesi arasındaki surun titreşim dönemi $T_1= 0,28$ sn, yerin titreşimi $T_0= 0,2$, $h= 18$ metre. Çalka-rezonans beklenmiyor. Çatlayabilir.
4. Kıztop Kulesi ile Küçük Kule arasındaki surun titreşim dönemi $T_1= 0,27$ sn, yerin titreşimi $T_0= 0,125$, $h= 11,5$ metre. Çalka-rezonans beklenmiyor. Güvenli.

5. SONUÇLAR

Yedikule'deki beş tane uzun kulenin (20 m) T_1 doğal salınım dönemi 0,25 ile 0,3saniye arasında, kuleler arası surları (15m) için 0,23 ile 0,28 arasındadır. Yedikule Hisarı altında gevşek örtü katmanının kalınlığı ortalama olarak 25 metre, en kalın yeri 36 metre ile Altınkapı altında, en sığ yeri ise 7,2 metre ile Hazine kulesi altındadır. Yer ile yapıların ne baskın titreşimi kuzey-güney yönünde, azınlıkla doğu-batı doğrultusundadır. Yer-yapı titreşim dönemlerinin uyumuna bakarak, yıkılabilirliği çok büyük olan kuleler; Kitabeler ile III.Ahmet kuleleridir. Orta güçlü çalkalanacak kuleler; Kıztop ile Küçük kulelerdir. En güvenli kule ise Hazine kulesidir. Kuleler arası surlara gelince; Kıztop kulenin iki yakasındaki surlar; güvenli, III.Ahmet kulesinin her iki yanındaki surlar çok güvensiz, yıkılabilirliği yüksektir. Deprem sırasında kapıların davranışı ise; Altınkapı yıkılabilirliği düşük, Çeşme güvenli, Ana Kapı ise çok güvensizdir.Yapı ile Yapılaşma jeofiziği sonuçlarına göre, güvensiz olan yapıların güçlendirilmesi gerekir.

KAYNAKLAR

- Aki K., 1957, Space and time spectra of stationary stochastic wave with special reference to microtremors, Bull. Earthq. Res. Inst., Tokyo University, Vol. 35, pp.415-17.
- Ercan, A.Ö., 2001, Deprem Yapıyı Nasıl Yıkar? Zemin Emniyet Gerilmesi (Taşıma Gücü) ve Yerivmesinin Önemi Nedir? TMMOB Jeof.Müh.Od. Kuzey Batı Anadolu Yöresi Bölgesi Jeolojik Toplantısı Balıkesir, 09 Şubat, Salih Tozan Kültür Merkezi. s. 32-55.
- Ercan, A. Ö., 2001b., Kıran (Afet) Bölgelerinde Yeraraştırma Yöntemleri. Bilgiler ile Kurallar. TMMOB JFMO Yayını. Ankara. 339s.
- Ercan, A. Ö., 2011, Yapılaşma Jeofiziği. TMMOB JFMO Yayını No.17, 246s. Ankara.
- Nakamura Y., 1989, A method for dynamic characteristics estimation of subsurface using microtremor on the ground surface'' QR of RTRI, Vol. 30, No .



KUZEY ANADOLU KIRIĞI DEPREM KÜMELERİ, SAKARYA ÇUKURUNDA AYNI ORANDA GÜRE BOŞALTIYOR: $4,5 \cdot 10^{22}$ erg

Övgün Ahmet ERCAN¹

¹İTÜ Maden Fakültesi, Jeofizik Müh. Böl. E. Öğretim Üyesi, Maslak, İstanbul.

ovgunaercan@gmail.com

ÖZET

Doğu Marmara'da oluşan depremlerde bir güre(energy) öbeklenmesi kimliği vardır. Son 100 yılda oluşan her büyük depremden sonra boşalan 2 ile 5 artçı sarsıntı ile boşalan toplam sarsıntı güresi $4,5 \cdot 10^{22}$ erg'e ulaşıncaya dek depremler olmakta, sonra da susmaktadır. Eğer bu doğru ise, güre boşalım tutarı göz önünde bulundurularak, ana deprem odağına 120 ile 150 km yarıçap içinde olabilecek artçı depremleri kestirme olanağına kavuşulabilir.

AÇKI SÖZCÜKLERİ: Doğu Marmara Depremleri, Deprem Kümeleşmesi, Deprem Kestirimi, Enerji Boşalım, Gölcük Depremi.

TOTAL ENERGY RELEASE OF SAKARYA BASIN EARTHQUAKE GROUPS ON THE NORTH ANATOLIAN FAULT IS STATIONARY; 4.5 10^{22} ERG

Övgün Ahmet ERCAN¹

¹İTÜ Maden Fakültesi, Jeofizik Müh. Böl. E. Öğretim Üyesi, Maslak, İstanbul.

ovgunaercan@gmail.com

ABSTRACT

Earthquake occurrences in Eastern Marmara region of Turkey seem to have a grouping character. In each group, following, after every major earthquake 2 to 5 aftershocks are occurred, until reaching total energy discharge level of $4.5 \cdot 10^{22}$ erg and then gets in silence. If this is true, then it will be possible to predict next aftershocks magnitudes, in an area of 120 to 150 kms diameter, by taking into account the amount of the remanent energy that has not discharged yet.

KEYWORDS: Eastern Marmara Earthquakes, Earthquake Grouping, Earthquake Prediction, Energy Release, Gölcük Earthquake



1. GİRİŞ

17 Ağustos 1999 Gölcük depremi Marmara'da son 500 yılın en büyük depremiydi. Bu deprem, Gölcük'teki odağından 150 km uzağına dek, kırılma kuşağı boyunca yıkıcı olmuştur. Bu kentler içinde önde gelenleri Gölcük, Adapazarı, Düzce, Yalova, Çıncırcık, Avcılar gelir. Gölcük depreminin T.C.'ye çıkışı 25 milyar dolardır. Ölen kişi başına gider, 1 milyon 250 bin dolardır.

Depremlerin gelecekte nasıl davranacağını kestirmek için, geçmişteki davranışlarını incelemek, kimliğini tanımak gerekir. Kuzey Anadolu Kırığı (KAK) boyunca oluşan yıkıcı depremler çoğunlukla 5,5 ile 8 arasında, ortalama 5 ile 15 km derinde yer alır. Bu olgu boşalmanın yalıtmaş(granit) içinde oluştuğunu gösterir. Altındaki karataş(bazalt) ise sünek davranışlıdır.

KAK (Kuzey Anadolu Kırığı) boyunca yerin en çok kırılmaya karşı dayanma direnci 10^{20} ile 10^{24} erg güre(enerji) boyutunda olup, bu değer yer kırılmasında 10 ile 50 bar'lık basınç gerginlik düşümüne karşılık gelmektedir.

KAK'ın Bolu ile Saroz arasındaki en belirgin davranışı, depremlerin ardışık, kümeler biçiminde oluşmasıdır. KAK'ın bu parçasında bir başlangıç depreminden sonra, çoğunlukla 2 ile 3 deprem daha 100 ile 150 km'lik yarıçap içinde 1 ay ile 3 yıl arasında olmaktadır. Ne var ki, sarsıntılar, Gölcük doğusunda sık, 7 ile 30 yıl döneyli iken Gölcük batısında (Marmara Denizi içinde) seyrek aralıklarla, 130 ile 150 yıl döneyli oluşmaktadır.

2. DEPREM KÜMELERİ

1902 yılından beri bu kesimde oluşan kümesel depremler oluş süreyi(zamanı), büyüklüğü, ilk deprem dış odağından uzaklıkları, Döküm 1 görülmektedir.

Her dört küme, konum ile dönem yakınlığı üzerine düzenlenmiştir. Tüm 1, 2, 3'üncü kümelerde boşalan gerginlik güresi(enerjisi) toplamı birbirine oldukça yakın olup, şaşırtıcı biçimde $4,5 \times 10^{22}$ erg'dir. Ancak 1999 kümesinde bu, ortalama değer 3 kat artarak salt iki sarsıntı ile 12×10^{22} erg'e ulaştığı gözlenmektedir. Buradan anlaşılan, Doğu Marmara'da deprem oluşturacak toplam güre(enerji) birikimi ortalama $4,5 \times 10^{22}$ erg dolayındadır. Bu oranda bir gerginlik bir depremle değil, 2 ile 4 yıl içinde, en az 2 ile 3 depremle boşaltılabilmektedir. Ne var ki, son kümede toplam boşalmanın 12×10^{22} erg olması, tek bir Gölcük depremi ile ($7,94 \times 10^{22}$ erg) beklenen toplam güre(enerji) boşalımının iki katına çıkmış, ayrıca Düzce depremi buna 4×10^{22} erg'lik bir artış getirmiştir.



Döküm I. Gölcük doğusunda 1900 ile 1999 yılları arasında olan kümesel depremler; büyüklük, başlangıç depreminden uzaklığı, toplam boşalttıkları güre(enerji).

1. Küme (Adapazarı ile Bolu Kümesi)

1. Adapazarı ile Hendek (o)	20.06.1943	6.6	0 Ana Deprem
2. Bolu ile Gerede (Doğu)	01.02.1944	7.2	110
3. Bolu ile Düzce (Batı)	10.02.1944	5.4	32
4. Bolu ile Mudurnu (Doğu)	05.04.1944	5.6	40
<i>Toplam Güre(enerji) Boşalımı</i>		4.5 10²² erg	

2. Küme (Çankırı ile Bolu Kümesi)

1. Çankırı ile Kurşunlu (o)	13.08.1951	6.9	0
2. Çankırı ile Kurşunlu (o)	07.09.1953	6.4	0
3. Bolu ile Abant (Batı)	26.05.1957	7.1	125
<i>Toplam Güre(enerji) Boşalımı</i>		4.5 10²² erg	

3. Küme (Adapazarı Kümesi)

1. Adapazarı ile Merkez (o)	22.07.1967	7.2	0
2. Adapazarı ile Akyazı (Doğu)	30.07.1967	6.0	20
3. Bartın (Kuzey)	03.09.1968	6.5	170
<i>Toplam Güre(enerji) Boşalımı</i>		4.4 10²² erg	

4. Küme (Kocaeli ile Adapazarı ile Bolu Kümesi)

1. Kocaeli ile Gölcük (o)	17.08.1999	7.4	0
2. Akyazı ile Adapazarı	17.08.1999	5.5	15.3
3. Çınarcık ile Yalova	19.08.1999	5.0	11.5
4. Hendek ile Adapazarı	22.08.1999	5.0	5.4
5. İzmit	31.08.1999	5.2	17.7
6. İzmit	13.09.1999	5.8	19.6
7. Bolu ile Düzce (Doğu)	12.11.1999	7.2	95
<i>Toplam Güre(enerji) Boşalımı</i>		12x10²² erg	



Gölcük depreminden sonra bir Düzce depreminin olması, eğer kümesellik gözlemlenmezse beklenmedik bir olaydır. Ne var ki, Düzce ile Bolu arasında önceden bilinen gerginlik birikimi, Gölcük depremi ile tetiklenip boşalmış olabilir. Bu durum Gölcük, Düzce depremlerinin kendi başlarına ayrı ayrı birer deprem kümesi olarak düşünülebileceği varsayımını da ortaya koyar.

Gölcük'te bir 7,4, ayrıca altı 5 büyüklüğünde deprem ile boşalan toplam güre(enerji) 8×10^{22} erg'dir. Bu değer neredeyse bölgesel ortalamanın 1.77 katıdır. Yeryuvarı örneklerine göre, genellikle 7,4 büyüklüğünde bir depremi bir tane 6,4, 10 tane 5 büyüklüğünde artçı deprem izleyerek, toplam $8,21 \times 10^{22}$ erg'lik güre(enerji) boşalmı ile sonuçlanır. Eğer bu kural doğru ise, halen boşalmayı bekleyen, kalan bir güre(enerji) varsa, Kocaeli dolaylı, $M_s = 6,4$ büyüklüğünde artçı bir depreme gebe denebilir. Ancak, daha sonra düzeltilen deprem büyüklüğü 7,5 olunca bu olasılık ortadan kalkmıştır.

3. SONUÇ

Kuzey Anadolu kırığının, davranışı; depremlerin ardışık, ayrıca kümeler biçiminde oluşmasıdır. KAK'ın bu parçasında bir başlangıç depreminden sonra, çoğunlukla 2 ile 3 deprem daha 100-150 km'lik yarıçap içinde 1 ay ile 3 yıl arasında olmaktadır. Sarsıntılar; Gölcük doğusunda sık (7-30 yılda bir) Gölcük batısında seyrek aralıklarla (130 – 150 yıl) oluşmaktadır. Bu bölgede deprem göç aralığı; 7 ile 30 yıldır. Yerin kırılma direnci; 10^{21} ile 10^{23} erg ya da 10 ile 50 barlık gerginlik düşümüne denk gelir. Kocaeli ile Bolu arasında $4,5 \times 10^{22}$ erg büyüklüğünde bir güre(enerji), genellikle kümesel ardışık büyük depremlerle boşatırken, $6,5 \times 10^{22}$ erg kırılma direnci Orta Marmara'da genellikle 2 ile 3 tane büyük depremlerle oluşmaktadır. Gölcük için devindiri(moment) $M_0 = 1,584 \times 10^{27}$ cgs., Düzce için $M_0 = 0,43 \times 10^{27}$ cgs'dir. (10^6 cgs = 1 bar). ΔP - Gerginlik Düşümü (Stress Drop) ise; Gölcük için $\Delta P = 33$ bar, Düzce için $\Delta P = 31$ bar'dır. KAK'nın batı yarı parçası için doğudan gelen yaklaşık gerginlik birikme tezliği, $\Delta E = 0,28$ ile $0,64 \times 10^{22}$ erg'tir.

Gölcük Depremi Gecikmeli Olarak Mı Oluşturdu? 1967 Adapazarı'ndan sonra 1999'da olan Gölcük depremi oluncaya değin, Kocaeli'de birikmesi beklenen güre, $E = \Delta E \times t = 0,28 \times 10^{22} \times 32 \text{ yıl} = 8,96 \times 10^{22}$ erg'tir. Oysa Gölcük depremlerinde toplam güre(enerji) $E (M=7,4, 1999) = 7,99 \times 10^{22}$ erg'tir. $E (M=7,5, 1999) = 10^{23,05}$ erg. Aşağı yukarı sayımlanan(hesaplanan) değerle boşalan, birbirine çok yakındır. Gölcük depreminin gecikmiş olması gerginlik birikmesini arttırmış, ayrıca bu da depremi büyütüştür. (1 dyne = $1,02 \times 10^{-6}$ kg = 10^{-8} kN = 10^{-11} MN), $1 \text{ kgf} / \text{cm}^2 = 0,9807 \text{ bar} = 0,9678 \text{ atm} = 98,07 \text{ kN} / \text{m}^2$ ya da kPa.

KAYNAKLAR

Ercan, A. 2001. Marmara'da Deprem. YEM Yayınevi, 231 s. İstanbul
Yalıtırak, C., 2001. Kuzey Anadolu Kırığı'nın Marmara Kolları İle Bölgenin Tektonik Yapısı. TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası "Güney Marmara ile Bursa'nın Depremselliği" betiği. Ankara



İYONOSFERİK TEC DEĞİŞİMLERİ İLE DEPREM İZLENEBİLİRLİĞİNİN İNCELENMESİ

M. Ulukavak¹, M. Yalçinkaya², E. Tanır Kayıkcı³, S. Öztürk⁴, R. Kandemir⁵, H. Karslı⁶

¹ Yardımcı Doçent, Harita Müh. Bölümü, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa

² Profesör, Harita Müh. Bölümü, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon

³ Doçent, Harita Müh. Bölümü, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon

⁴ Doçent, Jeofizik Müh. Bölümü, Gümüşhane Üniversitesi, Gümüşhane

⁵ Doçent, Jeoloji Müh. Bölümü, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Rize

⁶ Profesör, Jeofizik Müh. Bölümü, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon

Email: mulukavak@harran.edu.tr

ÖZET

Depremler genel olarak yer kabuğundaki tektonik plaka hareketleri sonucunda ortaya çıkan enerjinin yerküre içinde ve yüzeyinde sismik dalgalarla yayılarak geçtikleri ortamları sarsması olarak tanımlanır. Tektonik hareketlerle ilgilenen bilim adamları depremlerin önceden tahmin edilebilir olup olmadığı konusunda uzun süredir araştırmalar yapmaktadır. Depremler yeryüzünde olduğu gibi atmosferde de değişimlere yol açmaktadır. Bu değişimlerin incelenerek depremlerin önceden tahmini son zamanlarda birçok çalışmaya konu olmuştur. Bu çalışma (Deprem Öncesi İyonosferik Toplam Elektron İçeriği Değişimleri ile Deprem İzlenebilirliğinin İncelenmesi ve TRAB GNSS Verileriyle Sürekli İyonosferik TEC İzleme Sisteminin Kurulabilirliğinin Araştırılması) TÜBİTAK, Çevre, Atmosfer, Yer ve Deniz Bilimleri Araştırma Destek Grubu (CAYDAG) tarafından 116Y109 nolu proje ile desteklenmektedir ve projeye ait ilk sonuçlar verilecektir. Projenin birinci amacı, farklı büyüklük, farklı kuşak (orta, ekvatorial) ve farklı jeo-tektonik yapıya sahip bölgelerde meydana gelmiş depremlerin hazırlık alanlarında bulunan IGS istasyon verileriyle deprem öncesi iyonosfer tabakasındaki Toplam Elektron İçeriği (TEC) değişimlerinin uzay iklim koşulları da dikkate alınarak belirlenmesi ve bu parametrelere göre deprem öncesi iyonosferik TEC değişimlerinin incelenmesidir. Projenin ikinci amacı, projenin birinci aşamasındaki araştırmalardan yararlanılarak Karadeniz Teknik Üniversitesi (KTÜ) Harita Mühendisliği Bölümü binasında bulunan TRAB GNSS istasyonu verilerinden iyonosferik TEC değişimlerini uzay iklim koşullarıyla beraber sürekli izleyip analiz edecek bir sürekli iyonosferik TEC izleme sisteminin oluşturulabilirliğini ve bu sistemin deprem izleme için kullanılabilirliğini araştırmaktır. Bu çalışma kapsamında projenin birinci amacı çerçevesinde proje ekibi olarak çalışma takvimine uygun olarak yapılmış bir yıllık çalışmanın sonuçları sunulacaktır.

ANAHTAR KELİMELELER: Deprem, Toplam Elektron İçeriği, İyonosfer, uzay İklim Koşulları

INVESTIGATION OF EARTHQUAKE MONITORING VIA THE IONOSPHERIC TEC VARIATIONS

M. Ulukavak¹, M. Yalçinkaya², E. Tanır Kayıkcı², S. Öztürk³, R. Kandemir⁴, H. Karslı⁵



- ¹ Assistant. Professor, Department of Geomatics Eng., Harran University, Şanlıurfa
² Professor, Department of Geomatics Eng., Karadeniz Technical University, Trabzon
³ Associate Professor, Department of Geomatics Eng., Karadeniz Technical University, Trabzon
⁴ Associate Professor, Department of Geophysical Eng., Gümüşhane University, Gümüşhane
⁵ Associate Professor, Department of Geological Eng., Recep Tayyip Erdoğan University, Rize
⁶ Professor, Department of Geophysical Eng., Karadeniz Technical University, Trabzon
Email: mulukavak@harran.edu.tr

ABSTRACT

Earthquakes are generally defined as the spreading out of the energy that is generated as a result of tectonic plate movements in the crust via seismic waves thus shaking the environments they pass through. Scientists working on tectonic movements have for a long time been studying whether earthquakes can be estimated before they actually take place or not. Earthquakes cause changes in the atmosphere as well as on the earth's crust. Many studies have been carried out recently which examine such changes and try to estimate earthquakes. This study (Investigation of Earthquake Monitoring via the Ionospheric Total Electron Content Variations before Earthquakes and the Examination of the Possibility for Establishing a Continuous Ionospheric TEC Monitoring System via TRAB GNSS Data) is supported by The Scientific and Technological Research Council of Turkey (TUBITAK), Environment, Atmosphere, Earth and Marine Science Research Support Group (CAYDAG) grant no. 116Y109 and the initial results of the project will be given. The first objective of the project was to examine the changes in Total Electron Content (TEC) of the ionosphere layer before the earthquake with the parameters different magnitudes, different geomagnetic locations (mid- and equatorial zones), and different geo-tectonic structures by using the IGS stations data in the earthquake preparation zones. by considering with space weather conditions. The second objective of the Project is examining the possibility to set up a continuous ionospheric TEC monitoring system at the Karadeniz Technical University (KTU) Surveying Engineering Department building using data from TRAB GNSS station by using the results in the first phase of the project. Within the scope of this study, the results of a one-year workshop in accordance with the work schedule will be presented as a project team in the first objective of the project.

KEYWORDS: Earthquake, Total Electron Content, Ionosphere, Space Weather Conditions

1. İYONOSFERİK TEC DEĞİŞİMLERİ İLE DEPREM İZLENEBİLİRLİĞİ

Çalışma kapsamında, IGS istasyonlarının GPS gözlemlerinden iyonosferik TEC değişimlerinin elde edilmesi, iyonosferik TEC değişimine etki eden uzay iklim koşullarının incelenmesi, analizi ve deprem ile iyonosferik TEC değişimi ilişkisinin değerlendirilmesi yorumlanması yapılmaktadır.

1.1. Verilerin Elde Edilmesi

Çalışma kapsamında, 2000 yılından projenin başvuru yılı olan 2016'ya kadar magnitudün 6'dan büyük ve farklı derinliklerde meydana gelmiş depremler (<http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/>) adresinden 2740 adet olarak alınmıştır.



Depremler, Microsoft Office Excel programında hazırlanan filtreleme ile ekvatorial ve orta kuşakta meydana gelen depremler belirlenmiştir. Bu depremlerin hazırlık alanlarının yarıçapları Dobrovolsky vd., (1979)'dan $\rho = 10^{0.43 \cdot M}$ km formülü ile hesaplanmıştır. Burada, ρ , deprem hazırlık alanının yarıçapını; M , moment magnitudü ölçeğinde depremin büyüklüğünü göstermektedir. Depremler ile iyonosferik anomaliler arasındaki ilişki değerlendirilirken, uzay iklim koşulları incelenerek sakin günlerin belirlenmesi gerekir. İyonosfer katmanındaki serbest iyonları ve elektronları etkileyen Güneş ve jeomanyetik fırtına etkilerinin belirlenmesinde güneş akısı indisi (F10.7cm ve EUV 0.1-50nm, EUV 26-34nm), jeomanyetik fırtına ve jeomanyetik aktivite indisleri (Kp ve Dst), manyetik alan indisi (Bz), plazma yoğunluğu ve parçacık akısı indisleri (proton yoğunluğu ve altı farklı enerji seviyesindeki proton akısı) kullanılmıştır.

1.2. GNSS Gözlemlerinden TEC Değişiminin Elde Edilmesi ve Analizi

Her bir uydu ve alıcı arasındaki gözlemlerden bölgesel TEC değerleri hesaplanabilir. Kod (P) ve taşıyıcı faz (Φ) ölçülerinin geometriden bağımsız kombinasyonu P_2 kod ölçülerini P_1 kod ölçülerinden, Φ_2 faz gözlemini Φ_1 faz gözlemlerinden çıkararak, elde edilir. Eğik TEC'in (STEC) belirlenebilmesi için diferansiyel kod farklarının bilinmesi gerekmektedir. Φ_4 'ün P_4 'e uydurulması faz ölçümlerinin her kesintisiz yayı için bir ofset sabiti tanımlanır. Her bir faz kayması giderilmesine bir diğer ofset sabitinin hesaplanmasıyla başlanır. Yumuşatma katsayısı değeri B^m , Φ_4 ile kombine edilerek STEC değerleri,

$$STEC_u^m(n) = \frac{1}{A} \left(\frac{f_1^2 f_2^2}{f_2^2 - f_1^2} \right) (B^m - \Phi_{4,u}^m(n) - (DCB^m + DCB_u)) \quad (1)$$

biçiminde hesaplanır. Burada, f_1 ve f_2 , ilgili frekansları; $A = 40.3 \text{ m}^3/\text{s}^2$ katsayısı göstermektedir. Eğer DCB değerleri biliniyorsa, STEC değeri Eşitlik (1)'den hesaplanabilir. STEC değeri hesaplandıktan sonra ince tabaka iyonosfer modeline göre VTEC,

$$M(z_m(n)) = \frac{STEC_u^m(n)}{VTEC_u^m(n)} \quad (2)$$

eşitliğinden belirlenir. Burada tanımlanan $z_m(n)$, alıcı pozisyonundaki uydu zenith açısı ve $M(z)$ izdüşüm fonksiyonu,

$$M(z) = \frac{1}{\cos z'} = \frac{1}{\sqrt{1 - \sin^2 z'}}, \quad \sin z' = \frac{R}{R + H} \sin(\alpha z) \quad (3)$$

şeklinde. Burada, z' , uydu ile alıcı arasındaki sinyal yolunun ince tabakadaki kesişimlerinin iyonosferin delinme noktalarındaki (IPP) zenit açısını; R , dünyanın yarıçapını (6,378.137 km), $\alpha = 0.9886$ iyileştirilmiş tek tabaka modeli (MSLM) izdüşüm fonksiyonuna (Schaer, 1999) ait ölçeklendirme faktörünü ve H , iyonosferik ince tabaka yüksekliğini (350 km) göstermektedir. Kestirilen VTEC değerlerindeki anormal değişimlerini, Liu vd. (2009)'daki yöntemle benzer bir algoritma ile çeyrekler arası fark istatistiksel analizine göre hesaplanmıştır.

1.3. Deprem TEC İlişkisi

IGS istasyonlarında VTEC değişim yüzdelere (>8/24saat) göre belirlenen anormal günler ve uzay iklim koşullarının değerlendirilmesi sonucu belirlenen sakin günler birlikte değerlendirilerek deprem öncesi uzay iklim koşullarının sakin ve VTEC değişimlerinin anormal olduğu günler belirlenmiştir.



2. DEPREM BÖLGELERİNİN JEO-TEKTONİK YAPISI VE DEPREMSELLİĞİ

Bu çalışma kapsamında analiz edilecek olan depremlerin meydana geldiği bölgelerin deprem hazırlık alanını içerecek şekilde jeolojik yapıları incelenerek güçlü ve yıkıcı deprem oluşumlarının hangi tür zemin yapıları ile nasıl bir ilişki içerisinde olduğu ortaya konulmaya çalışılmaktadır. Ayrıca bu deprem bölgelerindeki deprem oluşumlarının hangi tür faylanma mekanizmaları ile ilişkili olduğu ve jeo-tektonik özelliklerin deprem oluşumları açısından kullanılabilirliği araştırılmaktadır.

3. SONUÇ

Çalışması sonucunda, anlaşılabilen, somut olay ve düşüncelerle desteklenen bulgularla depremlerin izlenmesine yönelik yapılacak bilimsel çalışmalara; TEC ile depremlerin izlenebilirliği konusunda bilimsel bilginin literatüre kazandırılmasına; Sürekli İyonosferik TEC İzleme Sisteminin oluşturulabildiği takdirde depremlerin izlenmesine; Deprem öncülerinin tespitine yönelik teknik ve ekonomik açıdan bilimsel veri; farklı disiplinlerin çalışmalarına da altlık oluşturacak bilimsel veri gibi **bilimsel katkılar** sağlanacaktır. Projenin başarılması halinde, depremlerin izlenmesine yönelik yeni kurulacak uyarı sistemlerine teknik ve ekonomik açıdan örnek ve alt yapı; ortaya çıkarılacak sistemin avantaj ve dezavantajlarının belirlenmesiyle daha duyarlı sistemlerin oluşturulmasını desteklemek gibi **teknolojik katkılar** sağlanacaktır. Projede, sürekli iyonosferik TEC belirleme sisteminin başarıyla çalıştırılması ve deprem izlenmesiyle ilişkisinin ortaya konulması durumunda, insanların sağlık, güvenlik ve ekonomik açıdan kendilerini güvende hissetmelerine destek; insan hayatı ile mal kayıplarının da en aza indirgenmesine ve toplumdaki refah seviyesinin yükselmesi gibi konularda **sosyo-ekonomik katkılar** sağlanacaktır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmaya verdiği desteklerinden ötürü TÜBİTAK'a, RINEX, SP3 ve IONEX kayıtlarını sağladıkları için, Kabuk Dinamikleri Verisi ve Bilgi Sistemi'ne (CDDIS), Uzay İklim Koşullarına ait değişimleri sağladıkları için NASA Uzay Uçuş Merkezi Uzay Fiziği Veri Tesisi ve Güney Kaliforniya Üniversitesi Uzay Bilimleri Merkezi'ne teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- Dobrovolsky, I.P., Zubkov, S.I., Miachkin, V.I., (1979), Estimation of the size of earthquake preparation zones, *Pure and Applied Geophysics*, 117, 1025-1044.
- Liu, J.Y., Chen, Y.I., Chen, C.H., Liu, C.Y., Chen, C.Y., Nishihashi, M., Li, J.Z., Xia, Y.Q., Oyama, K.I., Hattori, K. ve Lin, C.H. (2009). Seismo Ionospheric GPS Total Electron Content Anomalies Observed Before The 12 May 2008 Mw 7.9 Wenchuan Earthquake, *Journal of Geophysical Research-Space Physics*, 114.
- Schaer S., (1999), Mapping and predicting the Earth's ionosphere using the Global Positioning System, Ph. D. thesis, University of Berne, Switzerland.



2013 Girit Deprem Etkinliğinin Sismotektonik Açından Yorumlanması

E. Görgün¹

¹ Doç. Dr. Jeofizik Müh. Bölümü, Mühendislik Fakültesi, İstanbul Üniversitesi, 34320 Avcılar, İstanbul
Email: ethem.gorgun@istanbul.edu.tr

ÖZET

15 Haziran 2013 tarihinde moment büyüklüğü (M_w) 6.1 olan Girit adası açıklarında Ege dalma-batma zonu boyunca meydana gelen deprem etkinliği incelenmiştir. Bu ve sonrasındaki büyüklükleri 3.5 ile 6.1 arasında değişen 40 adet depremin moment tensörleri dalga formu ters çözümlemesi yöntemiyle hesaplanmıştır. Anaşok 20 km derinliğinde ters faylanmadan oluşan ve küçük doğrultu atım bileşeni de bulunan sığ bir depremdir. Depremin sismik momenti 2.07×10^{18} Nm ve kırılma süresi 4 sn'dir. Bulunan kaynak mekanizmalarını bize depremlerin P eksenlerinin K-G doğrultusunda olduğunu işaret etmektedir. Depremlerin ayrıca göreceli lokasyonlarından episantr ve derinlik dağılımlarına da bakılmıştır. Buna göre 15 Haziran -15 Temmuz 2013 zaman aralığında oluşan artçı deprem aktivitesi bize, depremlerin K-G ve KB-GD doğrultularında oluştuğunu göstermektedir. Depremlerin derinlikleri 5 ile 28 km arasında değişmektedir. 40 adet depremin kaynak mekanizmaları kullanılarak bölgenin gerilim tensör değerleri hesaplanmıştır. Bu analize göre bölgede ters faylanma rejimi hakimdir ve maksimum yatay kesme gerilimi KD-GB yönündedir. Gerilim tensör sonuçlarına göre bölgedeki gerilim dağılımı homojendir. Ayrıca bölgenin Coulomb gerilim dağılımlarına bakılmış ve gerilimin yüksek olduğu kısımların BKB-DGD yönlerinde olduğu görülmüştür. Bu depremlerle bölgedeki gerilim dağılımlarında 0.3 bar kadar bir gerilim artışı ölçülmüştür. Bu sonuçlara göre, bölgedeki bir sonraki depremin gerilimin arttığı bu doğrultularda olması olasıdır.

ANAHTAR KELİMELER: Artçı depremler, Coulomb gerilim dağılımı, Girit depremleri, odak mekanizması, moment tensör analizi, gerilim tensör analizi

Seismotectonic Setting of the 2013 Crete Earthquake Sequence

¹ Assoc. Prof., Department of Geophysical Engineering, Faculty of Engineering, Istanbul University,
34320 Avcılar, Istanbul
Email: ethem.gorgun@istanbul.edu.tr

ABSTRACT

15 June 2013 M_w 6.1 off-shore southern Crete earthquake and its aftershock sequence along Hellenic Subduction Zone are examined. Centroid moment tensors (CMTs) for 40 earthquakes with moment magnitudes (M_w) between 3.5 and 6.1 are determined by applying a waveform inversion method. The mainshock is shallow focus thrust event with a minor strike-slip component at a depth of 20 km. The seismic moment (M_0) of the mainshock is estimated as 2.07×10^{18} Nm, and rupture duration of the mainshock is 4 s. The focal mechanisms of aftershocks are mainly thrust faulting with a strike-slip component. The geometry of the moment tensors ($M_w < 3.5$) reveals a thrust faulting regime with N-S trending direction of P axis in the entire activated region. According to high-resolution CMT solutions



of the off-shore southern Crete earthquake sequence, one main cluster consisting of 40 events is revealed. The aftershock activity in the observation period between 15 June and 15 July 2013 extends from N to S and NW to SE directions. Seismic cross sections indicate a complex pattern of the hypocenter distribution with the activation of two segments. The subduction interface is clearly revealed with high resolution hypocenter source relocation and moment tensor solution. The best-constrained focal depths indicate that the aftershock sequence is mainly confined in the upper plate (depth < 30 km) and is ranging from about 5–28 km depth. A stress tensor inversion of focal mechanism data is performed to obtain a more precise picture of the off-shore southern Crete stress field. The stress tensor inversion results indicate a predominant thrust stress regime with a NE–SW-oriented maximum horizontal compressive stress (S_H). According to variance of the stress tensor inversion, to first order, the southern Crete region is characterized by a homogeneous interplate stress field. We also investigate the Coulomb stress change associated with the mainshock to evaluate any significant enhancement of stresses along southern Crete and surrounding regions. Positive lobes with stress more than 0.3 bars are obtained for the mainshock, indicating that these values are large enough to increase the Coulomb stress failure toward WNW–ESE direction.

KEYWORDS: Aftershock, Coulomb stress analysis, Crete earthquake, focal mechanism, moment tensor inversion, stress tensor inversion

1. GİRİŞ

Kıyı ötesinde olan güney Girit depremi 15 Haziran 2013 tarihinde saat 16:11:01.42’de (GMT) meydana gelmiştir. Deprem moment büyüklüğü (M_w) 6.1 olarak hesaplanmıştır. Deprem derinliği ise 20 km’dir. Girit depremleri aktivitesi Girit adasının 80 km güneyinde kaydedilmiştir (Şekil 1). Deprem anaşokunun kırık zonu 10 ile 20 km derinliklerinde oluşmaktadır.

Bu çalışmada, 2013 Girit depremlerinin gerilim tensör dağılımları 40 adet artçısının odak mekanizması kullanılarak bulunmuştur. Bu odak mekanizmalarının büyüklükleri 3.5 ile 6.1 arasında değişmektedir. Odak mekanizmaları Nakano vd. (2008) tarafından geliştirilen bir moment tensör algoritması kullanılarak hesaplanmıştır. Bunlara ilaveten depremin artçıları ile ilgili hassas lokasyon teknikleri uygulanarak artçı depremlerin dağılımını da bakılmıştır.

2. VERİ VE DALGA FORMU TERS ÇÖZÜMLEMESİ

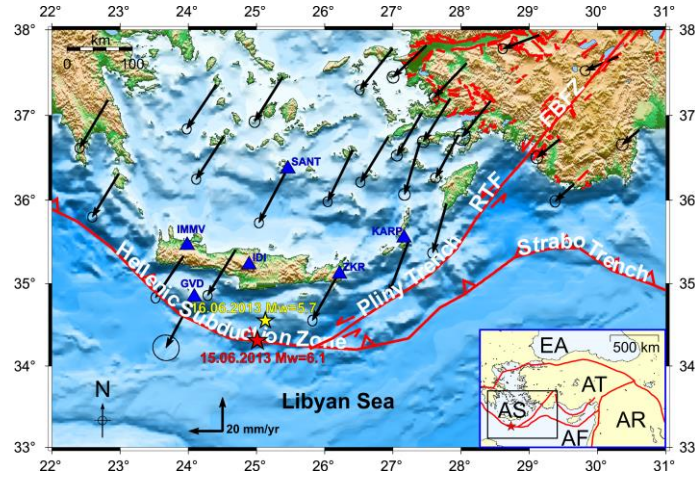
Çalışmada kullanılan veriler Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü (KRDAE) genişband istasyon ağından alınmıştır. Burada kullanılan istasyon sayısı 14 adettir. Bu istasyonlar öncelikli olarak internet üzerinden alınmış ve moment tensörleri hesaplanmadan bazı gerekli işlemlere maruz bırakılmıştır. Bu işlemler sırasıyla verinin pole-zero’larından arındırılması, yerdeğiştirme kaydına çevrilmesi ve 20 ile 50 s arasında filtrelenmesidir. Daha sonra örnekleme frekansları 0.5 Hz olarak değiştirilmiştir. Kullanılan toplam veri boyu 512 s’dir. Green Fonksiyonları her 10 km için 1500 km’ye kadar hesaplanmıştır. Derinlik içinde her 5 km için 100 km’ye kadar hesaplanmıştır. Green Fonksiyonları’nı hesaplamak için kullanılan kabuk modeli Meier vd. (2004) ‘dan alınmıştır. Moment tensör sonuçlarını bulmak için yatayda 0.1° ve düşeyde 5 km grid tarama yöntemi kullanılmıştır (Nakano vd., 2008). Bu yöntem kullanılarak bulunan mekanizmalar Şekil 2’de gösterilmektedir.

Bu çalışmada Vavryčuk (2014) algoritması kullanılmıştır. STRESSINVERSE olarak isimlendirilen bu yazılım 40 adet deprem için kullanılmıştır. Bu algoritmada aynı zamanda hata değerlerini hesaplamak

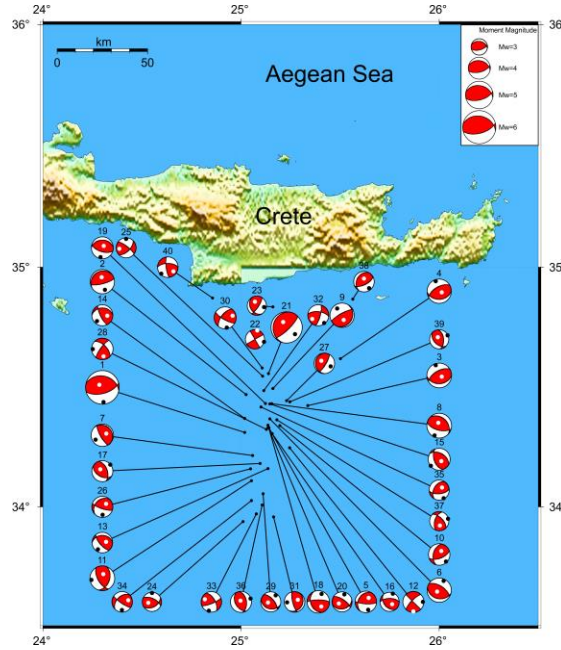
için bootstrap tekniği mevcuttur. Bu yöntemde σ_1 , σ_2 , σ_3 değerleri sırasıyla maksimum, orta ve minimum sıkışma gerilimleri hesaplanmıştır.

$$R = (\sigma_2 - \sigma_3) / (\sigma_1 - \sigma_3) \quad (1)$$

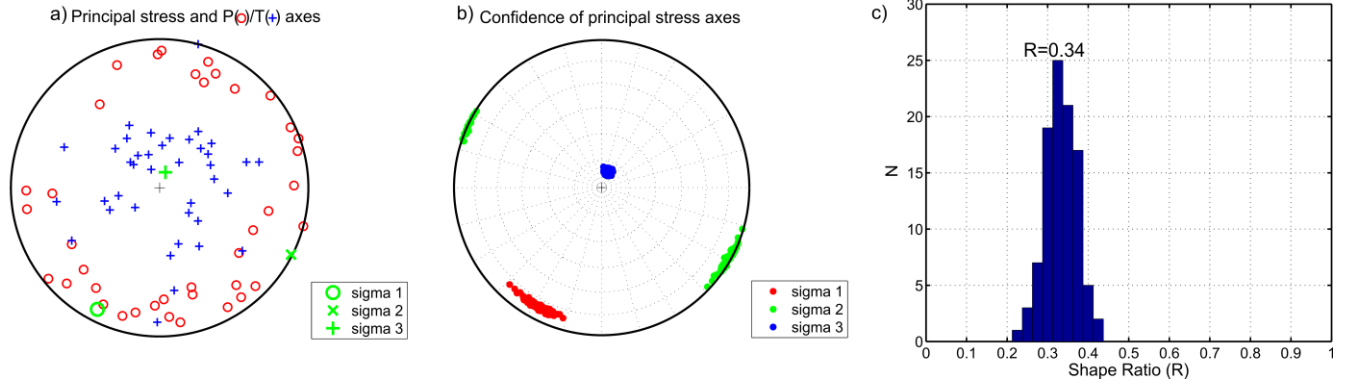
Burada R göreceli gerilim büyüklüğünü göstermektedir. Bu değer 0.5'den büyük olursa açılma, 0.5'den küçük olursa ise sıkışma gerilim rejimi olarak isim verilmektedir. Bu çalışmada 40 deprem için bölgenin gerilim tensörleri hesaplanmış ve Şekil 3'te gösterilmiştir.



Şekil 1. Girit adası deprem bölgesinin sismotektonik haritası



Şekil 2. Moment tensörleri hesaplanan 40 depremin harita görüntüsü



Şekil 3. a) 40 adet deprem için hesaplanan P/T eksenlerinin dağılımları, b) Başlıca gerilim eksenlerinin konumları, c) Göreceli gerilim büyüklüğü değeri

5. SONUÇLAR

- 2013 Mw 6.1 Girit depreminin 40 adet artçışoku için moment tensör ters çözümlenmesi kullanılarak odak mekanizmaları hesaplanmıştır.
- Bu bulgular ışığında odak mekanizmaları bölgede ters fay rejiminin baskın olduğunu göstermektedir.
- Bulunan odak mekanizmaları kullanılarak bölgenin gerilim tensörleri hesaplanmış ve sıkışma gerilim rejiminin varlığı gözlenmiştir.
- Coulomb gerilim değişimi anaşoka uygulanmış ve bölge için gerilim değerlerinin dağılımı hesaplanmıştır. Bölgedeki maksimum yatay gerilim değeri (S_H) KD-GB yönlüdür.
- Bu çalışma, Görgün (2017) referansı ile Pure and Applied Geophysics isimli dergide yayınlanmıştır.

KAYNAKLAR

- Görgün, E. (2017). Source Mechanisms and Stress Fields of the 15–16 June 2013 Crete Earthquake Sequence Along Hellenic Subduction Zone. *Pure Appl. Geophys.* 174:1181-1199, DOI 10.1007/s00024-016-1454-1.
- Meier, T., Rische, M., Endrun, B., Vafidis, A., & Harjes, H.-P. (2004). Seismicity of the Hellenic subduction zone in the area of western and central Crete observed by temporary local seismic networks. *Tectonophysics*, 383, 149–169.
- Nakano, M., Kumagai, H. and Inoue, H. (2008). Waveform inversion in the frequency domain for the simultaneous determination of earthquake source mechanism and moment function. *Geophysical Journal International* 173, 1000-1011.
- Vavryčuk, V. (2014). Iterative joint inversion for stress and fault orientations from focal mechanisms. *Geophysical Journal International*, 199, 69-77, doi: 10.1093/gji/ggu224.



Türkiye ve Çevresi Moment Tensör-Faylanma Bilgi Bankasının Oluşturulması ve Bölgesel Gerilme Analizleri

Doğan Kalafat¹

¹ Boğaziçi Üniversitesi, Kandilli Rasathanesi ve DAE., 34684 Çengelköy/İstanbul

e-mail: kalafato@boun.edu.tr

ÖZET

Özellikle aletsel sismolojinin başladığı 1912 yılından günümüze kadar, ülkemiz ve civarında meydana gelmiş önemli depremlerin Faylanma mekanizmaları - Kaynak Parametrelerinin hesaplanması, derlenmesi ve eksiksiz bir veri tabanı altında toplanması araştırmanın hedefini oluşturmaktadır. Günümüze kadar ülkemizde konu ile ilgili sayısal ortamda eksiksiz bir veri tabanı oluşturulamamıştır. Ancak bilimsel makale ve tezlerde bir veya birden çok depremin fay mekanizması çözümleri yapılmıştır. Tüm bu çalışmalarda fay düzlemi ve kaynak parametreleri, faylanma tipleri ve çözümlerinin tamamını bir bütünlük halinde bulabilmek mümkün olmamaktadır. Bu ise mevcut çalışmaların yeterli ve eksiksiz bilgi sağlamadığını ortaya koymaktadır. Bu yüzden özellikle 1912 yılından günümüze kadar meydana gelmiş yaklaşık 1956 depremin ($M \geq 4.0$) Faylanma-Kaynak Parametrelerinin hesaplanması ve bütünlük bir veri tabanı altında toplanarak araştırmacıların kullanımına sunulması araştırmanın temel amaçlarından birisini oluşturmaktadır. Çalışma kapsamında eski depremlere ait olan eksik tüm parametreler hesaplanarak homojen ve bütünlük bir veri seti oluşturulmuştur. Hazırlanan moment tensor veri seti ile bölgesel Faylanma Tipi Haritası hazırlanmış, her deprem için faylanma parametreleri (doğrultu, dalım, atım, sismik moment- M_0 ; P ve T eksenleri azimut ve dalımları) bilgileri kullanılarak Türkiye'deki farklı tektonik rejime sahip bölgelerdeki hakim gerilme eksenlerinin doğrultuları hesaplanmış ve bölgesel gerilme analizi yapılmıştır.

ANAHTAR KELİMELER: Faylanma mekanizması, Kaynak parametreleri, Gerilme analizi

The moment tensor-faulting knowledge base for Turkey and its surroundings and regional stress analysis

Dogan Kalafat¹

¹ Bogazici University Kandilli Observatory and DAE, 34684 Çengelköy/İstanbul

e-mail: kalafato@boun.edu.tr

SUMMARY

Especially since 1912, when the instrumental seismology started important earthquakes occurred in Turkey and around. This study aim have become the target of investigating the faulting mechanisms – source parameters of calculation, compilation and collection under a complete database. Up to now a completed data base of digital platform could not be created in our country. However, scientific articles and thesis provided fault earthquake mechanism in one or multiple solutions. In all of these studies it is not possible to find fault plane and source parameters, faulting types and solutions as a whole. This suggests that existing studies do not provide sufficient and complete information. Therefore, it is one of the main objectives of the research to calculate the Faulting-Source Parameters of about 1956 earthquakes ($M \geq 4.0$), especially from 1912 to the present day, and to be collected under an integrated database for the use of researchers. In the scope of the study, all the missing parameters belonging to the old earthquakes were calculated and a homogenous and integrated data set was created. *Prepared*



moment tensor data set by regional faulting Type Map prepared, faulting parameters for each earthquake (strike, dip, slip, seismic moment-Mo, P and T axis azimuth and plunge) information using the stress axis dominant in regions with different tectonic regime in Turkey and regional stress analysis were performed.

KEYWORDS: Faulting mechanism, source parameters, stress analysis

1. GİRİŞ

Faylanma mekanizmaları - Kaynak Parametrelerinin hesaplanması, derlenmesi ve bir eksiksiz bir veri tabanı altında toplanarak araştırmacıların kullanımına eksiksiz sunulması sismolojinin temel problemlerinden birisi olduğundan uluslararası alanda konu ile ilgili çok fazla çalışma yapılmıştır. İstasyon sayısının ve buna bağlı veri kalitesinin artması, veri işlem ve analiz yöntemlerinin gelişmesine bağlı olarak konu ile ilgili detaylı çalışmalar yapılmıştır. Ülkemizde ise günümüze kadar konu ile ilgili sayısal ortamda eksiksiz bir veri tabanı oluşturulamamıştır. Ancak bilimsel makale ve tezlerde bir veya birden çok depremin fay mekanizması çözümleri yapılmıştır. Tüm bu çalışmalarda fay düzlemi ve kaynak parametreleri, faylanma tipleri ve çözümlerinin tamamını bir bütünlük halinde bulabilmek mümkün olmamaktadır. Bu ise mevcut çalışmaların yeterli ve eksiksiz bilgi sağlamadığını ortaya koymaktadır.

Bu yüzden özellikle 1912 yılından günümüze kadar meydana gelmiş depremlerin ($M \geq 4.0$) Faylanma-Kaynak Parametrelerinin hesaplanması ve bütünlük bir veri tabanı altında toplanarak araştırmacıların kullanımına sunulması araştırmanın temel amacını oluşturmuştur. Çalışma kapsamında eski depremlere ait olan eksik tüm parametreler hesaplanarak homojen ve bütünlük bir veri seti oluşturulması sağlanmıştır. Hazırlanmış moment tensor veri seti ile bölgesel Faylanma Tipi Haritası hazırlanmış, her deprem için faylanma parametreleri (doğrultu -Strike, dalım-dip, atım-rake, sismik moment-Mo; P ve T eksenleri azimut ve dalımları) bilgileri kullanılarak Türkiye'deki farklı tektonik rejime sahip bölgelerdeki hakim gerilme eksenlerinin doğrultuları hesaplanarak bölgesel gerilme analizi yapılmıştır.

Konu ile ilgili olarak da dünyada benzer çalışmalar yapılmaktadır. Örneğin, Akdeniz Bölgesi Deprem Mekanizmaları (EMMA, 2004) veritabanı literatürde odak mekanizmalarını toplamak için bir veri tabanı projesidir. Bunun dışında Harvard Üniversitesi tarafından yürütülen Küresel CMT Projesi (Global Centroid-Moment-Tensor)'dir. Bu proje kapsamında dünya üzerinde 1976 yılından itibaren meydana gelen genelde büyük depremlerin ($M > 6.0$) Moment Tensör-Faylanma Analizleri yapılmaktadır. Konu ile ilgili çalışan diğer bir merkez ise dünyanın Sismoloji konusundaki önemli veri merkezi olan Amerika Birleşik Devletleri Jeoloji Servisi (Unites States Geological Service USGS) 'dir.

2. YÖNTEM VE PROSEDÜRLER

Bu çalışmada;

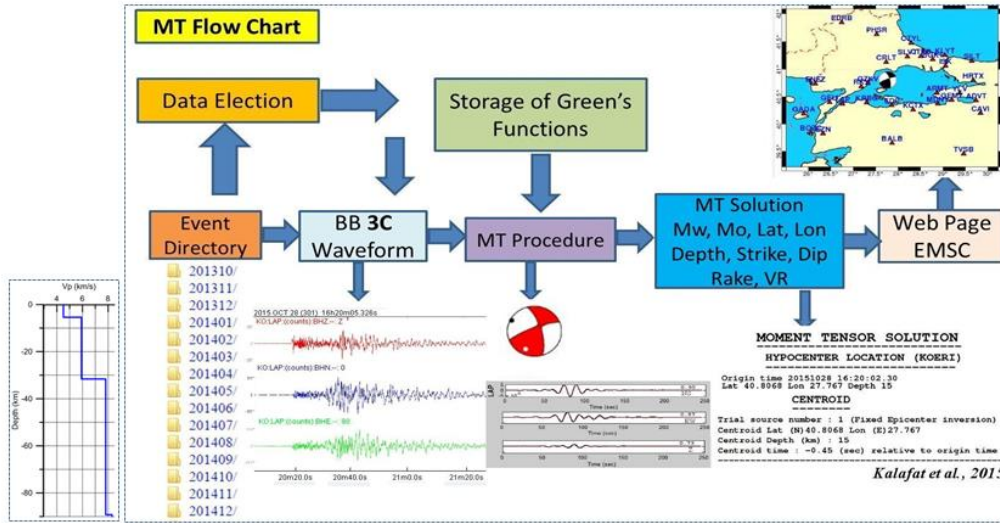
1. İhtiyaç duyulan depremlerin yeniden çözümlerinin yapılması,
2. Fay düzlemi-Moment tensör analizi
3. Moment tensör kataloğu hazırlanması ve Faylanma Tipi Haritasının hazırlanması
4. Bölgesel gerilme analizi yapılması ve tüm bu sonuçları içinde barındıran bütünlük veri tabanına sahip Türkiye Deprem Kaynak Parametreleri Bilgi Bankasının oluşturulması ve yayınlanması hedeflenmiştir.

2.1 Fay düzlemi çözümleri-Moment tensor analizi

Çalışmada özellikle 3 bileşen sayısal kayıtları bulunan depremlerde ters çözüm tekniği yöntem olarak kullanılmıştır. Genel bir ifadeyle, bir depreme sebep olan kaynak parametrelerini belirlemek için

depreme ait gözlemsel veriyle hesaplanan kuramsal verinin kıyaslanması yöntemine dalga şekli ters çözümü denir. Bu yöntemde, depremin faylanma mekanizması, sismik momenti ve maksimum enerjinin açığa çıktığı yer ve zaman büyük bir hassasiyetle belirlenebilmektedir. Bu yöntemi kullanarak depremde açığa çıkan enerjinin zamansal ve uzaysal dağılımı incelenebilmektedir. Yöntemde, gözlemsel sismogramlar (gerçek sismik kayıtlar) ve teorik sismogramlar (sentetik kayıtlar) oluşturulduktan sonra ters çözüm işlemi yapılır. Bunun için sırasıyla,

1. Gözlenmiş sismik kayıtların (sismogramların) deprem bazında oluşturulması, kesilmesi; Gerçek sismik kayıtların değerlendirilmesinde aşağıdaki hususlara dikkat edilecektir;
 - Sinyal/ Gürültü oranı iyi olmalıdır,
 - Sayısal Kayıtların dalga formları traşlanmamış olmalıdır,
 - İstasyonların Azimutal Dağılımlarının iyi olması gerekir (İstasyon boşluğu $GAP < 75^\circ$),
 - Sayısal kayıt (sismogram) üzerinde boşluklar, kesintiler, uyumsuz değerler giderilmelidir,
 - Alet düzeltilmesi yapılarak, ve sismogramlar yer değiştirmeye dönüştürülmelidir.
2. Sentetik sismik kayıtların (sismogramların) oluşturulması;
 - Kullanılacak Kabuk Modeli
 - Alıcının konumu
3. Ters Çözüm (inversion)
 - Verilerin seçilmesi (P ve S fazlarını içeren tüm kayıt)
 - Yapay veri ile gerçek verinin uyumu işlemleri sırası ile takip edilir (Şekil 1).

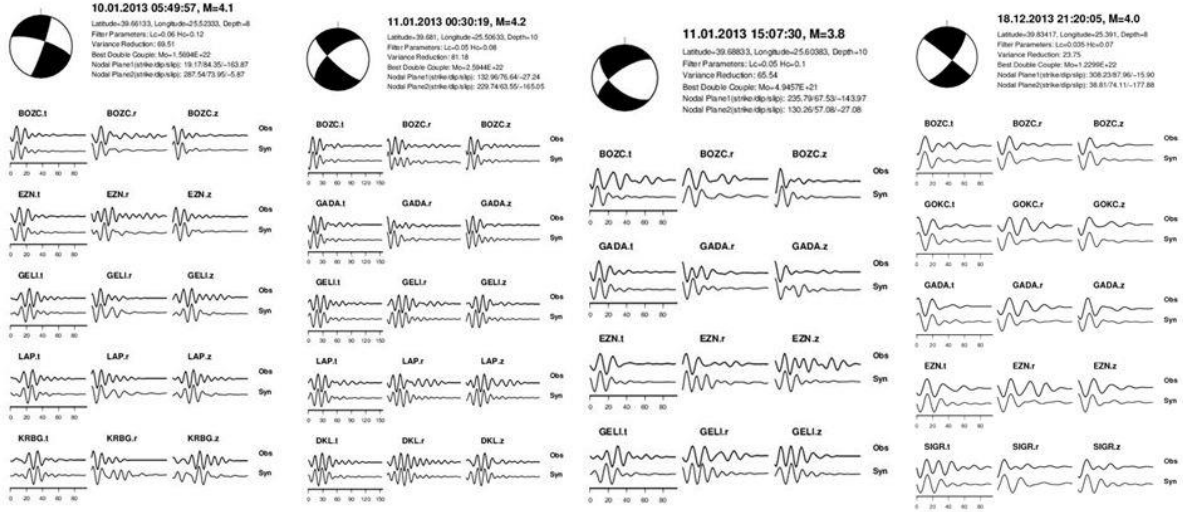


Şekil 1. Fay Mekanizması /MT Çözümleri Akış Diyagramı (Kalafat ve diğ., 2009)

Gözlemsel (gerçek) sismogramlarla (teorik) kuramsal sismogramlar arasındaki uyumun yeterliliği için karekök ortalama hatası (RMS) ve ters çözüm işleminin yakınsamasının kontrolü içinde en küçük kare hatası kullanılmaktadır. Kuramsal sismik verinin, hesaplanmasını ve bunların alıcılardaki gözlemsel veriyle kıyaslanmasını gerektirir. Bu yaklaşım kısaca; dalga şekli ters çözümü olarak isimlendirilir.

Bu çalışma kapsamında bir depremin geniş bant (broadband) kayıtlarında elde edilen 3 bileşen kayıtlarından; moment büyüklük ölçeğini kullanarak deprem büyüklüğünü belirleyen ve aynı zamanda olası odak konum ve oluş zamanı ile odak noktasında etkin gerilme yönleri hesaplanmaktadır. Farklı odak derinlikleri için ters çözüm yapılarak gözlemsel ve teorik sismogramlar arasındaki uyumun hangi

derinlik için en iyi olduğu belirlenir. Her derinlik seviyesinde Green fonksiyonları ayrı ayrı hesaplanmaktadır. Sonuçta gözlemsel seismogram ile teorik olarak üretilmiş sentetik seismogramların uyumu kaynak parametrelerini vermektedir. Aşağıdaki şekilde birden fazla istasyon kullanılarak yapılan kaynak parametreleri çözümleri örnek olarak verilmiştir (Şekil 2). Böylece depremlerin kaynak parametrelerinin analizi sonucu ilgili bölgenin fay sistemlerinin ve sismotektonik karakterinin ortaya çıkarılması mümkün olabilmektedir..



Şekil 2. Kaynak Parametreleri Çözüm Örneği

2.2 Gerilme Tensörü Yöntemi

Kullanılan gerilme analizi yöntemi her bir depremin sıkıştırma (P) ve açılma (T) eksenlerini kullanarak işleme giren tüm depremler için bölgesel asal gerilme bileşenlerini (σ_1 , σ_2 , σ_3) belirlemeyi amaçlamaktadır. Yöntem, depremlerle oluşan gerilme alanının durağan olduğunu yani gerilme alanında uzaysal ve zamansal olarak değişim olmadığını varsayılmaktadır. Yöntemin kabullendiği bir diğer varsayım ise kayma yönünün makaslama yönü olduğu ve yer değiştirmenin var olan ön zayıflık düzleminde gerçekleştiğidir. Yöntemin amacı, sıkışmanın en yüksek olduğu σ_1 , sıkışmanın orta düzede olduğu σ_2 ve en küçük sıkışmaya karşılık gelen σ_3 asal gerilme eksenlerinin belirlenmesidir. Bölgede etkin gerilme rejimini (sıkışma-açılma) tanımlamak için gerilme oranı $R=(\sigma_2-\sigma_1)/(\sigma_3-\sigma_1)$ kullanılır.

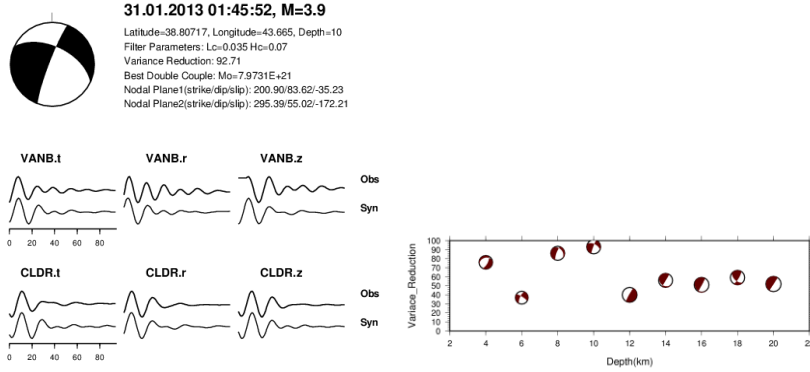
Gerilme tensörü hesaplamak için Gephart (1990) tarafından geliştirilen yöntem kullanılmıştır. Kullanılan veriler, araştırma kapsamında kullanılan veriler sonucu elde edilen fay düzlemi çözümlerinden belirlenen P (basınç-sıkışma) ve T (çekme-açılma) eksenlerinin yönelimleridir. Yöntemde;

- Depremlerin oluşturduğu gerilme alanında uzaysal ve zamansal değişim olmadığı;
- Fay düzleminde ilgili kayma yönünün makaslama (Shear) gerilme yönü olduğu,
- Fay boyunca oluşan yer değiştirmenin gerilme rejimini etkilemediği ve
- Yer değiştirmenin mevcut olan ön zayıflık düzleminde oluşturduğu kabul edilir.

3. VERİ TOPLAMA VE ANALİZİ

Özellikle B.Ü. Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü tarafından işletilen Türkiye Deprem Ağına ait geniş bantlı (BB) üç bileşen sayısal kayıt yapan sismometrelerden elde edilen veriler çalışma kapsamında kullanılmıştır. Ayrıca komşu ülkelere ait diğer sismik ağlar tarafından kaydedilen veriler de

bu çalışma kapsamında değerlendirilmiştir. Kaydedilen verilerin belli bir pencere de kesilmesi, belli bir formata çevrilmesi, derlenmesi, alet tepki fonksiyonlarının giderilmesi gibi verilerin analize hazırlanma işlemleri yapılmıştır. Analiz için seçilen depremleri kaydeden istasyon sayısının fazla olması ve azimutal dağılımın iyi olması sonuçları olumlu yönde etkilemektedir. Seçilen veriler öncelikle SAC formatına çevrilmekte ve alet etkileri giderilerek hız kayıtlarının birimlerinin m/s olması sağlanmaktadır. Green fonksiyonlarının hesaplanmasında Kalafat ve diğ., 1987 tarafından verilen kabuk ve hız modeli kullanılmıştır. Derinlik artışı 1 km alınmıştır. Program bir başlangıç modeli ve grid arama düzeni kullanılarak iterasyon ile deprem derinliğini değiştirerek kısa sürede çözümü yinelemeli olarak elde etmekte ve daha sonra moment tensor ve deviatoric moment tensor için çözüme gitmektedir. Çözüm güvenilirliği için gözlemsel ve hesaplanan dalga formları uyum indeksi çakışma ölçütü (varyans azaltma/variance reduction) değerinin %50'den fazla olması koşulunu sağlanmasına dikkat edilmiştir. Aşağıda 31 Ocak 2013 tarihinde meydana gelen depremin gözlemsel ve sentetik dalga formlarının ve uyumun ölçütü olan Variance Reduction değeri VR=92.71 örnek olarak verilmiştir (Şekil 3).



Şekil 3. Bir yerel depremin Moment tensor Analizi

Moment büyüklük özellikle KRDAE Ulusal Deprem İzleme Merkezi tarafından Türkiye çapında 2004 yılından sonra kurulan (Kalafat, 2003; Kalafat ve diğ., 2005, 2006) geniş-bantlı sayısal 3 bileşen istasyonlar ve bu konudaki geliştirilmiş çözümleme teknikleri ile hesaplanmakta ve büyük depremlerin moment büyüklüğü verilmektedir. Buna son yıllarda olan depremler ve onların artçıları ile ilgili depremlerin çözümleri de çalışma kapsamında yapılmıştır (Tablo 1).

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada, Türkiye ve Çevresinde 1912-2017 yılları arasında meydana gelmiş ve genel olarak büyüklüğü $M \geq 4.0$ olan önemli depremlerin Faylanma-Kaynak Parametrelerinin tümünün derlenmesi, hesaplanması ve bir veri tabanı altında toplanarak araştırmacıların kullanımına sunulması amaçlanmıştır. Bu maksatla toplam 1956 adet depremin kaynak parametrelerinin yaklaşık % 70 'i bu çalışma kapsamında hesaplanmış, yaklaşık % 30 ise diğer kaynaklardan derlenmiştir. Çalışma kapsamında eski depremlere ait olan eksik parametreler hesaplanarak homojen ve bütünlük bir Faylanma-Kaynak Parametreleri veri seti oluşturulmuştur. Şekil 4'de görüleceği gibi ülkemizde çok farklı türde faylanma tipleri ve bunlara bağlı olarak faylanma mekanizmaları görülmektedir.

Tablo 1. Çalışma kapsamında hesaplanan kaynak parametreleri örneği

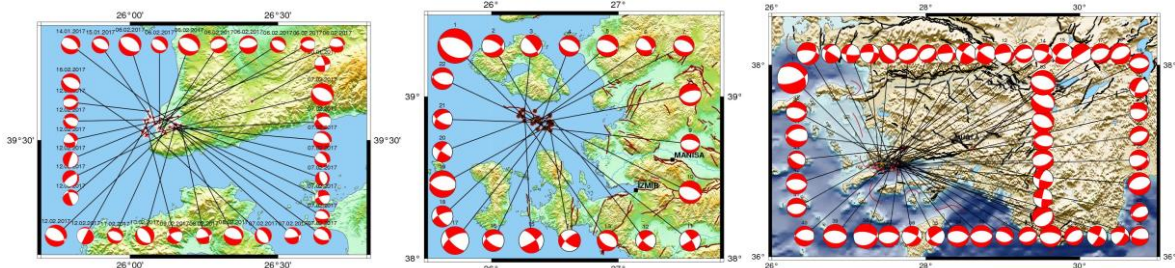
Moment Tensor Solutions of the 24 May 2014 North Aegean Sea Earthquake and its important aftershocks																
Source Parameters																
EQ NUMBER	DATE D/M/Y	TIME UTC	LATITUDE Degrees	LONGITUDE Degrees	DEPTH km	MAGNITUDE Mw	S. MOMENT Nm	Strike	Dip	Slip	P axis Azimuth	P axis Plunge	T axis Azimuth	T axis Plunge	REGION	
1	24.05.2014	09:25	40.31	25.45	24.0	6.8	1.54E+26	219.5	88.6	173.7	285.2	3.5	174.9	4.9	Aegean Sea	
2	24.05.2014	09:31	40.43	26.25	8.0	5.3	1.12E+24	251.3	85.0	-139.1	122.5	31.8	-16.9	23.8	Gulf of Saros-Aegean Sea	
3	24.05.2014	10:11	40.40	26.13	12.0	4.4	4.47E+22	199.0	81.0	-141.9	54.2	48.3	-38.1	2.2	Gulf of Saros-Aegean Sea	
4	24.05.2014	10:35	40.42	26.14	10.0	4.4	4.65E+22	240.6	89.2	-162.6	107.1	12.6	14.6	11.2	Gulf of Saros-Aegean Sea	
5	24.05.2014	11:18	40.40	26.19	12.0	4.2	2.89E+22	215.2	89.3	-147.6	91.5	29.4	-10.8	14.2	Gulf of Saros-Aegean Sea	
6	24.05.2014	11:33	40.29	26.62	10.0	4.7	1.11E+23	116.5	66.3	-64.9	69.9	60.6	-171.8	17.6	Aegean Sea	
7	24.05.2014	12:30	40.29	26.60	12.0	4.0	1.24E+22	317.6	85.8	50.8	78.9	29.9	194.3	36.7	Aegean Sea	
8	24.05.2014	12:45	40.24	26.18	14.0	4.5	6.26E+22	219.7	89.7	-137.6	93.4	28.2	-13.4	28.2	Aegean Sea	
9	24.05.2014	14:49	40.41	26.99	12.0	4.8	2.10E+23	110.6	81.3	-11.7	66.7	14.8	157.2	1.9	Gulf of Saros-Aegean Sea	
10	24.05.2014	15:01	40.39	26.13	12.0	4.0	9.45E+21	325.9	82.3	49.2	86.9	25.5	199.4	38.8	Gulf of Saros-Aegean Sea	
11	24.05.2014	16:34	40.29	26.62	8.0	4.1	1.08E+22	60.0	64.9	-71.3	2.7	64.8	136.0	17.9	Aegean Sea	
12	24.05.2014	20:28	40.28	26.50	12.0	3.7	3.84E+21	62.1	89.4	172.3	107.2	4.9	16.8	6.4	Aegean Sea	
13	24.05.2014	23:00	40.41	26.93	12.0	4.0	1.19E+22	197.1	75.0	-145.6	61.7	34.4	-36.3	11.6	Gulf of Saros-Aegean Sea	
14	25.05.2014	05:44	40.42	26.07	12.0	3.9	7.31E+21	128.2	87.9	-36.9	74.2	20.7	176.9	23.8	Gulf of Saros-Aegean Sea	
15	25.05.2014	11:38	40.42	26.15	14.0	5.0	3.31E+23	71.2	83.2	-139.6	303.5	27.0	-161.5	27.0	Gulf of Saros-Aegean Sea	
16	25.05.2014	11:47	40.41	26.10	28.0	4.6	1.00E+23	89.7	75.5	-41.2	42.9	38.4	146.2	16.2	Gulf of Saros-Aegean Sea	
17	25.05.2014	14:55	40.25	26.26	14.0	4.0	9.62E+21	92.9	47.9	-114.7	290.9	71.7	-159.6	0.2	Aegean Sea	
18	26.05.2014	21:28	40.26	26.19	16.0	4.4	3.86E+22	25.3	55.4	-80.2	328.0	76.2	107.9	10.9	Aegean Sea	
19	28.05.2014	03:59	40.42	26.13	14.0	4.9	2.00E+23	251.5	58.3	-109.0	118.8	70.3	-4.4	11.1	Gulf of Saros-Aegean Sea	
20	30.05.2014	04:06	40.18	26.56	14.0	4.4	4.97E+22	260.5	89.2	154.1	128.8	18.8	32.7	17.3	Aegean Sea	
21	15.08.2014	19:46	40.26	26.17	18.0	4.4	5.13E+22	257.9	88.2	-163.2	125.8	20.2	29.3	17.2	Aegean Sea	
22	26.08.2014	16:22	39.70	26.56	8.0	4.2	1.94E+22	115.4	80.1	-38.0	66.9	33.5	169.2	17.8	Aegean Sea	
23	09.07.2014	23:45	40.43	26.26	16.0	4.3	2.86E+22	99.9	56.1	-80.2	41.9	76.5	-177.2	10.5	Gulf of Saros-Aegean Sea	
24	15.07.2014	10:33	40.22	26.18	12.0	4.2	1.95E+22	133.8	79.9	-11.0	89.9	14.8	-179.9	0.6	Aegean Sea	
25	04.09.2014	17:43	40.13	24.87	8.0	4.8	1.51E+23	236.0	85.1	139.8	289.9	23.0	185.2	30.9	Aegean Sea	



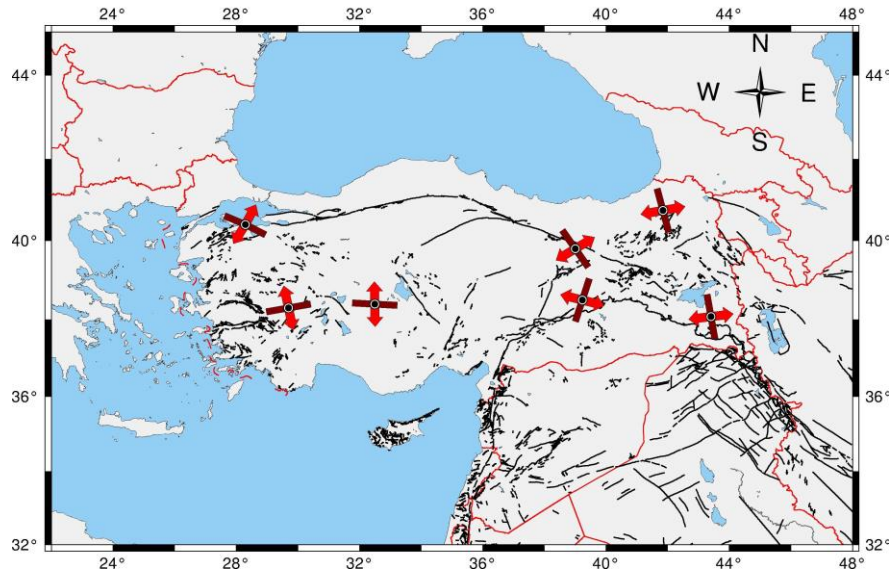
Şekil 4. Türkiye ve Çevresi Fay Düzlemi Çözümleri (1912-2017; Mw≥4.0)

Çalışma kapsamında genel olarak 7 Bölge üzerinde veri analizi yapılmıştır. Örneğin 1. Bölge değerlendirildiğinde; 1. Batı Anadolu Bölgesi için genelde fay düzlemi çözümleri günümüzde açılma rejimi etkisi altında olduğunu ortaya koymaktadır. Buna örnek olarak son yıllarda bölgede meydana gelen 3 farklı deprem etkinliği (Ayvıcık-Çanakkale; Midilli-Karaburun; Bodrum-Gökova Körfezi) örnek olarak aşağıda verilmiştir (Şekil 5).

Gerilme analizinde toplam 1956 depremin mekanizma çözümlerinden elde edilen P ve T eksenleri kullanılmıştır. Genel olarak toplam 7 ayrı bölge seçilmiştir. Her bölge için çalışma kapsamında yapılan mekanizma çözümleri kullanılarak gerilme analizine girdi olacak veri setleri oluşturulmuştur. Sonuçta seçilen her bölge için, gerilme bileşenlerinin olası etkin yönü ve dalım açısı belirlenerek bölgesel gerilme rejimine ilişkin bulgular ortaya konulmuştur. Gerilme analizinden elde edilen sonuçlar Şekil 6'da gösterilmiştir.



Şekil 5. Batı Anadolu bölgesinde normal faylanma örnekleri



Şekil 6. Farklı tektonik bölgelerde gerilme analizi sonuçları

Kısaca sonuçlar bölgelere göre değerlendirildiğinde;

1. Bölge: Mekanizma çözümleri KB Türkiye ve Marmara bölgesinde, genel olarak doğrultu atımlı ve normal bileşenli oblik fayların etkin olduğunu göstermektedir. Bölgede, P eksenli doğrultuları genel olarak KB-GD gidişlidir.

2.

Bölge: Kuzey Anadolu Fay Zonu'nda hakim olan faylanma tipi, doğrultu atımlı ve hakim olan P eksenli doğrultuları KB-GD uzanımlıdır.

3. Bölge:

Batı Anadolu'da genel olarak açılma rejimi etkisi altındadır ve normal faylar hakim konumdadır. Bölgede genel olarak hakim P eksenli doğrultuları B-GB/-D-KD uzanımlıdır.

4. Bölge: Doğu Anadolu Fay zonu'nda genel olarak doğrultu atımlı faylar hakim konumdadır ve genel olarak P eksenli doğrultuları KD-GB uzanımlıdır.

5. Bölge: İç Anadolu Bölgesinde genel olarak normal faylar hakim konumdadır. Bunun yanında doğrultu atım bileşeni bulunan oblik faylar da mevcuttur. Bu bölgede de genel olarak P eksenli doğrultuları D-B uzanımlıdır.

6. Bölge:

Kuzeydoğu Türkiye bölgesinde mekanizma çözümlerine göre genel olarak doğrultu atımlı faylar etkin olduğu görülmektedir. Bu bölgede, P eksenli doğrultuları genel olarak KKB-GGD doğrultusunda yoğunlaşmıştır.

7. Bölge: Güneydoğu Türkiye bölgesinde genel anlamda sıkışma ağırlıklı bir rejim etkili olmaktadır. Genel olarak ters faylanmalar, bununla birlikte doğru atımlı faylanmalar ve doğrultu atım bileşeni olan oblik faylanmalar yoğunlukla görülmektedir. P eksenli doğrultuları genel olarak KKB-GGD doğrultusunda yoğunlaşmıştır.



TEŞEKKÜR

Bu çalışma Boğaziçi Üniversitesi BAP Proje No:12280 tarafından desteklenmektedir, ayrıca TÜBİTAK Bilim İnsanı Destekleme Daire Başkanlığı'nın 2014 Yılı 2219-Yurt Dışı Doktora Sonrası Araştırma Burs Programı kapsamında ve Massachusetts Teknoloji Enstitüsü (MIT) Yeryüzü Kaynakları Laboratuvarı (ERL) tarafından desteklenmiştir.

ANA KAYNAKLAR

G. Vannucci, and P. Gasperini (2004). Akdeniz Bölgesi Deprem Mekanizmaları (EMMA) veritabanı, The "Earthquake Mechanisms of the Mediterranean Area" (EMMA) database.

CSEM Centre Sismologique Euro-Méditerranéen European-Mediterranean Seismological Centre, Arpajon Cedex, France.

HRV Harvard Centroid-Moment Tensor Project CMT, Harvard University, MA, USA (1977-2008).

Jackson, J. and D.P. McKenzie (1984). Active tectonics of the Alpine-Himalayan Belt between western Turkey and Pakistan, Geophys. J.R.Astron.Soc., 77. 185-264.

Kalafat, D., K. Kekovalı, Y. Güneş, M. Yılmaz, M. Kara, P. Deniz, M. Berberoğlu (2009). Türkiye ve Çevresi Faylanma-Kaynak Parametreleri (MT) Kataloğu (1938-2008): A Catalogue of Source Parameters of Moderate and Strong Earthquakes for Turkey and its Surrounding Area (1938-2008), Boğaziçi University Publication No=1026, 43p., Bebek-İstanbul.

Kalafat, D. (2003). Türkiye'de Deprem ve Deprem Ağları Çalışmaları, TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası İç Batı Anadolu (Eskişehir Civarı) Depremselliği ve Jeofizik Toplantısı Bildiri Kitapçığı, s. 117-121, 2 Haziran 2003, Eskişehir (in Turkish).

Kalafat, D., M. Yılmaz, K. Kekovalı, N. Kafadar, Z. Ögütçü, G. Horasan, Y. Güneş, M. Suvarıklı (2005). Türkiye'de kurumsal ölçekte deprem ağının gelişimine bir örnek: Kandilli Rasathanesi ve DAE Deprem Ağının gelişimi ve modernizasyonu, Aktif Araştırma Grubu 9.Toplantısı ATAG9 Bildiri Özetleri Kitabı, p.1-2., Cumhuriyet Üniversitesi MF 22-24 Eylül 2005, Sivas.

Kalafat, D., K. Kekovalı, Y. Güneş, M. Yılmaz, M. Suvarıklı, Z. Ögütçü ve G. Horasan (2006). Türkiye geniş bantlı ulusal sismik ağ tasarımı ve uygulaması, Aktif Tektonik Araştırma Grubu (ATAG) 10. Toplantısı 2-4 Kasım 2006 İzmir, Bildiri Özetler Kitabı s. 47-50.

Kalafat, D., Gürbüz, C., Üçer, S.B. (1987). Batı Türkiye' de Kabuk ve Üst Manto Yapısının Araştırılması, Deprem Araştırma Bülteni, Sayı 59, 43-64 (in Turkish).

NOA National Observatory of Athens, Greece.

Dreger, D. (2002). Time-Domain Moment Tensor INVerse Code (TDMT_INV) Version 1.1, Berkeley Seismological Laboratory, pp. 18.

Dreger, D. S., 2003, TDMT_INV: Time Domain Seismic Moment Tensor INVersion, International Handbook of Earthquake and Engineering Seismology, Volume 81B, p 1627.

Gephart, J.W. (1990). FMSI: A FORTRAN program for inverting fault/slickenside and earthquake focal mechanism data to obtain the original stress tensor, Comput.Geosci., 16, p.953-989.



KUZEY ANADOLU FAYINDA, JEOFİZİK KUYUIÇİ GÖZLEM ÇALIŞMALARI

Tuğbay KILIÇ¹, Recai F. KARTAL², Filiz T. KADİRİOĞLU³, Marco BOHNHOFF⁴,
Georg DRESEN⁵, Fatih ALVER⁶, Murat NURLU⁷ ve Peter MALIN⁸

^{1,2,6} *Jeofizik Yük. Müh. AFAD Deprem Dairesi Başkanlığı, Ankara*

³ *Jeoloji Yük. Müh. AFAD Deprem Dairesi Başkanlığı, Ankara*

^{4,5,8} *Prof. Dr. GFZ, German Research Center for Geoscience, Potsdam*

⁷ *Jeoloji Yük. Müh. Dr. AFAD Deprem Dairesi Başkanlığı, Ankara*

Email: tugbay.kilic@afad.gov.tr

ÖZET

GONAF (Geophysical Borehole Observatory at the North Anatolian Fault) 2012 yılında Helmholtz Center Potsdam Almanya Yerbilimleri Araştırma Merkezi (GFZ) ile Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD) arasında başlayan ortak araştırma projesidir. Bu projenin amacı, Kuzey Anadolu Fayının (KAF) Marmara Denizinin içinde devam eden doğu tarafında, Prens Adaları segmentinde beklenen büyük Marmara Depremi (M> 7.0) öncesi, anı ve sonrasındaki fiziksel süreçleri gözlemlemek, ve bölgedeki microsismik deprem aktivitesinin tespiti, incelenmesi ve izlenmesidir. Bu amaçla seçilen lokasyonlara 7 adet 300 m derinliğinde derin kuyuiçi (borehole) sismometre istasyonlarından oluşan GONAF Sismik Gözlem ağı kurulmuştur. Bu sismik ağa gelen gerçek zamanlı verilerin otomatik olarak değerlendirilmesi için Seiscomp3 ve Rtquake programları kullanılmıştır. Rtquake programı ile yapılan otomatik deprem belirleme çalışmalarında 2016-2017 yılları arasında 2568 tane deprem belirlemiştir. Bunlardan yalnızca 1459 tanesinin çözümü yapılabilmektedir. Sunulan bu çalışmada GONAF sismik ağı kapsamında elde edilen depremlerin belirlenmesi ve değerlendirilmesi ile ilgili bilgiler verilecektir.

ANAHTAR KELİMELELER: GONAF Projesi, Derin kuyu, RTquake, Otomatik Çözüm

GEOPHYSICAL BOREHOLE OBSERVATION STUDIES AT THE NORTH ANATOLIAN FAULT

^{1,2,6} *M.Sc. Geophysical Engineer, AFAD Deprem Dairesi Başkanlığı, Ankara*

³ *M.Sc. Geological Engineer, AFAD Deprem Dairesi Başkanlığı, Ankara*

^{4,5,8} *Prof. Dr. GFZ, German Research Center for Geoscience, Potsdam*

⁷ *Dr. Geological Engineer, AFAD Deprem Dairesi Başkanlığı, Ankara*

Email: tugbay.kilic@afad.gov.tr

ABSTRACT

GONAF (Geophysical Borehole Observatory at the North Anatolian Fault) is a joint research project that started in 2012 with Prime Ministry, Disaster and Emergency Management Presidency AFAD and GFZ,

German Research Center for Geoscience Helmholtz Center Potsdam. The aim of the project is to detection, examination and monitoring of the micro seismic activity in the region, to observe the physical process before, during and after the expected large Marmara Earthquake ($M > 7.0$) at the east part of the North Anatolian Fault in the Marmara Sea called the princes islands segment. For this purpose, GONAF Seismic Observation Network, which consists of 7 deep borehole seismometers at 300 m depth, have been established. For automatic evaluation of real-time data coming into this seismic network, Seiscomp 3 and Rtquake Software were used. In automatic earthquake detection studies, 2568 earthquakes have been determined by using Rtquake software between 2016 and 2017. Only 1459 of these could be analyzed. In this presented study, information will be given about determination and evaluation of earthquakes obtained within the scope of GONAF seismic network.

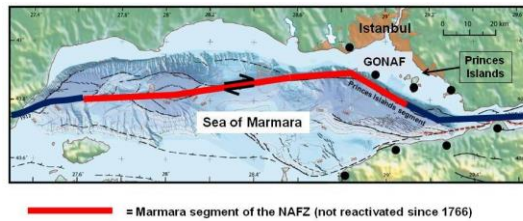
KEYWORDS: GONAF Project, Deep borehole, Rtquake, Automatic solution.

1. GİRİŞ

GONAF (Geophysical Borehole Observatory at the North Anatolian Fault) 2012 yılında Helmholtz Center Potsdam Almanya Yerbilimleri Araştırma Merkezi (GFZ) ile Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD) arasında başlayan ortak araştırma projesidir. Bu projenin amacı; 1999 İzmit Depreminde yırtılan kısım ile mevcut sismik boşluk arasındaki geçişin yer aldığı, Marmara denizinin doğu ucunda yer alan Prenses Adaları segmenti boyunca (Bohnhoff et al., 2006) KAFZ'nin denizdeki kısmını incelemek ve izlemek amacıyla derin kuyuyu (borehole) sismometre ağı kurulmasıdır. Temel bilimsel hedef, Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun (KAFZ) Prens Adaları bölümünde beklenen $M > 7$ depreminden önce, sırasında ve sonrasında hareket eden fiziksel süreçleri, mikrosismik aktiviteyi önemli ölçüde azaltılmış büyüklük algılama eşiğinde ve gelişmiş kaynak çözünürlüğünde izleyerek incelemektir. Ayrıca, potansiyel kopma boyunca birçok farklı noktada yer yer sismik kayıtlar kullanarak büyük bir deprem dalgası yayılım özelliklerini incelemek amaçlanmıştır. Diğer bir başka önemli hedef ise doğu Marmara deniz içinden bulunan bulunan fay segmentlerini yakından izleyen bir gözlem ağının kurulması ve geliştirilmesidir.

2. DERİN KUYU İSTASYONLARININ KURULUMU

Projesi sahası olarak, KAFZ' nin Marmara Denizi içinde yer alan 100 km uzunluğundaki Marmara segmentinin batı ucunda 1912 Ganos Depremi ile Doğu ucunda 1999 İzmit Depreminde kırılan fay segmenti arasında kalan Prens Adaları segmenti özellikle seçilmiştir (Bohnhoff et al., 2007). Prens Adaları Segmentinin bulunduğu Doğu Marmarada ilk başta sekiz adet istasyon yeri belirlenmişti (Şekil 1).



Şekil-1 KAFZ' nin Marmara Denizi içinde yer alan 100 km uzunluğundaki Marmara segmentinin batı ucunda 1912 Ganos Depremi ile Doğu ucunda 1999 İzmit Depreminde kırılan fay segmenti arasında kalan Prens Adaları segmenti üzerinde kurulan istasyonların lokasyonları.

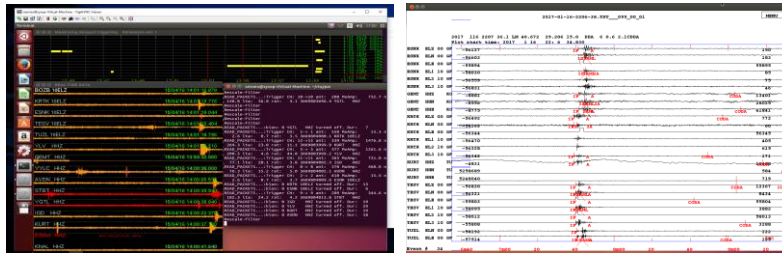
Prens Adaları segmentini yakından izleyebilmek için bu bölgeye en yakın kara parçasında ve özellikle Büyük Ada ve Sivri Ada'da yerler belirlenmiştir. Bu belirlenen noktalardan 7 tanesine derin kuyu istasyonları kurulmuştur (Şekil-1). Belirlenen bu noktalarda 300 m düşey sondaj kuyusu açılmıştır. Açılan bu sondaj kuyularına 300 m'den başlamak üzere her 75 m de bir 1 Hz, 2 Hz ve 15 Hz (Şekil-2) düşey ve yatay sismometreler yerleştirilmiştir (Şekil-2). Daha sonra tüm kuyunun içine çimento enjeksiyonu yapılarak kuyu kapatılmıştır. Böylece kuyunun bulunduğu noktadaki jeolojik yapı ile tam bir uyum ve girişim içinde olması sağlanmıştır. Bu işlem bütün kuyularda aynı şekilde yapılmıştır.



Şekil 2. Sol taraftaki resimde kuyu içi 1 Hz, 2 Hz, 15 Hz sismometreler, sağ taraftaki resimde ise bunların kuyu içine indirilmesi için boruya monte edilmiş haldeki görünümü

3. VERİLERİN ANALİZİ VE DEĞERLENDİRİLMESİ

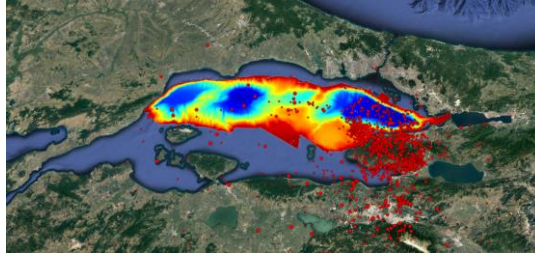
Derin kuyuiçi deprem gözlem istasyonlarının faaliyete geçmesi ile istasyonlardan gelen gerçek zamanlı verilerin nasıl analiz edileceği gündeme gelmiştir. Bu yapılacak olan bilimsel çalışmalar için çok önem arz etmektedir. Bu konuda yapılan çalışmaları incelediğimizde karşımıza birkaç tane program çıkmaktadır. Bunlar genelde sismoloji merkezleri tarafında kullanılan Earthworm (Johnson et. al., 1995) Seiscomp3 (Hanka et. al., 2010) ve RTquake (Utheim et al., 2014) programlarıdır. Bu programlar gelen gerçek zamanlı veriler üzerinde otomatik depremlerin belirmesini ve analiz edilmesini sağlamaktadır. Bahsi geçen programlar Gonaf Ağı için kurulup belli bir süre denenerek hangisinin daha uygun olduğuna bakıldığında, RTquake programının, küçük depremleri bulma performansı ve analiz kısmında SEISAN (Havskov et al., 1999) programı ile entegre olması açısından yapılacak değişik analizlerde çok büyük fayda sağladığı görülmüştür. Rquake ile tespit edilen depremlerin ekran görüntüsü ve otomatik faz belirleme görüntüsü Şekil 3'de verilmiştir.



Şekil 3. Sol taraftaki ekran görüntüsü RTquake programı ile otomatik belirlenen depremleri göstermektedir. Sağ tarafta ise bu belirlenen deprem üzerinde otomatik yapılan faz okuması verilmiştir.

4. SONUÇLAR

Son iki yıl için de proje sahasında çalışmakta olan sistem ile 2568 deprem olayı otomatik olarak belirlenmiştir. Bu depremlerin yalnız 1459 tanesi çözümlenebilmiştir (Şekil 4). Depremlerin bir kısmının çözümlenememesinin başlıca sebebi depremlerin ufak olması ve iç içe girmesinden kaynaklanmaktadır. Çözümlenen depremlerin büyüklükleri 0.8 ile 4.2 arasında değişmektedir. Depremlerin derinliklerine bakıldığında derinlik dağılımının 2km ile 30km değiştiği görülürken, genelde 2 ile 12 km arasında yoğunlaştığı tespit edilmiştir. Çözümlenen depremler ile b-değeri hesaplaması yapılmıştır. Hypocenter dağılımını iyileştirmek amacıyla double-difference metodu ile deprem lokasyonu hesaplaması yapan HypoDD (Waldhauser et. Al., 2000) programı kullanılmıştır.



Şekil 4. Çözümlenen 1459 depreme ait lokasyon dağılımı.

KAYNAKLAR

- Bohnhoff, M., Gresser, H., Dresen, G., (2006). Strain partitioning and stress rotation at the North Anatolian Fault after the 1999 Izmit Mw=7.4 earthquake. *Geophys. J. Int.*, 166, 373-385.
- Bohnhoff, M., Bulut, F., Görgün, E., Milkereit, C., Dresen, G.: **Seismotectonic setting at the North Anatolian Fault Zone after the 1999 Mw=7.4 Izmit earthquake based on high-resolution aftershock locations.** *Adv. Geosc.*, 14, 85-92, doi.org/10.5194/adgeo-14-85-2008, 2007
- Hanka, W., Saul, J., Weber, B., Becker, J., Harjadi, P., Fauzi, and GITEWS Seismology Group: **Real-time earthquake monitoring for tsunami warning in the Indian Ocean and beyond,** *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 10, 2611-2622, https://doi.org/10.5194/nhess-10-2611-2010, 2010.
- Havskov and Ottemoller, SeisAn Earthquake analysis software, *Seis. Res. Lett.*, 70, 1999.
- Johnson, C.E., Bittenbinder, A., Bogaert, B., Dietz, L. and Kohler, W., (1995). Earthworm: A flexible approach to seismic network processing. *IRIS Newsletter*, 14 (2), 1-4.
- USGS, CERl, ISTl and the Earthworm Community, (2010). Earthworm Documentation V7.4, <http://folkworm.ceri.memphis.edu/ew-doc/>
- Utheim, T. Havskov, J. Ozyazicioglu, M. Rodriguez, J. Talavera, E. (2014). RTQUAKE, A Real-Time Earthquake Detection System Integrated with SEISAN. *Seismological Research Letters* 85, 735-742
- Waldhauser F. and W.L. Ellsworth, A double-difference earthquake location algorithm: Method and application to the northern Hayward fault, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 90, 1353-1368, 2000.
- Waldhauser, F., HypoDD: A computer program to compute double-difference earthquake locations, *USGS Open File Rep.*, 01-113, 2001.



12 HAZİRAN 2017 MİDİLLİ-KARABURUN DEPREMİ (Mw 6.2)

R. F. Kartal¹, R. Demirtaş², F. T. Kadirioglu³

¹ *Jeofizik Yük. Mühendisi, AFAD Deprem Dairesi Başkanlığı, Üniversiteler Mah., Dumlupınar Blv., No:159, 06800 Çankaya-ANKARA.*

² *Doktor, AFAD Deprem Dairesi Başkanlığı, Üniversiteler Mah., Dumlupınar Blv., No:159, 06800 Çankaya-ANKARA.*

³ *Jeoloji Yük. Mühendisi, AFAD Deprem Dairesi Başkanlığı, Üniversiteler Mah., Dumlupınar Blv., No:159, 06800 Çankaya-ANKARA.
Email: rfkartal@gmail.com*

ÖZET

12 Haziran 2017 saat 12:28 (UTC)'de Midilli-Karaburun (İzmir) açıklarında aletsel büyüklüğü Mw 6.2 (AFAD) olan bir deprem meydana gelmiştir. Fay düzlemi çözümü, K53B 45GB yönelimli normal faylanma vermiştir. Deprem, Midilli Adası'nı güneyden sınırlayan, uzunlukları 10-15 km arasında değişen, birbirine paralel birkaç normal fay segmentinden oluşan Midilli Fay Zonu'nun, GD'de kalan parçası üzerinde meydana gelmiştir. Anaşok sonrası büyüklükleri 4.0-5.3 aralığında değişen 20 artçı deprem meydana gelmiştir. Depremlerin dışmerkez dağılımları KB-GD uzanımlı sismik çizgisellik oluşturmaktadır. Bu çizgiselliğin uç kısımlarını oluşturan depremlere ait fay düzlemi çözümleri KD-GB gidişli sağ yanal doğrultu atımlı faylanma, orta kısımdaki depremlere ait fay düzlemi çözümleri ise ana şoka benzer şekilde normal faylanma mekanizması göstermiştir. Ana şokta kırılan normal fayın gerek doğu gerekse batı ucunda olan doğrultu atımlı yırtılmalar, iki normal fay segmenti arasındaki transfer fayları işaret etmektedir. Merkezi 12 Haziran 2017 Midilli-Karaburun depremi dışmerkezi olan 100 km yarıçapında dairesel alan içerisinde, aletsel dönemde meydana gelen ve aletsel büyüklüğü 4.5 ve daha büyük olan depremlerden fay düzlemi çözümü yapılan 49 depremin coulomb gerilme analizi; Midilli Adasının GD'si, Çandarlı Körfezi ve İzmir Körfezi'nde 0.4-1.0 bar aralığında değişen gerilim birikimi olduğunu göstermektedir. KD'de 1939 Dikili depremi (Ms=6.6) ve kuzeybatıda 1949 Karaburun depremi (Ms=6.6) arasında gözlenen gerilim birikimi, bölgenin deprem potansiyelinin yüksek olduğuna işaret etmektedir. Ayrıca, Edremit Körfezi'ni kuzeyden sınırlayan Edremit Fay Zonunun, 1944 depreminde (Ms=6.8) kırılan kısmının doğu segmenti üzerinde 0.8-1.0 bar arasında gerilim birikiminin olması, bu segmentin de deprem potansiyelinin yüksek olabileceğini düşündürmektedir.

ANAHTAR KELİMELER: Midilli-Karaburun Depremi, Ege Graben Sistemi, Odak mekanizması, coulomb gerilme analizi.

12 JUNE 2017 MYTILENE-KARABURUN EARTHQUAKE Mw=6.2

¹ *M. Sc. Geophysical Engineer, Disaster and Emergency Management Presidency, Ankara*

² *Dr Geological Engineer., Disaster and Emergency Management Presidency Ankara*

³ *M. Sc. Geological Engineer., Disaster and Emergency Management Presidency Ankara*

Email: rfkartal@gmail.com

ABSTRACT



The earthquake with magnitude $M_w=6.2$ occurred at UTC time 12:28 on June, 12, 2017 in Mytilene-Karaburun offshore. Fault plane solution gave K53W-45SW direction normal fault. The earthquake occurred on the southern part of the Mytilene Fault Zone, which consists of several normal fault segments parallel to each other, ranging in length from 10 to 15 km, bounding the Mytilene from the south. After the main shock 20 aftershocks with magnitude vary between 4.0-5.3 occurred. Epicenter distribution of the earthquakes generate NW-SE trending seismic linearity. While the fault plane solutions that belongs to forming the end portion of this linearity indicate NE-SW right lateral strike slip fault, the fault plane solutions of the earthquakes that occurred in the middle part showed a normal faulting mechanism similar to the main shock. Strike slip ruptures that occurred on both east and west part of the normal fault originated during the main shock has referred transfer fault between the two normal fault segments. For the coulomb stress analysis, 49 earthquakes which is magnitude greater than 4.5 were used that have a fault plane solutions and occurred in 100 km radius to the main shock epicenter of 12 June 2017 Mytilene-Karaburun Earthquake. According to Coulomb results; it is seen that, between 0.4-1.0 bar stress accumulation on Çandarlı and İzmir Gulf and south east part of the Mytilene. The stress accumulation that is observed between 1939 Dikili earthquake ($M_s=6.6$) on the northeast and Karaburun earthquake 1949 ($M_s=6.6$) on the northwest indicate that the earthquake potential of the region is high. Moreover, it is observed that between 0.8 and 1.0 bar stress accumulation on the eastern segment of the broken part of the 1944 earthquake ($M_s = 6.8$) of the Edremit Fault Zone which limits Edremit Gulf from the north.

KEYWORDS: Mytilene -Karaburun Earthquake, Aegean Graben System, Fochal mechanism, Coulomb stress analysis.

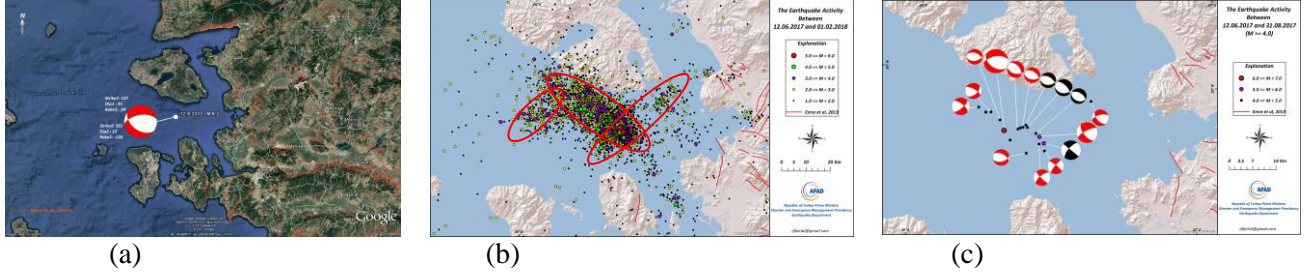
1. GİRİŞ

Alp-Himalaya Deprem Kuşağının önemli bir halkasını oluşturan Türkiye anakarası, kuzeyde Avrasya Plakası; güneyde, kuzey ve kuzeydoğu yönlü hareket eden Afrika ve Arabistan plakaları arasında sıkışması sonucunda, Doğu Anadolu Fay Zonu (DAFZ), Bitlis-Zagros Bindirme Kuşağı, Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ) ve Ege Graben Sistemi (EGS) olarak bilinen fay zonları gelişmiştir. Tarihsel ve aletsel dönemde yıkıcı depremlere kaynaklık eden bu fay zonları günümüzde de aktifliğini sürdürmektedir.

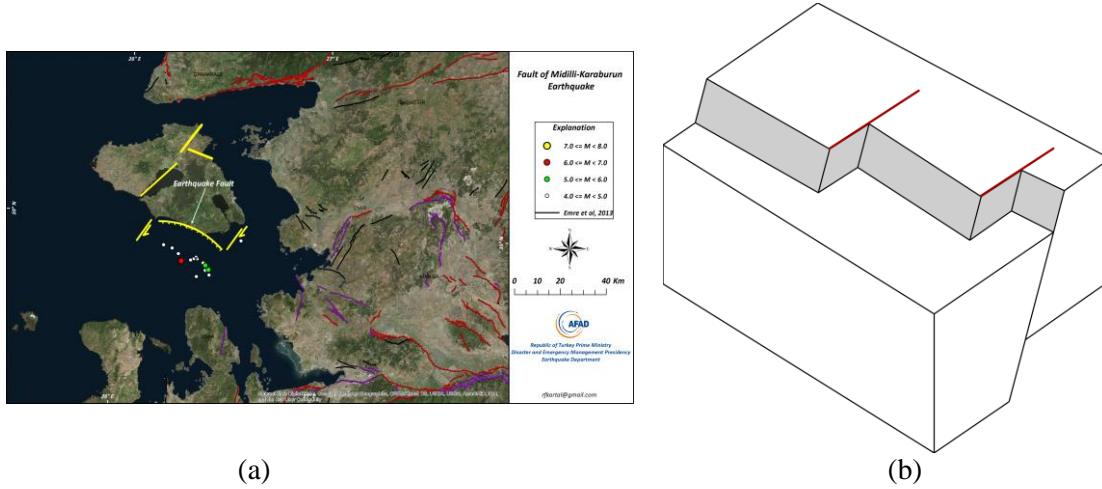
2. 12 HAZİRAN 2017 MİDİLLİ-KARABURUN DEPREMİ ($M_w 6.2$)

12 Haziran 2017 saat 12:28 (UTC)'de Midilli-Karaburun (İzmir) açıklarında aletsel büyüklüğü $M_w 6.2$ (AFAD) olarak hesaplanan bir deprem olmuştur. Deprem dışmerkezi, Karaburun yarımadasına yaklaşık 23 km, Midilli Adası'na yaklaşık 14 km uzaklıkta, Ege Denizi'nde yer almıştır. Dışmerkezin deniz içerisinde olması, depreme hangi fayın kaynaklık ettiği konusundaki tartışmaları da beraberinde getirmiştir. Oluşan bir depreme kaynaklık eden fayın özelliklerini belirleyebilmek için; artçı şokların dağılımı ve fay düzlemi çözümlerinin birlikte değerlendirilmesi gerekir. Çalışmanın konusu olan depremin moment tensör yöntemi ile yapılan odak mekanizması çözümü, ihmal edilebilir doğrultu bileşeni olan normal faylanma vermiştir (Şekil 1a). 12.06.2017 – 01.02.2018 zaman aralığında meydana gelen depremlerin dışmerkez dağılımı KB-GD uzanımlı sismik çizgisellik sunarken, çizgiselliğin uç kısımlarında ise KD-GB uzanımlı sismik çizgisellikler gözlenmiştir (Şekil 1b). Bu depremlerden $M \geq 4.0$ olanlara ait fay düzlemi çözümleri, KB-GD uzanımlı sismik çizgisellik için normal faylanma, uç kısımlarda KD-GB uzanımlı çizgisellikler için sağ yanal doğrultu atımlı faylanma vermiştir (Şekil 1c).

Bütün bu bulgular 12 Haziran 2017 Midilli-Karaburun (İzmir) depremine, Midilli Adası'nı güneyden sınırlayan K53B 45GB gidişli 10-15 km uzunluktaki normal fayın kaynaklık ettiğini göstermektedir (Şekil 2).



Şekil 1. 12 Haziran 2017 depremi (a) dışmerkezi ve odak mekanizması çözümü, (b) artçı depremlerin dışmerkez dağılımları, (c) $M \geq 4.0$ olan depremlere ait odak mekanizması çözümleri.



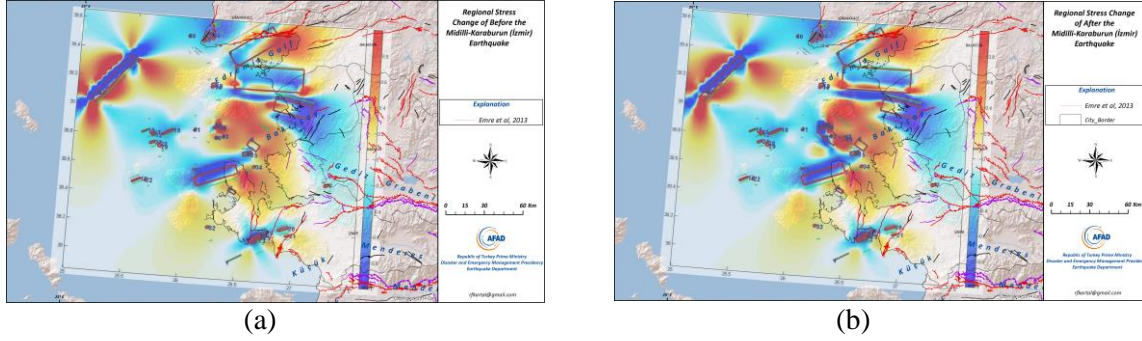
Şekil 2. (a) Midilli-Karaburun (İzmir) depremine kaynaklık eden fay, (b) Midilli-Karaburun (İzmir) depremine kaynaklık eden fayın modeli.

2.1. Coulomb Gerilme Analizi

Bir bölgede meydana gelen deprem, komşu faylar üzerindeki mevcut statik gerilme durumunu da değiştirmektedir. Bu değişim elastik ve homojen yarı uzaydaki dikdörtgen düzlemler üzerinde meydana geldiği farzedilen yerdeğiştirmeler yöntemi ile hesaplanır (Okada 1985). Bölgedeki ana şok öncesi ve sonrası gerilim değişiminin hesaplanmasında Coulomb 3.4 (Toda ve diğ., 2005; Lin ve Stein 2004) programı kullanılmıştır. Programa veri olarak, bölgede olmuş ve odak mekanizması çözümü yapılmış $M \geq 4.5$ olan depremlere ait parametreler (doğrultu, eğim, kayma açısı, fay türü) girilmiştir. Ana şok öncesi için yapılan hesaplama neticesinde (Şekil 3a) elde edilen sonuçlarda ilk göze çarpan, Midilli Adası'nın GGD'si ile Karaburun yarımadasının KD'si ve Çandarlı Körfezi'ni içine alan bir alanda 0.4-1.0 bar arasında değişen gerilim birikimidir. Bu alanın hemen kuzeyinde, Edremit Körfezi'ni kuzeyden sınırlayan Edremit Fay Zonunun, 1944 depreminde ($M_s 6.8$) kırılan kısmının doğu segmenti üzerinde 0.6-1.0 bar arasında gerilim birikiminin olması, bir diğer bulgu olarak ortaya çıkmıştır.

Ana şok sonrasında yapılan hesaplamada (Şekil 3b), ana şok öncesi Edremit Körfezi için gözlenen gerilim birikimi alanı değişmezken, Midilli Adası'nın GGD'si ile Karaburun (İzmir) yarımadasının KD'si ve Çandarlı Körfezi'ni içine alan çemberin GB'den daraldığı görülmüştür. Gerilim birikimi

değerleri Edremit Körfezi için aynı kalırken, çembersel alanda 0.4 bar'dan 0.6-0.7 bar seviyelerine çıkmıştır.



Şekil 3. Bölgedeki gerilim birikimi değişimi (a) ana şok öncesi, (b) ana şok sonrası.

3. SONUÇLAR

12 Haziran 2017 Midilli-Karaburun (İzmir) depremine (Mw 6.2), K53B 45GB yönelimli 10-15 km uzunluklu normal fay kaynaklık etmiştir. Bu fayın uç kısımlarında gözlenen doğrultu atımlı faylar ise, EGS içerisinde sıklıkla rastlanan, iki normal fay arasında gelişen transfer fayları olarak tanımlanabilir. Coulomb gerilme analizi, Edremit Fay Zonunun, 1944 depreminde (Ms=6.8) kırılan kısmının doğu segmenti üzerinde 0.6-1.0 bar arasında gerilim birikimi olduğunu göstermiştir, ki bu bulgu söz konusu segment üzerindeki deprem potansiyelinin yüksek olduğunu düşündürmektedir.

Ana şokun oluşması ile, Midilli Adası'nın GGD'si ile Karaburun (İzmir) yarımadasının KD'si ve Çandarlı Körfezi'ni içine alan çembersel bölgedeki gerilim alanı GB'den daralmış, ancak gerilim birikimi değerinin alt sınırı 0.4 bar'dan 0.6-0.7 bar seviyelerine çıkmıştır. Kuzeydoğuda 1939 Dikili (M 6.6) ve kuzeybatıda 1949 Karaburun depremi (M 6.6) dışmerkezleri arasında gözlenen bu gerilim birikimi, bölgenin deprem potansiyelinin yüksek olduğuna işaret etmektedir.

KAYNAKLAR

Emre, Ö., Duman, T. Y., Özalp, S., Elmacı, H., Olgun, Ş ve Şaroğlu, F. (2013). Türkiye Diri Fay Haritası, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Özel Yayın Serisi-30, Ankara-Türkiye.

Lin, J. and Stein, R. S. (2004). Stress triggering in thrust and subduction earthquakes, and stress interaction between the southern San Andreas and nearby thrust and strike-slip faults. *Journal of Geophysical Research*. v. 109, B02303, doi:10.1029/2003JB002607.

Okada, Y. (1985). Surface deformation due to shear and tensile faults in a half-space, *Bulletin of Seismic Society of America*, 75, 1135-1154.

Toda, S., Stein, R. S., Richards-Dinger, K., and Bozkurt, S. (2005). 2005, Forecasting the evolution of seismicity in southern California: Animations built on earthquake stress transfer. *Journal of Geophysical Research*. v. 110, B05S16, doi:10.1029/2004JB003415.



21 Temmuz 2017 Bodrum-Kos Depreminin Sismolojik Verilerle Değerlendirilmesi

F. T. Kadirioglu¹, R. F. Kartal², R. Demirtaş³

¹ Jeoloji Yük. Müh. AFAD Deprem Dairesi Başkanlığı, Ankara

² Jeofizik Yük. Müh. AFAD Deprem Dairesi Başkanlığı, Ankara

³ Jeoloji Yük. Müh. Dr. AFAD Deprem Dairesi Başkanlığı, Ankara

Email: filiztuba.kadirioglu@afad.gov.tr.

ÖZET

Gökova Körfezinin Batsında 21 Temmuz 2017 günü Bodrum'a yaklaşık 8 km uzaklıkta Mw=6.5 büyüklüğünde hasar yapıcı bir deprem meydana gelmiştir. Yapılan bu çalışmada, bölgede şimdiye kadar meydana gelmiş depremlerin oluş zamanları, $M \geq 4.0$ olan depremlerin odak mekanizmaları, Mw=6.5 büyüklüğündeki depremden sonra meydana gelen artçı depremlerin derinlik dağılımları, deprem sayısı-magnitüd ilişkisi birlikte değerlendirilmiştir. Ayrıca, depremden sonra elde edilen InSAR verileri, bölgede daha önce yapılmış çalışmalar ve Coulomb gerilme analizi çalışmaları ile bölgenin tektoniği ve gerilme durumu hakkında yorum getirilmeye çalışılmıştır. Çalışmaya altlık deprem verileri için Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı Deprem Dairesi verileri, InSAR değerlendirmesi için Sentinel 1A-1B verileri beraber kullanılmıştır. Gerek deprem sonrası elde edilen sismolojik veriler, gerekse InSAR verisi ve bölgede daha önce yapılmış çalışmalar beraber değerlendirildiğinde 6.5 büyüklüğündeki depremin Gökova Körfezini güneyden sınırlayan KD'ya eğimli bir fay üzerinde gerçekleştiği tezini güçlendirmektedir.

ANAHTAR KELİMELER: Gökova Fay Zonu, Datça Fayı, odak mekanizması, coulomb stres analizi, InSAR

THE EVALUATION OF 2017, July, 21 BODRUM-KOS EARTHQUAKE WITH SEISMOLOGICAL DATA

¹ M.Sc. Geological Engineer, AFAD Earthquake Department, Ankara

² M.Sc. Geophysical Engineer, AFAD Earthquake Department, Ankara

³ Dr. Geological Engineer, AFAD Earthquake Department, Ankara

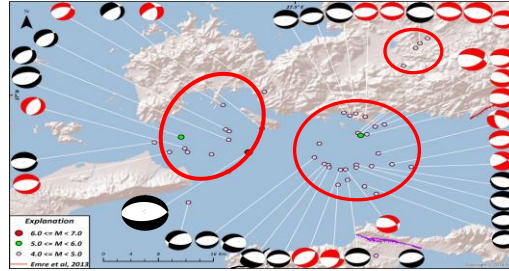
Email: filiztuba.kadirioglu@afad.gov.tr.

ABSTRACT

A destructive earthquake occurred with magnitude Mw=6.5 on July, 21, 2017 at the west of the Gökova Gulf and a distance to Bodrum approximately 8 km. In this study, the occurrence time of the earthquakes that occurred in the region up to now, focal mechanism solutions of the earthquakes which is magnitude greater than 4.0, focal depth distribution of the aftershocks after the Mw=6.5 event and number of earthquakes-magnitude relationship have been evaluated together. Besides, by the help of the InSAR data after the earthquake, by using previously studies in the region and coulomb stress analysis, it has been tried to make interpretation related to tectonic of the region and stress situation. As a database for

2. ODAK MEKANİZMASI, DERİNLİK DAĞILIMLARI VE KAYNAK FAY BİLGİSİ

Mw=6.5 büyüklüğündeki depremin moment tensor yöntemi ile yapılan odak mekanizması çözümüne göre fay ve yardımcı düzlemlerin değerleri Doğrultu1 = 275, Eğim1 = 38, Kay.Açıl = -80 ve Doğrultu2 = 82, Eğim2 = 53, Kay.Açıl2 = -98 olarak bulunmuştur. Ana şoktan sonra bölgede meydana gelen büyüklüğü $M \geq 4.0$ olan 29 adet depremin odak mekanizması çözümlerine bakıldığında, ana şokun batısında meydana gelen depremler KD-GB uzanımlı normal faylı bir sistemi temsil ederken, doğusunda meydana gelen depremler, D-B uzanımlı normal faylanmayı temsil etmektedir (Şekil 3).



Şekil 3. Ana şok ve $M \geq 4.0$ depremlerin odak mekanizması çözümleri.

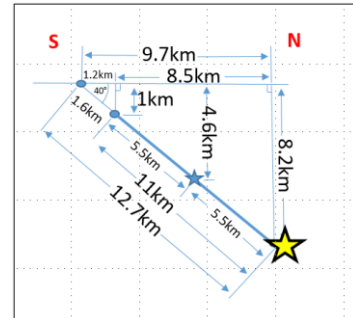
Bu noktada depreme neden olan fayı tespit edebilmek için birtakım sismolojik belirteçlerin bir arada kullanılması gerekmektedir. Bilindiği gibi 6.5 büyüklüğündeki depremin meydana geldiği Gökova Körfezini kontrol eden iki önemli sistem vardır. Bunlardan bir tanesi körfezi kuzeyden sınırlayan ve güneye eğimli olduğu bilinen GFZ ile körfezi güneyden sınırlayan ve kuzeye eğimli Datça Fayıdır. 21 Temmuz günü meydana gelen depremin dış-merkezi Gökova Fay Zonu'nun Kos Adasına, GB'ya doğru yön değiştirdiği bölgede yer almıştır. Depremin odak derinliği ve hesaplanan eğim açısı kullanılarak deprem episantırının faya olan uzaklığı (y) trigonometrik hesapla yaklaşık olarak bulunabilir. Buna göre;

$$\begin{aligned} y &= 19.44 / \tan(\text{Eğim1}) & y &= 19.44 / \tan(\text{Eğim2}) \\ y &= 19.44 / \tan(38) & y &= 19.44 / \tan(53) \\ y &= 24.9 \text{ km} & y &= 14.6 \text{ km} \end{aligned}$$

Burada Eğim1 KD'ye, Eğim2 GB'ye eğimli düzlemi göstermektedir. Birinci düzlem fay düzlemi olarak kabul edilirse, episantırdan 24.9 km GB yönünde gidildiğinde Datça Fayı'na ulaşılır. İkinci düzlem için episantırdan 14.6 km KD'ye gidildiğinde Bodrum merkezinden geçen ve bu büyüklükte deprem üretme potansiyeline sahip yaklaşık 25 km uzunlukta GB'ye eğimli bir fayın olması gerekmektedir (Şekil 4). Diğer yandan, National Observatory of Athens (NOA rapor) tarafından deprem sonrası hazırlanan raporda da InSAR'dan elde edilen interferogramlar yardımıyla fay ters çözümü yapılmış ve ana şoka kaynaklık eden yapının episantırın güneyinde kuzeye eğimli bir yapı olduğu tespit edilmiştir (Şekil 5).

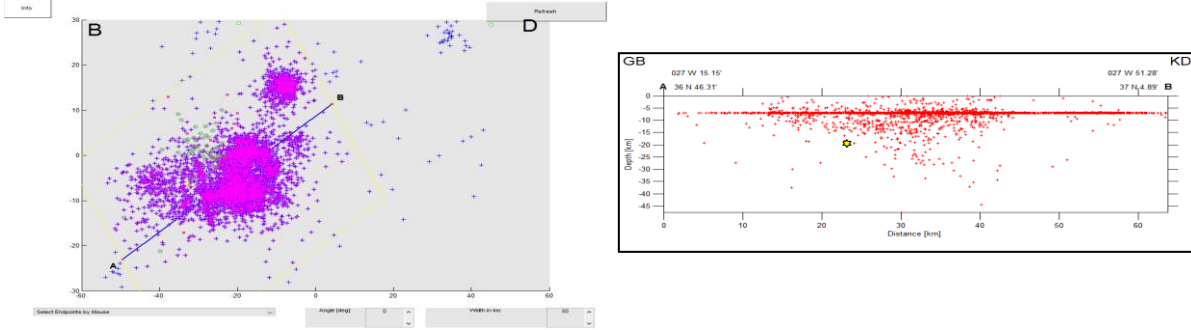


Şekil 4. Mw=6.5 büyüklüğündeki depreme neden olabilecek fay sistemleri.



21 Temmuz depremi ve sonrasında meydana gelen artçı şokların derinlik dağılımlarına bakmak için alınan AB yönündeki kesitte KD eğimli bir ana sistemden ve buna antitetik şekilde gelişen GB'ya doğru eğimli diğer yapılarından bahsetmek mümkündür (Şekil 6).

Şekil 5. InSAR yardımıyla Fay ters çözümü yapılarak modellenen fay (Ganas,A.,et.al.2017)



Şekil 6. Artçı şokların derinlik dağılımları GB-KD yönündeki kesit

3. SONUÇLAR

Bilindiği üzere Gökova Körfezi, kuzeye ve güneye eğimli normal faylardan oluşan bir graben yapısı göstermektedir. Elde edilen bulgular ana şoka kaynaklık eden fayın **K85B 38KD** yönelimli normal fay olduğuna işaret etmektedir. Ana şoka kaynaklık eden ve körfezi güneyden sınırlayan kuzeye eğimli normal fayın harekete geçmesi ile (Datça Fayı) bu faya antitetik şekilde duran güneye eğimli diğer normal fayların da tetiklendiği ve özellikle ana şokun doğusunda meydana gelen artçı depremlerin bu tetiklenme ile güneye eğimli yapılardan kaynaklandığı düşünülmektedir. Mw=6.5 büyüklüğündeki depremden sonra bölgede meydana gelen olası co-sismik deformasyonları gözlemlemek amacıyla Sentinel 1A verilerinden yararlanılmıştır. Track 36 descending (alçalan geçiş kuzeyden güneye tarama) verisinden deprem öncesi ve sonrası olmak üzere 12/07/2017-24/07/2017 tarihli görüntü çiftinin çakıştırılması ile elde edilen interferogramda, Gökova Fay Zonunun Kuzeyinde yer alan Karaada'da yaklaşık 20 cm civarında çökmeler gözlenmiştir. Deformasyonun meydana geldiği Karaada'nın GFZ'nin kuzeyinde kalması ve GFZ'nin güneye eğimli bir normal fay olması Mw=6.5 büyüklüğündeki depremin GFZ'den kaynaklanması olasılığını düşürmektedir. Öte yandan depremden sonra gerçekleştirilen coulomb stres analizinde Karaada'nın güneyinde 0.8-1.0 bar arasında değişen ve Karaada'nın kuzeyinde Bodrum yarım adasında 0.4-1.0 bar arasında değişen gerilim birikimi olduğu gözlenmiştir.

KAYNAKLAR

Ganas, A., Elias, P., Valkaniotis, S., Briola, P., Kapetanidis, V., Kassaras, I., Barberopoulou, A., Argyrakis, P., Chouliaras, G., Moshou, A. 2017, Co-seismic deformation and preliminary fault model of the July 20, 2017 M6.6 Kos earthquake, Aegean Sea.

Tur, H., Yaltrak, C., Elitez, İ., Sarıkavak, K.T. 2015. Pliocene–Quaternary tectonic evolution of the Gulf of Gökova, Southwest Turkey



ALICI FONKSİYON ANALİZİ İLE GÜNEYBATI TÜRKİYE'DE YERKABUĞU YAPISININ ARAŞTIRILMASI

L.E.Ahi¹, B.Çıvgın², E.Gök^{3*}, M.Kaplan⁴

¹ Lisansüstü Öğrencisi, Jeofizik Müh. Bölümü, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir

² Araştırma Görevlisi Dr, Jeofizik Müh. Bölümü, Ankara Üniversitesi, Ankara

³ Yardımcı Doçent Dr, Jeofizik Müh. Bölümü, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir

⁴ Jeofizik Yüksek Mühendisi, T.C. Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı Deprem Dairesi Başkanlığı, Ankara

*Sorumlu yazar: elcin.gok@deu.edu.tr

ÖZET

Çalışma alanı olarak Güneybatı Türkiye'de yer alan Denizli ili jeotermal potansiyeli yüksek bir havzadır. Ayrıca tarihsel süreç içerisinde değerlendirildiğinde il ve çevresi yıkıcı depremlerin etkisi altında kalmış, günümüzde de yüksek deprem etkinliğine sahip bir bölgedir. Bu çalışma kapsamında yüksek deprem etkinliğine sahip bu ilin kabuk yapısının incelenmesi için alıcı fonksiyon yöntemi tercih edilmiştir. Kabuk yapısının incelenmesine ek olarak manto yapısının incelenmesi, üst manto ve kabuk içerisindeki ara yüzeylerde hız, kalınlık ve yoğunluk değişimine bağlı kabuk transfer fonksiyonunun belirlenmesi çalışmada amaçlanan diğer konulardır. Çalışmanın veri setini oluşturan telesismik depremler Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı'nın (AFAD) deprem istasyonları tarafından kaydedilmiştir. Çalışmada kullanılan telesismik depremlerden hareketle alıcı fonksiyon analizi sonuçları yorumlanmıştır.

ANAHTAR KELİMELELER: Alıcı fonksiyon analizi, manto, kabuk yapısı, Denizli

INVESTIGATION OF CRUSTAL STRUCTURE OF SOUTHWESTERN TURKEY USING RECEIVER FUNCTION ANALYSIS

¹ Master of Science Student, Geophysical Eng. Department, Dokuz Eylul University, Izmir

² Research Assistant Dr, Geophysical Eng. Department, Ankara University, Ankara

³ Asistant Profesör Dr, Geophysical Eng. Department, Dokuz Eylul University, Izmir

⁴ Geophysical Eng. Msc, Republic of Turkey Prime Ministry Disaster & Emergency Management Authority Presidential of Earthquake Department, Ankara

*corresponding author: elcin.gok@deu.edu.tr

ABSTRACT

The study area, Denizli province at Southwestern Turkey, is chosen because of its high geothermal potential. Furthermore, the region known as an even more seismically active area was affected by destructive historical earthquakes. Receiver function analysis was performed to study the crustal structure beneath Denizli. In addition to the estimation of the crustal structure, further studies are being carried out such as investigation of the mantle structure, determination of the crustal transfer function



depending on the velocity, estimation of the thickness and density variation at the interfaces in the upper mantle and crust. Teleseismic earthquakes which are constituted of study's database recorded by earthquake stations of the Disaster and Emergency Management Presidency (AFAD) and these earthquakes used to this study. Receiver function analysis results are interpreted with these teleseismic earthquakes.

KEYWORDS: Receiver function, mantle, crustal structure, Denizli.

1. GİRİŞ

Bu çalışma kapsamında Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı'nın (AFAD) dokuz adet deprem istasyonu tarafından kaydedilen 19 adet telesismik deprem kullanılmıştır. Alıcı fonksiyon analizi kullanılarak bölgenin kabuk yapısı hakkında bilgi edinmek, üst manto ve kabuk içerisindeki ara yüzelerde hız, kalınlık ve yoğunluk değişimine bağlı kabuk transfer fonksiyonunun belirlenmesi amaçlanmıştır. Bölge hakkında güncel ve tektonik modellere ulaşabilmek için alıcı fonksiyon analizi sonuçlarının değerlendirilmesine gidilmiştir.

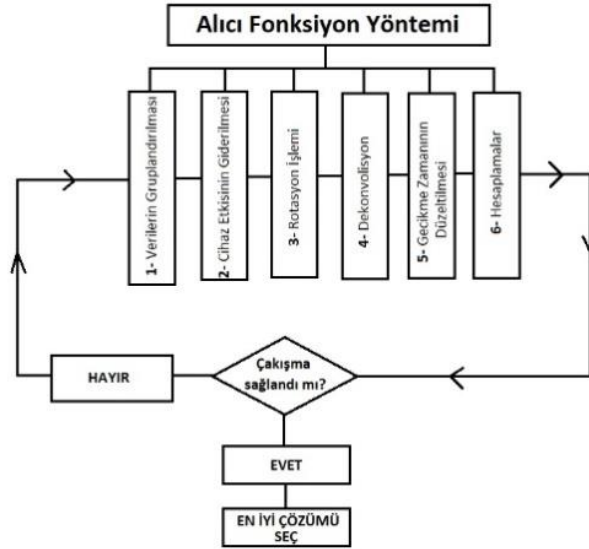
2. YÖNTEM

Alıcı fonksiyonlar istasyon altındaki yerin tepkisini ortaya koymak amacıyla üç bileşenli sismogramlardan hesaplanır. Dalga formu hız süreksizliklerinde P-fazından S-fazına dönüşmüş dalgalarından oluşmaktadır. Dönüşmüş Ps fazlarının genliği, varış zamanı ve polaritesi süreksizliğin geometrisine, P dalgasının varış zamanı hız-derinlik yapısına duyarlıdır (Ammon vd. 1991). Bu yöntemde, telesismik cisim dalgaları kullanılarak kabuk yapısı ve süreksizlikler (kabuk ve manto içindeki) hakkında bilgi edinilir. Oluşan bu doğrudan ve dönüşen fazlar üç bileşenli sismik istasyonlar ile kaydedilir. Bunun sonucunda istasyonun altındaki yer içi yapısı ortaya konur (Langston 1977, Owens vd. 1984, Kind ve Vinnik 1988). Çalışma kapsamında kullanılan AFAD'a ait dokuz adet deprem istasyonunun konumları Tablo 1'de verilmektedir.

Tablo 1. Çalışmada kullanılan dokuz adet AFAD deprem istasyonu ve konumları.

İstasyon Kodu	CAEL	SULE	TAVA	UZP	BRDR	GOLH	HARE	KZIL	PASA
Enlem (°)	37.1229	38.0536	37.4657	38.0313	37.6963	37.2365	38.3411	38.2575	38.348
Boylam (°)	29.3199	28.7676	28.9132	29.1746	30.0613	29.5591	28.7992	30.1412	29.4877

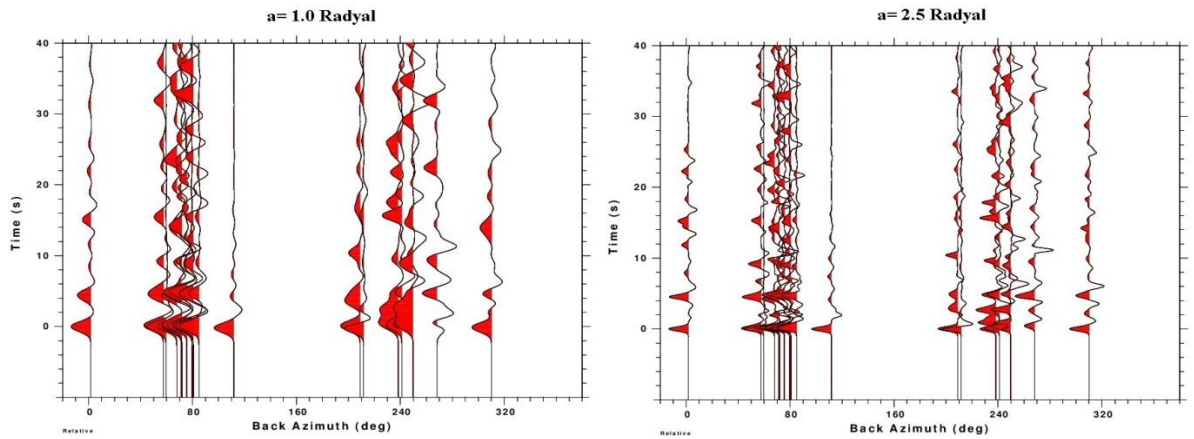
Alıcı Fonksiyon yönteminin temelini veri işlem oluşturmaktadır. Aşamaların dikkatli uygulanmasıyla doğru sonuca ulaşma arasında doğru bir orantı vardır. Çalışma kapsamında da veri işlem aşamaları sırasıyla ve dikkatli bir biçimde uygulanmıştır. Veri işlem aşamaları uygulanırken Seismic Analysis Code (Seismic Analysis Code, 2014) ve Computer Programs in Seismology (Hermann and Ammon, 2002) yazılımları kullanılmıştır. Alıcı fonksiyon yönteminde ve çalışma kapsamında izlenen genel algoritma Şekil 1'de verilmektedir.



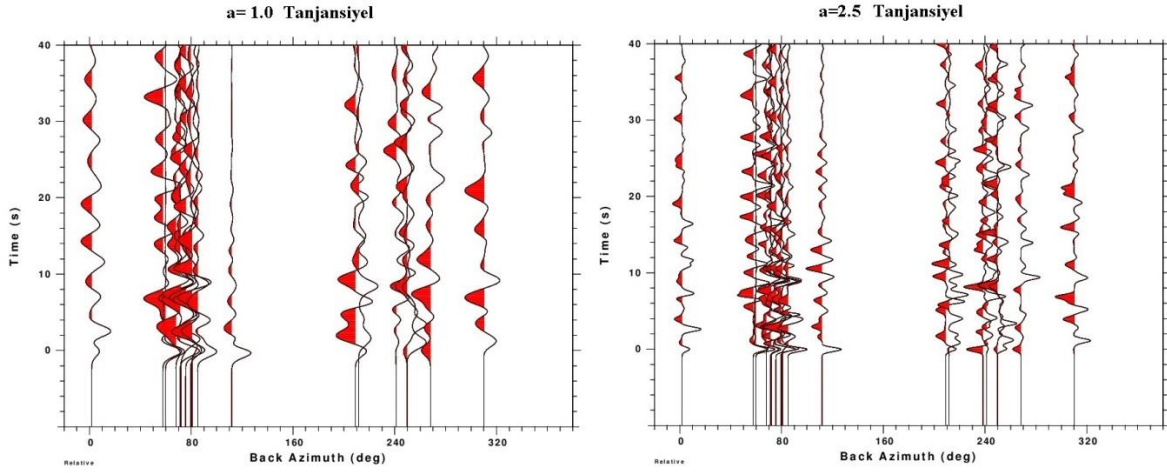
Şekil 1. Alıcı fonksiyon yönteminde kullanılan genel algoritma.

3. SONUÇLAR

Çalışma kapsamında seçilen dokuz istasyonda kaydedilmiş 19 adet telesismik deprem kaydına alıcı fonksiyon analizi uygulanmıştır. Her istasyonda elde edilen alıcı fonksiyonlar farklı geri azimut değerlerine göre gruplandırılmıştır. Çalışmada alıcı fonksiyonlar her bir istasyon kaydından Gaussian süzgeç genişlik parametresi, a , 0.5, 1.0 ve 2.5 değerleri ile radyal ve tanjansiyel bileşenler için hesaplanmıştır. En uygun olan a değerleri için (1.0 ve 2.5) radyal ve tanjansiyel bileşenler sırasıyla Şekil 2 ve Şekil 3’de gösterilmektedir.

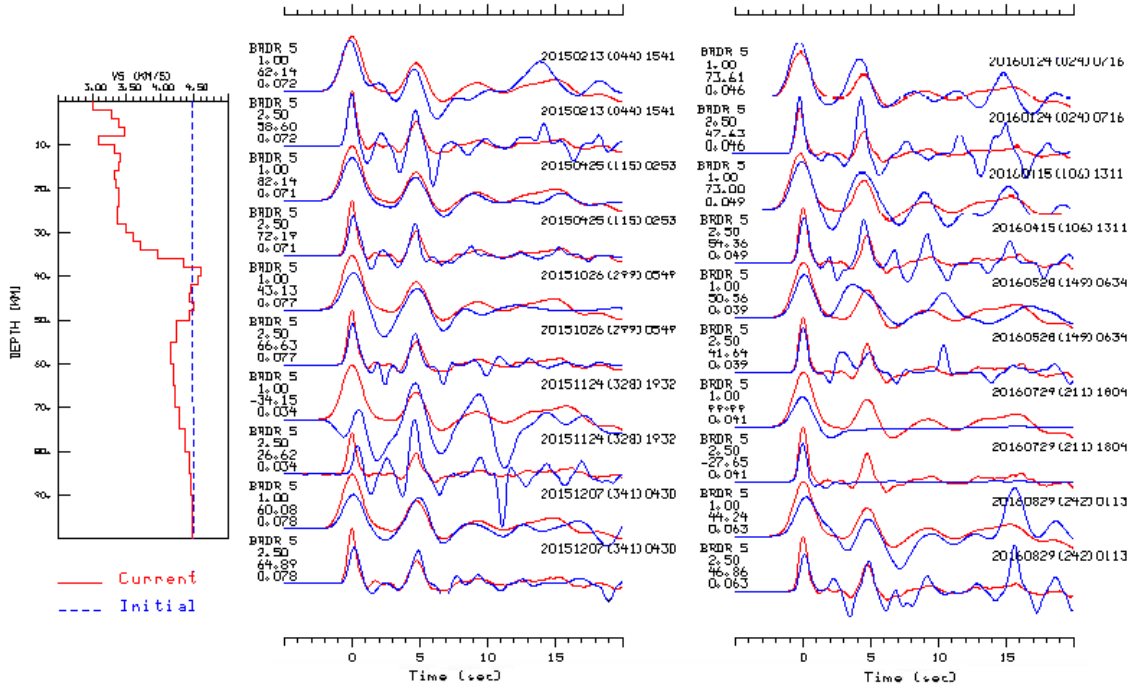


Şekil 2. BRDR istasyonu kayıtlarından Gaussian süzgeç genişlik parametresi 1.0 ve 2.5 değerleri ile hesaplanmış ve geri azimuta göre sıralanmış radyal bileşenli alıcı fonksiyonlar.



Şekil 3. BRDR istasyonu kayıtlarından Gaussian süzgeç genişlik parametresi 1.0 ve 2.5 değerleri ile hesaplanmış ve geri azimuta göre sıralanmış tanjansiyel bileşenli alıcı fonksiyonlar.

Gaussian süzgeç parametresi 1.0 ve 2.5 olan radyal bileşenli alıcı fonksiyonlar Computer Programs in Seismology yazılımında ters çözüm işlemine sokularak ve 1B S-dalga hızı yapısı belirlenmiştir (Şekil 3).



Şekil 3. BRDR istasyonu için sentetik (kırmızı) ve gerçek (mavi) alıcı fonksiyonlar ile istasyon altındaki 1B S-dalga hızı modeli.



BRDR istasyonuna ait alıcı fonksiyonlarda ilk P varışlarına ait genliklerin hepsi pozitifdir. Ps dönüşmüş fazları ise 5 saniye civarında görülmektedir. Kullanılan yazılımda başlangıç modeli sabit hızlı olarak seçilmiştir. 1B S-dalga hızı modelini hesaplarken ilk 50 km derinliği 2 km'lik tabakalarla, 50-100 km arası 5 km'lik tabakalara bölerek yineleme yapılmıştır. Böylece, ilk 50 km'de çok fazla değişime izin verilirken, 50-100 km arası orta derecede ağırlıklandırılmıştır (Çıvgın ve Kaypak, 2017). Sonuç modeline bakıldığında Vs hızının yaklaşık 30 km-50 km arasında arttığı gözlemlenmiştir.

KAYNAKLAR

Ammon, C.J. (1991). The Isolation of Receiver Effects from Teleseismic P Waveforms. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 81:6, 2504-2510.

Çıvgın, B., Kaypak, B. 2017. Estimation of the crustal structure in Central Anatolia (Turkey) using receiver functions. *Turkish J Earth Sci* 26:314-330. DOI: 10.3906/yer-1703-14

Hermann, R.B. and Ammon, C.J. (2002). *Computer Programs in Seismology: Surface Waves, Receiver Functions and Crustal Structure, Version 3.30*. Saint Louis University, 110 pp., St Louis, MO.

Kind, R ve Vinnik, L.P. (1988). The upper mantle discontinuities underneath the GRF array from P-to-S converted phases. *J. Geophys.*, **62**, 138-147.

Langston, C.A. (1977). The Effect of Planar Dipping Structure on Source and Receiver Responses for Constant Ray Parameter, *Bulletin of the Seismological Society of America*. 67:4, 1029-1050.

Owens, T. J., Zandt, G. and Taylor, S. R. (1984). Seismic evidence for an ancient rift beneath the Cumberland Plateau, Tennessee: a detailed analysis of broadband teleseismic P waveforms, *J. Geophys. Res.* 89, 7783-7795.

Seismic Analysis Code Users Manual Version 101.6a 2014.



DETERMINATION OF POST-DISASTER TEMPORARY SHELTER AREAS BY GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEMS (GIS)

İ. Moğulkoç¹ and T. Türk^{2*}

¹ *Geomatics Engineer, Department of Geomatics Engineering, Cumhuriyet University, Sivas*

² *Assoc. Prof. Dr., Department of Geomatics Engineering, Cumhuriyet University, Sivas
Email: tarikturk@gmail.com*

ÖZET

Geçici barınma alanlarının belirlenmesi ve insanların bu alanlara taşınması afet yönetiminin temelini oluşturmaktadır. Bu alanların belirlenmesinde birçok farklı yöntem ve ölçütler kullanılmaktadır. Literatürdeki bazı çalışmalarda; Altyapı, erişilebilirlik, tehlike, topografya, kapasite ve arazi kullanım türü gibi ölçütler kullanılarak uydu görüntüsünden bitki ve su endeks değerleri çıkarıldıktan sonra en uygun alanların belirlenmesi amaçlanmıştır. Dünyadaki doğal afetlerin azaltılması için çalışmalar yapılmasına rağmen, afet sonrası geçici barınma alanlarının yetersizliği, afet yönetiminin uygulanmasını tam anlamıyla engellemektedir. Bu nedenle, insanların afet sonrası kolayca ulaşabilecekleri güvenli alanlara ihtiyaç vardır.

Bu çalışmada, uydu görüntüleri temel veriler olarak hesaba katılmakta ve altyapı, ulaşım, jeoloji, riskli alanlar gibi veriler kullanılarak en uygun barınma alanları tespit edilmiştir. Literatürde barınma alanlarının belirlenmesi ve sunulması ile ilgili çalışmalar bulunmasına karşın, CBS ortamında barınak alanları belirlenmiş ve bu çalışmadaki insanların farkındalığını arttırmak için oluşturulan sistem web ortamında sunulmuştur.

ANAHTAR KELİMELEER: CBS, Afet Yönetimi, Geçici Barınma Alanları

ABSTRACT

The determination of temporary shelter areas and the transfer of people to these areas form the basis of disaster management. Many different methods and criteria have been used in determining these areas. In some studies in the literature; it is aimed to determine the most suitable areas by using criteria such as infrastructure, accessibility, hazard, topography, capacity and land use type after extracting plant and water index values from the satellite image. Although studies have to be performed for the reduction of natural disasters in the world, the inadequacy of post-disaster temporary shelter areas is literally prevent the implementation of a disaster management. Therefore, there is a need for safe areas where people can easily access post-disaster.

In this study, satellite images are considered as the basic data, and the most suitable shelter areas are detected by using data such as infrastructure, transportation, geology, risky areas. Although there are studies in the literature related to determining and presenting of shelter areas, shelter areas are determined in the GIS environment and the created system is published on the web environment in order to raise the awareness of the people in this study.

KEYWORDS: GIS, Disaster Management, Temporary Shelter Area



1. INTRODUCTION

For centuries, mankind has been searching for safe living spaces for various reasons such as disasters, epidemics and war, which directly affect human life, and have always migrated. Turkey because of its geographic location and geological structure as well as climatic conditions, earthquakes, landslides, falling rocks, is exposed to various natural disasters such as floods. People who are exposed to disasters must be transported to safe areas and all kinds of needs such as accommodation and food should be covered in these areas. Depending on the severity of the disaster, the accommodation requirement can sometimes last for several days and sometimes weeks. In this context, the need for accommodation needs to be examined at various stages as urgent, temporary and permanent shelter areas.

The identification of temporary shelter areas and the transfer of people to these areas form the basis of disaster management. Many different methods and criteria are used in determining these areas (Şentürk and Erener, 2017; Sahin and Altin, 2016; Kilci, 2012). One of these methods is Geographic Information Systems (GIS). GIS is a fast and practical tool that provides effective solutions for users in disaster management studies. With the use of GIS technologies in disaster management, the work done in this regard has gained momentum and applicable consistent results have been achieved.

Rezaei (2014) aimed to determine the most suitable shelter areas for the province of Istanbul using multi-criteria decision analysis. In addition, a variety of mathematical models have been used in the determination and appointment of shelter areas. For example, Pan (2010) has dealt with two mathematical models for the problem of location selection and tested via an natural hazard model in China. Similarly, Li and Jin (2010) have taken into account the stochastic nature of the hurricane and have revealed this randomness by creating different scenarios and associated formation possibilities. Dalal et al. (2007) used an intuitive approach based on the Elzinga-Hearn method. Kilci (2012) has developed a C# plug-in for the determination of tent city locations. This extension first identifies candidate locations for tent city and then includes a mathematical model that places each tent nearest to it by selecting the best possible combination of tent city areas from the candidate locations. Sahin and Altin (2016) modelled as a model for the p-median problem in determining temporary shelter areas and neighborhoods to be assigned to these areas to be used after a possible earthquake in Isparta province and used the GAMS package program. Kilci et al. (2013), the mathematical model that has been developed can be used to match the population data to the nearest shelter based on the county while determining the places of usage of the shelter area. Sahin (2017) searched for results using fuzzy topsis and fuzzy vikor methods for location selection.

In this study, GIS and remote sensing methods were used to determine the areas that could meet the needs of people, which is one of the most basic necessities of people after a possible disaster or emergency situation, in the pilot area of the Central District of Sivas province and the GIS based system was developed. In addition, a building-based area of residence has been appointed in order to prevent the occurrence of a chaos during a possible disaster or emergency. These areas have been published on the web for the purpose of raising the awareness of the community through the GIS-based system. This site is accessible via <http://www.lite.geodatacollection.com/>.

2. MATERIAL AND METHODS

The Sphere Project is a voluntary initiative that brings a wide range of humanitarian agencies together around a common aim to improve the quality of humanitarian assistance and the accountability of

humanitarian actors to their constituents, donors and affected populations. A handbook was published for this purpose. The Disaster and Emergency Management Authority (AFAD) is the official responsible organization for natural hazards in Turkey. It prepared the official regulations related to temporary shelter areas considering The Sphere Project. In this study, temporary shelter areas were detected taking into account these official regulations by GIS and remote sensing.

Data (Table 1) used in the study were processed, optimized and all data were integrated in the GIS environment. In the study conducted in the center of Sivas province (Fig. 1), ENVI 5.3, ArcGIS 10.1 and QGIS 2.18.4 software were used for processing and preparing the existing data, and Leaflet JS, an open source JavaScript (JS) library for publishing on the web.

Table 1. The used data for the study

<i>Raster</i>	<i>Vector</i>
Satellite Image (Landsat 8 - 2016)	Infrastructure Data (Electricity, drinking water, natural gas and sewage)
Normalized Difference Vegetation Index (NDWI) Map	Buildings
Normalized Difference Water Index (NDVI) Map	District Boundaries
Elevation Data (ASTER GDEM - 2016)	Highway

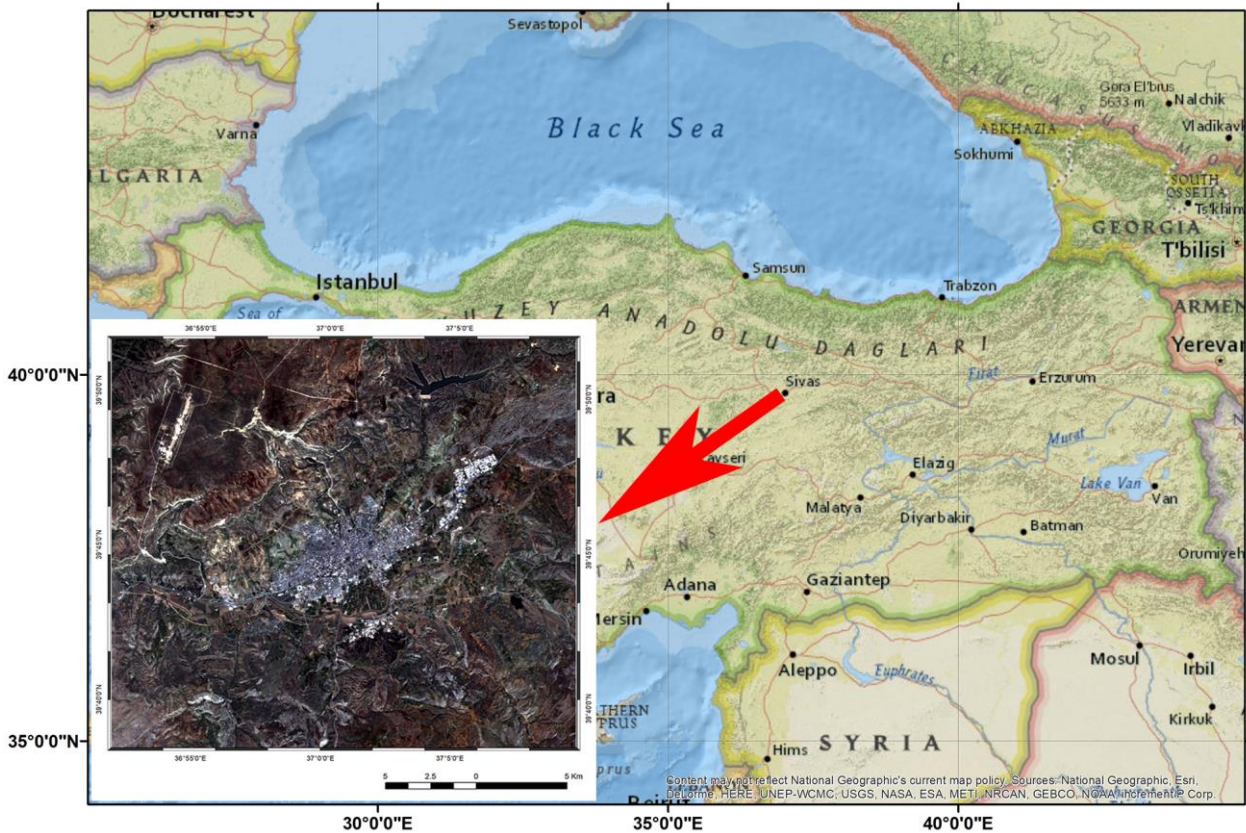


Figure 4. The study area



Firstly, Landsat 8 (30 meter resolution) satellite images are processed and the resolution is reduced to 15 m by image sharpening method. The fact that the shelter areas that are to be achieved are not in wetlands or forest areas is important for the sustainability of disaster management. Therefore, not-suitable values of NDVI (Rouse et al., 1973) and the water index NDWI (Gao, 1996) have to be removed from the satellite image. Threshold values are set to enable this operation. Because these values are not determined in terms of exact values, they can be determined by using the pool to be constructed from iterative tests and samples from ground truth data (Kalkan and Maktav, 2010). In this study, threshold values of 0.5 for NDVI and 0.0 for NDWI were taken as reference when extracting intensive values from the satellite image.

3. RESULTS AND DISCUSSION

When choosing the area for temporary sheltering centers, it is necessary to select non-arable land areas and these areas should be least 3 meters above the water basin and %2-6% slope land. (AFAD, Guidelines on the Establishment, Management and Operation of Temporary Settlement Areas, Article 5/4, 2015). In this context, ASTER GDEM data is processed to obtain the fields with appropriate slope level and the operations to be performed in raster data format have been completed by overlapping with NDVI and NDWI values. The vector-based data used were classified according to their expert opinion during the assessment and their proximity to the shelter areas (Table 2).

Table 2. Weighted overlay

Euclidean Distance			Weighted Overlay
Order of Importance	Data	Distance Range (meter)	Percent (%)
1	Highway	500	30
2	Drinking Water	500	25
3	Sewage	750	20
4	Electricity	750	15
5	Natural Gas	1000	10

The most important parameter in determining the location of temporary sheltering centers is that the disaster risk in these regions is minimal and geological settlement is appropriate. For this reason, classification of disaster risk maps will give more appropriate results, if at all. However, if risky regions are determined by public institutions and organizations where these maps are not available, results can also be obtained by removing those areas from the final product. Since there is no disaster risk maps in our current study area, disaster risk areas on the vector form have been used in the study. On the geological side, the rock types were divided into four classes according to their expert opinions and their scores were made accordingly.

As a result, the best available temporary shelter areas for the pilot region were obtained by associating the available data (Fig. 2).

The most suitable shelter areas for Sivas city

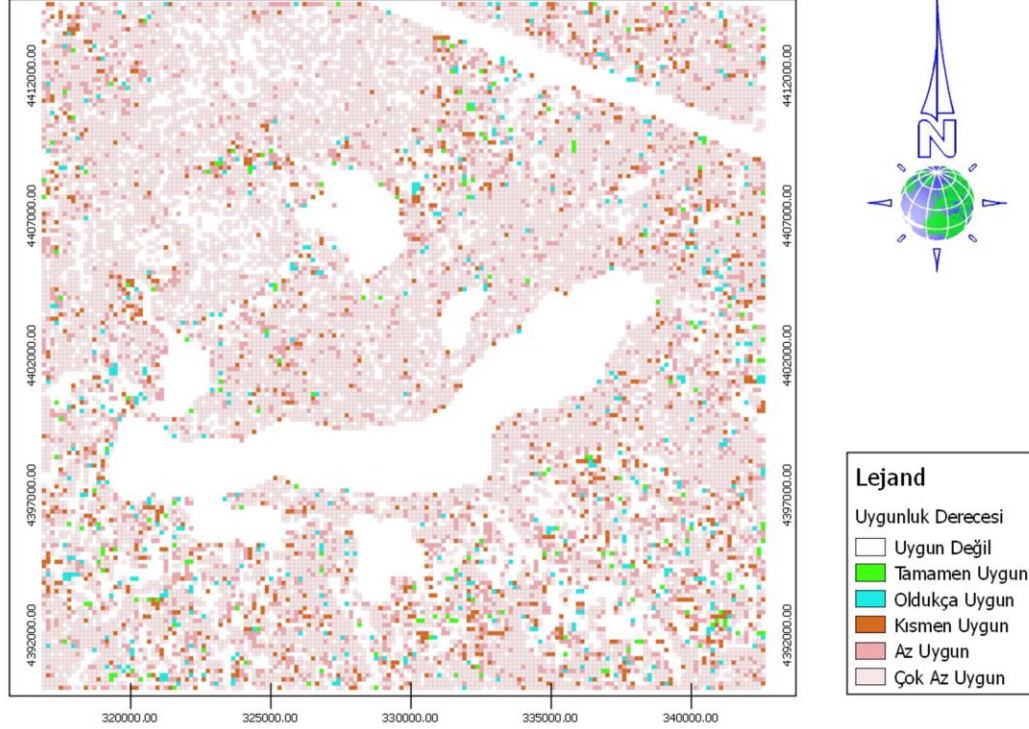


Figure 2. The most suitable shelter areas for the central district of Sivas
The determined areas were examined and 9 possible areas were selected from these areas and the neighborhoods was appointed according to their closeness to these areas (Fig. 3).

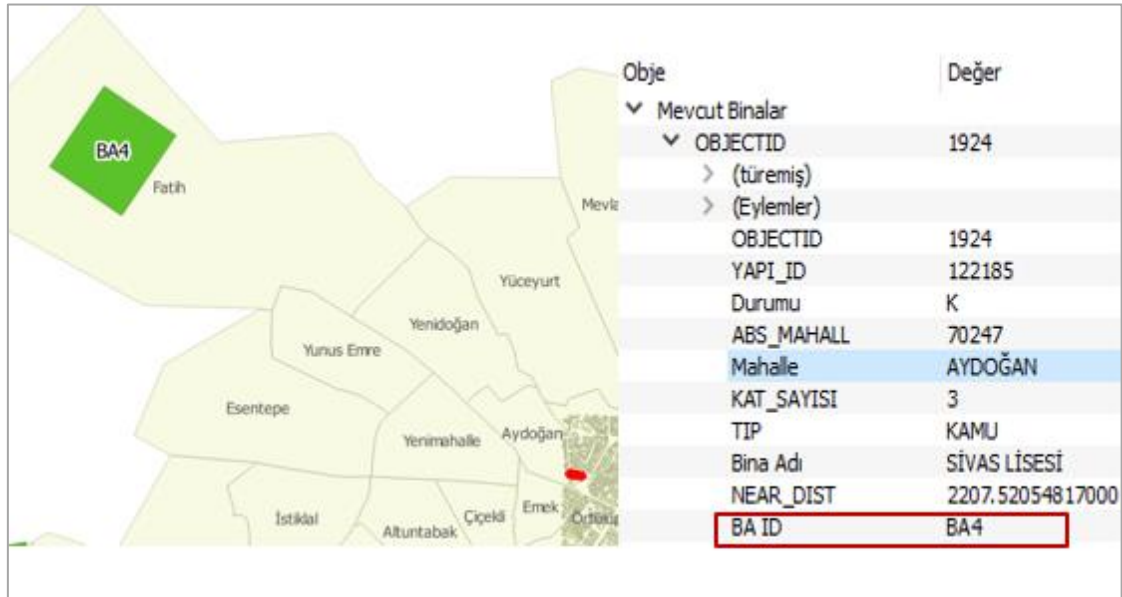


Figure 3. Appointment of shelter areas

When we look at the studies on disasters, it is seen that the public is lacking in consciousness. For this purpose, the results of the study are published online via a web environment (www.geodatacollection.com) where people can easily access results by typing the names of the buildings (Fig. 4).



Figure 4. Presentation of work on the web

4. CONCLUSIONS

Within the scope of this study, some solutions were recommended for determining the location of shelter areas in the world and an application was performed in the central district of Sivas province. On the other hand, in order to raise the awareness of the society, the results are presented in the web environment and a platform in which building-based interrogations can be done has been put forward.

Since data such as wind intensity and wind direction cannot be obtained in a healthy manner, they are not included in the study. While these areas are identified, the existing zoning situation must be taken into consideration. If there is no zoning plan in the areas considered suitable, these areas must be protected by including them in the plan to be made.

ACKNOWLEDGEMENT

The authors would like to thank Cumhuriyet University for supporting this study under CUBAP M 703 project.

REFERENCES

Dalal J., Mohapatra P. K. J., Mitra G. C., (2007). Locating Cyclone Shelters: A Case, *Disaster Prevention and Management*, Volume: 16 Issue: 2, 235-244.



Gao, BC. (1996), NDWI - A normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space. *Remote Sensing Of Environment*, 58(3), 257-266.

Karaman H., Rezaei S., Kalkan K., ErgunKonukçu B., Erden T., (2014). Site Selection of Temporary Shelters Following A Disaster By Using GIS, 5. Remote Sensing-GIS Symposium, 14-17 October 2014, Istanbul.

Kilci F., (2012). A Decision Support System For Shelter Site Selection With GIS Integration: Case for Turkey, Bilkent University Industrial Engineering, Graduate Thesis, Ankara, 123 pages.

Kilci F., Yetis B.Y., Bozkaya B., (2013). Locating Temporary Shelter Areas After An Earthquake: A Case for Istanbul, Locating Temporary Shelter Areas After An Earthquake: A Case for Istanbul, 25th European Conference on Operational Research 2012.

Li L., Jin M., (2010). Sheltering and Management for Natural Disasters, THC-IT-2010 Conference & Exhibition.

Pan A., (2010). The Applications of Maximal Covering Model in Typhoon Emergency Shelter Location Problem, Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM), 2010 IEEE International Conference, 7-10 December 2010, Beijing, 1727-1731.

Rezaei S., (2014). Development of A Decision Support Model For The Optimum Shelter Location Following A Disaster, Istanbul Technical University Graduate School of Natural and Applied Sciences, Master Thesis, Istanbul, Turkey.

Rouse, J.W., Jr., R.H. Haas, J.A. Schell, and D.W. Deering, 1973, Monitoring The Vernal Advancement and Retrogradation (Green Wave Effect) of Natural Vegetation. Prog. Rep. RSC 1978-1, Remote Sensing Center, Texas A&M Univ., College Station, 93p. (NTIS No. E73-106393)

Şentürk, E, Erener, A. (2017). DETERMINATION OF TEMPORARY SHELTER AREAS IN NATURAL DISASTERS BY GIS A CASE STUDY FOR GÖLCÜK/TURKEY. *International Journal of Engineering and Geosciences*, 2 (3), 84-90. DOI: 10.26833/ijeg.317314

Turkey Prime Ministry Disaster and Emergency Management Presidency (AFAD) (2014), Explanatory Dictionary of Disaster Terms, Ankara.

Turkey Prime Ministry Disaster and Emergency Management Presidency (AFAD) (2015), Guidelines on the Establishment, Management and Operation of Temporary Settlement Areas, Ankara.

Sahin Y., Altin F.G., (2016). An Appointment Model for the Problem of Tent city Site Selection: A Case of Isparta, *Mehmet Akif Ersoy University Journal of Social Sciences Institute*, Volume: 8, 16, 323-336.

Sahin S., (2017). Selection of Temporary Housing Area In The Disaster Management System At Fuzzy Environment By Make A Decision Methods With Mutli Criteria, Istanbul Commerce University Graduate School of Applied and Natural Sciences, Department of Industrial Engineering, Master Thesis, Istanbul, 46 pages.



GÖKOVA KÖRFEZİ'NDE KODA DALGA SOĞURULMASININ FREKANS ve ZAMAN BAĞIMLI DEĞİŞİMİ

Duygu Akçay¹, Fadime Sertçelik²

¹ Jeofizik Müh., Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli

² Doç. Dr., Jeofizik Mühendisliği Bölümü, Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli
Email: fasert@kocaeli.edu.tr

ÖZET

Bu çalışmada, Gökova Körfezi'nde zamana ve frekansa bağlı olarak koda dalgası azalım (Qc) karakteristiği belirlenmeye çalışılmıştır. Kos Adası ile Bodrum Yarımadası arasında 20 Temmuz 2017 Mw=6.6 Bodrum-Kos depremi, öncesi, sırası ve sonrası olarak 3 farklı zaman diliminde oluşan M \geq 3.5, 67 deprem analiz edilmiştir. Bölgede bulunan BODT, DAT, YER, MULA, TURN istasyonlarında kaydedilen depremlerin 147 kaydı 20, 30 ve 40 s'lik üç pencere ve merkez frekansları 1.5–18 Hz aralığındaki altı farklı frekans bandında analiz edilmiştir. Düşey (Z) bileşen sismogramlar için frekansa bağlı Qc ilişkisi belirlenmiştir. Tek Geri Saçılma Modeli kullanılarak yapılan çalışmada Qc'nin frekans, kayma zamanı ve zamanla değişim gösterdiği belirlenmiştir. Ana şok sırası, öncesi ve sonrasında Qo'nin (1 Hz'de Qc) atenuasyonunun derinlik ve dolayısıyla ortamın heterojenlik seviyesine bağlı olan kayma zamanıyla önemli ölçüde arttığını göstermektedir. Ana şok ve sonrasında üç gün içerisinde oluşan depremlerle belirlenen Qo değerleri 20,30,40s'lik kayma zamanları için öncesi ve sonrasına göre daha düşük (64,81,100), frekans bağımlılığı da daha yüksek (0.89,0.86,0.81) hesaplanmıştır. Ortalama frekansa bağımlı Q, $Q_c(f)=95f^{0.71}$ olarak belirlenmiştir. Bölge için ilk defa hesaplanan frekans bağımlı Qc(f)'nin sismik tehlike, kaynak parametresi belirlemelerinde kullanılmak üzere önemli bir eksikliği gidereceği düşünülmektedir.

ANAHTAR KELİMELER: Koda Dalgası, Kayma Zamanı, Soğurma, Zamansal Değişim, Gökova Körfezi

FREQUENCY AND TEMPORAL CHANGE OF CODA WAVE ATTENUATION IN GOKOVA BAY

¹ Geophysical Eng., Institute of Science, Kocaeli University, Kocaeli

² Associate Professor, Geophysical Eng. Department, Kocaeli University, Kocaeli
Email: fasert@kocaeli.edu.tr

ABSTRACT

In this study, it was determined the characteristic of the coda wave attenuation (Qc) depending on the time and frequency in Gokova Bay. July 20, 2017 Mw = 6.6 Bodrum-Kos earthquake occurred between Kos Island and Bodrum peninsula was analyzed using M \geq 3.5 and 67 earthquakes in three different time periods; before, sequence and after. 147 records of these earthquakes recorded at BODT, DAT, YER, MULA, TURN stations in the region were analyzed in three lapse time windows of 20, 30 and 40 s and



center frequencies in six different frequency bands in the range of 1.5-18 Hz. For the vertical (Z) component seismograms, the frequency dependent Q_c relation was determined. By using the Single Back Scattering Model, $Q_c(f)$ determined that varies with frequency, lapse time and time. The main shock sequence, before and after shows that the attenuation of Q_0 (Q_c at 1 Hz) is significantly increased by the depth and because of the lapse time depends on the level of heterogeneity of the medium together with depth. Q_0 values determined by the main shock and in three days after occurred earthquakes were calculated higher than before and after frequency dependency (0.89,0.86,0.81) and lower (64,81,100) than before and after for the lapse times of 20,30,40 s. The average frequency dependence quality factor Q , was determined $Q_c(f)=95f^{0.71}$. It is considered that frequency-dependent $Q_c(f)$ calculated first for the region are expected to make significant contributions in seismic hazard, source parameter determinations.

KEYWORDS: Coda Wave, Lapse Time, Attenuation, Temporal Change, Gokova Bay

1. GİRİŞ

Yer içerisinde ilerleyen sismik dalganın enerjisi yanal yansıma, kırılma, saçılma, içsel sürtünme, ısıya dönüşme gibi nedenlerle azalır. Bu azalım soğurulma olarak adlandırılmaktadır. Sismik dalgaların soğurulması, dalganın birim devir başına düşen enerji kaybı olarak tanımlanan boyutsuz kalite faktörü Q ile ifade edilir. Q_c yöntemi ortamın heterojenliğinden kaynaklı saçılmalardan oluşan koda dalgaları kullanılarak yapılmaktadır. Q_c parametresi yerkabuğunun rastgele heterojenlik seviyesine bağlı olarak hem içsel hem de anelastik ve saçılma azalmasını içeren, toplam soğurulma özelliklerini temsil eder. Q_c değerleri ($Q_c = Q_0 f^n$; $Q_0=1\text{Hz}$ 'deki Q_c ve n frekans bağımlılık derecesi) her bir frekansta farklı bağımlılık (Singh ve Hermann 1983) göstermektedir. Tek bir saçılma modeli ile elde edilen Q_c değerleri, Q_0 'ın (<200) düşük ve n 'nin (≥ 1.0) yüksek değerleri tektonik olarak aktif bölgeler için olduğunu gösterirken Q_0 (> 200) yüksek ve n (<1) düşük değerleri durağan ya da düşük aktiviteli bölgeleri işaret etmektedir (Sato ve ark. 2012).

Gökova Körfezi kuzeybatı ucunda, 20 Temmuz 2017 de $M_w=6.6$ olan Bodrum-Kos adası depremi oluşmuştur (AFAD, 2017). Normal faylanma görülen depremin odak derinliği yaklaşık 6 km civarında olup sığ odaklı bir depremdir.

Fethiye-Burdur Makaslama Zonu boyunca transgresyon bölgesine denk gelen çalışma alanında ana şoktan önce, ana şok sırası ve sonrası depremler kullanılarak bölgenin zamansal ve kayma zamanına bağlı derinlikle Q_c karakteristiği belirlenmiştir.

2. YÖNTEM

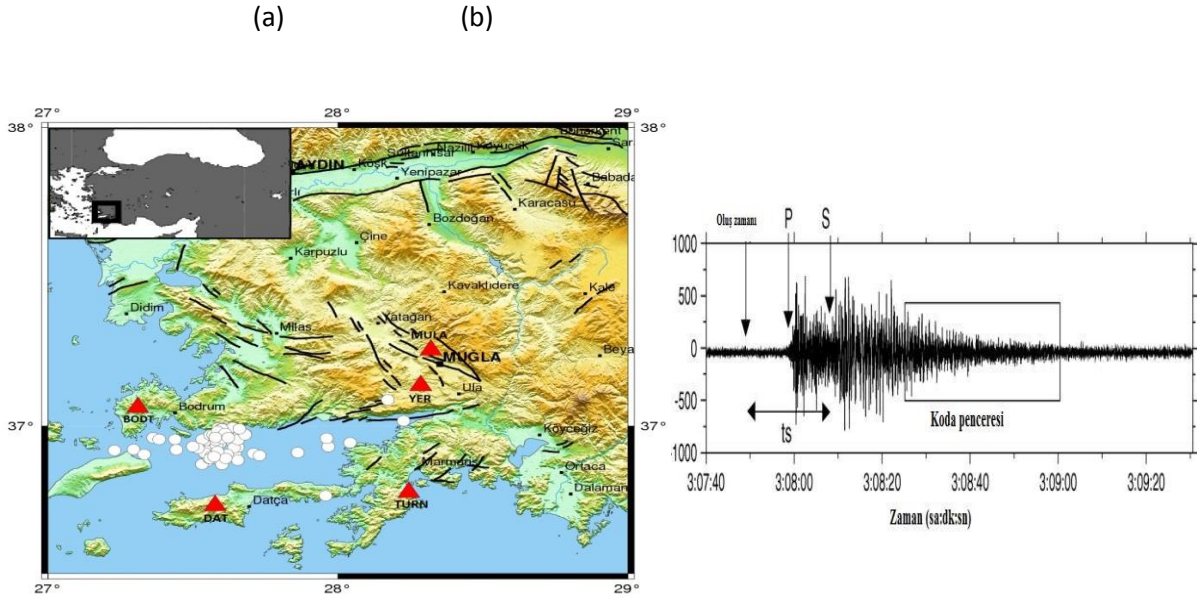
Bu çalışmada Aki ve Chouet tarafından kullanılan Tek Saçılma Metodu (Single Backscattering Method) kullanılmıştır. Bu metotta koda dalgasının genlik azalımı zamanın fonksiyonu olarak,

$$\ln A(f, t) = \ln C(f) - \frac{\pi f}{Q_c(f)} \quad (1)$$

şeklinde gösterilir. Burada $A(f,t)$ belirli bir merkez frekansta (f) süzölmüş koda dalga genliği; t , kayma zamanı; Q_c koda dalgası kalite faktörü; $C = 2(2\Delta f)^{\frac{1}{2}}$ 'dir. Seçilen her bir kayma zamanı penceresi ve frekans için $\ln[A(f,t)*t]$ ve t grafiğinde saçılmış değerler arasından geçirilen doğrunun eğiminden Q_c hesaplanır. $Q_c(f)$ 'nin hesaplanmasında koda zarfının kayan bir zaman penceresindeki RMS genlikleri kullanılır. Bu zaman penceresi S dalgasının kodaından seçilir. Pencerenin başlangıç zamanı değişik araştırmacılar tarafından oluş zamanı ile S dalgasının varış zamanı farkının 1.5 ya da 2 katına denk gelen zamandan başlatılmaktadır.

3. VERİ

Bu çalışmada Gökova Körfezi ve çevresinde 2013-2017 yılları arasında meydana gelmiş, büyüklüğü $M \geq 3.5$ olan 67 adet deprem kullanılmıştır (Şekil 1). 67 depremin 147 adet sismogramı analiz edilmiştir. Depremlerin büyüklükleri $3.5 \leq M \leq 6.6$, derinlikleri 2.69-36.41 km ve episantır uzaklıkları 11.38-89.59 km arasında değişmektedir.



Şekil 1. a. Çalışmada kullanılan deprem ve istasyon dağılımı, b. Örnek deprem kaydı, dalga varış zamanı ve kullanılan koda dalgası penceresi

Sinyal/gürültü oranı 2 ve daha büyük olan sismogramlar seçilmiştir. Zaman penceresinin uzunluğu, koda Q 'nun değişimiyle ilişkilidir. Çalışmada kesme zamanı pencere uzunlukları 20-30-40 sn olarak alınmıştır. Merkez frekansları 1.5, 3, 6, 9, 12 ve 18 Hz olan 6 adet, sırayla 1, 2, 4, 8, 12 ve 24 Hz bant genişliğinde 8 kutuplu ardışık Butterworth süzgeç kullanılarak filtrelenmiştir. Bu çalışmada tek saçılma yönteminde düşey bileşen kayıtları kullanılmıştır. S dalgası koda penceresi depremin oluş zamanı ile S dalgası varış zamanının 2 katına denk gelen zamandan başlamaktadır. Lapse time olarak adlandırılan bu zamandan itibaren alınan 20,30,40 sn'lik koda pencereleri analiz edilmiştir. Hesaplamalarda korelasyon katsayısı 0.7'den büyük olan veriler kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan deprem sayıları (N), farklı kayma zamanı ve frekanslarda hesaplanan Q_c değerleri ve standart sapmalar Tablo 1'de verilmektedir. Frekans bağımlı Q_c 'nin hem zamanla hem de kayma zamanıyla değişimi Tablo 2'de yer almaktadır.



Tablo 1. Kullanılan deprem sayıları (N), farklı kayma zamanı ve frekanslarda hesaplanan Qc değerleri

MERKEZ FREKANSLAR (Hz)	ÖNCESİ DÖNEM Qc DEĞERLERİ	SIRASI DÖNEM Qc DEĞERLERİ	SONRASI DÖNEM Qc DEĞERLERİ
Kayma zamanı: 20 s	N=11	N=10	N=46
1.5	88	87	97
3	164	195	186
6	310	311	313
9	374	481	416
12	460	629	505
18	641	808	648
Kayma zamanı: 30 s			
1.5	126	118	134
3	205	242	226
6	322	344	348
9	415	496	453
12	515	693	584
18	772	1321	788
Kayma zamanı: 40 s			
1.5	155	138	158
3	232	255	242
6	339	430	354
9	441	633	487
12	563	871	677
18	928	891	992

Tablo 2. Qc(f)'nin kayma zamanı ve deprem oluş zamanına göre değişimi

	20s	30s	40s
ÖNCESİ DÖNEM	$Q_c(f)=69f^{0.77}$	$Q_c(f)=91f^{0.70}$	$Q_c(f)=105f^{0.68}$
SIRASI DÖNEM	$Q_c(f)=64f^{0.89}$	$Q_c(f)=81f^{0.86}$	$Q_c(f)=100f^{0.81}$
SONRASI DÖNEM	$Q_c(f)=75f^{0.76}$	$Q_c(f)=100f^{0.69}$	$Q_c(f)=110f^{0.69}$

4. SONUÇ

Farklı kayma zamanları için yapılan frekans bağımlı koda Q analizinde frekans yükseldikçe ve kayma zamanı uzadıkça Qc değerlerinin arttığı gözlenmiştir. Depremler oluş zamanına göre sınıflandırıldıktan sonra yapılan hesaplamalarda ana şok civarındaki depremler kullanılarak yapılan analizde elde edilen Qc değerleri bütün kayma zamanlarında diğer dönemlere göre yüksek elde edilmiştir. Tüm kayıtlar



kullanılarak ortalama $Q_c(f)=95f^{0.71}$ olarak belirlenmiştir. Q_c değerleri ana şok civarında düşük değerler alırken Q_c 'nin frekans bağımlılığı yükselmiştir. Ortamın ana şokla birlikte oluşan kırılmalara bağlı olarak frekans bağımlılığının arttığı, öncesi ve sonrası dönem hesaplanan $Q_c(f)$ değerlerinin hemen hemen aynı değerlere ulaşması ise ortamın aktif döneme göre daha durağan hal almasına bağlı olduğu şeklinde yorumlanmıştır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmada kullanılan verilerin alındığı Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi Bölgesel Deprem-Tsunami İzleme ve Değerlendirme Merkezi'ne (BDTİM) ve AFAD Deprem Dairesi Başkanlığı'na teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

Aki K., Chouet B., Origin of Coda waves: Source, attenuation and scattering effects, *Journal of Geophysical Research*, 1975, **80**, 3322-3342.

Sato H., Fehler M., Seismic Wave Propagation and Scattering in the Heterogeneous Earth, *Springer and Verlag*, 308, New York, 1998.

Sertçelik F., Estimation of coda wave attenuation in the East Anatolia Fault Zone Turkey, *Pure and Applied Geophysics*, 2012, 169, 1189–1204.

Singh, S. and Herrmann, R.B., 1983. Regionalization of crustal coda Q in the continental United States. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 88(B1), pp.527-538



DOĞU MARMARA BÖLGESİ'NDE SİSMİK KIRILMA TOMOGRAFİ YÖNTEMİYLE KUZEY ANADOLU FAYI'NIN ARAŞTIRILMASI

B. İnanç¹, N.G. Okut-Toksoy¹, H. Kurt²

¹ *Lisansüstü Öğrenci, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul Teknik Üniversitesi, Maslak*

² *Profesör, Jeofizik Müh. Bölümü, İstanbul Teknik Üniversitesi, Maslak*
Email: inancb@itu.edu.tr

ÖZET

Doğu Marmara bölgesinde Kuzey Anadolu Fayı'nın (KAF) kuzey kolunu dik kesen, K-G doğrultulu iki hat üzerinde toplanan sismik veriler kullanılarak, yüksek çözünürlüklü sismik kırılma tomografisi yöntemi ile KAF'in sığ kesimlerdeki geometrisi araştırılmıştır. Bu amaçla, İstanbul Teknik Üniversitesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü'nde lisanslı olarak bulunan SeisImager2D™ programı kullanılmıştır. Sismik P-dalgası kayıtlarındaki ilk varışların kullanıldığı, tomografi ters çözümüyle oluşturulan hız kesitlerinde, bölgenin sığ derinlikli tabakalarını tanımlayan ara-yüzeylerdeki ondülasyonun KAF zonuna ait daha derindeki faylarla ilişkili olduğu gözlenmiştir.

ANAHTAR KELİMELELER: Doğu Marmara, Kuzey Anadolu Fayı, Sismik kırılma tomografisi

INVESTIGATION OF NORTH ANATOLIAN FAULT BY SEISMIC REFRACTION TOMOGRAPHY IN THE EASTERN MARMARA REGION

¹ *Graduate Student, Graduate School of Science Engineering and Technology, Istanbul Technical University, Maslak*

² *Professor, Geophysical Engineering Department, Istanbul Technical University, Maslak*
Email: inancb@itu.edu.tr

ABSTRACT

In the Eastern Marmara region, shallow geometry of North Anatolian Fault (NAF) was investigated by high resolution seismic refraction tomography method from the previously obtained multi-channel seismic data on two N-S directed profiles crossing the northern strand of the NAF. For this purpose, the SeisImager2D™ program, which is licensed for the Istanbul Technical University, Department of Geophysical Engineering, was used. In the velocity sections that the first arrivals of seismic P-wave records were used and created by tomography inversion method, it is observed that the undulating structures defining the shallow layers of the region are related to the deeper faults of the NAF zone.

KEYWORDS: Eastern Marmara, North Anatolian Fault, Seismic refraction tomography

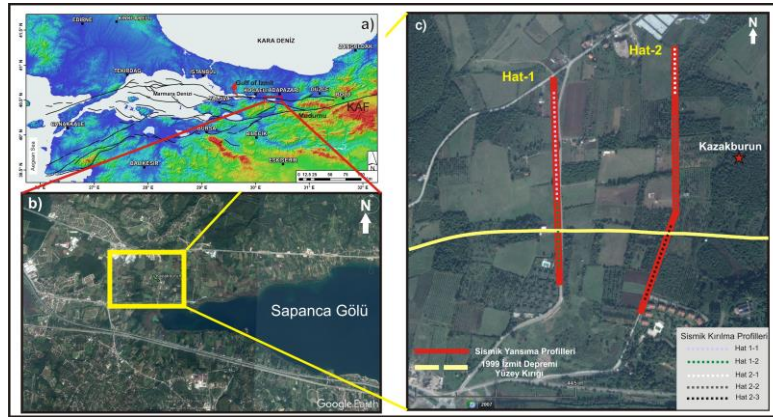
1. GİRİŞ

Doğu Anadolu'dan Kuzey Ege Denizi'ne uzanan, Anadolu ve Avrasya levhaları arasında bir sınır oluşturan, yaklaşık 1600 km uzunluğunda bir aktif doğrultu atımlı fay olan Kuzey Anadolu Fayı (KAF), Marmara bölgesinde, Mudurnu yakınlarında, kuzey ve güney olmak üzere kollara ayrılır (Şekil 1a). 1999 İzmit (Mw =7.4) ve 1999 Düzce (Mw=7.2) depremlerini üreten KAF'ın kuzey kolu Sapanca Gölü ve İzmit Körfezi üzerinden Marmara Denizi'ne ulaşmaktadır. KAF'ın tektonik özellikleri, İzmit Körfezi'nin doğusunda kalan kara alanlarında, ağırlıklı olarak jeolojik ve jeodezik veriler kullanılarak araştırılmıştır (Gürbüz ve Güner, 2008; Dikbaş ve Akyüz, 2010; Leroy ve diğ., 2010). Bu bölgede, karada gerçekleştirilecek olan jeofizik çalışmalarla (özellikle sismik çalışmalar), KAF'ın derine doğru olan geometrik yapısı daha iyi anlaşılacaktır.

Bu çalışmada, Doğu Marmara bölgesinde KAF'ı dik kesen, K-G doğrultulu hatlara ait sismik verilere, yüksek çözünürlüklü sismik kırılma tomografisi yöntemi uygulanarak KAF'ın yüzeyden derine doğru geometrisi araştırılmıştır. Kullanılan çok kanallı sismik yansıma verileri, geleneksel veri işlem aşamalarından geçirilerek yığma kesitleri oluşturulmuştur (Okut-Toksoy ve diğ., 2017). Buna ek olarak, sismik tomografi görüntüsünün oluşturulduğu bu çalışmada P-dalgası ilk varışları kullanılarak fayın daha sığ derinliklerdeki geometrisi ve hız yapısı elde edilmiştir.

2. SİSMİK VERİLER VE YÖNTEM

Ekim 2016 yılında, Doğu Marmara'da Sapanca Gölü'nün batı kesiminde, KAF'ı K-G doğrultusunda dik kesen iki hat boyunca çok kanallı sismik veriler, 1999 İzmit depremi yüzey kırığının geçtiği ve arazide gözlemlendiği alanlarda toplanmıştır (Okut-Toksoy ve diğ., 2017). Enerji kaynağı olarak Buffalo Gun kullanılmıştır. Bu çalışmada aynı veriler, sismik kırılma yöntemi yaklaşımı ile incelenmiştir. Hat 1 üzerinde 2 alt-hat boyunca (Hat 1-1, Hat 1-2) ve Hat 2 üzerinde 3 alt-hat boyunca (Hat 2-1, Hat 2-2, Hat 2-3) uygulanmıştır (Şekil 1).



Şekil 1. a) Kuzey Anadolu Fayı'nın Doğu Marmara Bölgesi'nde Bolu'dan batıya doğru iki kola ayrılması (Dikbaş ve Akyüz, 2010) b) Çalışma alanı Google Earth görüntüsü c) Hat 1 ve Hat 2 lokasyonları ve ilgili sismik kırılma alt-hatları

İlgili veri toplama parametreleri Tablo 1'de verilmiştir. Atışlar, alıcıların yanında gezdirilerek yapılmıştır. Yani, 5 metre atış aralığına sahip alt-hatlarda, atışlar her alıcıda bir, 10 metre atış aralığına sahip alt-hatlarda ise atışlar, her iki alıcıda birdir.



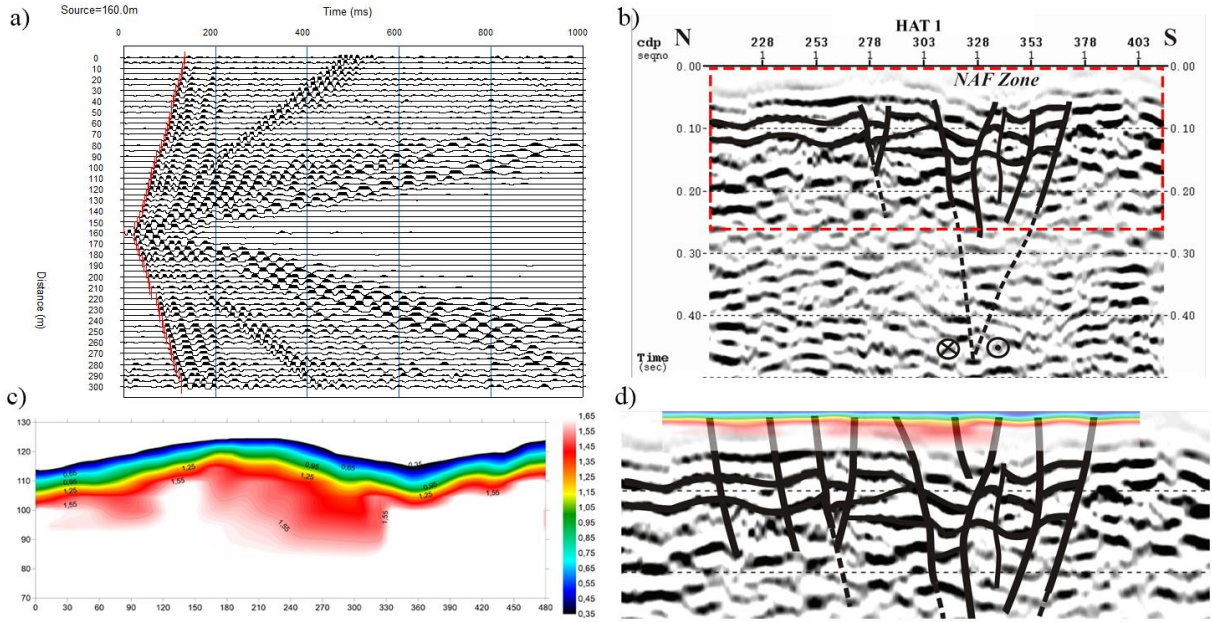
Tablo 1. Sismik veri toplama parametreleri

Parametreler	Hat 1		Hat 2		
	Hat 1-1	Hat 1-2	Hat 2-1	Hat 2-2	Hat 2-3
Hat Uzunluğu	300 m	180 m	130 m	260 m	240 m
Alıcı Aralığı	5 m	5 m	5 m	5 m	5 m
Atış Aralığı	10 m	10 m	5 m	10 m	5 m
Atış Sayısı	31	19	27	27	49
Kanal Sayısı	61	37	27	53	49

Sismik kırılma yöntemi, sismik dalgaların ilk varış zamanlarını ve seyahat eğrilerini kullanarak yer içindeki sismik hız dağılımlarını ve arayüzelere ait derinliklerin belirlenmesini amaçlar. Bu amaçla çalışmada kullanılan ve İTÜ, Jeofizik Mühendisliği Bölümü'nde lisanslı olarak bulunan SeisImager2D™ programında yer alan modüller kullanılmıştır. Öncelikle alıcılara ait ilk varış zamanları işaretlenmiş (Şekil 2a,b) ve seyahat zamanı eğrileri oluşturulmuş verilere iki farklı ters çözüm yöntemi uygulanarak sonuçlar karşılaştırılmıştır. Bunlardan ilki, hızlı ve pratik olmakla beraber yanıl hız değişimlerinde ve atış sayısının fazla olduğu durumlarda başarılı olamayan zaman ortamı ters çözüm yöntemidir. Bunun yerine, yanıl hız değişimlerine, değişen topoğrafyaya ve karmaşık yakın-yüzey yapısal özelliklerine duyarlı sonuçlar üretebilen tomografik ters çözüm yöntemi kullanılmıştır. Yöntem, kaydedilen sismik dalgaların, ilk varış zamanlarından oluşturulan bir başlangıç modelini kullanır. Bu başlangıç modelinde, ışın izleme yaklaşımı ile hesaplanan seyahat zamanları, ölçülen seyahat zamanları ile karşılaştırılarak, zamanlar arasındaki fark minimum olana kadar (hesaplanan RMS hataları %3'ün altındadır) ters çözüm işlemi gerçekleştirilir.

3. SONUÇLAR

Tomografik ters çözüm yaklaşımı ile Hat 1 için hesaplanan P-dalgası hızları, en düşük ~300 m/sn ve en yüksek ~1600 m/sn olarak bulunmuştur. Bu sismik hat civarında, sığ derinlikler, Geç Pliyosen dönemine ait alüvyal birimlerden oluşmaktadır (Gürbüz ve Gürer, 2008). Özellikle, sığ bölgelerdeki konsolide olmayan, ayrılmış hız zonlarına ait ve hava hızından (~340 m/s) daha düşük bu sismik hızların (~300 m/s) gözlenmesi olağandır (Yılmaz, 2015). Hat 1'e ait çok kanallı sismik yansıma verilerinden oluşturulan sismik kesit Şekil 2'de verilmiştir (Okut-Toksoy ve diğ., 2017). Kesitte KAF'nın yüzeyden 0.1 sn ve 0.4 sn çift-yol alış zamanları arasında (ortalama 75 m ile 350 m) çiçek yapısındaki görüntüsü takip edilebilmektedir. Kesitin daha sığ kesimlerinde, düşük çözünürlükten dolayı KAF'nın etkileri tespit edilememiştir. Bu çalışmada oluşturulan sismik kırılma tomografi sonuçları da aynı şekil üzerinde, kesitler birbirini tamamlayacak şekilde verilmiş ve böylelikle sığ kesimler daha detaylı takip edilmiştir. Sığ kesimlerdeki arayüzelerde gözlenen ondülasyonlu yapıların, KAF zonuna ait derindeki faylarla örtüştüğü gözlenmiştir. Bu sayede KAF'nın yakın-yüzey geometrisinin yığılma kesitleri ile yorumlanmasındaki belirsizlik, sismik kırılma tomografisi yöntemi ile giderilmiştir.



Şekil 2. Hat 1'e ait a) örnek atış kaydı ve ilk varışların işaretlenmesi b) yığma kesiti ve yorumu (Okut-Toksoy ve diğ., 2017) c) yükselti değerleri atanmış tomografik hız kesiti d) tomografik hız kesitinin yığma kesiti ile ilişkilendirilmesi ve yeniden yorumlanması (c'de kesikli kırmızı çizgi ile verilen alan)

TEŞEKKÜR

Bu çalışma İTÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından desteklenen İTÜ-BAP39632 No'lu proje ile gerçekleştirilmiştir.

KAYNAKLAR

- Dikbaş, A. Ve Akyüz, S. (2010). KAF Zonu üzerinde İzmit-Sapanca Gölü segmentinin fay morfolojisi ve paleosismolojisi. *İTÜ Dergisi* **9:3**, 141-152.
- Gürbüz, A. ve Gürer, Ö.F. (2008). Tectonic geomorphology of the North Anatolian Fault Zone in the Lake Sapanca Basin (Eastern Marmara Region, Turkey). *Geosciences Journal* **12:3**, 215-225.
- Leroy, S.A.G. ve diğ., (2010). Seismic influence on the last 1500 year infill history of Lake Sapanca (North Anatolian Fault, NW Turkey). *Tectonophysics* **486**, 15-27.
- Okut-Toksoy, N.G., ve diğ. (2017). Preliminary Interpretations of Multi-Channel Seismic Reflection and Magnetic Data on North Anatolian Fault (NAF) in the Eastern Marmara Region, Turkey, European Geosciences Union (EGU) General Assembly 2017, Vienna-Austria, Abstracts EGU2017-12690-1, **19**.
- Yılmaz, Ö. (2015). Engineering Seismology with Applications to Geotechnical Engineering, Society of Exploration Geophysicists



KÜÇÜK DEPREMLERİN MOMENT TENSÖR ÇÖZÜMLERİ VE BÖLGESEL GERİLME ANALİZİ: 2017 AYVACIK DEPREMLERİ

B.D. Tamtaş¹, E. Yalçınkaya², E. Görgün³

¹ Araştırma Görevlisi, Jeofizik Müh. Bölümü, İstanbul Üniversitesi, Avcılar

² Profesör, Jeofizik Müh. Bölümü, İstanbul Üniversitesi, Avcılar

³ Doçent, Jeofizik Müh. Bölümü, İstanbul Üniversitesi, Avcılar

Email: burcin.tamtas@istanbul.edu.tr

ÖZET

14 Ocak 2017- 26 Mart 2017 tarihleri arasında, Ayvacık deprem fırtınası olarak bilinen ve büyüklüğü $1.0 \leq M_w \leq 5.4$ arasında değişen yaklaşık 4600 adet deprem meydana gelmiştir. Neotektonik dönemde başlayan Arap ve Afrika levhalarının kuzeye doğru hareketi ile Anadolu bloğunun batıya doğru ilerlemesi sonucu bölgede açılma rejiminin etkisi ile çeşitli aktif faylar oluşmuştur. Bu çalışmada, bölgenin karmaşık tektonizmasına ışık tutabilmek amacıyla küçük depremlerin moment tensör çözümleri ve bölgesel gerilme analizi yapılmıştır. Büyüklüğü $3.0 \leq M_w \leq 3.5$ arasında değişen 30 adet depremin ISOLA programı ile moment tensör analizi yapılmış ve elde edilen odak mekanizması çözümleri STRESSINVERSE programı ile analiz edilerek bölgenin gerilme dağılımı belirlenmiştir. Gerilme oranı, $R = 0.7$ olarak hesaplanmıştır. Bu değer, bölgede açılma rejiminin hakim olduğunu göstermektedir. Açılma rejimine uygun olarak, P eksenleri kuzeybatı-güneydoğu yönelimli ve T eksenleri de kuzeydoğu-güneybatı yönelimli bulunmuştur.

ANAHTAR KELİMELER: Ayvacık, ISOLA, STRESSINVERSE, Moment Tensör, Küçük Depremler

MOMENT TENSOR SOLUTIONS OF SMALL EARTHQUAKES, AND REGIONAL STRESS ANALYSIS: 2017 AYVACIK EARTHQUAKES

¹ Research Assistant, Department of Geophysical Eng., Istanbul University, Avcılar

² Professor, Department of Geophysical Eng., Istanbul University, Avcılar

³ Assoc Professor, Department of Geophysical Eng., Istanbul University, Avcılar

Email: burcin.tamtas@istanbul.edu.tr

ABSTRACT

Between January 14, 2017 and March 26, 2017, approximately 4600 earthquakes, known as Ayvacık earthquake storm and ranging in magnitude $1.0 \leq M_w \leq 5.4$, have occurred. The northward movement of the Arab and African plates starting in the neotectonic period and the progression of the Anatolian block to the west resulted in various active faults due to the effect of the extensional regime in the end zone. In this study, moment tensor solutions and regional stress analysis of small earthquakes were performed in order to shed light on the complex tectonics of the region. Moment tensor analysis of 30 earthquakes of which magnitudes are ranging in $3.0 \leq M_w \leq 3.5$ was performed by ISOLA and the obtained focal mechanism solutions were analyzed by the STRESSINVERSE program to determine the



stress distribution of the region. The stress ratio was calculated as $R=0.7$. This value indicates that the regime in the region is extensional. P-axes are northwest-southeast oriented and T-axes are northeast-southwest oriented.

KEYWORDS: Ayvacık, ISOLA, STRESSINVERSE, Moment Tensor, Small Earthquakes

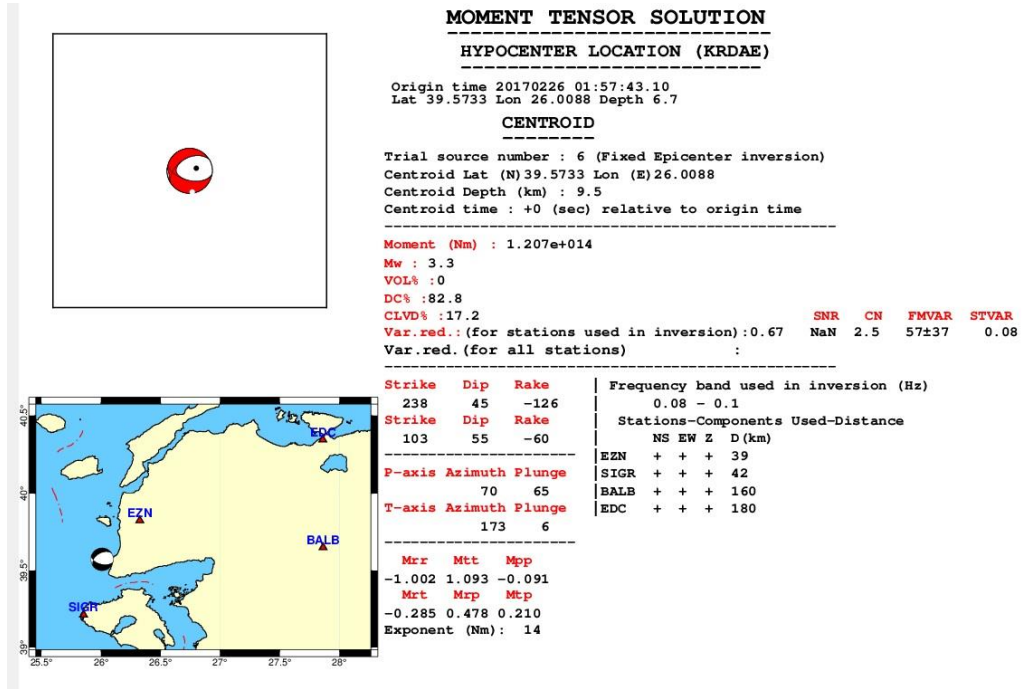
1. GİRİŞ

2017 Ocak ayında başlayan Ayvacık deprem fırtınası (Özden vd.,2018) neticesinde Mart ayı sonlarına kadar yaklaşık 4600 adet deprem meydana gelmiştir. Özellikle 6 Şubat 2017 tarihinde meydana gelen $M_w=5.3$ ve 5.4 büyüklüğündeki depremler ile 7 Şubat 2017 tarihinde meydana gelen $M_w=5.3$ büyüklüğündeki deprem geniş bir alanda hissedilmiş ve kırsal alanlarda hasara neden olmuştur. Büyük depremlerin yanı sıra oldukça fazla sayıda küçük deprem meydana gelmiştir. Bilindiği gibi küçük depremler, lokal sismotektoniği anlamak ve sismik tehlike tahmininde fayların rolünü ortaya koymak açısından oldukça önemlidir. Bu amaçla, bölgede meydana gelen küçük depremlerin sismogram kayıtları incelenmiştir. Veri kalitesi ve sinyal gürültü oranı açısından değerlendirilen kayıtlardan sinyal gürültü oranı yüksek olan 30 adet küçük deprem ($3.0 \leq M_w \leq 3.5$) seçilmiştir. Bu depremlerin moment tensör analizi ile odak mekanizmalarının çözümü yapılmış ve elde edilen odak mekanizması parametreleri ile gerilme ters çözümü yapılarak bölgenin ana gerilme yönleri tahmin edilmeye çalışılmıştır.

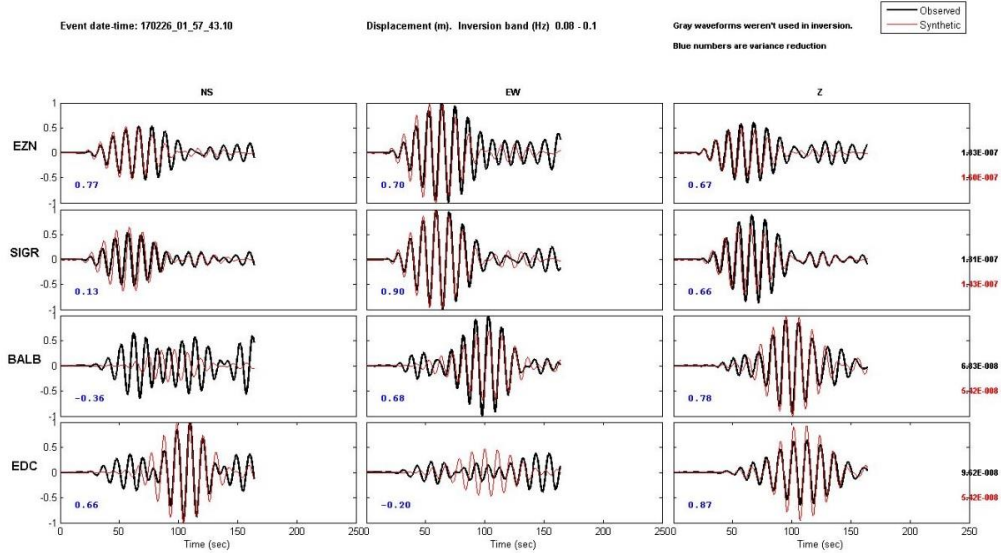
2. YÖNTEM VE BULGULAR

Moment tensör çözümleri; tektonik hareketleri analiz etmek, kabuktaki gerilme dağılımını tahmin etmek ve potansiyel fay sistemlerini belirlemek için bilgi sağlar. Yüzeğe ulaşmayan faylarda birçok orta ve küçük büyüklüklerde depremler meydana gelirken, moment tensör çözümleri bu fayların konfigürasyonlarını incelemek için sismologlara bilgi sağlayabilir. Bu çalışma kapsamında, büyüklüğü $3.0 \leq M_w \leq 3.5$ arasında değişen 30 adet küçük depremin moment tensör analizi Sokos ve Zahradnik (2008) tarafından geliştirilen ISOLA programı kullanılarak yapılmıştır. Örnek olarak, 26.02.2017 tarihinde meydana gelen $M_w=3.3$ büyüklüğündeki depremin moment tensör çözümü Şekil 1’de ve sentetik veri ile gözlemsel veri arasındaki uyum ise Şekil 2’de görülmektedir.

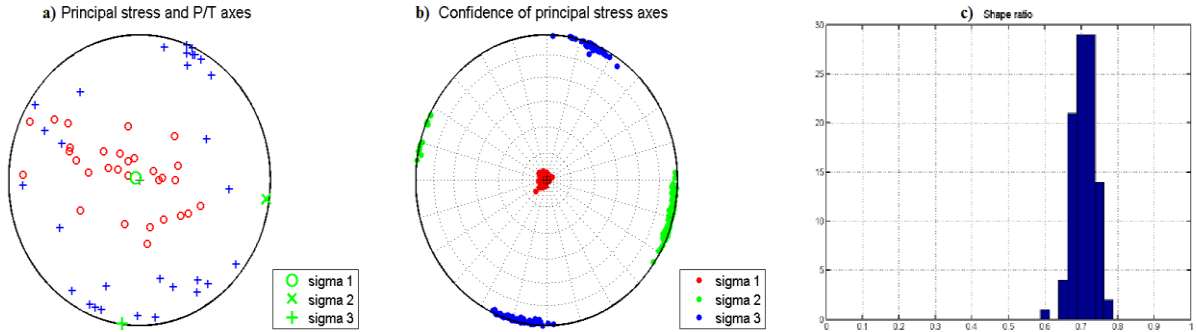
Bir bölgede meydana gelen küçük magnitudlü depremler, o bölgedeki zayıflık zonları olarak bilinen aktif fayların civarında meydana gelmektedir. Dolayısı ile küçük depremlerin tekil çözümlerinin sonucu olarak ortaya çıkan gerilme eksenleri, aslında o bölgedeki sismotektonik yapıyı temsil eden gerçek gerilme eksenleridir. Çalışma kapsamındaki gerilme dağılımı ters çözümleri, Vavrycuk (2014)’un Michael algoritmasını (Michael,1987) geliştirerek yazdığı MATLAB tabanlı ters çözüm algoritması STRESSINVERSE ile yapılmıştır. Vavrycuk (2014) algoritmasında gerilmeler, iterasyonla hesaplanır. Bu çalışmada moment tensör çözümleri yapılan 30 adet depremden elde edilen gerilme dağılımı ters çözümleri şekil 3’te görülmektedir.



Şekil 7. 26.02.2017 tarihli 01:57:43 (UTC) oluş zamanlı Mw=3.3 büyüklüğündeki depremin ISOLA programı (Sokos ve Zahradnik, 2008; 2013) ile yapılan moment tensör analizi sonucu.



Şekil 8. 26.02.2017 tarihli 01:57:43 (UTC) oluş zamanlı Mw=3.3 büyüklüğündeki depremin ISOLA programı (Sokos ve Zahradnik, 2008; 2013) ile yapılan moment tensör analizi sonucunun sentetik ve gözlemsel veri arasındaki uyumu.



Şekil 9. a) Çözümlerden elde edilen ana gerilme yönleri (sigma1, sigma2, sigma3) ve P/T eksenleri (P eksenleri kırmızı daireler ve T eksenleri mavi artı), b) Ana gerilme yönlerinin güven sınırları (kırmızı, yeşil ve mavi sırasıyla sigma1, sigma2, sigma3), c) Gerilme oranı (R) histogramı.

3. SONUÇ

Moment tensör analizi yapılan depremlerin odak mekanizması çözümleri ağırlıklı olarak normal faylanma göstermektedir. Gerilme oranı $R = 0.7$ (Şekil 3c) de bunu doğrular bir sonuçtur. Aynı şekilde normal faylanma ile uyumlu olarak P eksenleri kuzeybatı-güneydoğu yönelimli ve T eksenleri de kuzeydoğu-güneybatı yönelimli bulunmuştur (Şekil 3a). Ana gerilme eksenlerine ait güven bölgesi Şekil 3b'de görülmektedir. Bu bilgiler ışığında bölgede açılma rejiminin hakim olduğu söylenebilir.

KAYNAKLAR

Görgün, E. (2016). Source Mechanisms and Stress Fields of the 15–16 June 2013 Crete Earthquake Sequence Along Hellenic Subduction Zone. *Pure and Applied Geophysics*, 2017, 1181-1199.

Michael, A.J., (1987). Use of focal mechanisms to determine stress: a control study, *J. geophys. Res.*, 92(B1), 357–368.

Özden, S., Över, S., Altuncu Poyraz, S., Güneş, Y. ve Pınar, A. (2018). Tectonic implications of the 2017 Ayvacık (Çanakkale) earthquakes, Biga Peninsula, NW Turkey. *Journal of Asian Earth Science*, 2018, 154, 125-141.

Sokos, E. ve Zahradník, J., (2008). ISOLA a Fortran Code and a Matlab GUI to Perform Multipolepoint Source Inversion of Seismic Data. *Computers & Geosciences*.

Vavryčuk, V., (2014). Seismology iterative joint inversion for stress and fault orientations from focal mechanisms. *GJI Geophys. J. Int.* 199, 69-77 (Praha, Czech Republic).



KELKİT VADİSİ AFET BİLGİ SİSTEMİ (KABİS) KAPSAMINDA GERÇEKLEŞTİRİLEN CBS TABANLI ÇALIŞMALAR

T. Türk^{1*} O. Tatar²

¹ Doç. Dr., Harita Mühendisliği Bölümü, Cumhuriyet Üniversitesi, Sivas
Email: tarikturk@gmail.com

² Prof. Dr., Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Cumhuriyet Üniversitesi, Sivas

ÖZET

İnsanlar çok eski çağlardan beri afetlerle karşı karşıya kalmış ve afetlerin meydana getirdiği sorunlarla uğraşmıştır. Yerleşim alanları büyüdükçe ve yoğunlaştıkça, afetlerin kentsel yerleşim alanlarına da etkisi buna paralel olarak artmıştır. Ülkemiz bulunduğu jeolojik, topografik ve iklim koşulları nedeniyle doğal afetlerle sürekli olarak karşı karşıya kalmaktadır. Başta deprem olmak üzere heyelan, sel gibi doğal afetlerden dolayı can kaybının yanında ekonomik kayıplar da meydana gelmektedir. Ülkemizde en fazla meydana gelen ve en fazla can ve mal kaybına sebep olan doğal afet türleri deprem ve heyelanlardır.

Doğal afetler belirli bir coğrafi konum üzerinde meydana geldiğinden bu süreçte CBS'den etkin olarak faydalanmak, doğal afetlerden kaynaklanan zararları azaltmayı veya ortadan kaldırmayı oldukça kolaylaştırmaktadır. Bu çalışmada, DPT 2006K 120220 numaralı proje kapsamında gerçekleştirilen çalışmalar sonucunda ortaya konulan Kelkit Vadisi Afet Bilgi Sistemi (KABİS) oluşum sürecinde CBS tabanlı çalışmalardan ve bu süreçte izlenen yöntemlerden bahsedilmektedir. Aynı zamanda, ortaya konan sistem sonucunda ne gibi faydaların elde edileceği vurgulanmaktadır.

ANAHTAR KELİMELER: CBS, Doğal Afet Yönetimi, KABİS

THE GIS-BASED STUDIES PERFORMED WITHIN THE SCOPE OF KELKİT VALLEY DISASTER INFORMATION SYSTEM

¹ Assoc. Prof. Dr., Department of Geomatics Engineering, Cumhuriyet University, Sivas
Email: tarikturk@gmail.com

² Prof. Dr., Department of Geology Engineering, Cumhuriyet University, Sivas

ABSTRACT

People have been facing natural disasters such as earthquakes, landslides and floods since ancient times. They also attempted to handle the problems caused by these disasters. As a result of population growth and expansion of habitation, the damaging effects of natural disasters have increased accordingly. Turkey has constantly been facing natural disasters due to its geological, topographical and meteorological conditions. There are a lot of deaths and financial loss after the earthquakes, landslides and floods. Earthquakes and landslides are the kinds of the most common natural disasters in our country resulting in a large number of deaths and serious financial loss.



The efficient use of GIS has been facilitating to reduce or remove damages resulted from natural hazards due to the fact that natural hazards happen at any location. In this study, a GIS-based system (KABİS) was created. It contains the performed studies within the scope of DPT 2006K 120220 numbered Project. At the same time, it emphasizes that what kind of advantages does the created system provide.

KEYWORDS: GIS, Natural Disaster Management, KABİS

1. GİRİŞ

Afet yönetimi, ayrıntılı ve sürekli bir süreçtir ve risk azaltma, afete karşı hazırlık, kurtarma ve ilk yardım, iyileştirme ve yeniden inşa gibi aşamalardan oluşmaktadır. Bu süreç çok karmaşık bir yapıya sahip olduğundan, bu durumun en iyi şekilde yönetilmesi klasik yöntemlerle zordur. Afet yönetim sürecinin en iyi şekilde yönetilmesinde bilgi teknolojilerinin kullanımı önem taşımaktadır. Özellikle, afet öncesi planlama ve analiz, afet anında bilgi akışı ve karar verme ve afet sonrası olaya müdahale ve iyileştirmede karar destek sistemi olarak CBS'nin kullanılması pek çok fayda sağlayacaktır (Şengezer ve Kansu, 2001; Türk, 2009).

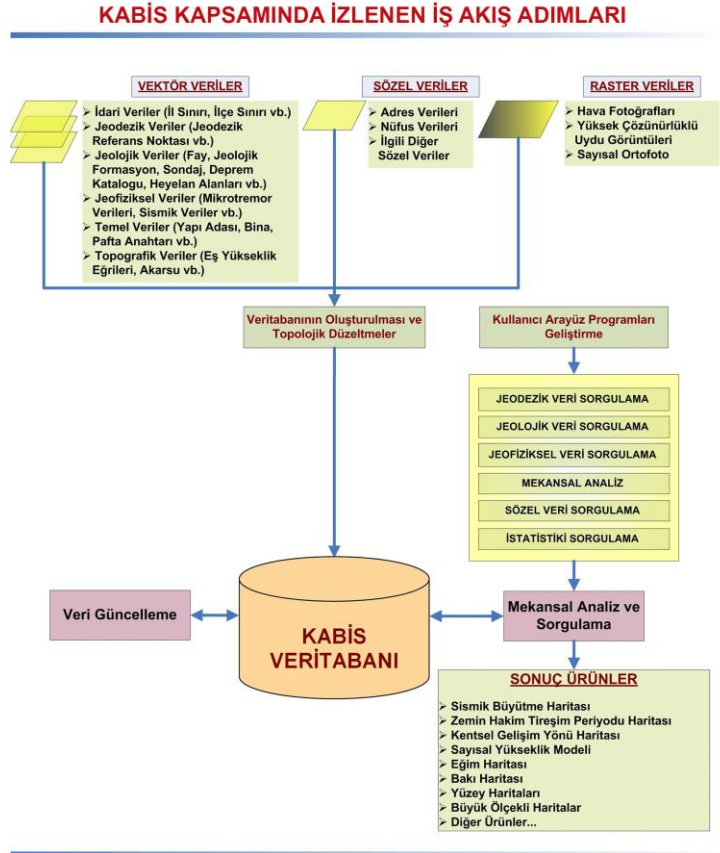
Doğal afetlere yönelik oluşturulan CBS, Afet Bilgi Sistemi (ABS) olarak adlandırılabilir. ABS'nin oluşturulması ve doğal afetlere karşı gerekli önlemlerin etkin bir şekilde alınabilmesi; Jeodezi ve Fotogrametri, Jeoloji, JEOFİZİK, İnşaat, Çevre Mühendisliği, Şehir ve Bölge Planlama gibi farklı disiplinlerin birlikte çalışmalarını gerektirir. Doğal afet öncesi zararların azaltılması için, coğrafi veri kaynaklarından elde edilen coğrafi veriler ile jeofiziksel, geoteknik ve jeolojik verilerin bir CBS çatısı altında bütünleştirilmesi gerekir. Bunun sonucunda oluşturulan sürdürülebilir ABS altyapısı, ülkemizdeki doğal afetlerle mücadelede var olan eksikliklerin giderilmesinde önemli çözüm yöntemlerinden biri olabilir. Bu durumlar dikkate alınarak DPT 2006K 120220 numaralı proje kapsamında gerçekleştirilen çalışmalar sonucunda ortaya konulan Kelkit Vadisi Afet Bilgi Sistemi (KABİS), sismik mikrobölgeleme çalışmalarına ve doğal afet yönetimine altlık oluşturarak ülkemizdeki doğal afetlerden kaynaklanan zararları azaltabilecek veya ortadan kaldıracak niteliğe sahip bir sistem olarak önerilmektedir. Bu çalışmada, KABİS oluşturulabilmesi için gerçekleştirilen CBS tabanlı çalışmalardan ve bu süreçte izlenen yöntemlerden bahsedilmektedir.

2. YÖNTEM

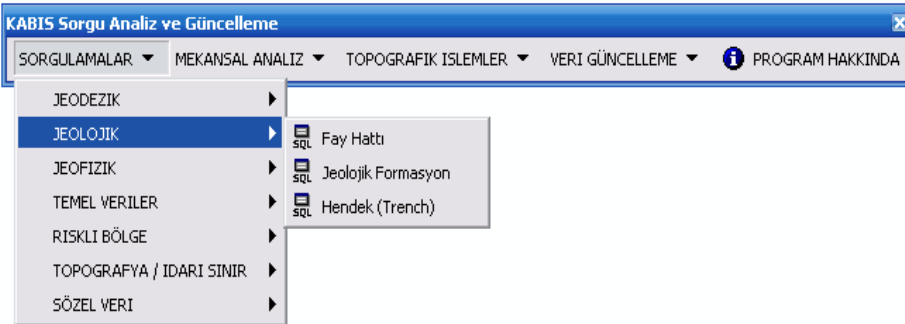
Bu çalışma, DPT 2006K 120220 No'lu proje kapsamında Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun (KAFZ) Erbaa ile Erzincan arasında kalan kesiminde gerçekleştirilmiştir. Türkiye'de yaşanan büyük depremlerin çoğunluğu KAFZ üzerinde meydana gelmektedir. KAFZ, ortalama 1500 km uzunluğunda olup sağ yönlü yatay hareket gösteren doğrultu atımlı ve diri fay topluluğunu barındıran bir kuşaktır. Erbaa, Nırsar ve Reşadiye gibi yerleşim alanları KAFZ üzerinde bulunmaktadır (Eyidoğan vd., 1991).

Aynı coğrafi bölgede bulunan coğrafi veriler arasındaki ilişkilerin kurulabilmesi için farklı özneliklere sahip olan coğrafi verilerin bir bütün olarak dikkate alınması gerekebilir. Örneğin, bir bölgenin jeolojik yapısıyla o bölgenin imar durumu arasında bir ilişki aranıyorsa, bu iki verilere ait coğrafi ve öznelik bilgilerinin birleştirilmesi gerekir. Ancak bu durumda, hangi jeolojik formasyon üzerinde ne tür bir imar şeklinin bulunduğu belirlenebilir. Benzer bir şekilde, olası bir depremde fay hattına yakın olan binalar, diğer binalara göre daha fazla zarar görebilir. Bu durumda fay hattına yakın olan binalar, coğrafi analiz işlemi ile tespit edilebilir (Türk, 2009).

Bu çalışma kapsamında izlenen işlem adımları Şekil 1’de sunulmaktadır. Oluşturulan sistemde ArcGIS CBS yazılımı kullanılmıştır. Ayrıca, oluşturulan sistemin herkes tarafından kolaylıkla kullanılabilmesi için doğal afet öncesi ve sonrası süreçte karşılaşılabilecek muhtemel problemlerin azaltılması veya ortadan kaldırılmasına yönelik çeşitli senaryolar doğrultusunda farklı coğrafi analiz ve sorgulama işlemlerini otomatik olarak gerçekleştiren kullanıcı arayüz programları geliştirilmiştir (Şekil 2).



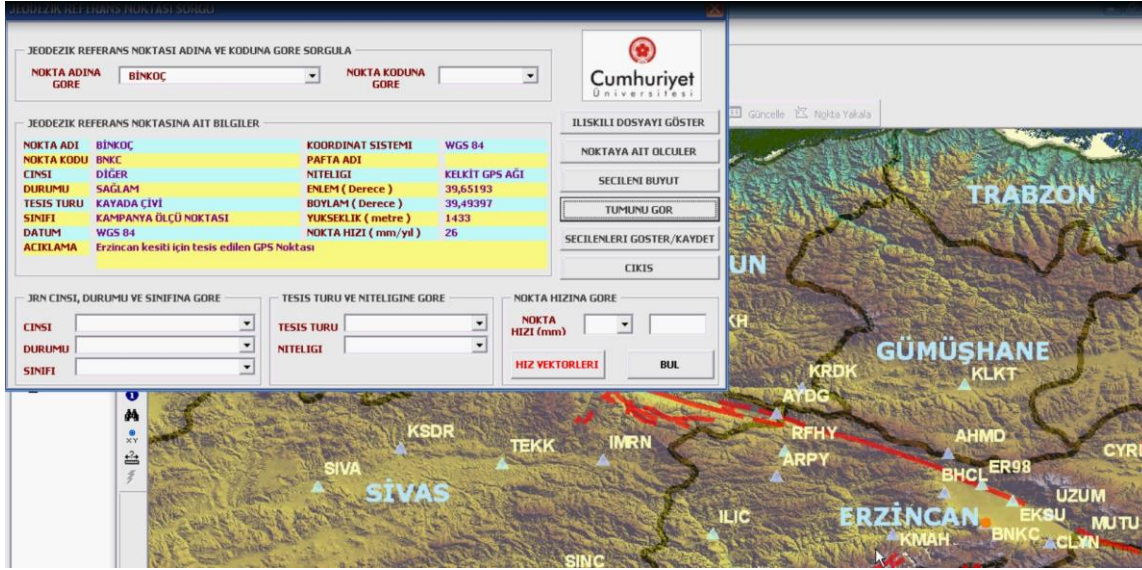
Şekil 1. KABİS kapsamında izlenen iş akış adımları (Türk, 2009’ dan uyarlanmıştır)



Şekil 2. KABİS kapsamında geliştirilen kullanıcı arayüz programları (Tatar vd., 2009; Türk, 2009)

3. KELKİT VADİSİ AFET BİLGİ SİSTEMİ'NİN (KABİS) OLUŞTURULMASI

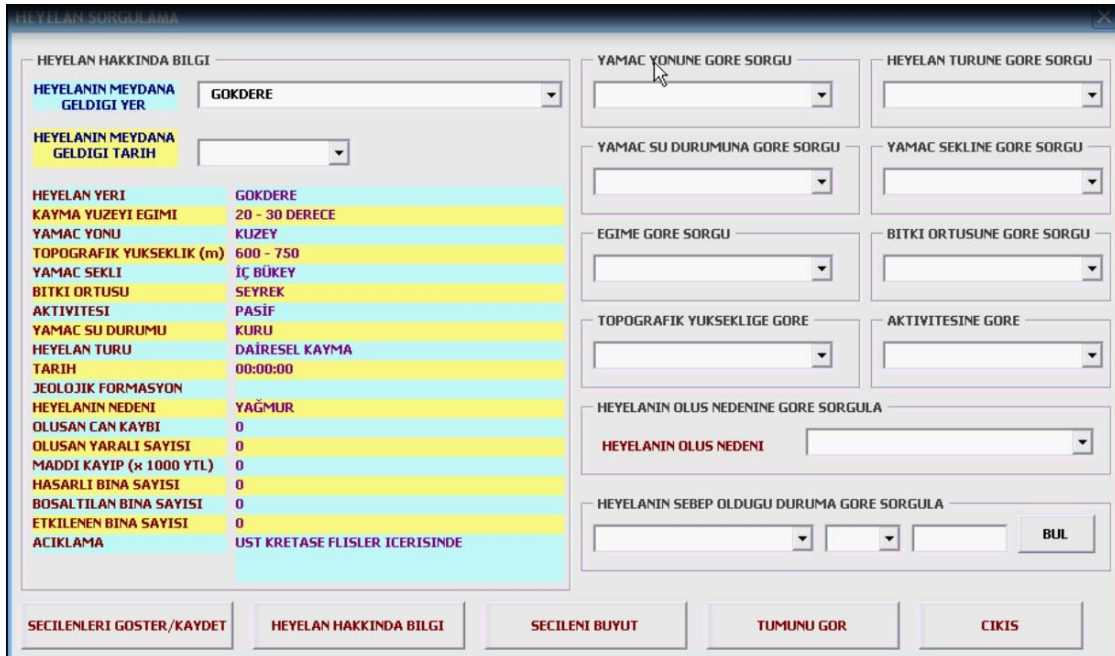
Bu çalışma kapsamında oluşturulan sistem ile çalışma alanı içerisindeki yerleşim alanlarında doğal afet bakımından riskli olan yerler ile ilgili sorgulama, analiz ve belgelendirme işlemleri gerçekleştirilebilmektedir (Şekil 3, Şekil 4).



JEODEZİK REFERANS NOKTASINA AIT BİLGİLER

NOKTA ADI	BİNKÖÇ	KOORDİNAT SİSTEMİ	WGS 84
NOKTA KODU	BNKC	PAFTA ADI	
CİNSİ	DİĞER	NİTELİĞİ	KELKİT GPS AĞI
DURUMU	SAGLAM	ENLEM (Derece)	39,65193
TESİS TURU	KAYADA CİVİ	BOYLAM (Derece)	39,49397
SİNİFİ	KAMPANYA ÖLÇÜ NOKTASI	YUKSEKLİK (metre)	1433
DATUM	WGS 84	NOKTA HIZI (mm/yl)	26
ACIKLAMA	Erzincan kesiti için tesis edilen GPS Noktası		

Şekil 3. Jeodezik referans noktalarına ait sorgulama örneği



HEYELAN HAKKINDA BİLGİ

HEYELANIN MEYDANA GELDİĞİ YER: GOKDERE

HEYELANIN MEYDANA GELDİĞİ TARİH:

HEYELAN YERİ	GOKDERE
KAYMA YÜZEYİ EGİMİ	20 - 30 DERECE
YAMAC YÖNÜ	KUZEY
TOPOGRAFIK YUKSEKLİK (m)	600 - 750
YAMAC SEKİLİ	İÇ BÜKEY
BITKİ ORTUSU	SEYREK
AKTİVİTESİ	PASİF
YAMAC SU DURUMU	KURU
HEYELAN TURU	DAİRESEL KAYMA
TARİH	00:00:00
JEOLJİK FORMASYON	
HEYELANIN NEDENİ	YAĞMUR
OLUSAN CAN KAYBI	0
OLUSAN YARALI SAYISI	0
MADDİ KAYIP (x 1000 YTL)	0
HASARLI BİNA SAYISI	0
BOSALTILAN BİNA SAYISI	0
ETKİLENEN BİNA SAYISI	0
ACIKLAMA	UST KRETASE FLİSLER İÇERİSİNDE

Şekil 4. KAFZ üzerinde meydana gelen heyelanlara ait sorgulama ve analiz örneği



4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Doğal afet sürecinde doğal afetlerden kaynaklanan zararları azaltmak veya ortadan kaldırmak için bazı temel çalışmalar gerçekleştirilmektedir. Bunlar afet öncesi planlama ve hazırlıklı olma, afet anında ve sonrasında durum tespit etme, acil müdahale ve iyileştirme çalışmalarıdır. Bu faaliyetlerin tümünde doğru, güncel, standart ve kullanılabilir bilgiye gereksinim duyulur. Bu verilerin doğru ve hızlı bir şekilde elde edilmesi yapılan planlamaların başarısını doğrudan etkilemektedir.

Ülkemizde yerleşim alanlarındaki doğal afetlerden kaynaklanan zararların azaltılması veya ortadan kaldırılmasından hukuki olarak yerel yönetimler sorumludur. Yerel yönetimler doğal afet öncesinde gerekli önlemleri almak zorundadır. Bu çalışma ile ortaya konulan KABİS, sadece doğal afet bakımından güvenli yerleşim alanlarının belirlenmesine yardımcı olmamakta aynı zamanda arazi kullanımı yönetimi çalışmalarına katkı sağlayarak çarpık kentleşmeyi önlemekte ve kentsel gelişimin planlı bir şekilde denetlenmesini de sağlayabilmektedir.

Bu proje kapsamında gerçekleştirilen çalışmalar ilgili yerel yönetimlerle paylaşılmıştır. Ayrıca, proje kapsamında Erbaa ilçesinde gerçekleştirilen çalışmalar Çevre ve Şehircilik Bakanlığı ile paylaşılarak bu alanda yapılacak jeoloji, jeofizik ve imar planı çalışmalarına büyük katkı sağlanmıştır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Kalkınma Bakanlığı tarafından DPT 2006K 120220 numaralı proje kapsamında desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

DPT 2001. Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı, Harita, Tapu Kadastro, Coğrafi Bilgi ve Uzaktan Algılama Sistemleri Özel İhtisas Komisyonu Raporu, DPT, Ankara.

Eyidoğan, H., Utku, Z., Güçlü, U., Degirmenci, E., (1991), Türkiye Büyük Depremleri Makro-Sismik Rehberi (1900-1988), İTÜ Maden Fakültesi, İstanbul.

Kadıoğlu, M. ve Özdamar, E. 2005. Afet Yönetiminin Temel İlkeleri, T. C. İçişleri Bakanlığı Japonya Uluslararası İşbirliği Ajansı (JICA), Ankara.

Şengezer, B., Kansu, H., 2001, Kapsamlı Afet Yönetimi, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.

Tatar, O., Gürsoy, H., Altunel, E., Akyüz, S., Topal, T., Şahin, M., Kavak, K., Sezen, F., Koçbulut, F., Mesci, L., Dikmen, Ü., Türk, T., Poyraz, F., Hastaoğlu, K., Ayazlı, E., Gürsoy, Ö., Polat, A., Akpınar, Z., Akın, M., Demir, G., Çakır, Z., Zabcı, C., Karabacak, V., Yavaşoğlu, H., Büyüksaraç, A., Yalçınar, Ç., Erden, T., Karaman, H., 2009. Aktif Fay Zonları ve Doğal Afetler: Kuzey Anadolu Fay Zonu Üzerinde Kelkit Vadisi Boyunca Yer Alan Yerleşim Alanlarının Doğal Afet Risk Analizi ve Afet Bilgi Sisteminin Oluşturulması. DPT 2006K 120220 No lu Proje Raporu.

Türk, T. 2009. Sürdürülebilir Afet Bilgi Sistemi Altyapısının Oluşturulması ve Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ) Üzerinde Uygulanması, Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.



ARDABİL İRAN DEPREMİ ÖNCESİ İYONOSFER VERİLERİNDEKİ DEĞİŞİMLER

Parisa Zaboletani ¹, Nurdan Sayın ²

¹ Bakü Devlet Üniversitesi, Jeofizik Bölümü, Azerbaycan,

² İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Jeofizik Bölümü, 34320 Avcılar İstanbul

Email: ¹parizad829@yahoo.com, ²nursayin@istanbul.edu.tr

ÖZET

Bu çalışmada, iyonosfer tabakasının kritik frekans sapması değişimleri Tahran`da kaydedilen veriler ile saptanmış ve İran Ardebil'deki deprem ile ilişkisi araştırılmıştır.

Kritik frekans değişiklikleri 2006-2007 yıllarında Tahran'ın Jeofizik Enstitüsü'ne ait UNESAF Vakfı'ndaki istasyon kayıtlardan incelenerek, 5.4 büyüklüğündeki deprem verileri ile ilişkisi incelenmiştir. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar, deprem öncesinde iyonosfer tabakanın kritik frekans sapmasının önemli değişimler gösterdiğini ve bu değişimlerin depremler için bir öncü olarak yorumlanabileceğini ortaya koymuştur.

Jeomanyetik bir fırtına olmaması şartıyla bu değişiklikler depremden yaklaşık 3 gün önce meydana gelmektedir.

ANAHTAR KELİMELER: Deprem, İyonosfer, F_2 Frekansı ($f_o F_2$), öncü

VARIATION ON IONOSPHERE DATA AS PRECURSOR OF ARDEBİL IRAN EARTHQUAKE

ABSTRACT

Variations of critical frequency deviation of ionosphere F_2 layers and its relation to changes earthquake occurrence in Ardebil Iran is considered in this study. Critical frequency data of ($f_o F_2$) measured in ionosphere laboratory situated in geophysics institute of Tehran university are considered for $M \geq 5$ earthquakes, during 2006 and 2007 the variations in the critical frequency deviation of F_2 layers demonstrate an earthquake precursor in Iran. These variations are indicated 3 days before the earthquake occurrence, if there will be no geo-magnetic storm in this area.

KEYWORDS: Earthquake, Ionosphere, F_2 Frequency ($f_o F_2$), Precursor

1. GİRİŞ

Son yıllarda, birçok araştırmacı, iyonosferik verileri, depremlerin ön göstergesi olarak rapor etmiştir. Örneğin, Birbal Singh ve diğerleri (2004) depremden dört gün önce kritik frekansta bir azalma olduğunu saptamışlardır. Polynes ve arkadaşları (2003), iyonosferik verilerin, büyüklüğü 5 ve üzerinde olan depremlerin bir habercisi olarak kullanılabilmesi sonucuna varmışlardır. İyonosferik taban ile deprem odak noktası arasındaki mesafe 2000 km'den az olmalı ve incelenen günlerde manyetik fırtına olmamalıdır. İyonosferik tabaka pozitif iyonlarla doludur, büyük depremlerden önce iyonosferik

tabakanın kritik frekansında değişikliklere sebep olan iyonosferdeki yükleri etkileyen güçlü bir elektrik alan oluşur. Polineler (2006), depremlerin ön göstergesi olarak iyonosfer kullanımı için çeşitli yöntemler geliştirmiştir. Bu çalışmada, İran'da 5 büyüklüğündeki depremler ile Qaem-iyonosfer ölçüm verileri arasında ilişkiyi ortaya koymak amacıyla yapılmıştır.

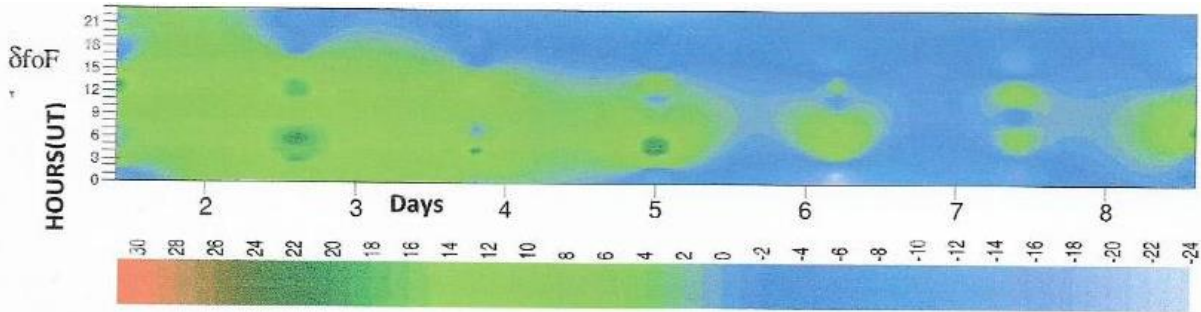
2. POLYNES METODU İLE İYONOSFERİK İYONLAŞTIRICI FREKANS VERİLERİNİN KULLANILMASI

Polynes ve arkadaşları (2003), iyonosferik F_2 tabakasının kritik frekansının değişimini incelemek için bir ilişki (1) sunmuşlardır. Bu ilişki, deprem öncesi son birkaç gün veya saat için bir deprem ön göstergesi olarak iyonosferik verileri analiz etmek için kullanılabilir. Bu konuda, $f_o F_2(\text{obs})$ iyonosferik F_2 tabakanın kritik frekansı (MHz) gözlemevi kayıtlarından elde edilerek, $f_o F_2(\text{med})$ iyonosferik F_2 tabakanın kritik frekansının aylık ortalaması, (1) formülünde yerine koyularak, her saat için, δ $f_o F_2$ iyonosferik F_2 tabakanın kritik frekans sapması (MHz olarak) elde edilebilir. Bu sapma, depremden birkaç gün önce ve birkaç gün sonra hesaplanır. Sonuçlar jeomanyetik alanın sakin ve fırtınalı günleriyle karşılaştırmak için de kullanılabilir.

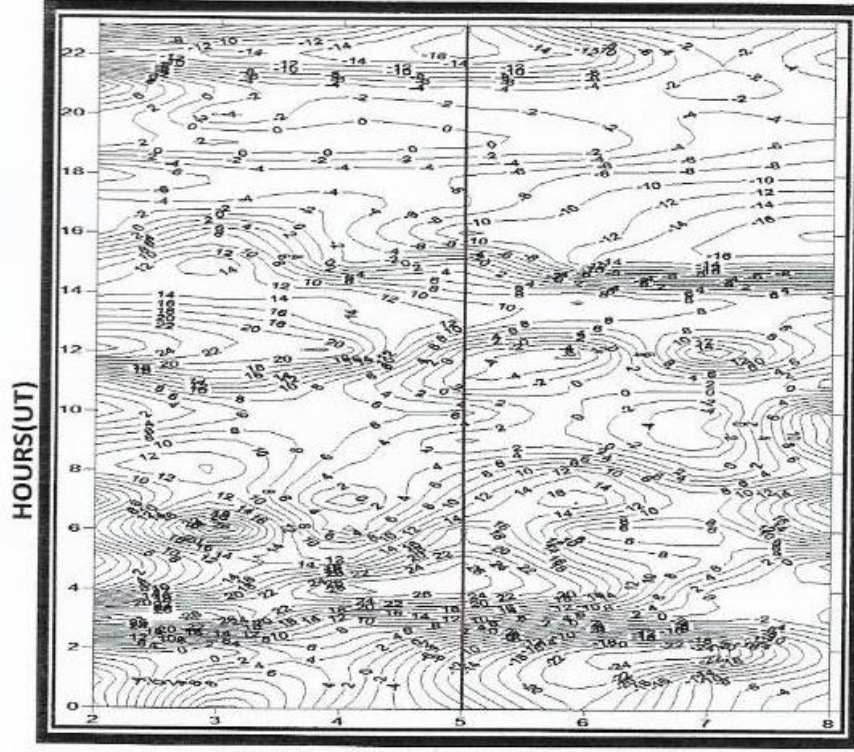
$$\delta f_o F_2 = (f_o F_2(\text{obs}) - f_o F_2(\text{med})) \times 100 / f_o F_2(\text{med}) \quad (1)$$

3. İRAN ARDEBİL ŞEHRİNDE 5 KASIM 2006 (5.4) DEPREMİNİN ARAŞTIRILMASI

Ardebil depremi, 5 Kasım 2006 da saat 20:06:41 GMT de 5.4 Richter büyüklüğünde olmuş ve Tahran Jeofizik Enstitüsü'nde kaydedilen verilerden iyonosferik F_2 tabakasının kritik frekansı depremden 3 gün önce ve sonra hesaplanmıştır. Elde edilen kritik frekans değerlerinde pozitif ve negatif fazlar dikkati çekmektedir. Şekil 1'de depremden 3 gün önce pozitif fazı negatif faza üstün gelir. İki gün pozitif ve negatif fazların karışımı ve 5. günden sonra negatif fazın pozitif faza üstünlüğü görülebilir. İyonosferin F_2 tabakasının kritik frekansı megahertz (MHz) de görüntülenmiştir. Deprem olan yerden iyonosfere olan mesafe 600 km olarak belirlendi. Şekil 2'de Ardebil depreminden önce iyonosferik F_2 tabakanın kritik frekanslarının değişimi görülebilir. Sinci günden itibaren kritik frekans negatif değerlere düşmektedir.



Şekil 1. Ardebil depreminden önce İyonosferik F_2 tabakanın kritik frekanslarının değişimi, 5 günden sonra frekans değerleri negatife düşmektedir.



Şekil 2. depremden 3 gün önce pozitif faza negatif faza üstün gelir. İki gün pozitif ve negatif fazların karışımı ve bir gün sonra negatif fazın pozitif faza üstünlüğü görülebilir.

SONUÇ

Bu çalışmada, depremlerin iyonosferin kritik frekansı üzerine etkisi İran Ardebil depremi örneğinde analiz edilmiştir. Ardebil depremi ve iyonosferdeki değişimler göz önüne alındığında depremden 3 gün önce iyonosferdeki magnetik alan değişimlerinden saptanabileceği bu çalışmayla ortaya koyulmuştur. Depremden önceki günlerde iyonosferdeki değişimler depremleri önceden belirleme amacıyla kullanılabilir.

TEŞEKKÜR

Çalışmada kullanılan verilerin sağlanması konusunda desteği için Tahran Jeofizik Enstitüsü çalışanlarına teşekkür ederiz.



KAYNAKLAR

Pulinets, S.A. and Legenka, A. D. (2003). Spatial- temporal characteristics of large scale disturbances of electro density observed in the ionospheric F-region before strong earthquakes. *Cosmic research* 41-3, pp. 221-229.

Pulinets, S.A., Legenka, A. D., Gaivoronskaya, T.V. and depuev, V.K., (2003). Main phenomenological, features of ionospheric precursors of strong earthquakes, *Journal of Atmospheric and Solar- Terrestrial Physics* 65 pp. 1337-1347.

Pulinets, S.A.,(2006), space technologies for short-term earthquake warning. *Advances In Space Research*, 37643-652.

Singh, B., Kushwah, V., Singh, O.P. Lakshmi, D.R. and Reddy, B.M., (2004). Ionospheric perturbations caused by some major earthquakes in India. *Physics And Chemistry Of The Earth* 29 537-550.



TUJJBK TÜRKİYE ULUSAL
JEODEZİ VE JEOFİZİK BİRLİĞİ
BİLİMSEL KONGRESİ
30 Mayıs - 2 Haziran 2018, İzmir



TUSAK

TÜRKİYE ULUSAL JEOMAGNETİZM VE AERONOMİ KOMİSYONU
NATIONAL COMMISSION OF SEISMOLOGY AND INTERIOR OF THE EARTH PHYSICS

POSTER



SİSMİK GÜRÜLTÜ VERİLERİNDEN İZMİR KABUK HIZ YAPISI: İLK SONUÇLAR

E.Mulumulu¹ ve O.Polat^{2,*}

¹*Y.Lis.Öğr., Jeofizik Müh. Bölümü, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir*

²*Doç.Dr, Jeofizik Müh. Bölümü, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir*

**Sorumlu yazar, orhan.polat@deu.edu.tr*

ÖZET

Bu çalışmada doğal gürültü verileri kullanılarak istasyon çiftleri arasında elde edilen Green fonksiyonları yardımıyla İzmir ve çevresinin kabuk hız yapısının ortaya konması hedeflenmiştir. Çalışmada İzmirNET ivme-ölçer ağına ait 18 istasyondan elde edilen 1 yıl uzunluğunda doğal gürültü verisi, 153 istasyon çifti ve ışın yolu kullanılmıştır. Bu amaçla yeterli sinyal/gürültü oranına sahip verilerden yola çıkılarak çoklu süzgeç tekniği (MFT) yardımıyla dispersiyon eğrilerinden Rayleigh dalgası grup hızları ölçülmüştür. Sonuçlar daha sonra yüzey dalgası tomografi yazılımı ile haritalanacak ve ters çözüm ile grup hızından kayma dalgası (Vs) hızları çalışmanın sonraki aşamalarında elde edilecektir.

ANAHTAR KELİMELER: İzmir, Doğal gürültü tomografisi, Kabuk hız yapısı

SEISMIC NOISE TOMOGRAPHY OF İZMİR AND SURROUNDINGS

¹*Master Of Science Student, Geophysical Eng. Department, Dokuz Eylul University, İzmir*

²*Associate Professor, Geophysical Eng. Department, Dokuz Eylul University, İzmir*

Email: emre.mulumulu@ogr.deu.edu.tr

ABSTRACT

This study aims to reveal crustal velocity structure of İzmir and surroundings using ambient noise data and station pairs with cross correlation analysis and Green functions. One-year ambient noise data, ray-paths and 153 station pairs have been used from 18 stations which belong to the İzmirNET accelerometric network. For this purpose, Rayleigh wave group velocities which present good S/N ratio have been obtained from dispersion curves by using multiple filter technique (MFT). Results will be mapped by performing surface wave tomography algorithm and shear wave velocities will be enlightened in the next stages of the study.

KEYWORDS: İzmir, Ambient noise tomography, Crustal velocity structure

1. GİRİŞ

Bu çalışmanın temel amacı; yer büyütme ve deprem tehlikesi çalışmaları için büyük önemi olan kabuk hız yapısını İzmir ve çevresi için elde etmektir. Bu amaca ulaşmak için İzmirNET istasyon ağı içinde bulunan 18 ivme ölçer kayıtçıya ait 1 yıllık doğal gürültü verisi kullanılmıştır. Çalışma kapsamında elde edilen bulgular ilksel sonuçları içermektedir. İstasyon ağı tarafından kaydedilmiş sürekli veri (Rayleigh

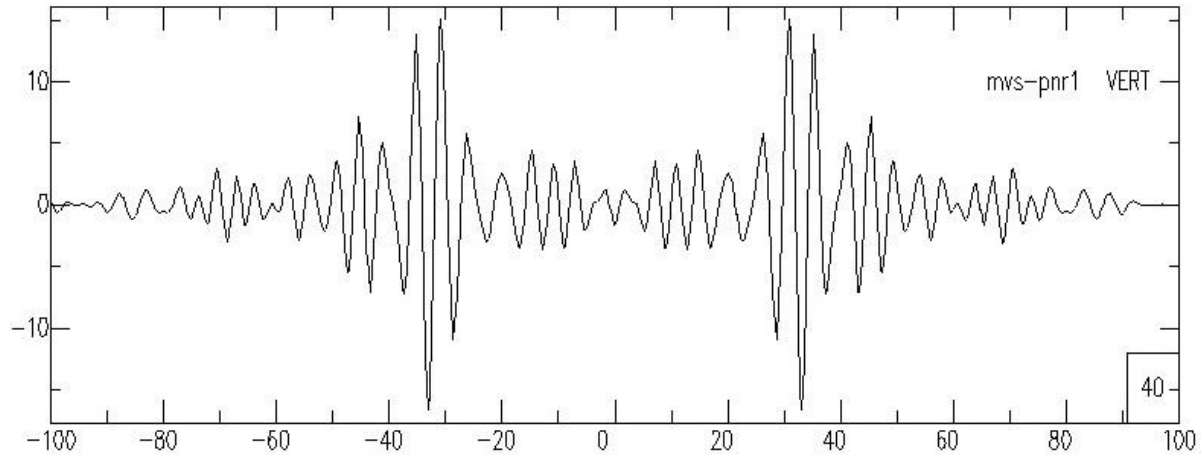
yüzeysel dalgası içeren düşey bileşen) analiz edilmiş ve çapraz ilişkiler elde edilmiştir. İstasyon çiftlerine ait Green fonksiyonlarından mft yöntemi ile grup hızları ölçülmüştür. Çalışmanın ilerleyen aşamalarında yüzeysel dalgası grup hızlarından hareketle Vs hız yapısı modellenerek farklı periyotlarda kabuk sismik hız yapısını temsil eden tomografik yeryüzü görüntüleri elde edilecektir.

2. VERİ VE YÖNTEM

Sürekli kayıt yapan sismik gözlem istasyonları tarafından kaydedilen ve Rayleigh yüzey dalgasını içeren düşey bileşen (VERT) kayıtları kullanılmıştır. Veriden ortalama ve trend etkisi giderilmiş, törpüleme yapılmış ve deprem etkilerini azaltmak için zaman ortama normalizasyon işlemi uygulanmıştır. 1 saat uzunluğunda kaydedilen verilerin mevcut istasyonlar ile çapraz ilişkisi elde edilmiş ve veri uzunluğuna bağlı olarak (ortalama 1 yıl) tüm çiftlere ait stack işlemi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen Green fonksiyonları doğal gürültü kaynaklarını homojenize etmek ve sinyal/gürültü oranını arttırmak için katlanarak simetrik hale getirilmiştir. Dispersiyon ölçümlerinde simetrik bileşenler kullanılmıştır.

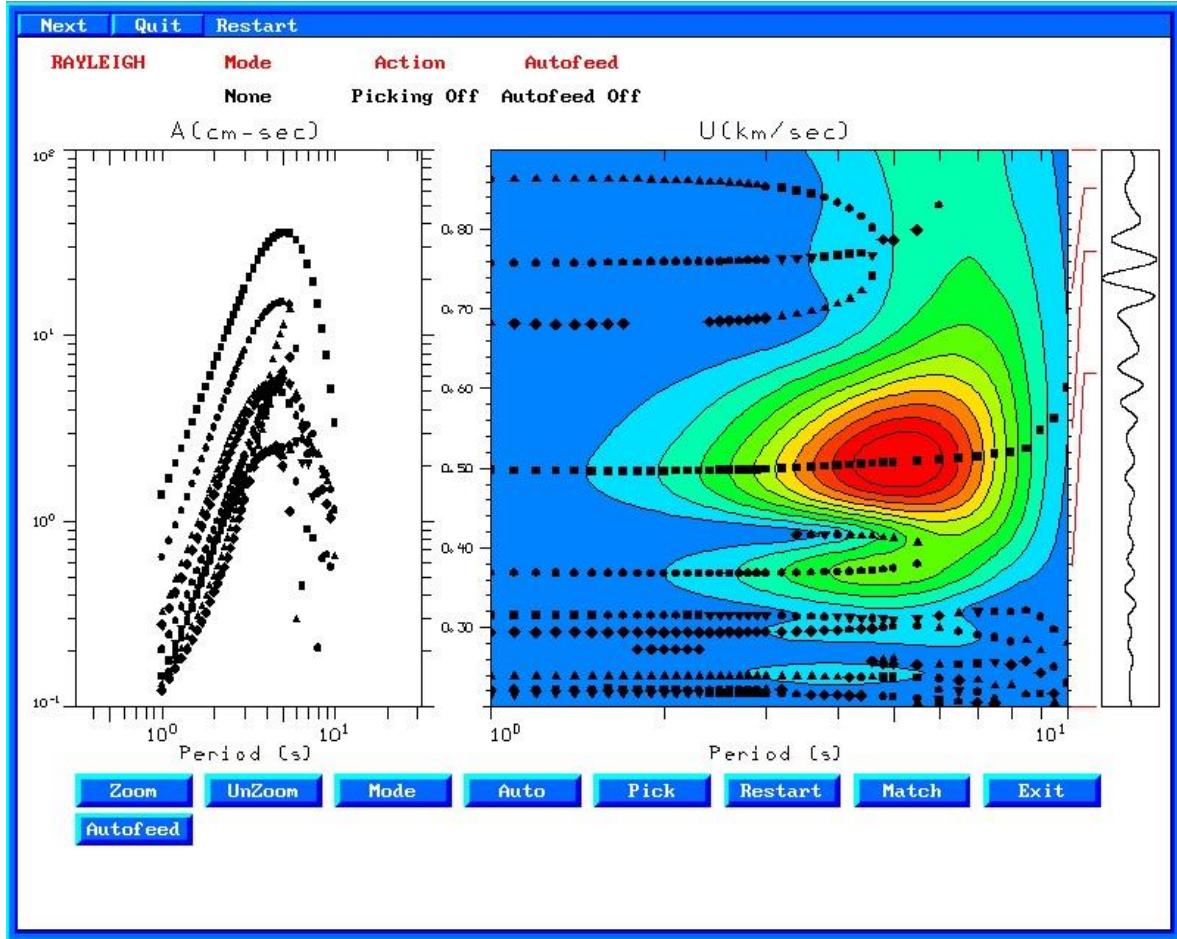
3.SONUÇLAR

Şekil 1'de MVS-PNR istasyon çiftine ait 0.17-0.33 Hz arasında süzölmüş çapraz ilişki sonucu görülmektedir.



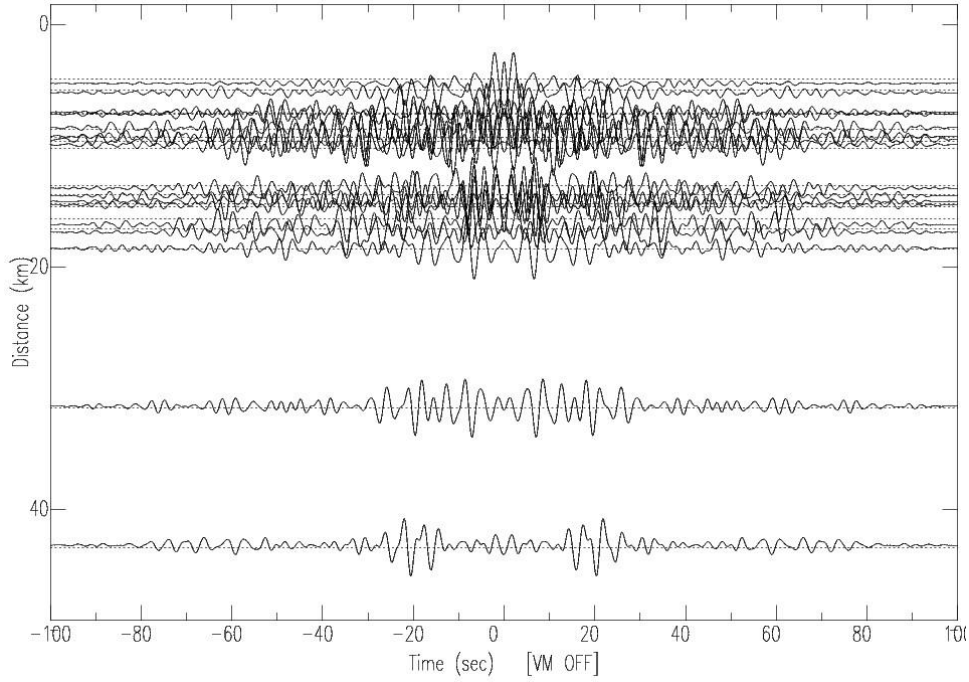
Şekil 1. MVS-PNR istasyon çiftine ait çapraz ilişki sonucu

Şekil 2 ise bu veriye ait dispersiyon ölçümünü göstermektedir. Sol tarafta incelenen sinyale ait genlik spektrumu, sağ tarafta dispersiyon eğrisi gösterilmiştir. Kareler maksimum genliği, diğer semboller ise lokal maksimumları temsil etmektedir. Renk değişimi periyoda bağlı olarak enerjinin maksimum olduğu aralığı göstermektedir.



Şekil 2. MVS-PNR istasyon çiftine ait dispersiyon görüntüsü

Şekil 3’de ise referans PNR istasyonu ile diğer istasyonlar arasındaki çiftlerin mesafeye bağlı değişimi gösterilmiştir.



Şekil 3. Elde edilen çapraz ilişki sonuçlarının mesafeye bağlı değişimi

Tüm istasyon çiftlerine ait değerlendirmeler tamamlandığında, elde edilen ışın yolları tomografik haritalama sürecinde giriş verisi olarak kullanılacaktır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma TÜBİTAK-111Y015 no'lu proje kapsamında desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

Bensen, G.D., Ritzwoller, M.H., Barmin, M.P., Levshin, A.L., Lin, F., Moschetti, M.P., Shapiro, N.M., Yang, Y. (2007). Processing seismic ambient noise data to obtain reliable broad-band surface wave dispersion measurements, *Geophys. J. Int.* **169:1**, 239-260.

Goldstein, P. and Snoke, A. (2005) SAC Availability for the IRIS Community. Incorporated Research Institutions for Seismology Newsletter.

Herrmann, R. B. (2013) Computer programs in seismology: An evolving tool for instruction and research, *Seism. Res. Lettr.* **84**, 1081-1088, doi:10.1785/0220110096

Shapiro, N.M., Campillo, M., Stehly, L., Ritzwoller, M.H., (2005). High resolution surface-wave tomography from ambient seismic noise, *Science* **307**, 1615-1618.



GEOPHYSICAL INVESTIGATION OF A LANDSLIDE: HARMANDALI WASTE DISPOSAL SITE, İZMİR (WESTERN TURKEY)

L. Pazarbaşı¹, Z. Erhan², G. Göktürkler² and C. Kınçal³

¹ Student, The Graduate School of Natural and Applied Sciences, Dokuz Eylul University, Tınaztepe Campus, Buca-Izmir

² Specialist, Faculty of Engineering, Geophysical Engineering Department, Dokuz Eylul University, Tınaztepe Campus, Buca-Izmir

² Professor, Faculty of Engineering Geophysical Engineering Department, Dokuz Eylul University, Tınaztepe Campus, Buca-Izmir

³ Assoc. Professor, Faculty of Engineering, Geological Engineering Department, Dokuz Eylul University, Tınaztepe Campus, Buca-Izmir.

Email: lina.bazerbashi@ogr.deu.edu.tr

ABSTRACT

Harmandalı (İzmir) waste disposal site has been put in to service on 1996 and managed by the metropolitan municipality of Izmir and waste management office. In February 2013, a landslide hit Harmandalı waste disposal site and affected the administration buildings and a truck scale in this area. The landslide results in mass movement in the Harmandalı waste disposal site. However, this mass may move again by new external and internal factors as rainfall, seismic activity, earthquakes, etc. By using Multichannel Analysis of Surface Waves (MASW) and Electrical Resistivity Tomography (ERT) methods we tried to determine waste and landslide materials, rock properties and groundwater effect in the study area. The results of geophysical measurements supported well with the borehole data.

KEYWORDS: Landslide, electrical resistivity, seismic refraction, Tomography, Harmandalı, Izmir

1. STUDY OBJECTIVES

This study aims to determine the affected area, structure, geometry of the landslide body and determination of groundwater effect on the landslide by using geological observations and geophysical investigations. Two geophysical tomography methods were employed in this study; resistivity tomography (ERT) and multichannel analysis of surface wave (MASW). Obtained results were compared with previous geological studies.

1.1. Study area

Harmandalı waste disposal site is located in north of Izmir gulf – north east of Çiğli district. It is placed on the slopes of Çakalhasan ridge which is in between two branches of Tokluağıl River. It is far from Izmir city center (appr. 30 km) and has an area of approximately 900 000 m². Since 1992, domestic, industrial, medical and demolition waste have been stored. Approximately 4000 tons/day, 12×10⁴tons /month and 1.5 million ton /year have been brought into this landfill site. As a result, there are



approximately 1.5 million tons extra waste loads in 1.2 km² area. A new disposal waste site is planning in Izmir city center, Harmandali waste site is planned to continue in working till 2020. [1]

2.GEOLOGICAL SETTINGS

Lithology is the most important factor that affects landslides. In general, the lithology in Izmir from bottom to the top consists of three different formations. The basement rock is Bornova flysch. Neogen age lake sedimentary rocks (gravelstone, sandstone, marl and limestone) unconformably overlie the Bornova flysch formation. Sometimes claystone or mudstone could be found between sandstone and marl units. Then pyroclastic formation (tuff - agglomerate- dacitic and andesitic lava) unconformably overlies Bornova flysch formation and Neogen age lake sedimentary rocks. Alluvium and slope wash unconformably overlies all existing rock formations.

The geological units of Harmandali waste disposal site from bottom to the top:

a. Bornova Flysch Formation

Bornova flysch formation is the basement of study area. It consists of different size of Mesozoic limestone blocks with upper Paleocene sedimentary rocks (sandstone-shale). Sandstones have thin or moderate thickness of bedding planes and dip to northwestern.

b. Yamanlar volcanic rocks

Yamanlar volcanic rocks overlie Bornova flysch formation. It consists of upper Miocene-Pliocene pyroclastic rocks. Andesite, tuff and agglomerate can be observed in this area.

c. Slopewash

Slopewash is the unit which covered the study area and made up of pyroclastic rocks. Also

Sandstone gravels and clay can be observed in this area. [1]

3.GEOPHYSICAL METHODS

3.1. Multi-channel analysis of surface wave (MASW)

Using of multi-channel analysis of surface wave method is increasing day by day because of several advantages. There are two types of MASW method sources, passive and active. Active MASW method depends on impulsive or vibrating seismic sources while passive MASW method depends on natural sources, cultural noise, traffic, factories, wind, wave motion, etc. (MASW) is applied for obtaining Rayleigh wave dispersion curves from surface wave seismic records which provide us information about near-surface materials properties then estimating shear wave velocity profiles of top layers in test site. [3]

3.1.1. Data Acquisition and Processing (MASW field measurements)

(MASW) – passive source measurements were carried out in THE Harmandali waste disposal site in order to obtain Rayleigh wave dispersion curves then estimating shear wave velocity profiles to 30 m depth of the area. Seven profiles of MASW survey in the Harmandali waste disposal site were performed by using Geometric- smartSeis st device. 24 geophones (4.5 Hz vertical geophones) lined up in straight

line with 5 m geophone interval. The length of each survey was about 120 m. Inversion methods were applied to analyze the collected data and to estimate shear wave velocity by inverting the dispersive phase velocity of surface waves.

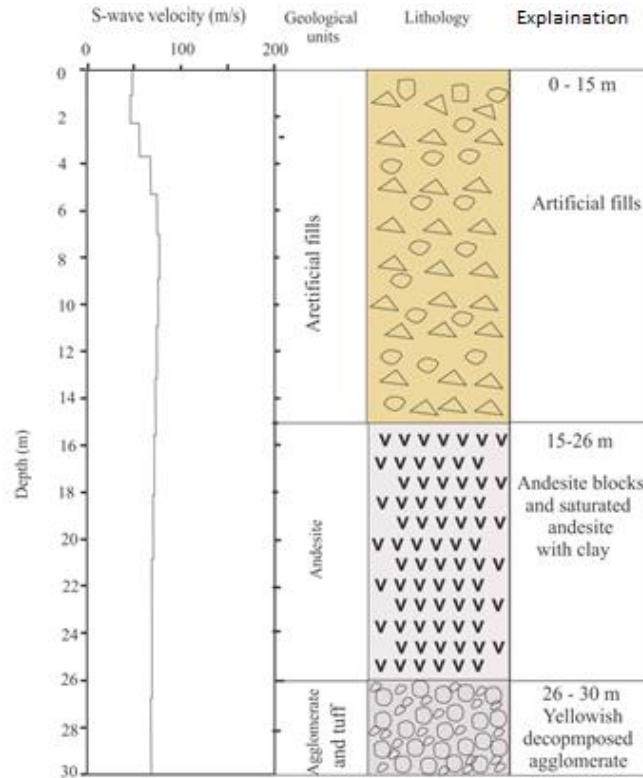


Figure 1. Comparison of S wave model along profile 1 and borehole data 2 (SK-2) in the Harmandali waste disposal site

3.2. Electrical resistivity tomography (ERT)

(ERT) is a geophysical method and electrical imaging technique. This method identifies the resistivity contrast in the test site using number of electrodes and cables also provides us 2D and 3D resistivity models depending on inversion methods. ERT investigations are widely used in lithological properties determination, natural geo-hazards, such as slope stability and landslide taking to the account decreasing and increasing in resistivity values. ERT surveys can be carried out in the field by several configuration types using multi electrode such as dipole-dipole, Wenner, Schlumberger, wenner - schlumberger etc. The electrodes will be injected to the ground in order to send electric current and generate voltage signals. [2]

3.2.1. Data Acquisition and Processing (ERT field measurements)

Two dimensional (2D) of (ERT) were carried out along two profiles with NW-SE and NE-SW directions in the Harmandali waste disposal site. One of them was parallel and other was perpendicular to the landslide body. Wenner- Shlumberger configuration was performed in the test site. 55 electrodes had been used in the area with 5 m electrode spacing. The length of each profile was 275 m and the penetration was about 50 m depth. 2D resistivity models were produced through inversion of electrical tomography data. Low and moderate resistivity were observed in the study area (2-400 Ω m) which related to the groundwater level and waste in the area.

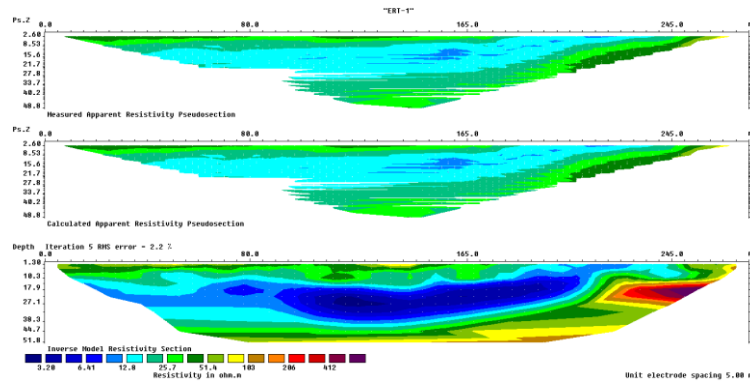


Figure 5. Profile 1 (a) Measured data. (b) Calculated data. (c) Model resistivity.

REFERENCES

- 1- D.E.Ü.2016. Assessment of slope stability problems in Harmandali waste disposal site - İzmir. A report of Dokuz Eylul university, Engineering faculty, Geological engineering Dept., pp. 4-17
- 2- Göktürkler, G., Balkaya, Ç. and Erhan, Z. 2008. Geophysical investigation of a landslide: The Altındağ landslide site, İzmir (western Turkey). Journal of Applied Geophysics 65 (2008) 84–96.
- 3- Park, C.B., Miller, R.D. and Xia, J.1999 . Multichannel analysis of surface waves (MASW). A summary report of technical aspects, experimental results, and perspective, pp 1-7.



ERCİYES VE HASANDAĞI YANARDAĞLARI AKTİF Mİ?

Nurdan SAYIN¹ Naşide ÖZER¹ ve Ayşegül Ece YILMAZ²

¹ Doç.Dr., Jeofizik Müh. Bölümü, İstanbul Üniversitesi, Avcılar, İstanbul

² Öğrenci, Jeofizik Müh. Bölümü, İstanbul Üniversitesi, Avcılar, İstanbul
Email: nursayin@istanbul.edu.tr

ÖZET

Ülkemiz sınırları içerisinde pek çok genç yanardağ bulunmaktadır ve bu yanardağların bazıları son yüzyıl içerisinde aktivite gösterdiği ya da gaz çıkışlarının olduğu bilinmektedir. Bu çalışmada ülkemizde yer alan yanardağların özellikleri incelenmiş ve Orta Anadolu'nun genç ve büyük volkanları olan Erciyes ve Hasan Dağı'nın sismik aktivitesi, bölgede kaydedilen deprem etkinlikleri analiz edilerek, sismik aktivitenin tektonik kökenli mi yoksa volkanik kökenli mi olduğu konusu araştırılmıştır.

ANAHTAR KELİMELER: Yanardağ, Sismik aktivite, sismik kayıt, dalga şekli.

ARE ERCİYES AND HASANDAĞI VOLCANOES ACTIVE?

¹ Assos.Prof. Dr. Geophysical Eng. Department, Istanbul University, Avcılar, Istanbul

² Student, Geophysical Eng. Department, Istanbul University, Avcılar, Istanbul
Email: nursayin@istanbul.edu.tr

ABSTRACT

There are plenty of young volcanoes in our country. Some of these volcanoes have been the volcanic activity in recent the last century and gas outflows has observed. In this study, the characteristics of the volcanoes was investigated and the seismic activity of Erciyes and Hasan Dağı, the young and big volcanoes of Central Anatolia, was investigated and the question of whether the seismic activity was tectonic or volcanic origin was tried to be detected.

KEYWORDS: *Volcano, Seismic activity, Seismic Records, Wave form.*

1. ÜLKEMİZDE GENÇ VOLKANİZMA

Aktif tektonik özelliklere sahip ülkemiz sınırları içerisinde kuvaterner yaşlı pek çok volkan bulunmaktadır. Bunlardan en gençleri olarak Ağrı dağı volkanı (son püskürme tarihi 1840) ve Tendürek volkanı (son püskürme tarihi 1855) sayılabilir. Doğu ve Orta Anadolu'daki (Erciyes, Hasan Dağı, Melendiz) volkanları yanında, Batı Anadolu'da kuvaternerde yaygın faaliyet gösteren genç Kula volkanı en genç volkanlar arasındadır. Bu çalışmada Erciyes ve Hasan Dağı üzerinde ya da yakınında kaydedilen deprem etkinlikleri incelenmiş ve bu kayıtların dalga şekillerinden volkanizmanın aktivitesi tespit edilmeye çalışılmıştır.

2. ERCİYES VE HASANDAĞI YANARDAĞLARI



Orta Anadolu Volkanik Yayınındaki aktivite yaklaşık 10 My önce başlamış (Innocenti, 1975) ve tarihsel dönemlere kadar sürmüştür. Bu aktivitenin ürünleri Karaman ve Kayseri arasındaki Güneybatı-Kuzeydoğu yönünde hemen hemen kesintisiz bir volkanik merkezler dizisini oluşturur. Bu volkanik kuşak temel olarak, Kapadokya ile temsil edilen alana karşılık gelir. Kapadokya Volkanik Kompleksi'ndeki en önemli tektonik yapılar, Tuz Gölü ve Ecemiş Fay sistemleridir. Bu fay sistemleri Kapadokya Bölgesi Volkanitleri'ni dik olarak kesmektedir ve K-G, KB-GD ve KD-GB yönlerinde gelişmiş birçok faydan oluşur (Ercan, 1986).

Kuvaterner sırasında volkanik aktivite Erciyes Dağı, Hasan Dağı gibi önemli merkezi volkanların gelişimi ile temsil edilir.

3917 m'lik yükseltisi ile Türkiye'nin beşinci, İç Anadolu Bölgesi'nin ise en yüksek dağıdır.

Erciyes Dağı, Neojen (Miyosen-Alt Pliyosen) döneminden günümüze kadar aktivitesini sürdüren İç Anadolu Volkanik Bölgesinin (CAVP) önemli bir üyesi, Kuvaterner yaşlı bir stratovolkandır. Erciyes Volkanı, Ecemiş- Kayseri-Yukarı Kızılırmak- Sivas bölgelerinden geçen Neojen yaşlı İç Anadolu Fay Zonu üzerinde bulunmaktadır.

Erciyes Dağı düşük silisyumlu andezitik lav akıntıları 0.3 My ve dasitik lavlar için 0.9 My'lık bir radyometrik yaşa karşı gelir (Innocenti, 1975).

Diğer önemli büyük Kuvaterner Volkan merkezi, Aksaray yakınında Kapadokya'nın batı kenarında yükselen Hasan Dağı'dır. Orta Anadolu'da Aksaray ve Niğde arasında bulunan Hasan Dağı-Melendiz Dağı yöresi içinde çok sayıda volkan konilerinin, kraterlerin, tüf örtülerinin ve lav akıntılarının yer aldığı 50 km uzunlukta ve ortalama 20 km genişlikte bir volkan sahasıdır. Deniz seviyesinden 3268 m yüksek olan tepesiyle, Büyük Hasan ve Küçük Hasan Dağı olmak üzere iki büyük krateri vardır ve andezitik bileşenli endojen domların aktiviteleri ile temsil edilir .

2.1. Yanardağ Aktivitesi ve Tektonik ilişkisi

Genel olarak bölgenin tektonik ve volkanolojik veriler ışığı altında sonuçsara gelecek olursaki Orta Anadolu Volkanizması üç aktivite periyoduna bölünebilir. İlk periyot, 8.5 My'den öncesi çoğunlukla efüsfif aktivite ile karakterize edilir. İkinci periyot, 8-2.7 My arası birçok piroklastik akma yapılarının yer alması ile temsil edilir. Üçüncü periyot, Geç Pliyosen'den günümüze kadar büyük andezitik-bazaltik strao tipi volkanlar ve birçok asit monojenik merkezler gelişmiştir.

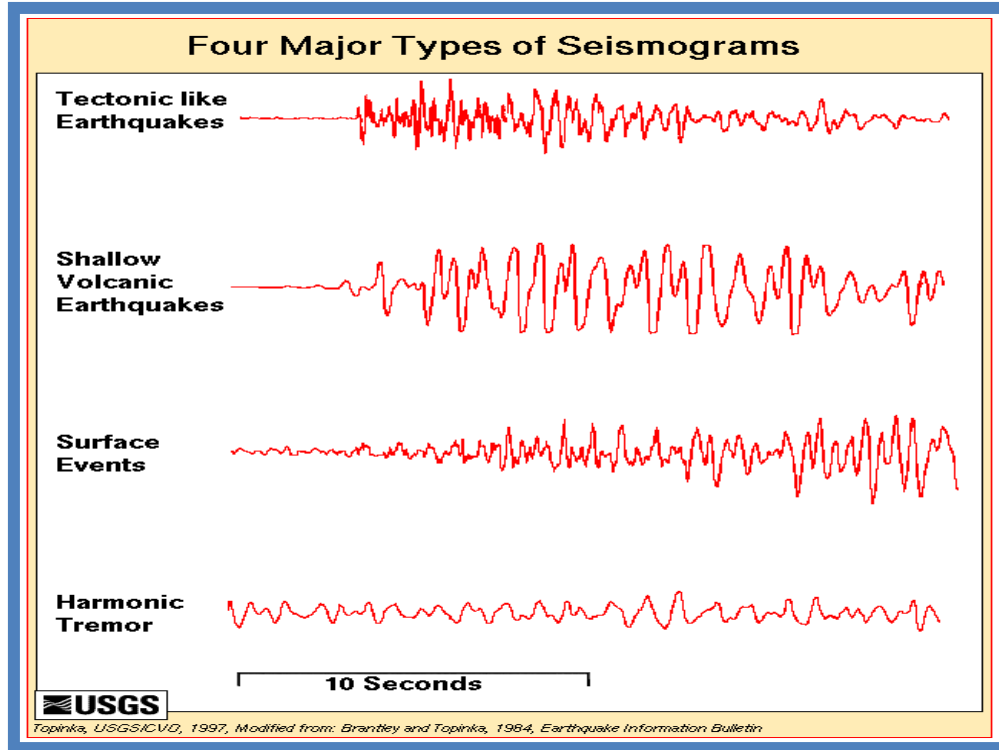
Neojen ve Kuvaterner Orta Anadolu Volkanizması, Avrasya Levhası ile Afrika Levhası'nın çarpışmasının neden olduğu kırılğan deformasyon sistemleri ile yakından ilişkilidir. Orta Anadolu'nun yapısal dokusu, temelde DKD-BGB, DGD-BKD, KB-GD, KKD-GGB, K-G gidişli beş kesim ile karakterize edilir. İlk iki kesim, Arap Bloğu'nun Avrasya Levhası'na dalmasının bir sonucu olarak Orta Anadolu'da oluşan transcurent fay sistemleri ile ilişkilendirilebilir. Bununla birlikte diğer kısımlar Anadolu Levhası'nın yaklaşması, konverjansı nedeliyle oluşan stres alanı ile bağlantılıdır.

Bütün bu yapılar, Paleosen sırasında bu alanda gelişen foredeep havzaları izleyen Anatolidlerde konumlanmış karmaşık bir tektonik depresyon sistemine neden olur. Volkanik aktivite tektonik aktivitelerin oluşumu ve Orta Geç Miyosen'de başlamıştır. DKD-BGB yönelimleri boyunca Kayseri ve Karaman arasındaki çeşitli volkanik merkezlerin Miyosen'den günümüze gelişimi kanıtlar. Bunlar, magmanın yükselimi güçlü şekilde etkilemiştir. Erciyes Dağı ve Hasan Dağı gibi büyük Kuvaterner

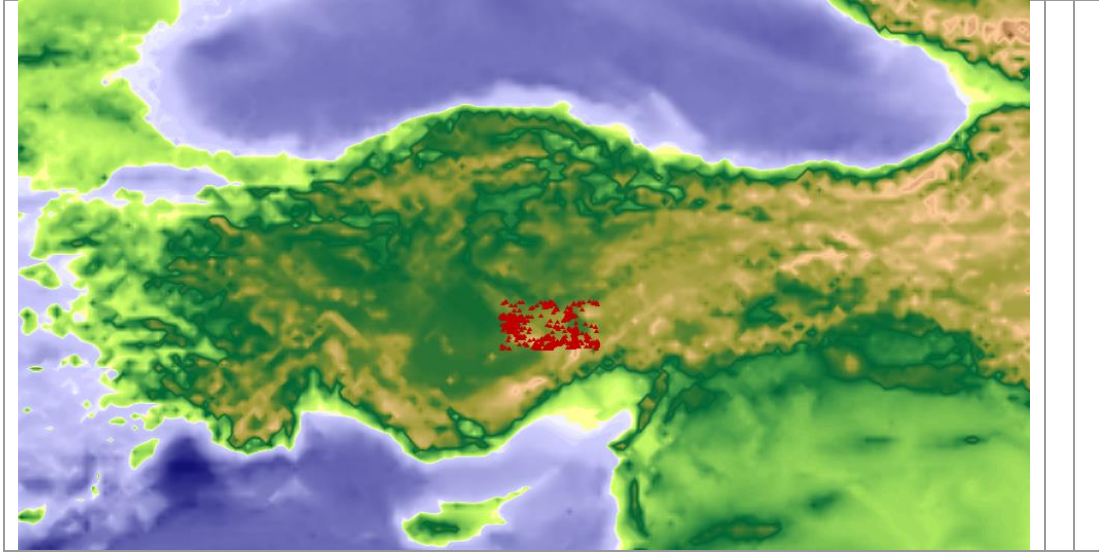
strotro tipi volkanları, DKD-BGB yönelimli, Ecemiş ve Tuz Gölü Transcurrent Faylarının arakesitinde gelişmiştir.

3. DEPREM KAYITLARI ANALİZİ

Depremlerin frekans içerikleri analizi bu depremleri oluşturan nedenin volkanik mi yoksa tektonik mi olduğunu ortaya koyar. Bu yolla volkanın altındaki bölgedeki magma faaliyeti ile tektonizma ile oluşan depremler birbirinden ayrt edilebilir. Japonya'da sınınan bilgilere göre, yanardağ etkinliklerini simgeleyen depremcikler, patlama öncesi geniş bir alanda 1 ile 7 Hz frekans aralığında, 1 ile 6 km derinde yoğun olarak olmaya başlıyor, püskürme için lav bacadan yükselme çabalarını gösterirken bu kez, düşük frekansta (1-3 Hz), 0 ile 1 km odaklı depremcikler olmaya başlıyor. Püskürme yaklaştıkça düşük frekanslı depremler ardı ardına oluşurken yüksek frekanslı depremcikler azalıyor, sonra da patlama oluyor. Kabaca yüksek frekanslı yada sıklıklı depremcikler patlamadan 3 gün önce düşük frekanslı (sıklıklı) dönüşüyor. Patlama öncesi, depremciklerin azalması, sonra çığ gibi yükseldiğinde patlamanın gerçekleşmesi simgesel bir yanardağ davranışı olarak görülüyor (Zobin, 2003). Güncel aktivitesini sürdüren volkanların aktivitesinin, sismolojik kayıtlar üzerinden izlenmesi, dünyanın farklı bölgeleri için başvurulan bir yöntem olmuştur, Kamchatka ve Colina Mexico volkanları buna örnek verilebilir (John ve Lees, 2000 ve Zobin ve diğ. 2006).



Şekil 1. Dalga formuna göre sismogramların analizi (Zobin 2003).



Şekil 2. Erciyes ve Hasandağı çevresinde 2000 yılından günümüze kaydedilen depremler.

5. SONUÇLAR

Erciyes ve Hasandağı sismolojik aktivitesini araştırmak üzere Kandilli Rasathanesi deprem kayıtlarını alarak dalga formlarının frekans içeriklerini inceledik. 2000 yılından günümüze bölgede kaydedilen depremler Şekil 2 de gösterilmiştir. Bölgede tanımlı faylarla ilişkilerini de göz önünde bulundurarak, depremlerin volkanik aktivite ile ilgili olabileceğine ilişkin bir belirti saptayamadık. Sonuç olarak bölgede ölçülmüş 3 ila 4.9 büyüklüklü depremlerin tektonik kaynaklı oldukları söylenebilir. Ülkemiz sınırları içerisinde bulunan genç volkanların sismik aktivitesinin izlenmesi, olası etkinliğin önceden belirlenmesi, oluşacak zararı azaltma bakımından yararlı olacaktır.

TEŞEKKÜR

Boğaziçi Üniversitesi, Kandilli Rasathanesi Deprem Araştırma Enstitüsü Sismoloji Laboratuvarı yetkilisi Jeofizik Mühendisi Yavuz Güneş'e yardımları için çok teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- Ercan, T. (1986). Orta Anadolu'daki Senozoyik Volkanizması, *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*
- Innocenti, F., Mazzuoli, R., Pasquare, G., Radicati di Brozolo, F., and Villari, L., (1975). The Neogene calcalkaline volcanism of central Anatolia: geochronological data on Kayseri-Niğde area: *Geol. Mag.* 122, p. 349-360.
- Johnson J.B. and Lees J.M., (2000). Plugs and chugs-seismic and acoustic observations of degassing explosion at Karymsky, Russia and Sangar Ecuador, *J.Volcanol. Geotherm. Res.* 1001, 67-82.
- Zobin, V. M., (2003). Introduction to Volcanic Seismology, Elsevier Science B.V., ISBN: 0-444-51340-X, 290.
- Zobin, V., Navarro, C., D'Avila, G. R., Orozco, Bret'on, M., Tellez, A., Alfaro, G.R. and V'azquez, H., (2006). The methodology of quantification of volcanic explosions from broad-band seismic signals and its application to the 2004–2005 explosions at Volc'an de Colima, Mexico, *Geophys. J. Int.* 167, 467–478.



Feasibility Study of An earthquake Early Warning System for Tehran Region based on the current strong motion network

M. Shahvar⁽¹⁾, E. Farzanegan⁽¹⁾, M. Poorveis

¹ *Road, Housing & Urban Development Research Centre (BHRC), Tehran, Iran,
email:mshahvar@gmail.com*

ABSTRACT

A Feasibility study of Early Warning System application in Tehran is the main aim of present the investigation. First, a sensitivity analysis of various parameters such as warning time and blind zone, regardless of tectonics condition, has been performed. Subsequently, warning times were calculated based on probability density approach, for more than 5000 earthquake scenarios, initial dense network and other parameters. The main output of present study indicated that the warning time for all possible earthquakes is variable from approximately -5 to 33 seconds. In addition, based on probabilistic studies, there are also more than 10 seconds of warning time for about 60 percent of the events in a radius of 300 km of Tehran.

KEYWORDS: Early warning system, Tehran, warning times, probability density approach

1. INTRODUCTION

There are numerous faults around Tehran within a radius of approximately 150 to 200 kilometers, like: North of Tehran, North and South of Rey, Kahrizak, Taleghan, Abyek, Mosha, Firuzkuh, Astaneh, Parchin, Pishva, Robot Karim, Eshtehard, Ipak, Kashachal, North of Qazvin, Khazar, North of Alborz, Indes and Qom .The aim of an earthquake early warning system is to provide a fast and reliable estimation of the earthquake before the strong ground motion reaches the target site.

2. THE FEASIBILITY OF EEWs IN TEHRAN

In this section, feasibility study of the status of an early warning system in Tehran will be presented. Here, we seek to answer the following question: is it possible to install a warning system in Tehran, according to Tehran's tectonic conditions with a dense seismic network fundamentally? In the following, the feasibility of an EWS is evaluated by computing the theoretical warning times as done by Allen (2006), using the current strong motion network and the selected method parameters. Total delays of warning system including delays due to the volume of data, faxing, processing and decision-making of warning algorithm for issuing warnings assumed 4 seconds based on Allen et al. (2009) studies and experience of Elarms2 algorithm (Kuyuk et al., 2014) in California. 4 stations are assumed as the minimum number of required stations for recording the P-wave, position and magnitude calculations. Also, the P-wave velocity model in crust is selected based on the studies of Ashtari et al. (2005) and the depth of scenario earthquakes considered as 8 km.

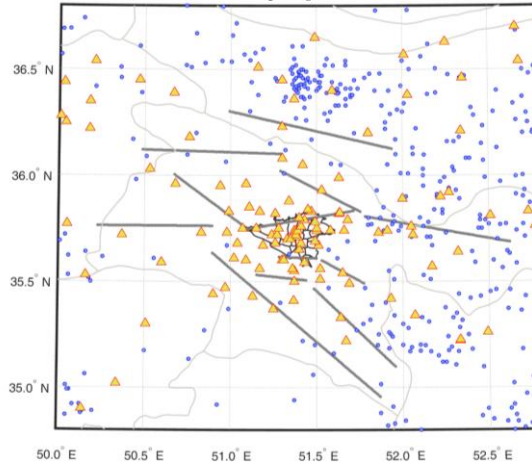


Figure1. Map of the study region showing the fault segments with thick lines. The location of $M > 3$ earthquakes are shown as small dots. The area of Tehran is shown with black lines in center of figure. The triangles show current strong motion network distribution.

3. PROBABLE SCENARIOS

To determine the possible scenarios, all of the major and active faults in the region are considered as the location of probable scenarios. Probability of occurrence for a magnitude $M \geq 6.4$ on these faults determined for 30-year range by using the Poisson distribution and the location of each scenario on a fault is considered as a distance of approximately one kilometer and with equal probability. Also, for background earthquake, magnitude of 6 is considered in the range of 110 km wide (35.2 to 36.2 degrees North) and 150 km long (50.7 to 52.2 degrees East) and with distance of 5 km of each other. In total, 59 scenarios and 5900 events were considered for the region (Figure1).

4. WARNING TIME PROBABILITY DENSITY

In this section, the warning time, time difference between the S arrival at the target and estimating of earthquake parameters, calculated for all of events for center of Tehran. To calculate the warning time, a minimum of 4 triggered stations has been considered and a delay time of 4 seconds has been included to account for data latency and earthquake parameters calculation. Computed probability density function of warning time for Tehran are shown in Figure 2 and Figure 3. Also, the earthquakes which have warning times smaller or greater than zero, 10 and 20 seconds have been estimated and graph of results are as follows. By modeling of scenarios, empirical ground motion prediction equations (Akkar and Bommer, 2010 and NGA2008) are used to predict the expected peak ground motion parameters in the target site, and the mean intensity of earthquakes were estimated based on the MMI~PGV and MMI~PGA conversion equation developed for Iran by Shahvar (2013), Wald et al. (1999), and Worden et al. (2012).

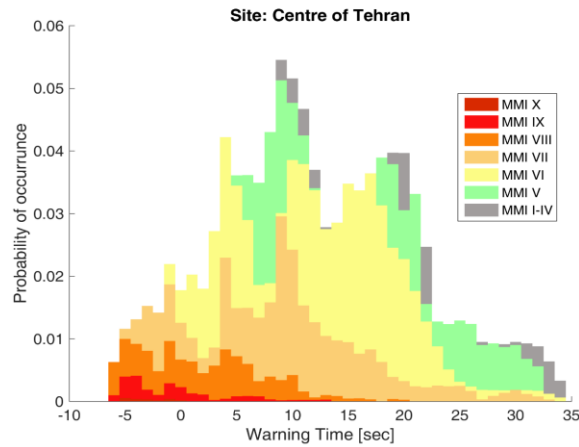


Figure 2: Graph of the probability density function of warning time for center of Tehran based on Allen (2006). The time interval for the horizontal axis (warning time) is one second and colors represents the amount of modified Mercalli intensity which intensities smaller than 5 is shown in gray.

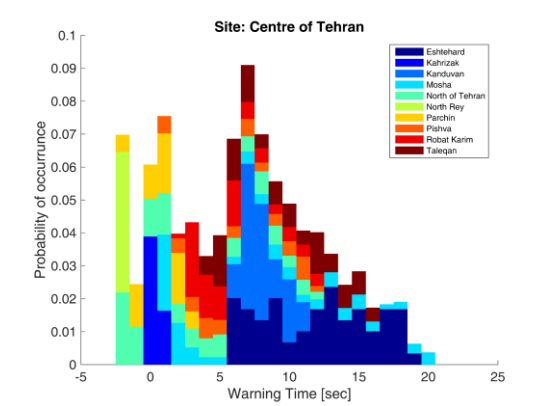


Figure 3: Histogram of warning time for center of Tehran based on their probability of occurrence. The color indicates the scenarios sources where are shown in Figure 1.

As shown in Figure 2 and Figure 3, most of earthquakes with intensity over IX, have maximum warning time of about 10 seconds. This is because of the fact that intensity is directly proportional to the distance and almost all events with the intensity over IX will be occur near site. Also, we reproduce these results for other sites in Tehran (South, east, West, and north) and see slight changes in the probability of occurrence which is because selected sites are in the metropolitan area and they are close to each other.



5. CONCLUSION

In the last two decades, the subject of earthquake early warning has been raised in the world and is still a subject of many researches. A few countries, such as Japan and Mexico have implemented such systems and are in operation and some other countries like United States, Italy, Switzerland and Turkey are currently conducting studies in this field.

According to the analyses have been done for hypothetical earthquake sources and hypothetical seismic station, the main results can be summarized as follow:

- Warning time for all possible earthquakes and dense station network is variable from approximately -5 to 33 seconds for Tehran.
- According to the probabilistic calculations, in the case of having a dense network, almost for all sites, for over 90% of events with intensity of higher than five, warning time is greater than zero.
- According to warning time greater than zero, it is possible to design a regional early warning network to cover some of the earthquakes.
- With regard to the number of faults in Tehran and around the city and considering the blind radius is an inevitable part of early warning systems, in the case of occurring any earthquake on these faults, there is not warning possibility for parts of the city. A valid option for an early warning system in Tehran region could be based on the on-site approach, i.e., by installing single stations in vital areas or in the general populated centers like subways. The efficiency of these types of systems will be increases and warning system errors in area will be reduced in the case of existing a highly reliable regional warning system.

REFERENCES

- Akkar, S. and Bommer, J.J., 2010. "Empirical Equations for the Prediction of PGA, PGV and Spectral Accelerations in Europe, the Mediterranean Region and the Middle East. Seismological Research Letters March/April 2010v. 81 no. 2 p. 195-206
- Allen, R.M., 2006, "Probabilistic warning times for earthquake ground shaking in the San Francisco Bay Area", Seismological Research Letters, Vol. 77 (3), 371-376.
- Allen, R.M., Gasparini, P., Kamigaichi, O., Bose, M., 2009, "The Status of Earthquake Early Warning around the World: An Introductory Overview", Seismological Research Letters Vol. 80, No. 5, doi: 10.1785/gssrl.80.5.682.
- Kuyuk, H. S., Allen, R. M., Brown, H., Hellweg, M., Henson, I., Neuhauser, D., 2014, "Designing a network- based earthquake early warning algorithm for California: ElarmS-2", Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 104, No. 1, 162–173, doi: 10.1785/0120130146.
- Shahvar M. (2013). ShakeMaps implementation for Iran. PhD thesis, IIEES, Iran.
- Worden CB, Wald DJ, Allen TI, Lin K, Garcia D, Cua G (2010) A Revised Ground-Motion and Intensity Interpolation Scheme for ShakeMap. Bull Seismol Soc Am 100(6), 3083-3096
- Wald, D. J., V. Quitoriano, T. H. Heaton, and H. Kanamori (1999b). Relationship between peak ground acceleration, peak ground velocity, and Modified Mercalli Intensity for earthquakes in California, Earthquake Spectra 15, 557–564.

www.tujjbkongre2018.org

30 MAYIS - 02 HAZİRAN 2018
30 MAY - 02 JUN 2018



TÜRKİYE ULUSAL
JEODEZİ VE
JEOFİZİK BİRLİĞİ



HARİTA
GENEL
KOMUTANLIĞI



DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
İZMİR 1982



İZMİR KÂTİP ÇELEBİ
ÜNİVERSİTESİ



fuarizmir



İZMİR FUARI • İZMİR FAIR



İZMİR BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİ