

**KIZILIRMAK HAVZASINDA AKIM ÖLÇÜMÜ YAPILMAYAN AKARSU KOLLARINDA  
COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ TABANLI AKIM TAHMİN MODELLERİNİN  
GELİŞTİRİLMESİ VE ÖN HAVZA YÖNETİM PLANININ OLUŞTURULMASI**

**TUJJB-TUMEHAP-01-11**

**3.Gelişme ve Sonuç Raporu  
Eylül 2014**

**Prof.Dr. Zuhâl AKYÜREK**

**Arzu Özkaya (doktora öğrencisi)**

**ODTU İnşaat Müh. Böl. Su Kaynakları Lab.**

# İçindekiler

1. Giriş.....	7
2. Program Temel Bilgileri .....	8
a. Model Elemanları .....	9
i. Simülasyon Özellikleri (Simulation Specifications) .....	9
ii. Koordinat Sistemi (Coordinate System) .....	9
iii. Arka Plan Haritası (Background Map).....	10
iv. Dosya Katmanı (Shape File Overlay).....	10
v. Çalışma Alanı (Working Area).....	11
vi. Nehir Ağı (River Network).....	11
vii. Su Kullanıcısı (Water User) .....	12
viii. Rezervuar (Reservoirs).....	14
ix. Havza (Catchments).....	15
x. Hidroelektrik Santrali (Hydropower Plants) .....	16
xi. Öncelikli Noktalar (Priority Nodes).....	16
xii. Öteleme Yöntemi (Routing Method).....	17
xiii. Sulama Verisi (Irrigation Data).....	17
xiv. Sonuçların Saklanması (Storing of Results) .....	18
b. Program Uygulaması .....	20
3. İşletme Çalışması .....	26
a. Mevcut Durum.....	26
i. Dolusavak eşik kot değerinin taşkın kotu olarak kabul edilip işletme çalışmasının yapılması ..	26
ii. Maksimum işletme kot değerinin taşkın kotu olarak kabul edilip işletme çalışmasının yapılması.....	30
b. Hipotetik Durum.....	34
i. İmranlı Barajına İçme Suyu Kullanıcısı Eklenmesi.....	34
ii. Barajlara Gelen Akım Değerlerinin %20 Azaltılması .....	38
iii. Barajlara Gelen Akım Değerlerinin %20 Azaltılması ve Baraj Başlangıç Seviyesinin Minimum Olması .....	42
iv. Barajlara Gelebilecek Kritik Akım Değerlerinin Hesaplanması .....	49
4. Değerlendirme.....	55

## Şekiller

Şekil 1 Mike-Hydro Program Görüntüsü .....	8
Şekil 2 Simülasyon Özellikleri (Seçim Sekmelerinden Görüntü).....	9
Şekil 3 Koordinat Sistemi .....	10
Şekil 4 Arka Plan Haritası .....	10
Şekil 5 Dosya Katmanı Ekran Görüntüsü .....	11
Şekil 6 Çalışma Alanı .....	11
Şekil 7 Nehir Ağı.....	12
Şekil 8 Su Kullanıcısı (Genel Bilgiler Görüntüsü).....	12
Şekil 9 Su Kullanıcısı (Bağlantı Bilgileri).....	13
Şekil 10 Su Kullanıcısı (Kullanılan Suyun Geri Dönüş Bilgisi).....	13
Şekil 11 Rezervuar Genel Bilgiler .....	14
Şekil 12 Rezervuar İşletme Bilgileri.....	14
Şekil 13 Rezervuar Kullanıcı Bilgileri .....	15
Şekil 14 Rezervuar Uzaktan Kontrol ve Depolama Bilgileri .....	15
Şekil 15 Rezervuar Dolusavak Bilgileri .....	15
Şekil 16 Havza Bilgileri .....	16
Şekil 17 Hidroelektrik Santrali .....	16
Şekil 18 Öncelikli Noktalar .....	17
Şekil 19 Öteleme Yöntemi .....	17
Şekil 20 Sulama Verisi (Sulama Yöntemi) .....	18
Şekil 21 Sulama Verisi (Bitki) .....	18
Şekil 22 Sulama Verisi (Toprak-Akış).....	18
Şekil 23 Sonuçların Saklanması.....	19
Şekil 24 Yapıların Yerleşimi.....	21
Şekil 25 Program Elemanlarının Harita Üzerinde Gösterimi .....	22
Şekil 26 Su kullanıcısı model elemanına veri girişi (su ihtiyaç tablosu) .....	23
Şekil 27 Rezervuar model elemanına veri girişi (kot-alan-hacim tablosu) .....	23
Şekil 28 Havza model elemanına veri girişi (akım zaman serisi).....	24
Şekil 29 Şematik Olarak Baraj, Su Kullanıcıları ve Agi' lerin Görüntüsü.....	25
Şekil 30 İmranlı Barajı için Barajdan Bırakılan Su Değerinin (Taşkın) Karşılaştırılması .....	27
Şekil 31 Pusat Özen Barajı için Barajdan Bırakılan Su Değerinin (Taşkın) Karşılaştırılması .....	27
Şekil 32 4 Eylül Barajı için Barajdan Bırakılan Su Değerinin (Taşkın) Karşılaştırılması .....	27
Şekil 33 Karacalar Barajı için Barajdan Bırakılan Su Değerinin (Taşkın) Karşılaştırılması.....	28
Şekil 34 Gazibey Barajı için Barajdan Bırakılan Su Değerinin (Taşkın) Karşılaştırılması.....	28

Şekil 35 Maksutlu Barajı için Barajdan Bırakılan Su Değerinin (Taşkın) Karşılaştırılması .....	29
Şekil 36 Yapıaltın Barajı için Barajdan Bırakılan Su Değerinin (Taşkın) Karşılaştırılması.....	29
Şekil 37 İmranlı Barajı için Dolusavaktan Geçen Taşkın Değerlerinin Karşılaştırılması (Mak. İşletme Kotu) .....	30
Şekil 38 Pusat Özen Barajı için Dolusavaktan Geçen Taşkın Değerlerinin Karşılaştırılması (Mak. İşletme Kotu) .....	31
Şekil 39 4 Eylül Barajı için Dolusavaktan Geçen Taşkın Değerlerinin Karşılaştırılması (Mak. İşletme Kotu) .....	31
Şekil 40 Karacalar Barajı için Dolusavaktan Geçen Taşkın Değerlerinin Karşılaştırılması (Mak. İşletme Kotu) .....	32
Şekil 41 Gazibey Barajı için Dolusavaktan Geçen Taşkın Değerlerinin Karşılaştırılması (Mak. İşletme Kotu) .....	32
Şekil 42 Maksutlu Barajı için Dolusavaktan Geçen Taşkın Değerlerinin Karşılaştırılması (Mak. İşletme Kotu) .....	33
Şekil 43 Yapıaltın Barajı için Dolusavaktan Geçen Taşkın Değerlerinin Karşılaştırılması (Mak. İşletme Kotu) .....	33
Şekil 44 İmranlı Barajına İçme Suyu Kullanıcısı Eklenmesi .....	34
Şekil 45 Mevcut ve Hipotetik Durumlara Göre İmranlı Barajından Bırakılan Su .....	35
Şekil 46 İçme Suyu Katsayısının 2.69 Olduğu Durumda Rezervuardaki Su Seviyesi ve Sulamaya Gönderilen Su Miktarı .....	36
Şekil 47 Mevcut ve Hipotetik Durumlara Göre İmranlı Barajından Bırakılan Su (2.69 Katasayılı).....	36
Şekil 48 İçme Suyu Katsayısının 2.93 Olduğu Durumda Rezervuardaki Su Seviyesi ile Sulamaya (arz ve talep) ve İçme Suyuna Gönderilen Su Miktarı.....	37
Şekil 49 Mevcut ve Hipotetik Durumlara Göre İmranlı Barajında Barajdan Bırakılan Su (2.93 Katasayılı) .....	37
Şekil 50 İmranlı Barajı sulama suyu (arz-talep), barajdan bırakılan su ve rezervuar su seviye değerleri zaman serisi (%20 azaltılmış gelen akım kullanılarak).....	38
Şekil 51 Yapıaltın Barajı sulama suyu (arz-talep), barajdan bırakılan su ve rezervuar su seviye değerleri zaman serisi (%20 azaltılmış gelen akım kullanılarak).....	39
Şekil 52 Maksutlu Barajı sulama suyu (arz-talep), barajdan bırakılan su ve rezervuar su seviye değerleri zaman serisi (%20 azaltılmış gelen akım kullanılarak).....	39
Şekil 53 Gazibey Barajı sulama suyu (arz-talep), barajdan bırakılan su ve rezervuar su seviye değerleri zaman serisi (%20 azaltılmış gelen akım kullanılarak).....	40
Şekil 54 Karacalar Barajı sulama suyu (arz-talep), barajdan bırakılan su ve rezervuar su seviye değerleri zaman serisi (%20 azaltılmış gelen akım kullanılarak).....	40

Şekil 55 4 Eylül Barajı içme suyu (arz-talep), barajdan bırakılan su ve rezervuar su seviye değerleri zaman serisi (%20 azaltılmış gelen akım kullanılarak) .....	41
Şekil 56 Pusat Özen Barajı sulama suyu (arz-talep), barajdan bırakılan su ve rezervuar su seviye değerleri zaman serisi (%20 azaltılmış gelen akım kullanılarak).....	41
Şekil 57 İmranlı Barajı sulama suyu (arz-talep), barajdan bırakılan su ve rezervuar su seviye değerleri zaman serisi (%20 azaltılmış gelen akım kullanılarak ve baraj başlangıç su seviyesi minimum seçilerek yapılmıştır).....	43
Şekil 58 Yapıaltın Barajı sulama suyu (arz-talep), barajdan bırakılan su ve rezervuar su seviye değerleri zaman serisi (%20 azaltılmış gelen akım kullanılarak ve baraj başlangıç su seviyesi minimum seçilerek yapılmıştır).....	44
Şekil 59 Maksutlu Barajı sulama suyu (arz-talep), barajdan bırakılan su ve rezervuar su seviye değerleri zaman serisi (%20 azaltılmış gelen akım kullanılarak ve baraj başlangıç su seviyesi minimum seçilerek yapılmıştır).....	44
Şekil 60 Gazibey Barajı sulama suyu (arz-talep), barajdan bırakılan su ve rezervuar su seviye değerleri zaman serisi (%20 azaltılmış gelen akım kullanılarak ve baraj başlangıç su seviyesi minimum seçilerek yapılmıştır).....	45
Şekil 61 Karacalar Barajı sulama suyu (arz-talep), barajdan bırakılan su ve rezervuar su seviye değerleri zaman serisi (%20 azaltılmış gelen akım kullanılarak ve baraj başlangıç su seviyesi minimum seçilerek yapılmıştır).....	45
Şekil 62 4 Eylül Barajı sulama suyu (arz-talep), barajdan bırakılan su ve rezervuar su seviye değerleri zaman serisi (%20 azaltılmış gelen akım kullanılarak ve baraj başlangıç su seviyesi minimum seçilerek yapılmıştır).....	46
Şekil 63 Pusat Özen Barajı sulama suyu (arz-talep), barajdan bırakılan su ve rezervuar su seviye değerleri zaman serisi (%20 azaltılmış gelen akım kullanılarak ve baraj başlangıç su seviyesi minimum seçilerek yapılmıştır).....	47
Şekil 64 15-117 no'lu İstasyonun Mevcut Durum ve Hipotetik (iii) Duruma Göre Akım Serisinin Değişimi .....	48
Şekil 65 1539no'lu İstasyonun Mevcut Durum ve Hipotetik (iii) Duruma Göre Akım Serisinin Değişimi .....	48
Şekil 66 İmranlı Barajı sulama suyu (arz-talep), barajdan bırakılan su ve rezervuar su seviye değerleri zaman serisi (% 76 azaltılmış gelen akım kullanılarak).....	49
Şekil 67 Yapıaltın Barajı sulama suyu (arz-talep), barajdan bırakılan su ve rezervuar su seviye değerleri zaman serisi (% 4 azaltılmış gelen akım kullanılarak).....	50
Şekil 68 Maksutlu Barajı sulama suyu (arz-talep), barajdan bırakılan su ve rezervuar su seviye değerleri zaman serisi (% 21 azaltılmış gelen akım kullanılarak).....	50

Şekil 69 Gazibey Barajı sulama suyu (arz-talep), barajdan bırakılan su ve rezervuar su seviye değerleri zaman serisi (% 34 azaltılmış gelen akım kullanılarak) .....	51
Şekil 70 Karacalar Barajı sulama suyu (arz-talep), barajdan bırakılan su ve rezervuar su seviye değerleri zaman serisi (% 1 azaltılmış gelen akım kullanılarak) .....	52
Şekil 71 4 Eylül Barajı sulama suyu (arz-talep), barajdan bırakılan su ve rezervuar su seviye değerleri zaman serisi (% 63 azaltılmış gelen akım kullanılarak) .....	52
Şekil 72 Pusat Özen Barajı sulama suyu (arz-talep), barajdan bırakılan su ve rezervuar su seviye değerleri zaman serisi (% 94 azaltılmış gelen akım kullanılarak) .....	53

## Tablolar

Tablo 1 Yapıların Yıllık Ortalama Su Sarfiyat Değerleri .....	20
Tablo 2 Yapılara ait mak. işletme ve dolusavak eşik kot değerleri .....	26
Tablo 3 DSİ verilerinin ve Mike program sonuçlarının taşkın sarfiyatı açısından karşılaştırılması .....	30
Tablo 4 (i) ile (ii) çalışmalarının karşılaştırılması .....	34
Tablo 5 Sulama ya da İçme Suyu Talep Karşılanma Oranları (ii).....	42
Tablo 6 Barajların Başlangıç Su Seviyeleri ve Minimum İşletme Seviyeleri.....	42
Tablo 7 Sulama ya da İçme Suyu Talep Karşılanma Oranları (iii).....	47
Tablo 8 Mevcut Durum ve Hipotetik Durum Çalışmalarının Özet Olarak Gösterimi.....	54

## 1. Giriş

Proje kapsamında Kızılırmak havzası alt havzalarından olan Sivas bölgesine ait 1543 alt havzası için akım gözlemi olmayan akarsu kollarında Coğrafi Bilgi Sistemleri tabanlı akım tahmin modeli geliştirilmiş ve havzada yüzey suyunun tüm paydaşlar arasında uygun şekilde paylaşılabilmesi için havza ön yönetim planı oluşturulması amacı ile mevcut su yapıları farklı senaryolar için işletilmiştir. 1543 alt havzası Sivas ilinin %50 kısmını kapsamaktadır.

Proje Raporu 2’de sunulduğu gibi Sivas Bölgesinde, mansapta bulunan 1543 no’lu istasyonun DSİ’den temin edilen 1970-2003 su yılları korele edilerek uzatılmış akım değerlerinin yıllık potansiyel su değeri 1837 hm<sup>3</sup> olarak bulunmuştur. Sivas bölgesinde yer alan depolama yapılarından inşa halinde ve işletmede olan baraj ve göletlerin depolama hacmi 2.2 hm<sup>3</sup> den büyük olanların bilgileri DSİ’den talep edilmiştir. Ancak, Bölge Müdürlüğünden toplamda 7 yapı için (İmranlı Barajı, Karacalar Barajı, Maksutlu Barajı, Yapıaltın Barajı, 4 Eylül Barajı, Gazibey Barajı ve Özen Barajı) işletme tabloları temin edilebilmiştir. Buradaki verilere göre 7 yapı için yıllık ortalama 219 hm<sup>3</sup> su taşkın, sulama, buharlaşma, kaçak, içme suyu ve diğer başlıklar altında kullanılmaktadır. Taşkın amaçlı su kullanımı dikkate alınmaz ise mevcut projeler ile 92.88 hm<sup>3</sup> suyun kullanıldığı görülmektedir. Ancak bahsi geçen bu yapıların dışında da yapılar bulunmaktadır ve bunların işletme bilgilerine ulaşılammıştır. Adı geçen yapılardan sadece bir tanesi içme suyu amaçlıdır ve diğer yapılar sulama amaçlıdır. Bölgede sulanan alanlar 70949 ha’dır. Aynı tip ürünlerin bu bölgede yetiştiği, benzer sulama sistemlerinin kullanıldığı ve olabilecek yağış dağılımının da benzer olduğu düşünülürse, bölgede 358 hm<sup>3</sup> suyun sulama amaçlı kullanıldığı düşünülebilir. Ama Kızılırmak üst havzasında halen gelişmeye açık su potansiyelinin bulunduğu görülmektedir.

Ölçüm olmayan alt havzalar için ortalama yıllık akım potansiyelinin belirlenmesi amacı ile geliştirilen metodolojide havza karakteristiklerinden alan ve çevre kullanılarak elde edilen kümeleme ile üç ayrı küme oluşturulmuştur. Bu kümelerin biri için medyan yükseklik havza karakteristiği de önemli bulunmuştur. Geliştirilen doğrusal olmayan regresyon denklemleri ile ölçüm olmayan havzalar için ortalama yıllık akım potansiyelinin bulunması mümkün olmaktadır. Akım serilerinin ölçüm olmayan havzalar için oluşturulmasında hidro-istatistik modeller kullanılmıştır. Bu modellerden akımların drenaj alanına göre standardize edilmesi yöntemi en yüksek Nash-Sutcliffe değeri vermiştir. Bu yöntemde alan üs değeri 1 olarak kullanılmış, fakat ardışık akım gözlem istasyon değerleri dikkate alındığında n değerinin oldukça değişken olduğu belirlenmiştir.

Çalışmanın bu kısmında DSİ’ den temin edilen verilerle Mike Hydro programı kullanılarak Sivas bölgesi için mevcut ve hipotetik durumlara göre işletme çalışması yapılmıştır.

DHI (Danish Hydraulic Institute) su kaynakları yazılım ürünlerinden biri olan Mike Hydro harita tabanlı ve kullanımı kolay grafik kullanıcı ara yüzü ile entegre su kaynakları yönetimini çalışmayı sağlayan bir programdır. Su kaynakları değerlendirilmesi, su paylaşımı ve rezervuar işletme gibi analizlerde, planlama ve yönetim çalışmalarında Mike Hydro programı kullanılmaktadır. Çalışmaların boyutu yerel proje ölçeği ve uluslararası nehir havzası ölçeği arasında değişmektedir.

Mike Hydro kullanıcıya nokta-bağlantı ile ağ modellemesi oluşturmasını sağlamaktadır. Ana çerçevede iki modülden oluşmaktadır; yağış-akış modellemesi ve havza simülasyonu. Havza simülasyon hesaplamalarında eğer verileri mevcut ise yeraltı suyu ve rezervuar tortu bilgisi programa girdi olarak eklenebilir. Simülasyon periyodu ayrıca belirlenen programda, zaman aralığı seçeneği saniye ile yıl



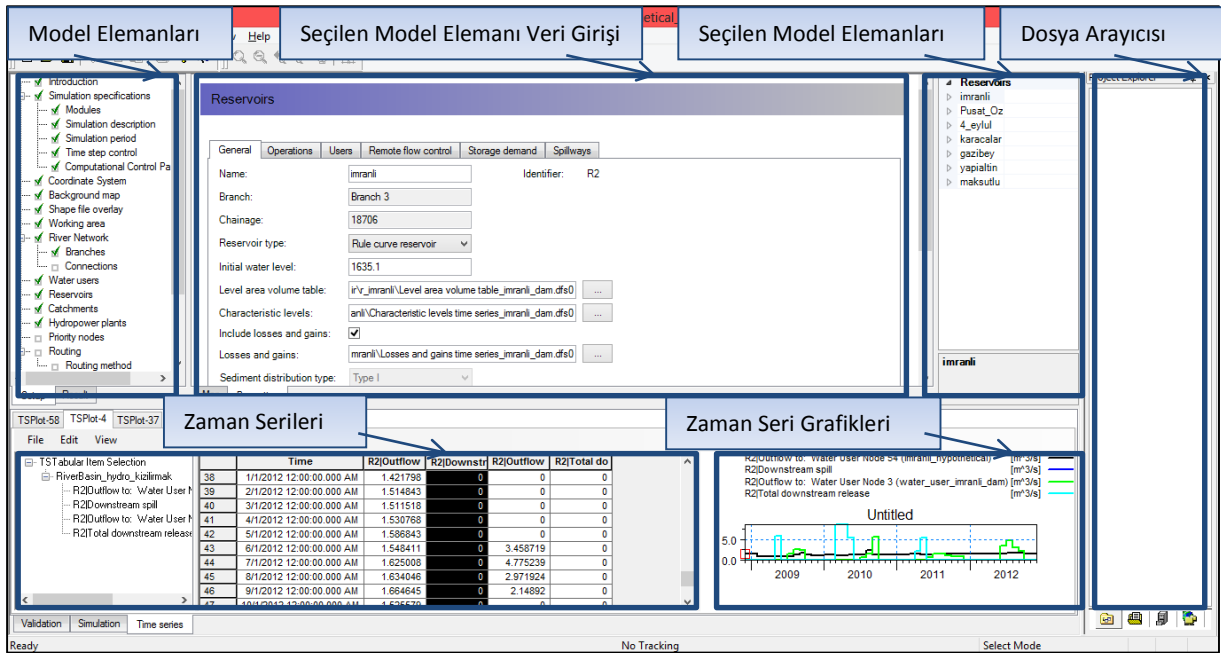
arasında değişmektedir. Doğru koordinatlarda veri girişi sağlandığında ve arka plan haritası Google harita kısmında istenilen formatta seçildiğinde (uydu görüntüsü, arazi, şehir krokisi gibi) altlık otomatik olarak dünya üzerinde çalışması gerçekleştirilen yerde belirlemek ve görsel yorumlamayı kolaylaştırmaktadır. Farklı programların (ArcGIS shp dosyaları gibi) katmanları programa uygun projeksiyon sisteminde dahil edilebilmektedir. Bu durum programlar arası veri transferini görsellik anlamında mümkün kılmakta ve nokta-bağlantı ile ağ oluşturulurken doğru konumda işlem yapmayı sağlamaktadır.

Bu çalışmada iki modülden biri olan havza simülasyonu kullanılmış ve verisi olmadığından yer altı suyu ve rezervuar tortu bilgisi seçenekleri çalışmaya dâhil edilmemiştir. Sivas bölgesi sınırları dâhilinde 7 adet yapının (baraj) işletme bilgisi DSİ'den temin edilebilmiş (Tablo A1 ve Tablo A7) bu verilere göre çalışma yapılmıştır.

Elde edilen veriler kapsamında mevcut (şu anki durum) ve olası (hipotetik) durumlara göre işletme çalışmaları yapılmıştır. Ancak bunun için öncelikle uygun formatta veri girişi yapılmıştır.

## 2. Program Temel Bilgileri

Program temel olarak model elemanları, seçilen model elemanının veri giriş bölümü (ya da haritadaki görüntüsü), seçilen model elemanları, dosya arayıcısı, zaman serileri (ya da simülasyon, validasyon bilgisi) ve seçilen zaman seri grafiklerinden oluşmaktadır. Şekil 1'de program ana şeması gösterilmektedir.



Şekil 1 Mike-Hydro Program Görüntüsü

Mike Hydro programının kendisine özel bir veri giriş sistemi (dfs0) bulunmakta ve program harici verinin açılabilmesi söz konusu olmamaktadır. Doğru veri girişi sağlayabilmek için excel formatında önceden hazırlanmış veriler Matlab programı kullanılarak dfs0 dosya sistemine dönüştürülmüştür. Veri tabanı oluşturulurken Mike Hydro 'nun model eleman dizilim yapısı dikkate alınmıştır.

## a. Model Elemanları

Program girdi verilerini oluştururken model elemanları dikkate alınmıştır. Her bir elemanın program içindeki görevleri farklı olmakla birlikte belli noktalarla birbirlerine bağlıdır, bunlar; simülasyon özellikleri (simulation specifications), koordinat sistemi (coordinate system), arka plan haritası (background map), dosya katmanı (shape file overlay), çalışma alanı (working area), nehir ağı (river network), su kullanıcısı (water user), rezervuar (reservoirs), havza (catchments), hidroelektrik santrali (hydropower plant), öncelikli noktalar (priority nodes), öteleme yöntemi (routing method), sulama verisi (irrigation data) ve sonuçların saklanması (storing of results)' dir.

### i. Simülasyon Özellikleri (Simulation Specifications)

Simülasyona ait bütün değişikliklerin yapıldığı bölümdür. Bunlar; havza modüllerinin seçimi, çalışmaya ait açıklamanın yapıldığı kısım, simülasyon periyodunun seçimi (başlangıç ve bitiş tarihleri), zaman aralığı kontrolü (saniye, dakika, yıl gibi) ve hesaplama kontrol parametrelerinden (yineleme sayısı gibi) oluşmaktadır. Bu özelliklerin program görüntüsü Şekil 2' de gösterilmiştir.

Şekil 2 Simülasyon Özellikleri (Seçim Sekmelerinden Görüntü)

### ii. Koordinat Sistemi (Coordinate System)

Programın bu elemanı üç farklı kısımdan oluşmaktadır; harita görüntüsü için koordinat sistemi, kurulum dosyasında saklanan özellikler için koordinat sistemi ve datum kayma parametreleridir (Şekil 3).

**Coordinate System**

Map view coordinate system

No projection

Map projection: Sphere Mercator (Radius = 6378137) ...

Sphere Mercator (Radius = 6378137) required for Google Map

Coordinate system for features stored in setup file

No projection

Feature projection: Sphere Mercator (Radius = 6378137) ...

Datum shift

None

dx: 0.000 [m] Rx: 0.000 [arcsec]

dy: 0.000 [m] Ry: 0.000 [arcsec] Scale: 0.000 [ppm]

dz: 0.000 [m] Rz: 0.000 [arcsec]

**Şekil 3 Koordinat Sistemi**

### iii. Arka Plan Haritası (Background Map)

Bu model elemanı, koordinat sistemi doğru tanımlandığında arka plan haritasının (kroki, arazi, uydu gibi) otomatik olarak çalışma arkasında görüntülenmesini sağlar (Şekil 4).

**Background map**

Visible

Background map overlay

None

Google map

Google map type: Satellite Image

Countries/Coastline s

Color ramp

Street Map

Satellite Image

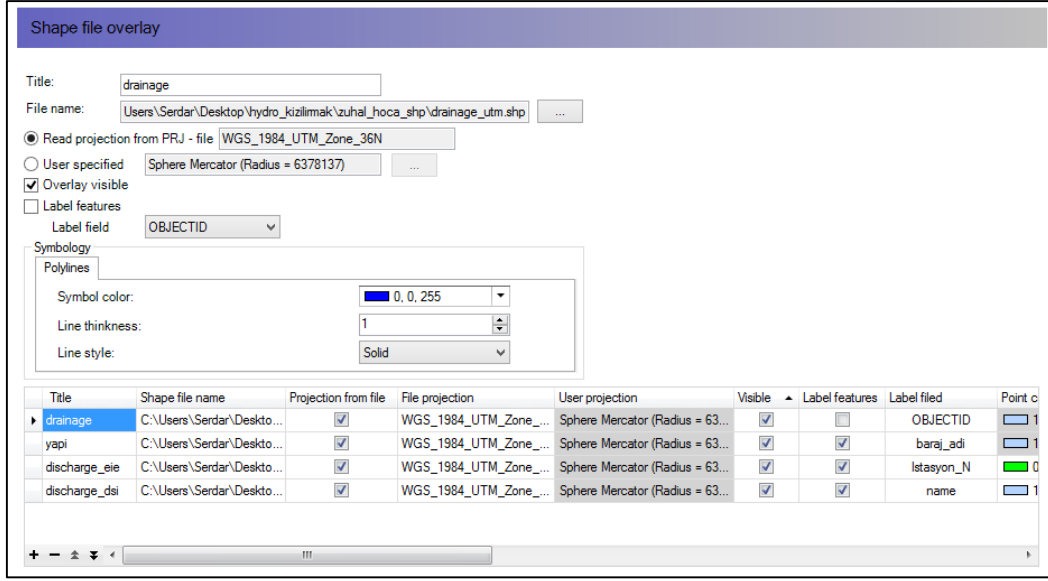
Terrain

EnumGoogleMapStyle\_Hybrid

**Şekil 4 Arka Plan Haritası**

### iv. Dosya Katmanı (Shape File Overlay)

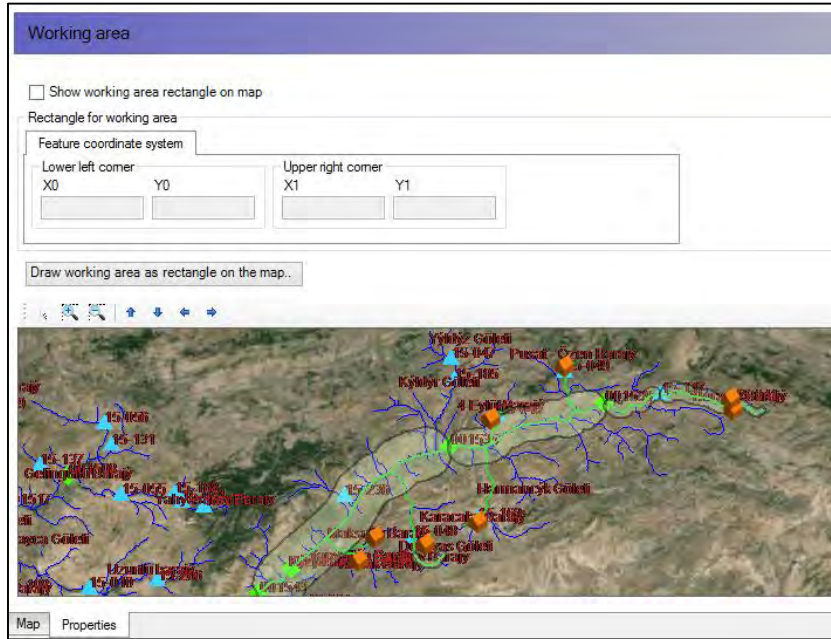
Programın arka plan haritasından sonra görsellik anlamında en önemli özelliklerinden olan dosya katmanı elemanı, farklı programlarca üretilmiş shp dosyalarının üzerine işlem yapılmaksızın istenilen formatta (renk, kalınlık, stil, görünürlük, etiketleme vb. gibi) çalışma yerinin üzerinde görüntülenmesini sağlar (Şekil 5). Bu özellik sayesinde baraj, gölet, akım gözlem istasyonu gibi noktasal bilgiler, sulama alanı, göl alanı gibi alansal bilgiler ve nehir ağı gibi çizgisel bilgiler görüntülenmiş olur. Bu veriler için ek çalışma yapmayı gerektirmez.



Şekil 5 Dosya Katmanı Ekran Görüntüsü

#### v. Çalışma Alanı (Working Area)

Köşe koordinatları tanımlanarak ya da harita üzerinde çalışma alanı dikdörtgen olarak çizilerek çalışma alanı belirlenebilir. Bu kısım çalışırken kolay ve hızlı şekilde çalışma alanının gösterilmesini sağlar (Şekil 6).



Şekil 6 Çalışma Alanı

#### vi. Nehir Ağı (River Network)

Çalışmaya başlarken belirlenmesi yararlı ilk model elemanı olan nehir ağı genel olarak dallardan (branches) ve bağlantılardan (connections) oluşmaktadır (Şekil 7).

### Branches

General River nodes

Definitions

Branch Name	Start Chainage	Flow Direction	Identifier
Branch 1	0	Positive	E14

Connections

Branch Name	Chainage
Upstream	-1E-155
Downstream	Branch 3

Name	Start Chainage	Flow Direction	Upstr. Name
Branch 1	0	Positive	
Branch 2	0	Positive	
Branch 4	0	Positive	
Branch 5	0	Positive	
Branch 6	0	Positive	
Branch 7	0	Positive	
Branch 3	0	Positive	

### Connections

Definitions

Branch Name: Branch 1

Connections

Branch Name	Chainage
Upstream	-1E-155
Downstream	Branch 3

Name	Upstr. Name	Upstr
Branch 1		
Branch 2		
Branch 4		
Branch 5		
Branch 6		
Branch 7		

Şekil 7 Nehir Ağı

Bu kısımda harita üzerinde çizilen nehir ağının genel karakteristikleri, akış yönü memba adı, mansap adı, akış kaybı ya da akış kapasitesi gibi özellikler buradan programa girdi olarak eklenebilir.

#### vii. Su Kullanıcısı (Water User)

Nehir ağı tanımlandıktan sonra programa eklenmesi daha kolay olan su kullanıcısı model elemanı üç sekmeden oluşur. İlk sekmede (Şekil 8) su kullanıcısı adı, tipi (normal kullanıcı ya da sulama kullanıcısı) ve su kullanımı zaman eğrisi bilgileri programa eklenir.

### Water users

General Supply connections Return flow connections

Name: water\_user\_imranli\_dam Identifier: W3

Type: Regular user

Water use time series: o\_kizilimak\time\_series\water\_user\Water use time series\_imranli\_dam.dfs0

Groundwater options: Not using groundwater

Supply Catchment: [ ]

Groundwater fraction use time series: [ ]

Groundwater absolute use time series: [ ]

Name	Type	Water user time series	Groundwater options	Supply catchment	Groundwater f
water_user_imranli...	Regular user	C:\Users\Serdar\Desktop\hydro_kizilimak\time_series\wat...	Not using groundwater		
Pusat_Ozen	Regular user	C:\Users\Serdar\Desktop\hydro_kizilimak\time_series\wat...	Not using groundwater		
4eylul	Regular user	C:\Users\Serdar\Desktop\hydro_kizilimak\time_series\wat...	Not using groundwater		
karacalar	Regular user	C:\Users\Serdar\Desktop\hydro_kizilimak\time_series\wat...	Not using groundwater		
gazibey	Regular user	C:\Users\Serdar\Desktop\hydro_kizilimak\time_series\wat...	Not using groundwater		
yapialtin	Regular user	C:\Users\Serdar\Desktop\hydro_kizilimak\time_series\wat...	Not using groundwater		
maksutlu	Regular user	C:\Users\Serdar\Desktop\hydro_kizilimak\time_series\wat...	Not using groundwater		

Map Properties

Şekil 8 Su Kullanıcısı (Genel Bilgiler Görüntüsü)

İkinci sekmede su tedarik bağlantı bilgileri kısmı bulunmaktadır (Şekil 9). Su kaynağı birden fazla su kullanıcısının ihtiyacını karşılıyorsa, olası su yetersizliği durumunda suyun hangi kullanıcıya gönderileceği (öncelik ya da kesirli talep verisi) bilgisi buradan tanımlanır. Buna ek olarak eğer suyun

gönderildiği bağlantı kanalının kapasite bilgisi ya da kayıp kaçak bilgisi mevcut ise bu sekmeden bu veriler de programa eklenebilir.

Water users										
General Supply connections Return flow connections										
Identifier	Connec from	Priority	Supply type	Fraction file	Has flow loss	Flow loss timeseries	Has flow capacity	Flow capacity timeseries		
E2	imranl...	1	Call by priority		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>			
Name	Type	Water user time series	Groundwa...	Supply ...	Groundwater fraction use time series	Groundwater absolute use time series	Clim			
water_user_j...	Regula...	C:\Users\Serdar\Desktop\hydro_kizilir...	Not using ...							FAO
Pusat_Ozen	Regular user	C:\Users\Serdar\Desktop\hydro_kizilir...	Not using ...							FAO
4eylül	Regular user	C:\Users\Serdar\Desktop\hydro_kizilir...	Not using ...							FAO
karacalar	Regular user	C:\Users\Serdar\Desktop\hydro_kizilir...	Not using ...							FAO
gazibey	Regular user	C:\Users\Serdar\Desktop\hydro_kizilir...	Not using ...							FAO
yapialtin	Regular user	C:\Users\Serdar\Desktop\hydro_kizilir...	Not using ...							FAO
maksutlu	Regular user	C:\Users\Serdar\Desktop\hydro_kizilir...	Not using ...							FAO

**Şekil 9 Su Kullanıcısı (Bağlantı Bilgileri)**

Üçüncü ve son sekmede ise (Şekil 10) eğer su kullanıcılarına gönderilen su kullanıldıktan sonra nehir hattına geri dönüyorsa (özellikle sulama suyu ) bunun zamana göre değişen verisi (zaman seri bilgisi), eğer kayıp ya da kapasite bilgisi varsa bunların bilgileri bu sekmeden programa eklenebilir.

Water users										
General Supply connections Return flow connections										
Identifier	Return flow to	Chainage	Return flow file	Has flow loss	Flow loss timeseries	Has flow capacity	Flow capacity timeseries			
E28	Branch 3	25699	C:\Users\Serdar\D...	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>				
Latitude	Altitude	Use disaggregate rainfall	Disaggregate rainfall days	Deficit distribution method	Use a soil and runoff model	Soil and runoff model				
39.892	0	<input type="checkbox"/>		0 Equal shortage	<input type="checkbox"/>					
40.01	0	<input type="checkbox"/>		0 Equal shortage	<input type="checkbox"/>					
39.82	0	<input type="checkbox"/>		0 Equal shortage	<input type="checkbox"/>					
39.446	0	<input type="checkbox"/>		0 Equal shortage	<input type="checkbox"/>					
39.365	0	<input type="checkbox"/>		0 Equal shortage	<input type="checkbox"/>					
39.306	0	<input type="checkbox"/>		0 Equal shortage	<input type="checkbox"/>					
39.392	0	<input type="checkbox"/>		0 Equal shortage	<input type="checkbox"/>					

**Şekil 10 Su Kullanıcısı (Kullanılan Suyun Geri Dönüş Bilgisi)**

Bunların dışında eğer yer altı suyu bilgisi varsa bu değerler zaman serisi olarak programa (sekme seçilimi altındaki kısımdan) eklenebilir. Eğer program başlangıcında yağış-akış simülasyonu seçilirse buna bağlı olarak, iklim modeli, yağış zaman serisi, terleme-buharlaştırma zaman serisi gibi bilgiler eklenebilir.

### viii. Rezervuar (Reservoirs)

Nehir ağı tanımlandıktan sonra programa eklenebilen bu model elemanının veri bilgileri altı farklı sekmeden yapılır (Şekil 11). Genel bilgiler kısmında isim, rezervuar tipi, başlangıç su seviyesi, kot-alan-hacim tablosu, karakteristik seviyeler, kayıp kazanç zaman serisi gibi bilgiler buradan programa eklenir.

Name	Branch name	Chainage	Reservoir Type
mranli	Branch 3	18706	Rule curve reservoir

Şekil 11 Rezervuar Genel Bilgiler

Genel bilgiler kısmında rezervuar ile ilgili su seviyesi, kot-alan-hacim tablosu ve karakteristik bilgiler programa girdi olarak eklenmesi gereken zorunlu bilgilerdir.

Rezervuar işletme sekmesinde (Şekil 12) yapıya ait taşkın kontrol seviyesi, minimum su bırakma, maksimum su bırakma, minimum işletme seviyesi ve klavuz eğrisi gibi bilgiler eklenebilir. Bu kısımda eklenmesi zorunlu olan değer ise taşkın kontrol seviyesidir.

Şekil 12 Rezervuar İşletme Bilgileri

Rezervuar kullanıcı sekmesi (Şekil 13) su kullanıcısı olarak önceden tanımlanmış model elemanının istenilen rezervuara bağlantısının yapıldığı kısımdır. Burada eğer birden fazla kullanıcı varsa suyun kullanımına yönelik öncelik verilebilir (içme suyunun önceliğinin 1, sulama suyunun önceliğinin 2 olması gibi). Aynı bölümden suyun seviyesinin azalmasına göre (ölü hacim değerine yaklaşıldığında) suyun su kullanıcısına istenilen oranda gönderilmesi sağlanabilir.

Reservoirs									
General	Operations	Users	Remote flow control	Storage demand	Spillways				
Name	Identifier	Priority	No. of Reductio...	Pool ownership ti...	Has flow loss	Flow loss timeser...	Has flow capacity	Flow capacity tim...	
water_user_j...	E2		2	1					
Reduction level and fraction file									
C:\Users\Serdar\Desktop\hydro_kizilmak\time_series\veservoir\imranli\Water supply fraction time series_imranli_dam.dfs0									
imranli_hypoth...	E53		1	1					

**Şekil 13 Rezervuar Kullanıcı Bilgileri**

Rezervuar uzaktan kontrol sekmesiyle mansapta istenilen bir noktadan rezervuar akım kontrolü yapılabilir. Depolama talebi sekmesinde ise mambadaki rezervuarın akımının (kritik su seviyesi ya da su hacmine göre) mansaptaki rezervuarca öncelik durumuna göre suyun temin edilme durumunu sağlar (Şekil 14).

Reservoirs							
General	Operations	Users	Remote flow control	Storage demand	Spillways		
Branch	Identifier	Chainage	Min flow requirement	Min flow	Max flow requirement	Max flow	

Reservoirs					
General	Operations	Users	Remote flow control	Storage demand	Spillways
Reservoir name	Identifier	Priority	Storage demand time series		

**Şekil 14 Rezervuar Uzaktan Kontrol ve Depolama Bilgileri**

Son sekme, dolusavak sekmesinde dipsavak ve dolusavak kapasite bilgileri girilerek taşkın zamanı tahliye edilmesi gerek suyun miktarının hesaplamasını sağlar (Şekil 15).

Reservoirs					
General	Operations	Users	Remote flow control	Storage demand	Spillways
<input type="checkbox"/> Spill capacity table required Spill capacity table: <input type="text"/> ...					
<input type="checkbox"/> Spillway bottom levels Spillway bottom levels time series: <input type="text"/> ...					
<input type="checkbox"/> Bottom outlet capacity Bottom outlet capacity time series: <input type="text"/> ...					

**Şekil 15 Rezervuar Dolusavak Bilgileri**

## ix. Havza (Catchments)

Havza model elemanı programa akım verisinin girdi olarak eklenmesini sağlar. Bu elemanın programa eklenebilmesi için nehir ağının belirlenmesi ön koşuldur. Program kullanıcısının isteğine göre havza alanı el ile eklenebilir ya da program bunu otomatik olarak da yapar. Eğer program modül kısmında yer altı suyu ve yağış-akış modellemesi seçilirse havza model elemanında bunların modelleri seçilebilir (Şekil 16).

Havza model elemanında eklenmesi zorunlu olan veri havzaya ait akım zaman seri tablosudur.



Şekil 16 Havza Bilgileri

#### x. Hidroelektrik Santrali (Hydropower Plants)

Enerji amaçlı çalışmalarda bu model elemanı kullanılmaktadır. Güç talebi zaman serisi, yaklaşık yükseklik, minimum su bırakma, güç verimliliği tablosu, kuyruk suyu bilgisi, yüksekli kaybı tablosu gibi bilgiler model elemanına tanımlanır (Şekil 17).

Şekil 17 Hidroelektrik Santrali

#### xi. Öncelikli Noktalar (Priority Nodes)

Öncelikli noktalar, nehir ağı üzerinde belirlenir. Belirlenen bu noktadan bir ya da daha fazla su kullanıcısına su çekilmesini sağlar (Şekil 18). Noktadan geçen minimum akım zaman serisi, önceliği gibi bilgiler bu model elemanında belirlenir.

Priority nodes

Minimum flow (passing flow) at priority node

Minimum flow time series:  ...

Water supply priorities:

	Name	Priority	Fraction	Fraction file

Priority nodes:

	Priority node	Branch	Chainage

**Şekil 18 Öncelikli Noktalar**

### xii. Öteleme Yöntemi (Routing Method)

Öteleme yöntemi nehir ağı üzerindeki akımın geçtiği noktaya tanımlanır. Yöntemler arasında lineer rezervuar ötelemesi, Muskingum ve dalga kaydırma yöntemleri bulunmaktadır (Şekil 19).

Routing method

Location

Branch:

River node:

ID:

Flow routing method

Method:

Delay parameters:

Shape parameters:

Water level calculation

Method:

+ -

	Branch	RiverNode	ID	Flow routing method	Water level calculation

**Şekil 19 Öteleme Yöntemi**

### xiii. Sulama Verisi (Irrigation Data)

Su kullanıcısı özel bir türü olarak belirtilen sulama kullanıcısı bu model elemanında tanımlanır. Üç farklı bölümden oluşmaktadır, bunlar; sulama yöntemi (Şekil 20), bitki (Şekil 21) ve toprak-akımdır (Şekil 22).

Sulama yöntemi bölümüne, sulama alanının nasıl ve ne zaman sulanacağı hakkında bilgiler eklenir. Sulama yöntemleri arasında FAO 56 ve Rice Crop yöntemleri bulunmaktadır. Serpme kaybı (spray loss) zaman serisi; su, sulama alanına varmadan buharlaşan su kaybını ifade etmektedir. Kesir sayılarla ifade edilmiş nemlilik zaman serileri de bu kısımdan tanımlanabilir.

**Irrigation method**

Name:

Type:

Spray loss time series :  ...

Wetting fraction time series :  ...

Trigger option

Option :

Time series :  ...

Application option

Option :

Time series :  ...

+ - X

Irrigation name | Irrigation Method | Spray loss time series | Wetting fraction time series

**Şekil 20 Sulama Verisi (Sulama Yöntemi)**

Toprak nemi ve referans terleme-buharlaşma değerleri kullanılarak bitki modülü bitki terleme-buharlaşmasını ve toprak buharlaşmasını hesaplayabilir (Şekil 21). Toprak-akış modülünde ise farklı toprak tiplerine göre akış değişeceğinden burada gerekli toprak ve akış model tanımlamaları yapılmasına olanak sağlar.

**Crops**

Name:

Model type:

**Şekil 21 Sulama Verisi (Bitki)**

**Soil and runoff**

Name:

Soil model

Type:  FAO 56  
 ZIMsched  
 ZIMsched for Rice field

Soil moisture content

Initial :  Field capacity :  Wilting point :

Runoff model

Type:  None  
 Linear  
 Modified SCS  
 Modified SCS for Rice field

**Şekil 22 Sulama Verisi (Toprak-Akış)**

#### xiv. Sonuçların Saklanması (Storing of Results)

Bu elemanı kullanılarak model sonuçlarının istenilen yerde saklanır (Şekil 23).

Storing of results

Use default result folder  
Result folder path:  
o\_kizilirmak\MIKEHYDRO\_KIZILIRMAK\_hypothetical\_modeling.mhydro - Result Files\ ...

Use default name for rainfall-runoff result file  
Rainfall-runoff result file  
RainfallRunoff\_hydro\_kizilirmak.dfs0

Use default name for river basin result file  
River basin result file  
RiverBasin\_hydro\_kizilirmak.dfs0

**Şekil 23 Sonuçların Saklanması**

## b. Program Uygulaması

DSİ' den elde edilen işletme çalışmaları verisine göre, 7 yapı (baraj) ve burada depolanan suyun kullanıldığı sulama suyu ve içme suyu kullanıcıları ile kayıp-kaçak su başlıkları yer almaktadır. Bu durumda zaman seri verilerinin tanımlanacağı model elemanları şu şekildedir: rezervuar (reservoirs), su kullanıcısı (water user) ve havza (catchments). Yapılara ait yerleşim Şekil 24' de görülebilir.

- Rezervuar (reservoirs) elemanında programda veri olması zorunlu kısımlar:
  - Başlangıç su seviyesi
  - Kot alan hacim tablosu
  - Taşkın kontrol seviyeleriBu elemanda zorunlu olmayan ancak verisi olan kısımlar ise;
  - Kayıp ve kazanç tablosu (zaman serisi)
  - Azaltma seviyesidir.
- Su kullanıcısı (water user) elemanında programda veri olması zorunlu kısımlar şu şekildedir:
  - Su kullanımı bilgisi (zaman serisi) ve
  - Geri dönen su bilgisi (zaman serisi )(eğer akışa dönük su verilmiş ise)
- Havza (catchments) elemanında programda veri olması zorunlu kısım şu şekildedir:
  - Akış bilgisi (zaman serisi)

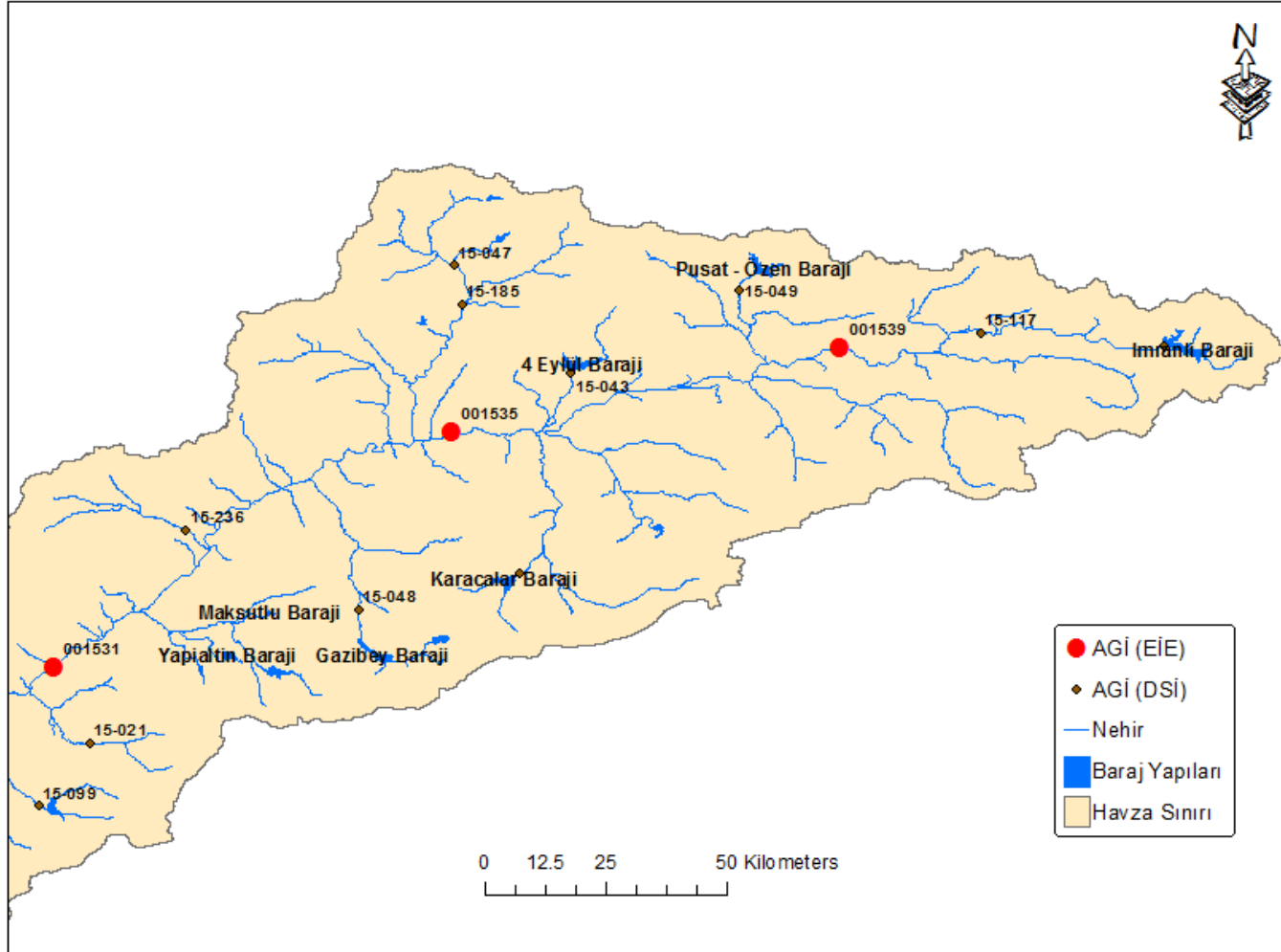
4 Eylül Barajı hariç her bir yapının sulama suyu değeri (sulama alanına gönderilen su miktarı) bulunmakta ve sadece 4 Eylül barajı için içme suyu kullanıcısı bulunmaktadır. Özet olarak yapıların yıllık ortalama su sarfiyat tablosu Tablo 1'de sunulmuştur.

**Tablo 1 Yapıların Yıllık Ortalama Su Sarfiyat Değerleri**

Baraj Adı	Enerji (hm <sup>3</sup> )	Taşkın (hm <sup>3</sup> )	Sulama (hm <sup>3</sup> )	Buharlaştırma (hm <sup>3</sup> )	Kaçak (hm <sup>3</sup> )	İçme suyu (hm <sup>3</sup> )	Diğer (hm <sup>3</sup> )	Toplam (hm <sup>3</sup> )
İmranlı Barajı	0	67.42	22.24	0.16	0	0	0	89.82
Karacalar Barajı	0	1.60	14.06	0.71	0	0	1.86	18.23
Maksutlu Barajı	0	1.83	2.26	0.11	0	0	0	4.21
Yapıaltın Barajı	0	0.23	11.64	0.40	0	0	0	12.28
Gazibey Barajı	0	0.20	5.63	0.36	0	0	0	6.19
Özen Barajı	0	51.36	3.56	1.50	0	0	0.42	56.84
4 Eylül Barajı	0	3.76	0	1.36	3.79	22.81	0	31.72
<b>Toplam</b>	<b>0</b>	<b>126.40</b>	<b>59.39</b>	<b>4.61</b>	<b>3.79</b>	<b>22.81</b>	<b>2.28</b>	<b>219.28</b>

Tablo 1' de de görüldüğü üzere bahsi geçen 7 yapının enerji amacı yoktur.

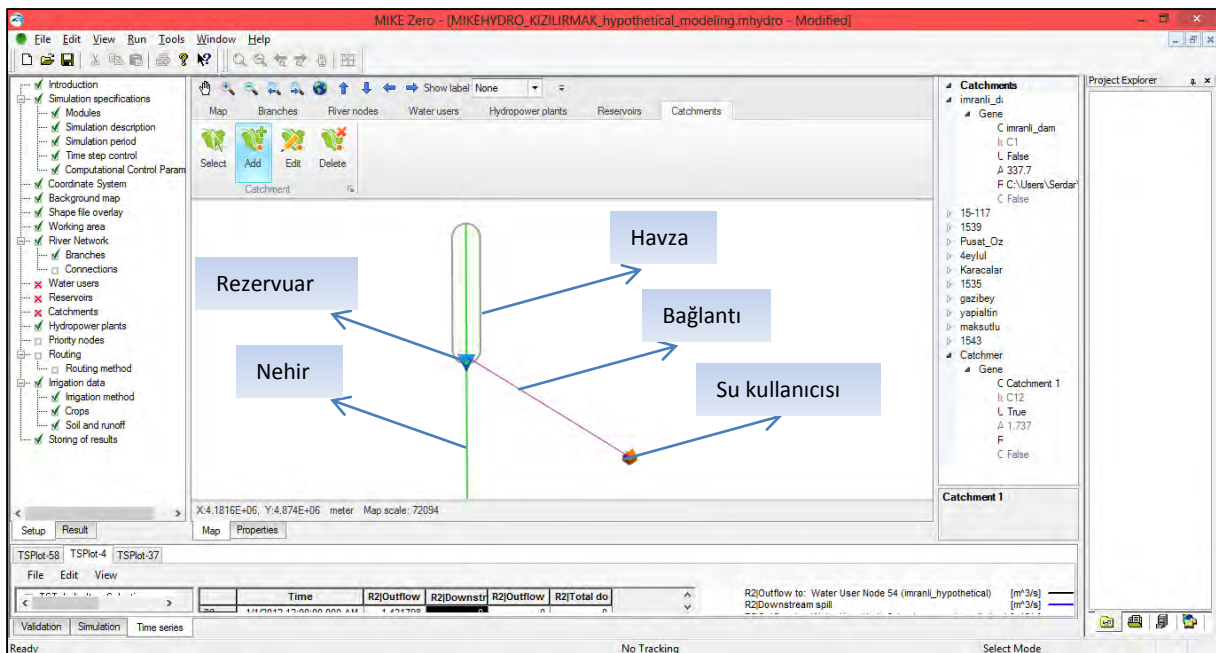
- Sulama ve içme suyu değerleri ve geri dönen su bilgisi zaman serisi olarak su kullanıcısı elemanına (water user); buharlaştırma, kaçak ve diğer başlığındaki değerler zaman serisi olarak rezervuar (reservoirs) elemanına tanımlanmıştır. 4 Eylül Barajı hariç diğer barajlara (sulama suyu kullanıcısı model elemanı olanlar) sulama suyunun belli kısmı ana nehir hattına döneceği düşünülmüş ve bu oranın sulama suyu olarak gönderilen suyun % 20 'si kadar olması çalışma için uygun görülmüştür. .



Şekil 24 Yapıların Yerleşimi

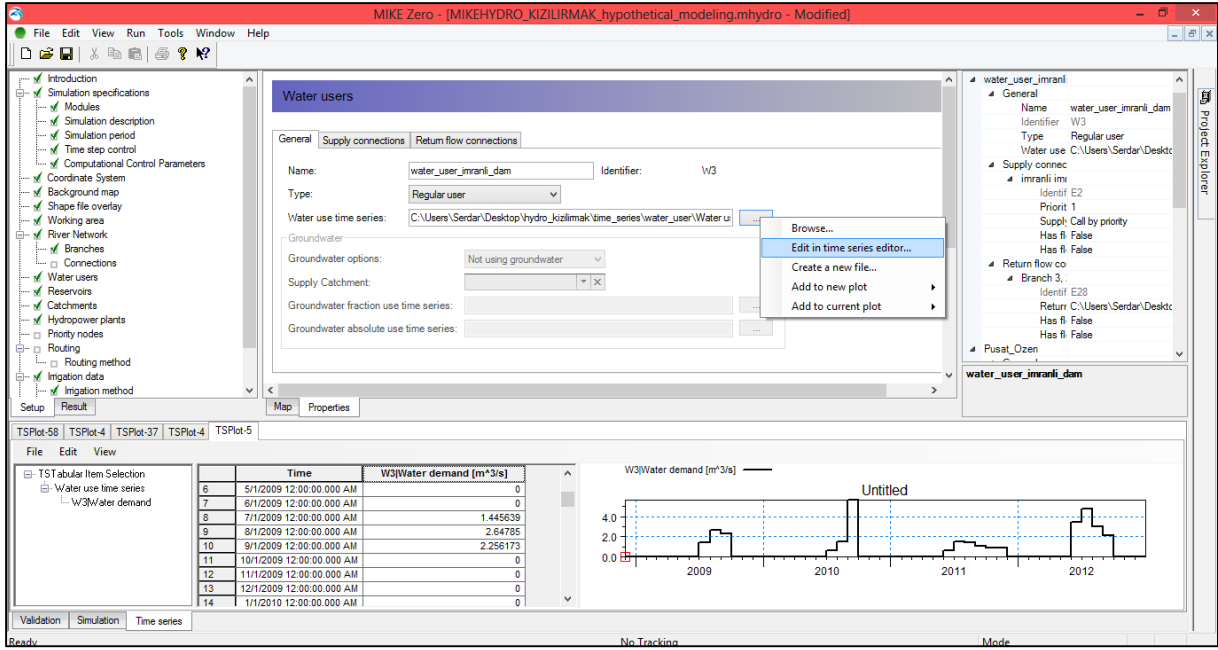
- Rezervuar alanına gelen akım zaman serileri ise her bir rezervuar için havza oluşturulup bu havzalara tanımlanmıştır.
- Taşkın değerleri zaman serisi olarak programa tanımlanmamış bu değerlerin bulunabilmesi için taşkın kotu; dolusavak eşik değeri ya da maksimum işletme kotu rezervuar elemanına eklenmiştir.

Uygun formatta hazırlanan dfs0 dosyalarının programa girdi olarak eklenebilmesi için öncelikle nehir akış eğrisiyle birlikte uygun konumda rezervuar, su kullanıcısı ve havza noktalarının belirlenmesi gerekmektedir. Şekil 2' de nehir üzerine eklenen rezervuar yapısı, havza ve su kullanıcısı görülmektedir. Bu yapılar harita kısmında çizilip eklendikten sonra sol taraftaki model elemanları bölümünden ekleme yapılan elemanların veri girişinin yapılması gerekmektedir. Program bu uyarıyı (X) şeklinde yapmaktadır. Bu uyarı kaldırmak için gerekli olan model elemanlarına (su kullanıcısı, rezervuar ve havza) aylık formatta veri girişi sağlanmıştır (Şekil 25).

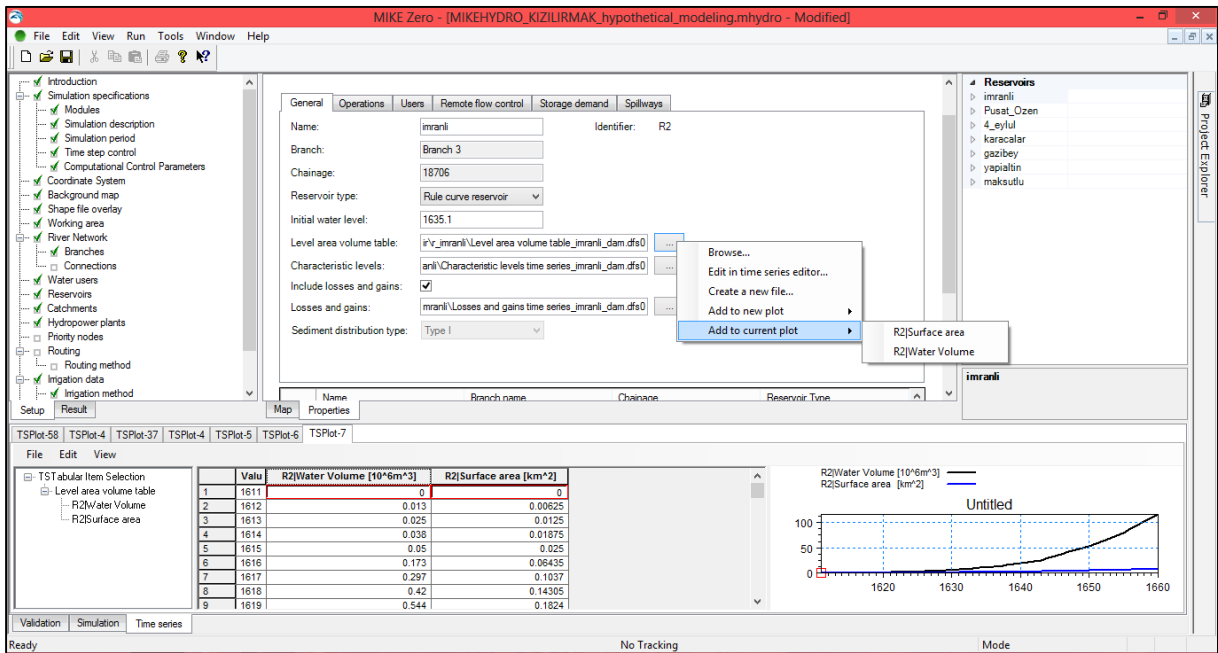


**Şekil 25 Program Elemanlarının Harita Üzerinde Gösterimi**

İmranlı Barajı su kullanıcısı için veri girişi, tablo (su ihtiyaç tablosu) ve grafiği Şekil 26 'da; İmranlı Barajı için kot alan hacim tablosu örnek veri girişi ve grafiği Şekil 27' de ve İmranlı Barajı için gelen akım zaman serisi tablosunun havza model elemanına girişi Şekil 28' de sunulmuştur. Sivas bölgesinde yer alan 7 yapı için aynı şekilde veri girişleri tamamlanmıştır. Diğer yapıların veri girişleri ekte sunulan Şekil A1-Şekil A18 dokümanından görülebilir.

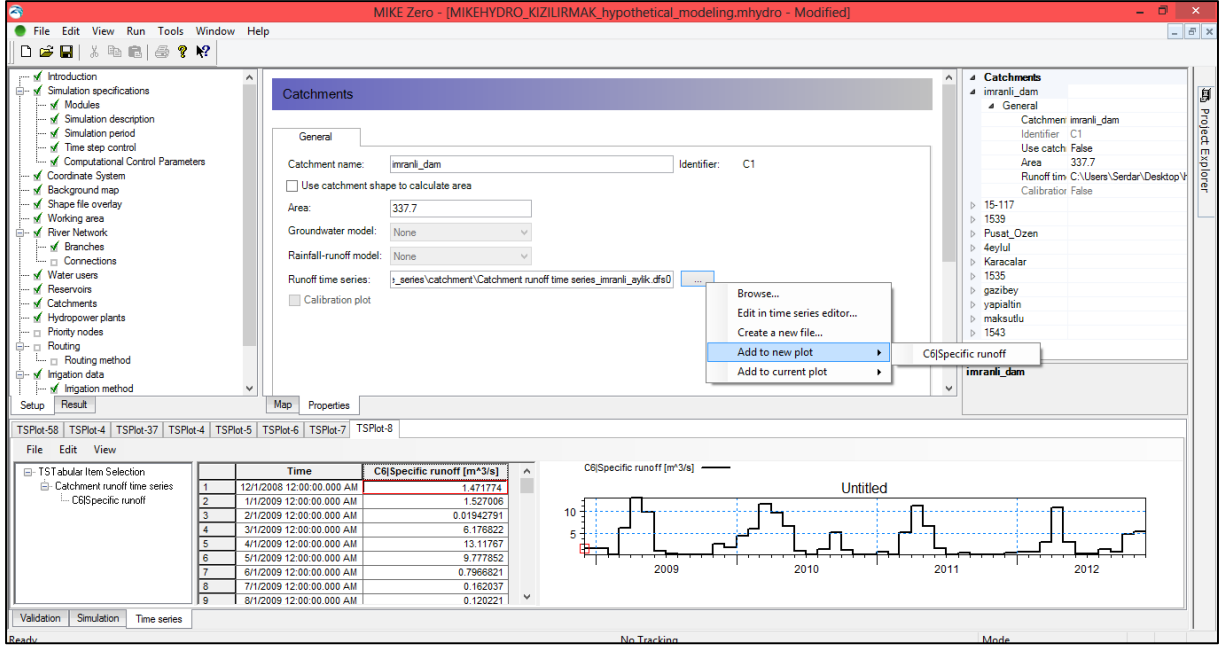


Şekil 26 Su kullanıcısı model elemanına veri girişi (su ihtiyaç tablosu)



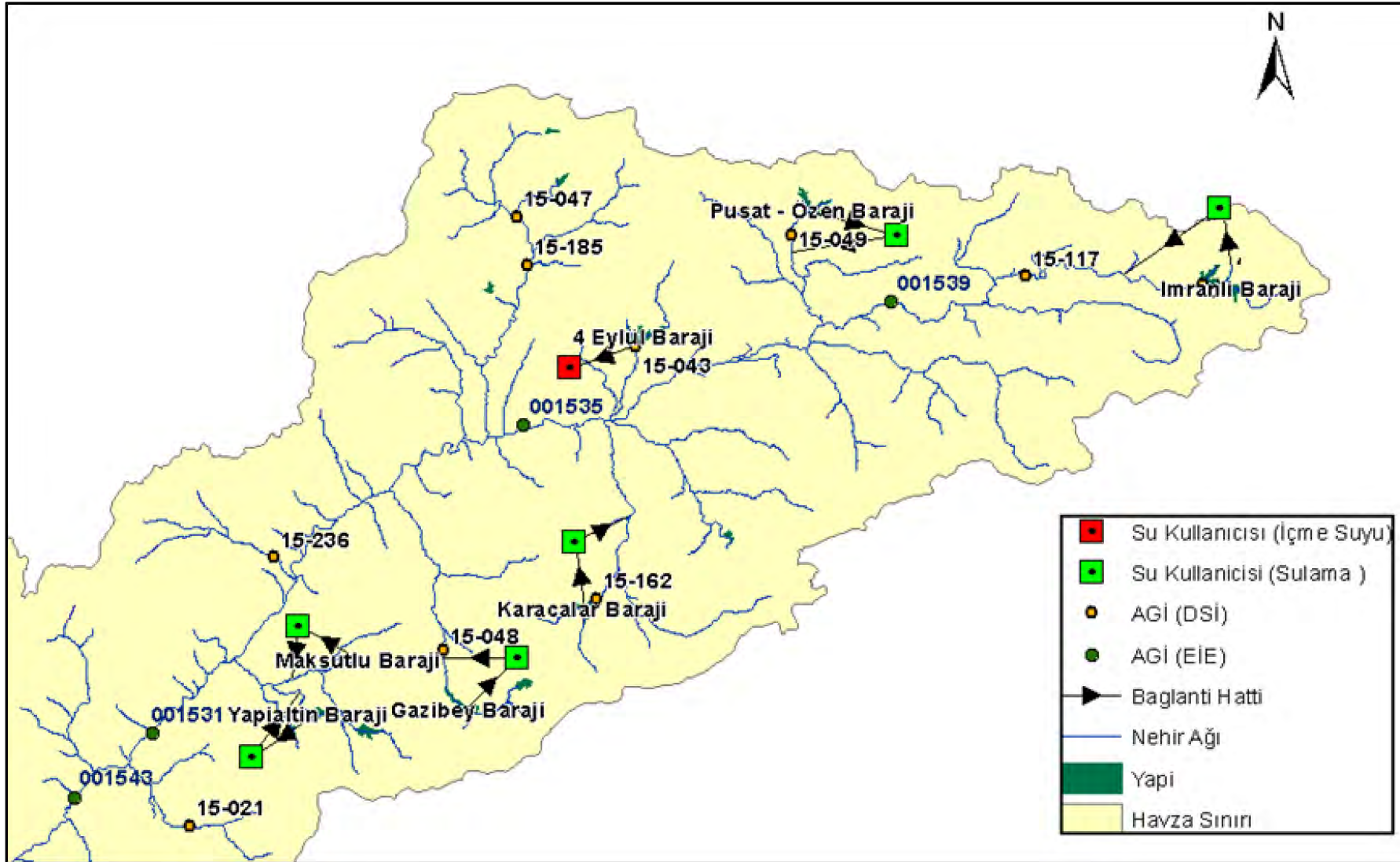
Şekil 27 Rezervuar model elemanına veri girişi (kot-alan-hacim tablosu)





Şekil 28 Havza model elemanına veri girişi (akım zaman serisi)

Doğru konumda çalışmayı sağlamak için arka plan haritası (background map) kısmından Google haritası seçilmiştir. Buna ek olarak önceden doğru koordinatlarda var olan yapıların shp dosyası seçilerek (görsel amaçlı) programda açılmış ve bu da model elemanlarının istenilen yere yerleştirilmesini sağlamıştır. Şekil 29' da çalışma alanı şematik olarak baraj, su kullanıcıları ve AGİ'ler ile birlikte görülebilir.



Şekil 29 Şematik Olarak Baraj, Su Kullanıcıları ve Agi' lerin Görüntüsü

### 3. İşletme Çalışması

İşletme çalışmaları mevcut durumdaki taşkın su değerlerini karşılaştırabilmek ve olası durumlarda kritik su miktarını hesaplayabilmek için yapılmıştır.

#### a. Mevcut Durum

DSİ'den temin edilen işletme çalışmaları tablolarından (Tablo A1-Tablo A7) zaman seri değerleri ve karakteristikler tablolarından (Tablo A8-TabloA 14) elde edilen seviye değerleri ile oluşturulan model yapısı, taşkın için bırakılan su değerlerini karşılaştırmak için çalıştırılmıştır. Bu çalışmada DSİ' den temin edilen taşkın seviyesi iki farklı şekilde alınmıştır, dolusavak eşik kotu ve maksimum işletme seviyesi. Yapılara ait seviye değerleri Tablo 2' de sunulmuştur.

**Tablo 2 Yapılara ait mak. işletme ve dolusavak eşik kot değerleri**

Yapılar	Mak. İşletme Kotu (m)	Dolu Savak Eşik Kotu (m)
İmranlı Barajı	1655.60	1652.00
Pusat Özen Barajı	1496.26	1494.00
4 Eylül Barajı	1393.70	1390.60
Karacalar Barajı	1419.60	1412.40
Gazibey Barajı	1434.90	1431.60
Maksutlu Barajı	1303.50	1301.50
Yapıaltın Barajı	1303.50	1301.50

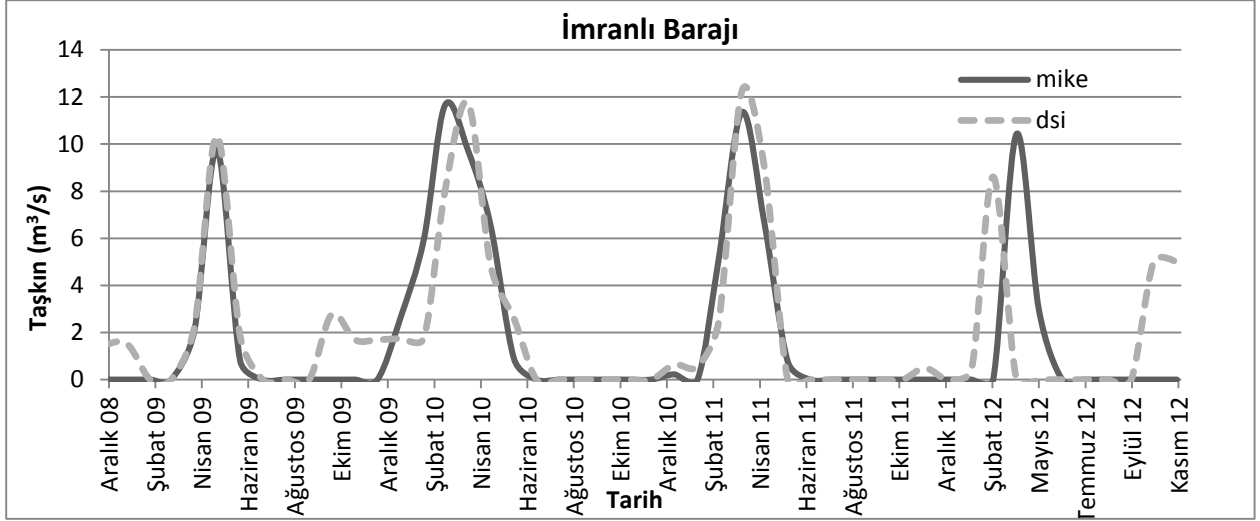
#### i. Dolusavak eşik kot değerinin taşkın kotu olarak kabul edilip işletme çalışmasının yapılması

Bu aşamada karakteristikler tablosunda yer alan dolusavak eşik kot değeri taşkın seviyesi olarak kabul edilmiş ve işletme çalışması buna göre yapılmıştır. Simülasyon sonunda dipsavak yapısından geçmesi beklenen su değerleri m<sup>3</sup>/s cinsinden elde edilmiştir. Bu değerler zaman serisi şeklinde elde edilmiş ve DSİ tablolarında yer alan (Tablo A1-Tablo A7) taşkın değerleriyle (DSİ tablolarında barajdan bırakılan su taşkın hanesinde ifade edilmektedir) karşılaştırılmıştır. Buna göre bütün yapılar için elde edilen grafikler sırasıyla İmranlı Barajı Şekil 30' da, Pusat Özen Barajı Şekil 31' de, 4 Eylül Barajı Şekil 32' de, Karacalar Barajı Şekil 33' de, Gazibey Barajı Şekil 34' de, Maksutlu Barajı Şekil 35' de ve Yapıaltın Barajı Şekil 36' da sunulmuştur.

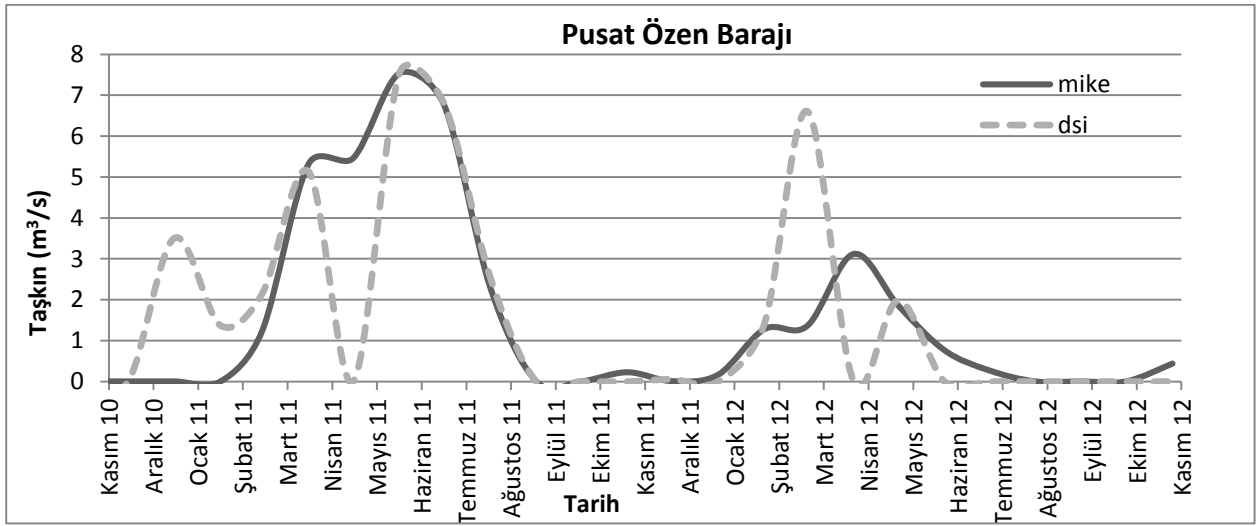
İmranlı Barajı için taşkın zaman serisine bakıldığında (Şekil 30), DSİ'nin taşkın suyunu genel olarak daha önce bıraktığı (Ağustos 2009-Aralık 2009 ve Ekim 2011-Mart 2012) gözlenmektedir.

Pusat Özen Barajına bakıldığında da (Şekil 31) benzer durum gözlenmiştir, taşkın suyu (DSİ) önceden bırakıldığı için (Kasım 2010-Şubat 2011) sonrasında grafikte düşüş görülmüştür (Mart 2011-Mayıs2011). Buna yakın durum Ocak 2012-Nisan 2012 zaman aralığında da görülmektedir.

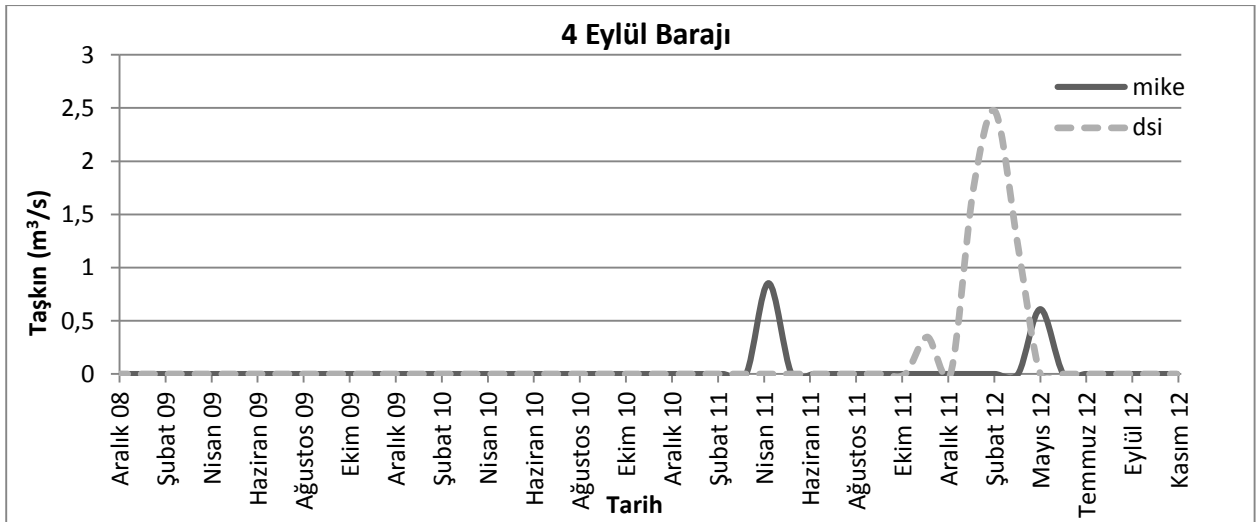
4 Eylül Barajında ise (Şekil 32) taşkın zaman eğrilerinin örtüşmediği, DSİ'nin daha fazla suyu daha önce bıraktığı görülmektedir.



Şekil 30 İmranlı Barajı için Barajdan Bırakılan Su Değerinin (Taşkın) Karşılaştırılması

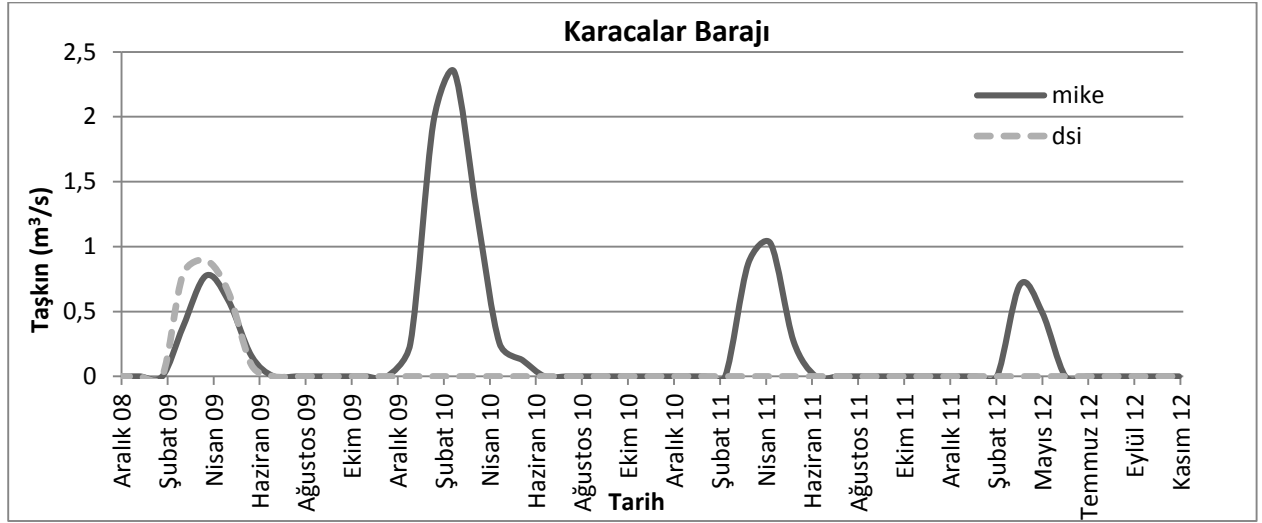


Şekil 31 Pusat Özen Barajı için Barajdan Bırakılan Su Değerinin (Taşkın) Karşılaştırılması



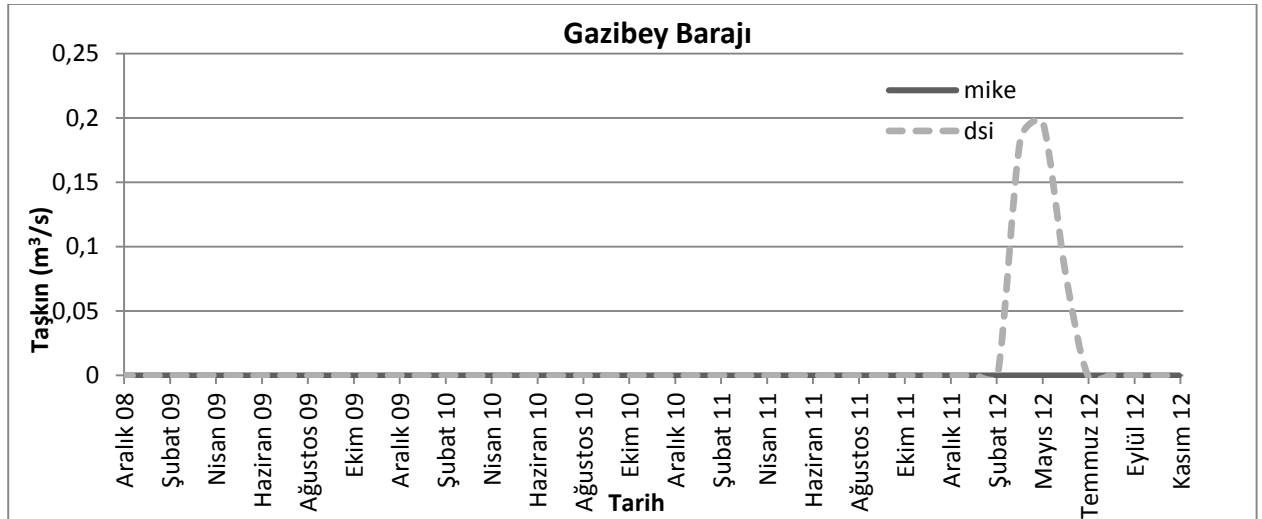
Şekil 32 4 Eylül Barajı için Barajdan Bırakılan Su Değerinin (Taşkın) Karşılaştırılması

Karacalar Barajı (Şekil 33) Şubat 2009-Haziran 2009 zaman aralığı taşkın suyu eğrileri birbirine yakın ancak Haziran 2009'dan sonraki dönemde DSI'nin su bırakmadığı görülmüştür.



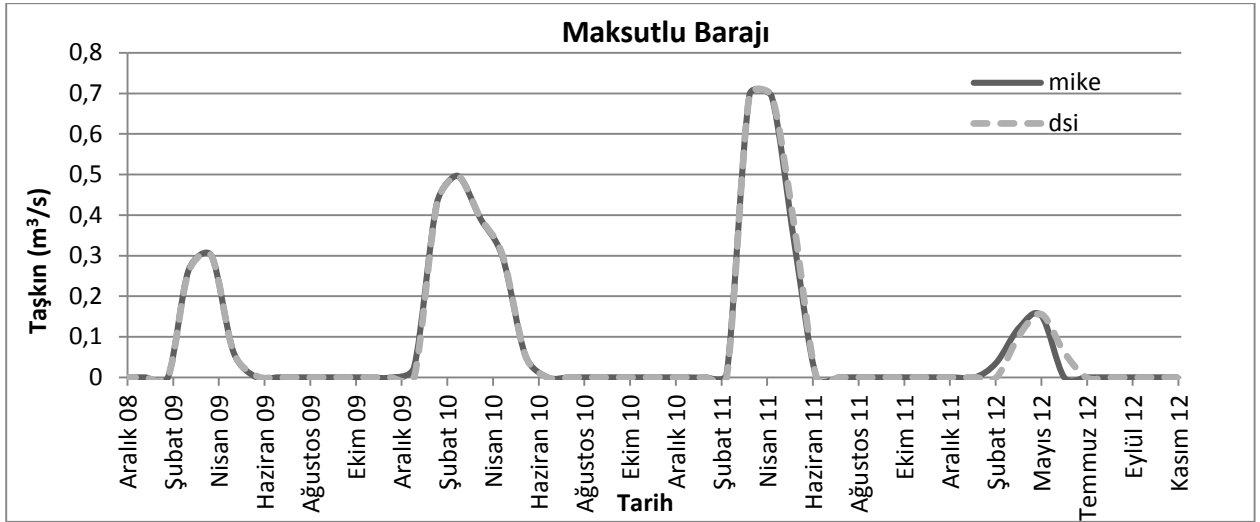
Şekil 33 Karacalar Barajı için Barajdan Bırakılan Su Değerinin (Taşkın) Karşılaştırılması

Gazibey Barajına bakıldığında (Şekil 34) program sonuç değerlerine göre baraj kapasitesi dolmadığı için su bırakılmadığı ancak Şubat 2012-Temmuz 2012 dönemleri arasında DSI'nin su bıraktığı görülmektedir.



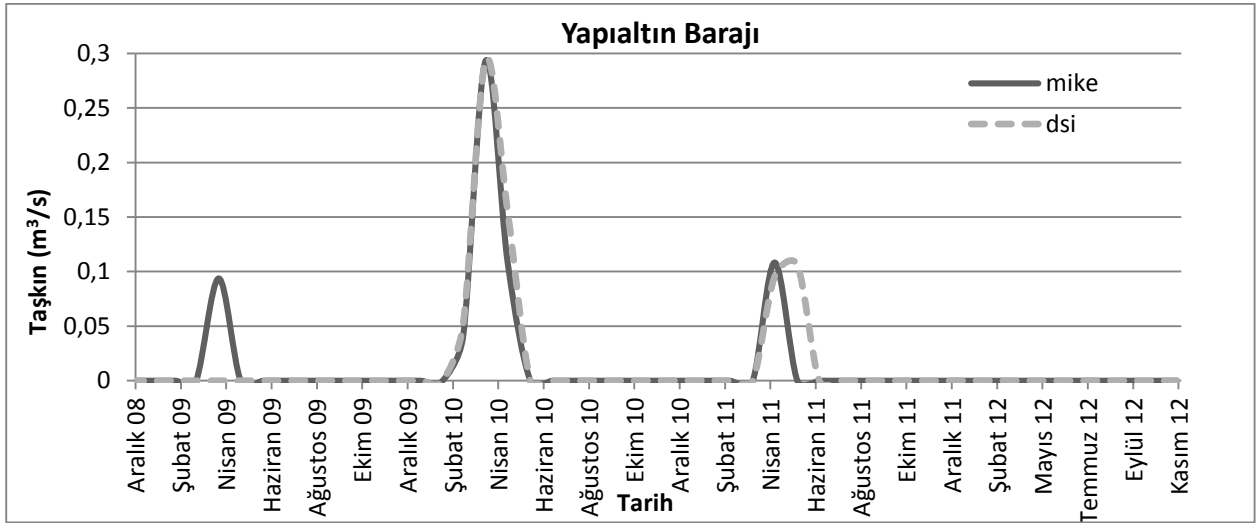
Şekil 34 Gazibey Barajı için Barajdan Bırakılan Su Değerinin (Taşkın) Karşılaştırılması

Maksutlu Barajında ise (Şekil 35) program ve DSI sonuçlarının birebir örtüştüğü bu da barajın zamana göre değişen kapasite seviyesinin olmadığı, belli bir su seviyesi değerinden (dulusavak eşik kotu) sonra suyun bırakıldığını göstermektedir.



Şekil 35 Maksutlu Barajı için Barajdan Bırakılan Su Değerinin (Taşkın) Karşılaştırılması

Yapıaltın Barajına bakıldığında (Şekil 36) DSİ'nin Şubat 2009-Nisan 2009 dönemleri arasında su bırakmadığı ancak Mayıs 2001-Haziran 2011 arasında fazla su bıraktığı, diğer dönemlerde ise program ile benzer sonuçlar verdiği gözlenmiştir.



Şekil 36 Yapıaltın Barajı için Barajdan Bırakılan Su Değerinin (Taşkın) Karşılaştırılması

Buraya kadar olan kısımda Mike sonuçlarının (dipsavaktan bırakılan) ve DSİ verilerinin (taşkın değerlerinin) grafik olarak zamanda nasıl değiştiği incelenmiştir. Tablo 4' de ise bu değişimin özet olarak (Aralık 2008 ve Eylül 2012 zamanları arası bırakılan su) toplamı hm<sup>3</sup> biriminde gösterilmektedir. Tablo 3'e göre toplam bırakılan su değerlerinin birbirlerinden çok uzak olmadığı (8.63), ancak yapılar ayrı ayrı incelendiğinde farkın arttığı görülmektedir.

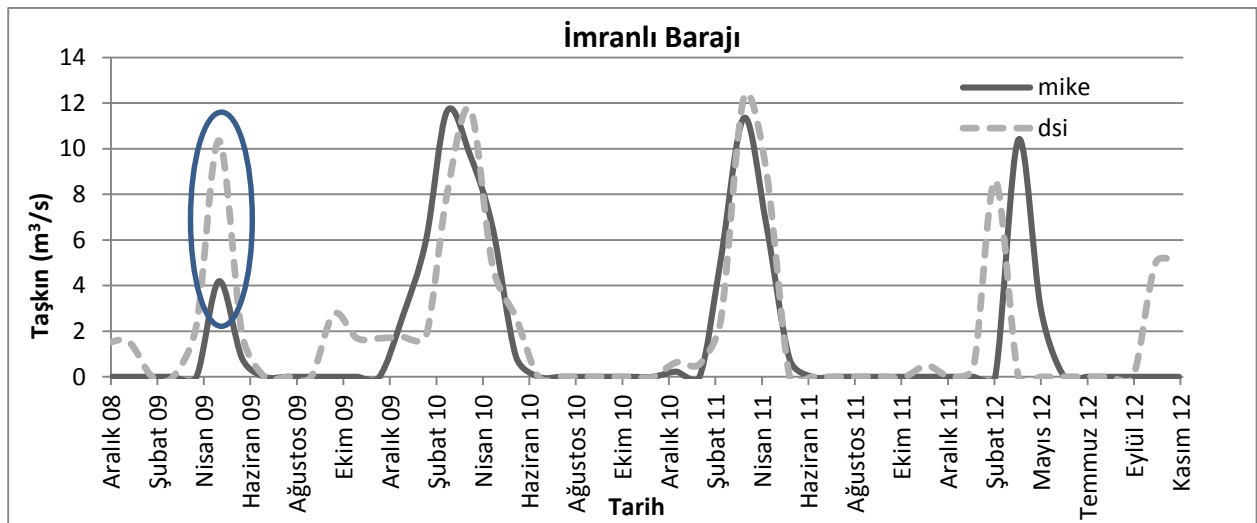
**Tablo 3 DSİ verilerinin ve Mike program sonuçlarının taşkın sarfiyatı açısından karşılaştırılması**

Yapılar	Mike (hm <sup>3</sup> )	DSİ (hm <sup>3</sup> )	Fark (hm <sup>3</sup> )	Fark (%)
İmranlı Barajı	229.66	273.62	43.96	16.07
Pusat Özen Barajı	100.29	102.72	2.43	2.37
4 Eylül Barajı	3.92	15.04	11.12	73.94
Karacalar Barajı	29.74	6.41	-23.33	-78.45
Gazibey Barajı	0.00	1.21	1.21	-
Maksutlu Barajı	11.40	11.46	0.06	0.52
Yapıaltın Barajı	1.69	1.84	0.15	8.15
<b>Toplam</b>	<b>376.70</b>	<b>412.30</b>	<b>35.60</b>	<b>8.63</b>

**ii. Maksimum işletme kot değerinin taşkın kotu olarak kabul edilip işletme çalışmasının yapılması**

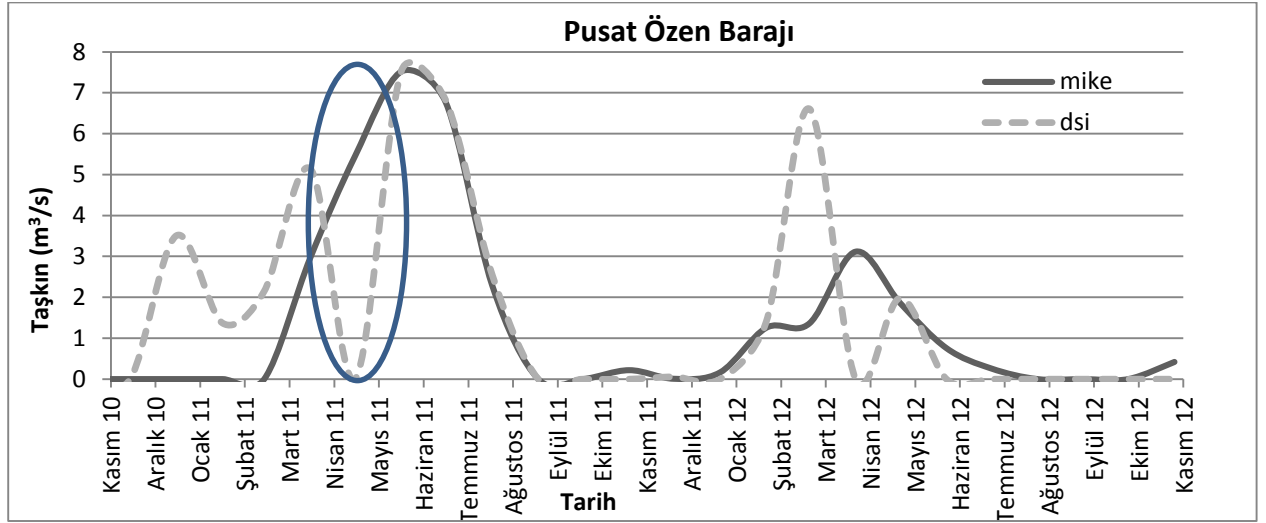
Bu çalışmadaki amaç maksimum işletme kot değerine göre çalıştırılan barajda ne kadarlık su hacminin barajda tutulabileceğini hesaplamak ve dolusavaktan bırakılan suyun zamana göre nasıl değiştiğini görebilmektir. Karakteristikler tablosunda yer alan maksimum işletme değeri taşkın seviyesi olarak kabul edilmiş ve işletme çalışması buna göre yapılmıştır. Simülasyon sonunda dolusavak yapısından geçmesi beklenen su değerleri m<sup>3</sup>/s cinsinden elde edilmiştir. Bu değerler bir önceki çalışmada da olduğu gibi zaman serisi şeklinde elde edilmiş ve DSİ tablolarında yer alan (Tablo A1-Tablo A7) taşkın değerleriyle karşılaştırılmıştır. Bütün yapılar için elde edilen grafikler sırasıyla İmranlı Barajı Şekil 37' de, Pusat Özen Barajı Şekil 38' de, 4 Eylül Barajı Şekil 39' da, Karacalar Barajı Şekil 40' da, Gazibey Barajı Şekil 41' de, Maksutlu Barajı Şekil 42' de ve Yapıaltın Barajı Şekil 43' de sunulmuştur.

İmranlı Barajı için dolusavaktan geçen taşkın zaman serisine bakıldığında (Şekil 37), daha önceki çalışmaya göre (Şekil 30) taşkın seviyesi 3.6 m yükseldiği için Mart 2009- Haziran 2009 dönemlerinde bırakılan su miktarının azaldığı görülmüştür.



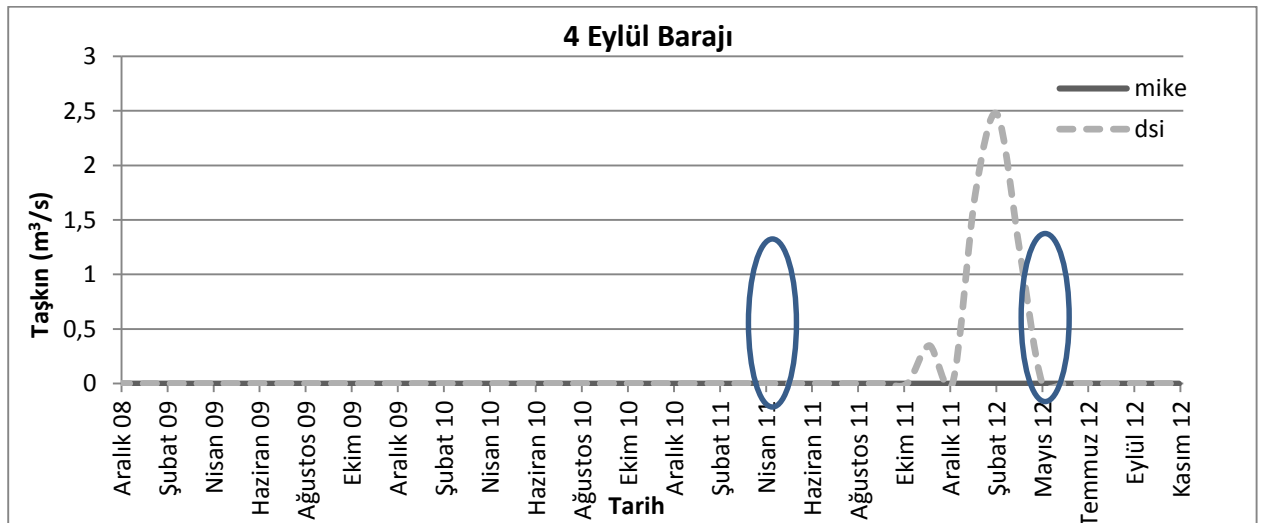
**Şekil 37 İmranlı Barajı için Dolusavaktan Geçen Taşkın Değerlerinin Karşılaştırılması (Mak. İşletme Kotu)**

Pusat Özen Barajına bakıldığında ise (Şekil 31 ve Şekil 38) taşkın seviyesi 2.26 m arttığı için Şubat 2011-Nisan 2011 dönemlerindeki savaklanan su miktarı azalmıştır.



Şekil 38 Pusat Özen Barajı için Dolusavaktan Geçen Taşkın Değerlerinin Karşılaştırılması (Mak. İşletme Kotu)

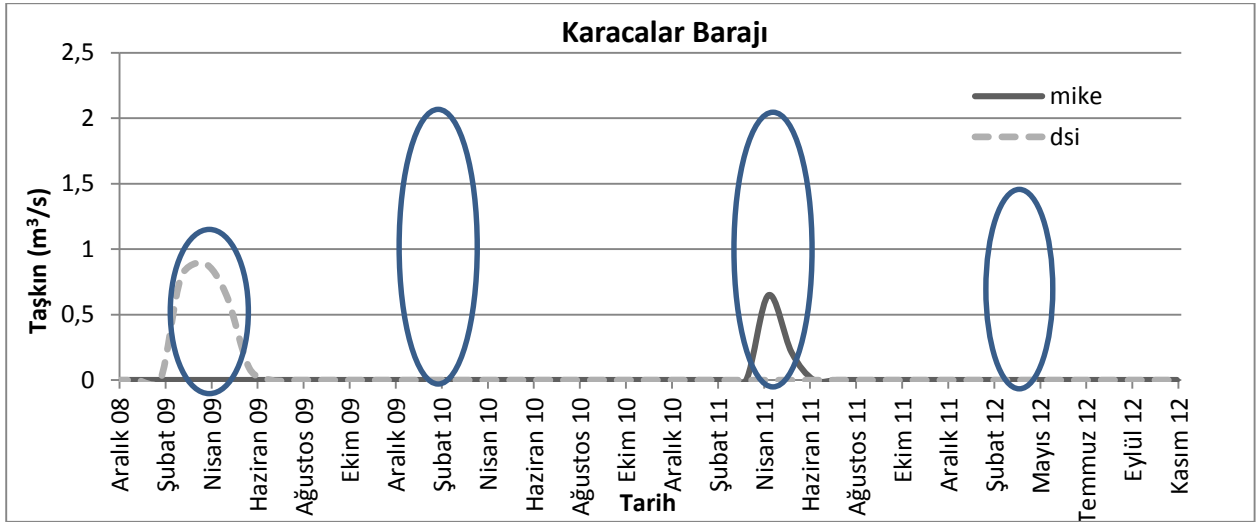
4 Eylül Barajı incelendiğinde (Şekil 39) taşkın seviyesinin 3.1 m arttığı ve bu seviye farkını kapatacak ölçüde su gelmediğinden dolusavaktan su bırakılmamıştır.



Şekil 39 4 Eylül Barajı için Dolusavaktan Geçen Taşkın Değerlerinin Karşılaştırılması (Mak. İşletme Kotu)

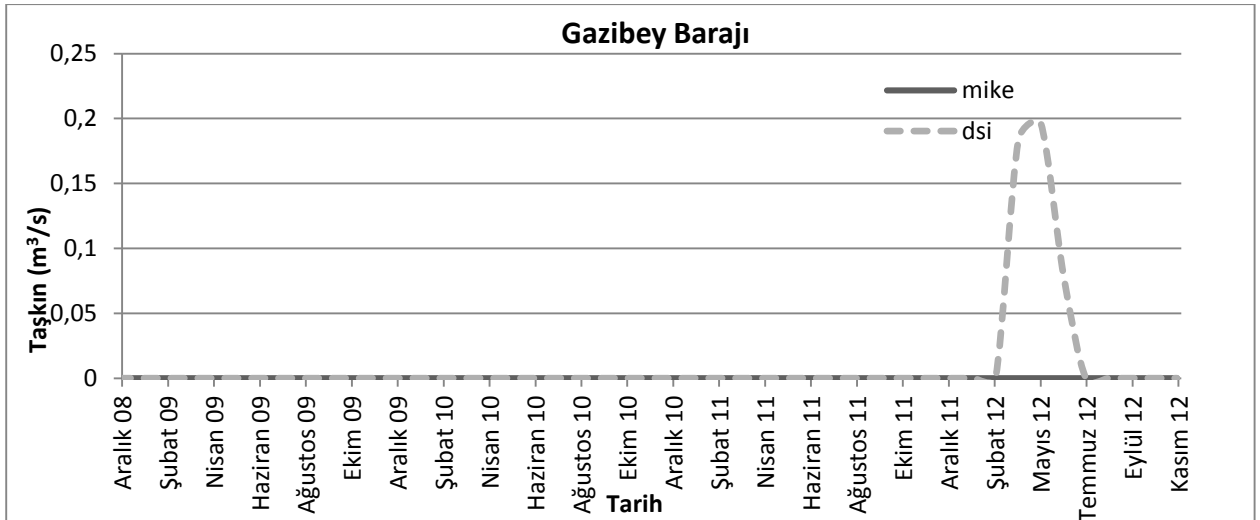
Karacalar Barajında ise taşkın seviyesi 7.2 m arttığına dolusavaktan geçen su miktarının bütün dönemler için azaldığı gözlenmiştir (Şekil 40).





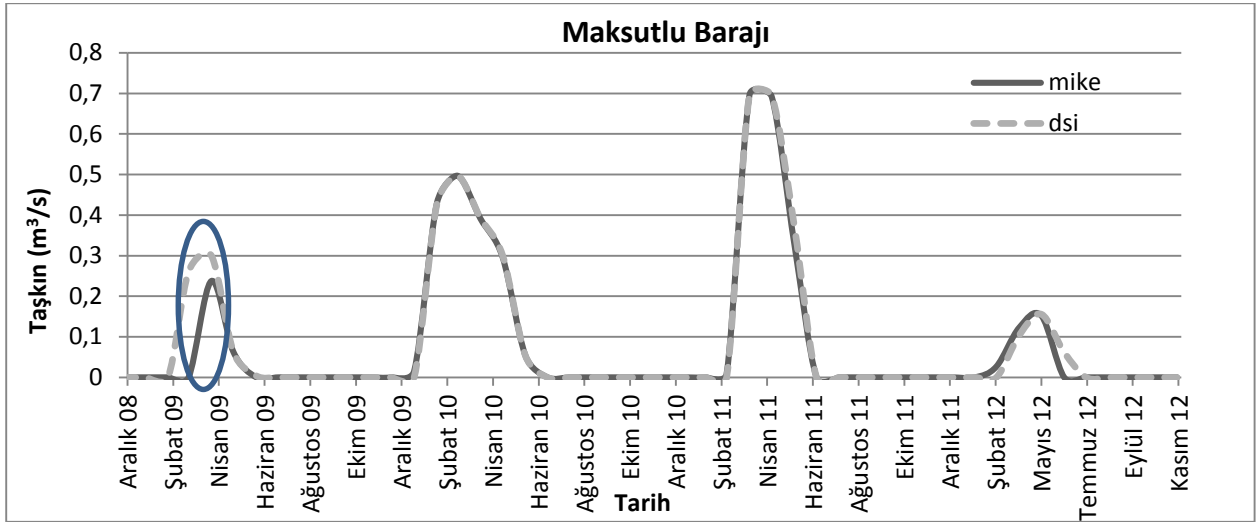
Şekil 40 Karacalar Barajı için Dolusavaktan Geçen Taşkın Değerlerinin Karşılaştırılması (Mak. İşletme Kotu)

Gazibey Barajındaki çalışma dolusavak eşik kotuna göre yapıldığında (Şekil 34) barajın herhangi taşkın suyu bırakmadığı gözlenmiştir. Bu sebepten taşkın seviyesindeki 3.3m'lik değer artışı baraj rezervuarı yeteri kadar dolmadığından dolusavaktan su geçişi hesaplanmamıştır. Bu sebeple Şekil 41' de Şekil 34'ün aynısıdır.



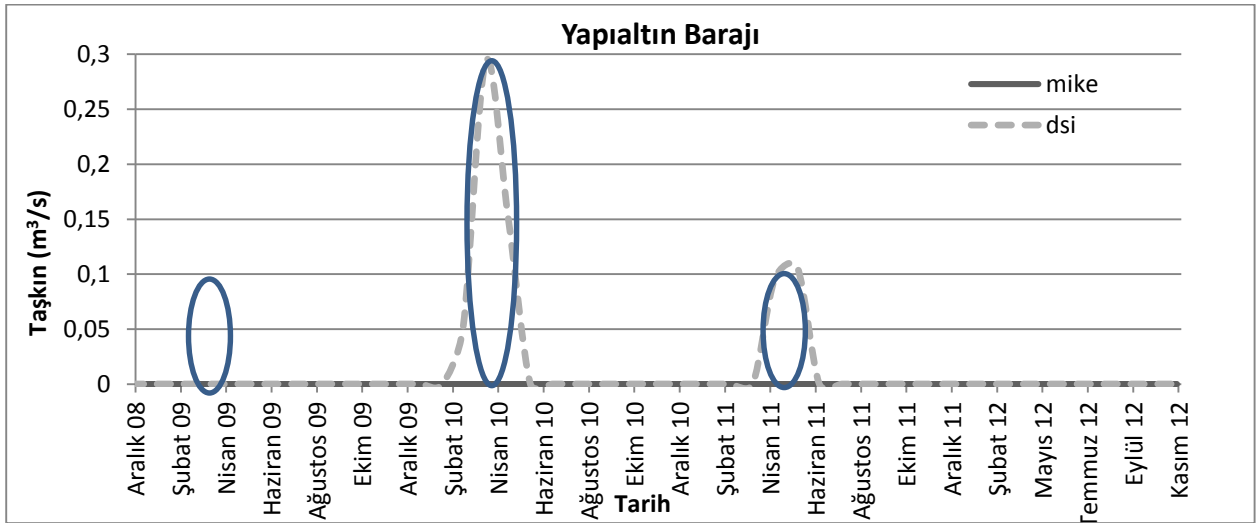
Şekil 41 Gazibey Barajı için Dolusavaktan Geçen Taşkın Değerlerinin Karşılaştırılması (Mak. İşletme Kotu)

Maksutlu Barajında yapılan 2 m'lik taşkın seviyesindeki artıştan oluşan ek hacim Şubat 2009-Mart 2009 dönemleri arasında dolusavaktan geçen su miktarını azaltmıştır (Şekil 42).



Şekil 42 Maksutlu Barajı için Dolusavaktan Geçen Taşkın Değerlerinin Karşılaştırılması (Mak. İşletme Kotu)

Yapıaltın Barajı incelendiğinde (Şekil 43) taşkın seviyesinin 2 m arttığı ve bu seviye farkını kapatacak ölçüde su gelmediğinden dolusavaktan su bırakılmamıştır.



Şekil 43 Yapıaltın Barajı için Dolusavaktan Geçen Taşkın Değerlerinin Karşılaştırılması (Mak. İşletme Kotu)

Tablo 4'de (i) ve (ii) no'lu çalışmalarının ortak özeti bulunmaktadır. Taşkın su seviyesinin dolusavak eşik kotundan maksimum işletme kotuna değiştirilmesiyle oluşan ekstra hacim, seviye farkı ve maksimum işletme kotuna göre program çalıştırıldığında barajda gözlenen maksimum su seviyesi bu tabloda sunulmuştur.

**Tablo 4 (i) ile (ii) çalışmalarının karşılaştırılması**

Yapılar	Hacim* (hm <sup>3</sup> )	Fark** (m)	Mak. su seviyesi (m)	Mak. işletme Kotu (m)
İmranlı Barajı	20.45	3.60	1655.60	1655.60
Pusat Özen Barajı	9.63	2.26	1496.26	1496.26
4 Eylül Barajı	3.92	3.10	1391.17	1393.70
Karacalar Barajı	27.46	7.20	1419.60	1419.60
Gazibey Barajı	0.00	3.30	1430.73	1434.90
Maksutlu Barajı	0.93	2.00	1303.50	1303.50
Yapıaltın Barajı	1.69	2.00	1302.53	1303.50

Hacim\* : Taşkın kotunun dolusavak eşik kotundan mak. işletme kotuna değiştirilmesiyle birlikte baraj haznesinde tutulması beklenen ekstra hacim

Fark\*\* : Maksimum işletme kotu ile dolusavak kret kotu arasındaki fark

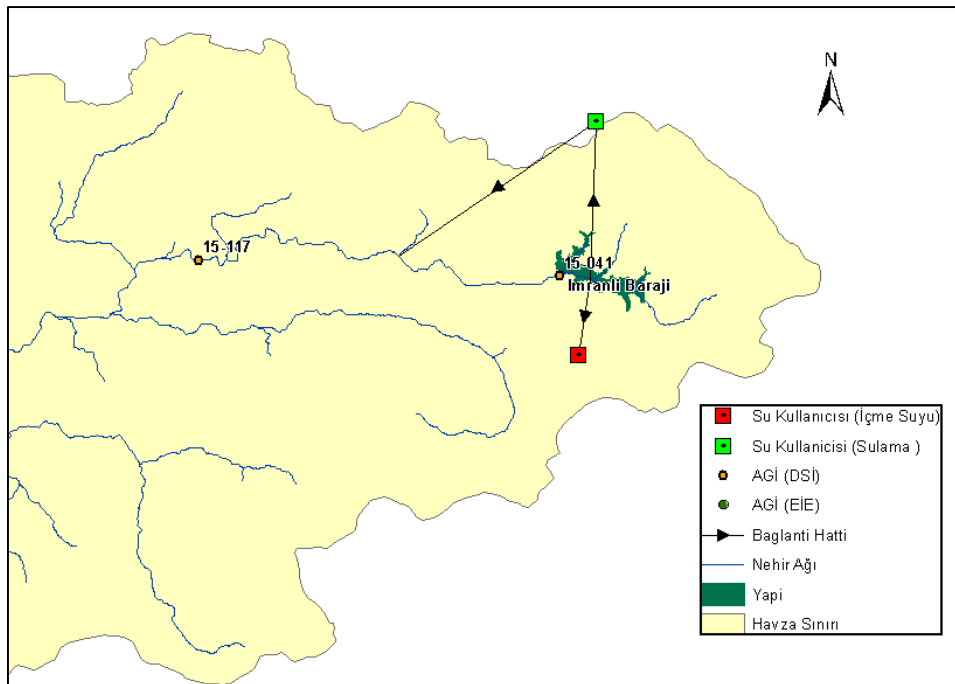
(Maksimum su seviyesi: program maksimum işletme kotuna göre çalıştırıldığında baraj arkasında oluşan en yüksek seviye)

### b. Hipotetik Durum

Bu çalışmada amaç farklı senaryolara göre su miktarının nasıl değiştiğini bulmaktır. Hipotetik çalışmalarda taşkın seviyesi dolusavak eşik kotuna göre yapılmıştır. İlk kısımda (mevcut durum çalışmaları kısmı) barajların genel olarak bu prensibe göre çalıştırıldığı normal su seviyesinin üzerindeki suyun dipsavak yapısından bırakıldığı anlaşılmıştır.

### i. İmranlı Barajına İçme Suyu Kullanıcısı Eklenmesi

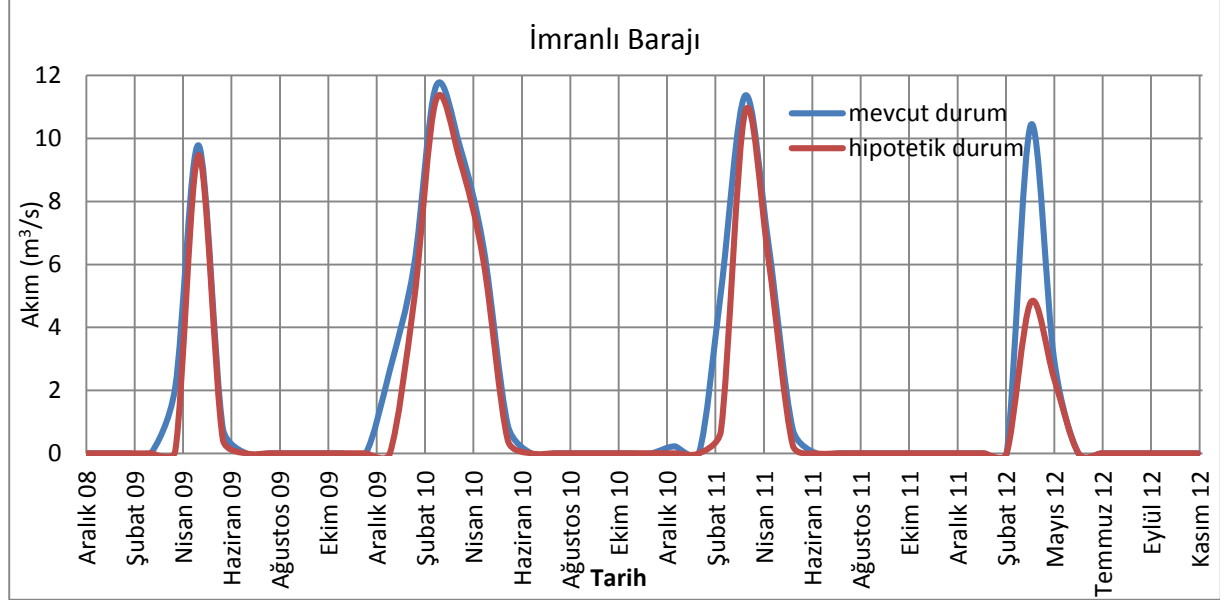
Bahsi geçen yedi baraj yapısından sadece 4 Eylül Barajının içme suyu kullanıcısı bulunmaktadır. İmranlı Barajı için içme suyu kullanıcısı olmadığından 4 Eylül Barajının içme suyu değerleri kullanılarak model elemanı oluşturulmuş, bu kullanıcıya öncelik verilmiş ve program çalıştırılmıştır (Şekil 44).



**Şekil 44 İmranlı Barajına İçme Suyu Kullanıcısı Eklenmesi**

İmranlı Barajına eklenen (hipotetik) içme suyu kullanıcısının değerleri Tablo A16' da görülebilir.

Simülasyon sonucunda, yeni eklenen içme suyu kullanıcısıyla birlikte sulama suyu kullanıcısının taleplerinin karşılandığı görülmüştür. Barajdan bırakılan su miktarını mevcut ve hipotetik durumlara göre karşılaştırabilmek için zaman serisi oluşturulmuş Şekil 45' de sunulmuştur.



Şekil 45 Mevcut ve Hipotetik Durumlara Göre İmranlı Barajından Bırakılan Su

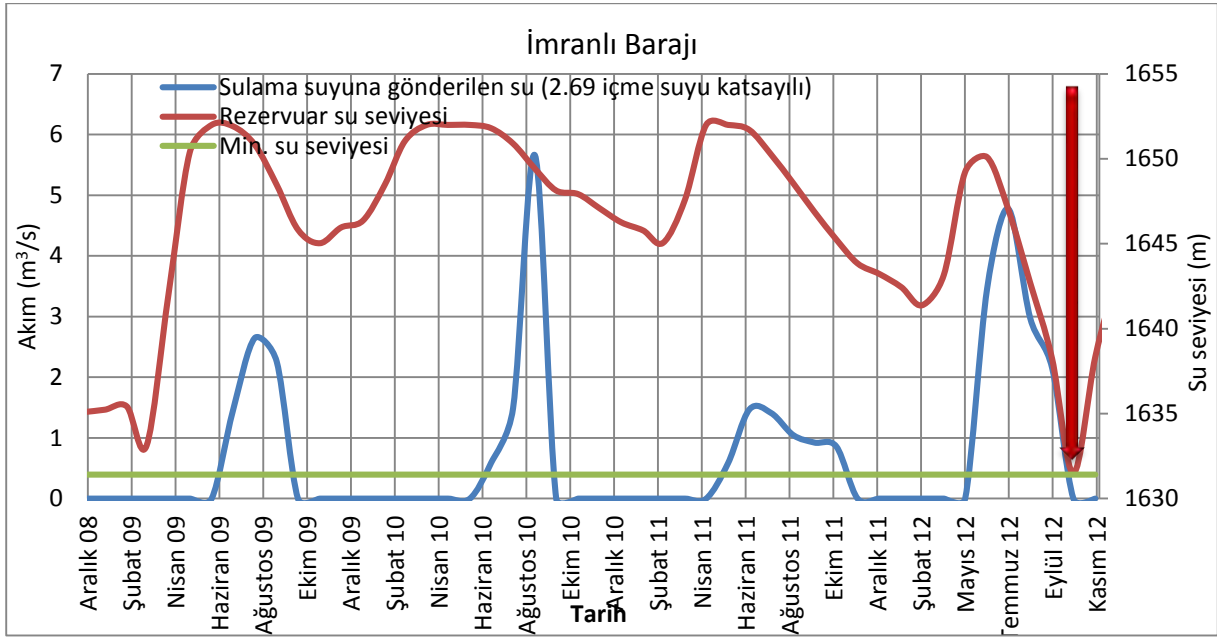
İmranlı Barajına yeni su kullanıcısı eklenmesiyle barajdan bırakılan su miktarında çok büyük değişiklikler gözlenmemiştir.

Bundan farklı çalışma kritik katsayı değerini bulmak için yapılmıştır. Bu çalışma için deneme-yanılma yolu kullanılarak 4 Eylül su kullanıcısının değerleri belli bir katsayıyla çarpılmış ve programa eklemiştir. Program çalıştırılarak önce sulama suyundaki sonrasında ise içme suyundaki talebin karşılanamadığı kritik değer bulunmuştur.

- **Sulama Suyu İçin Kritik Değer**

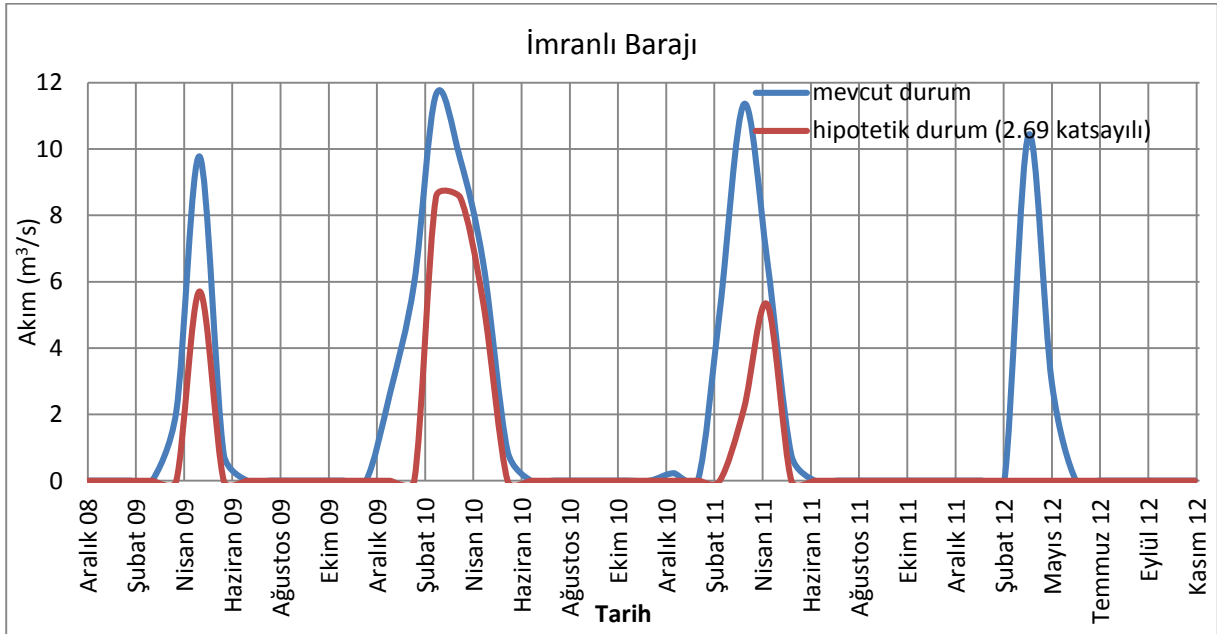
Sulama suyunun önceliği içme suyundan sonra geldiği için olası su yetersizliğinde içme suyu kullanıcısının talebi, sulama suyuna gönderilen suyun azaltılmasıyla sağlanacaktır. Yapılan çalışmanın sonucunda eğer İmranlı Barajına eklenen 4 Eylül içme suyunun değeri normal değerinin 2.69 katı kadar olursa sulama suyundaki talebin Ekim (2012) ayında karşılandığı bu değerden büyük katsayının sulama suyu talebini karşılayamayacağı görülmüştür (Şekil 46). Ekim 2012 döneminde rezervuar su seviyesi minimum su seviyesine eşittir bu durum rezervuarın daha fazla su gönderemeyeceği, kritik seviyeye geldiğini göstermektedir.

İmranlı Barajında sulama suyu için kritik değer oluşturan, içme suyu kullanıcısının hacimsel ve debi olarak değerleri (hipotetik 2.69 katsayılı) Tablo A17'de görülebilir.



Şekil 46 İçme Suyu Katsayısının 2.69 Olduğu Durumda Rezervuardaki Su Seviyesi ve Sulamaya Gönderilen Su Miktarı

Aynı katsayı ile yapılan çalışmasının sonucunda barajdan bırakılan suyun değişimi Şekil 47' de verilmiştir. Buna göre mevcut durum koşullarında Şubat 2012- Haziran 2012 dönemlerinde barajdan su bırakılırken, hipotetik duruma göre su bırakılmamaktadır.

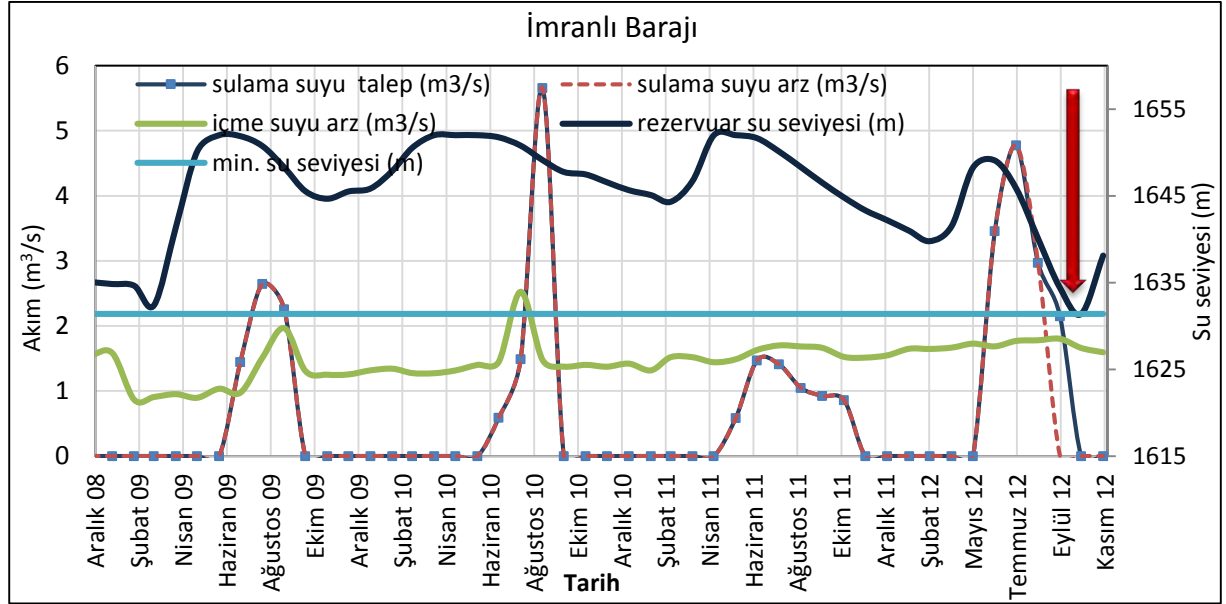


Şekil 47 Mevcut ve Hipotetik Durumlara Göre İmranlı Barajından Bırakılan Su (2.69 Katsayılı)

- İçme Suyu İçin Kritik Değer

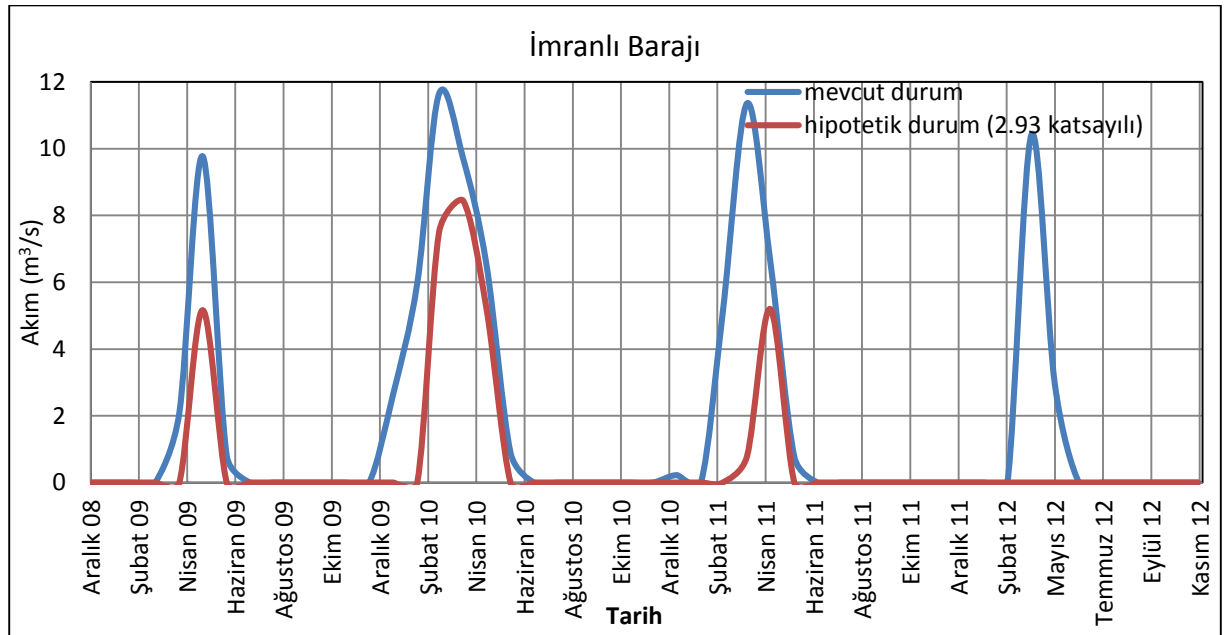
Belli bir katsayıdan sonra sulamaya suyu kullanıcıya su gönderilmese dâhi içme suyu kullanıcısının talebi karşılanamayabilir. Deneme-yanılma yoluyla yapılan bu çalışmada kritik değer 2.93 olarak

bulunmuştur. Başka bir deyişle 2.93 katsayılı (hipotetik) içme suyu talebi, sulama suyu kullanıcısının talebinin karşılanamamasına ve içme suyu talebinin kritik duruma gelmesine sebep olmaktadır. Şekil 48’ de de görüldüğü gibi 2.93 katsayılı 4 Eylül barajı içme suyu değerleri kullanılarak yapılan simülasyonda, Ekim 2012 döneminde sulama suyu ihtiyacı hiç karşılanamamış ve içme suyu ihtiyacı kritik seviyede karşılanmıştır. Aynı grafikte Ekim 2012 döneminde rezervuar su seviyesinin minimuma (1631.4 m) indiği görülmektedir.



Şekil 48 İçme Suyu Katsayısının 2.93 Olduğu Durumda Rezervuardaki Su Seviyesi ile Sulamaya (arz ve talep) ve İçme Suyuna Gönderilen Su Miktarı

Aynı katsayı (2.93) ile yapılan çalışmanın sonucunda barajdan bırakılan suyun değişimi Şekil 49’ da verilmiştir. Buna göre mevcut durum koşullarında Şubat 2012- Haziran 2012 dönemlerinde barajdan su bırakılırken, hipotetik duruma göre su bırakılmamaktadır.



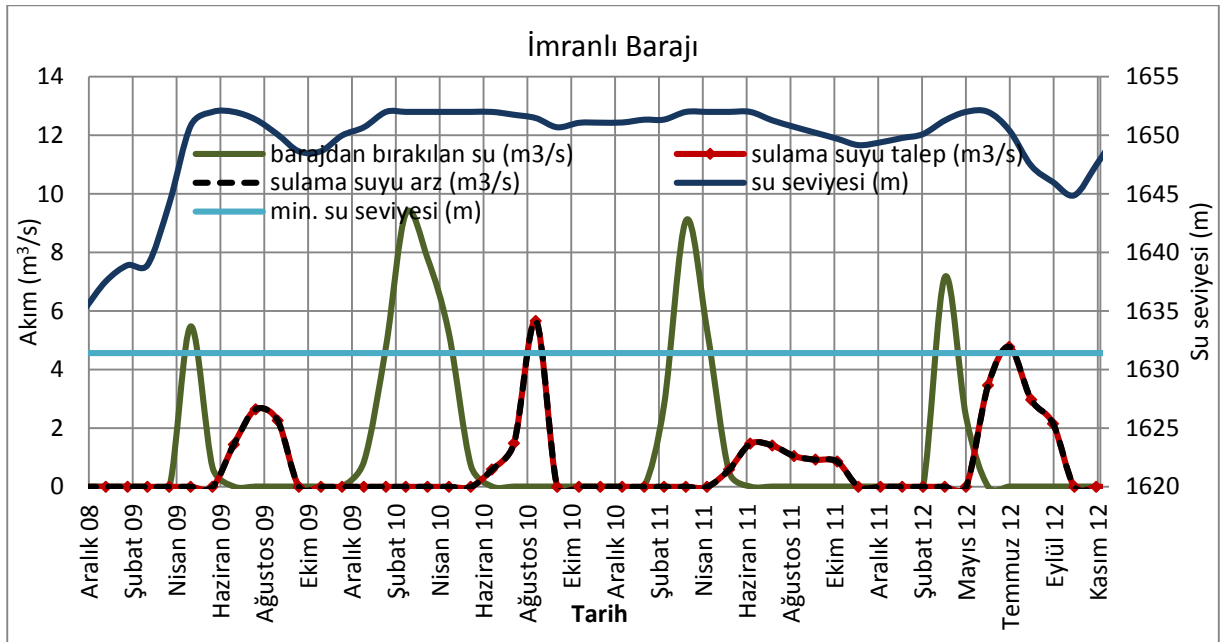
Şekil 49 Mevcut ve Hipotetik Durumlara Göre İmranlı Barajında Barajdan Bırakılan Su (2.93 Katsayılı)

İmranlı Barajında içme suyu için kritik değer oluşturan, içme suyu kullanıcısının hacimsel ve debi olarak talep değerleri (hipotetik 2.93 katsayılı) Tablo A18’de görülebilir.

## ii. Barajlara Gelen Akım Değerlerinin %20 Azaltılması

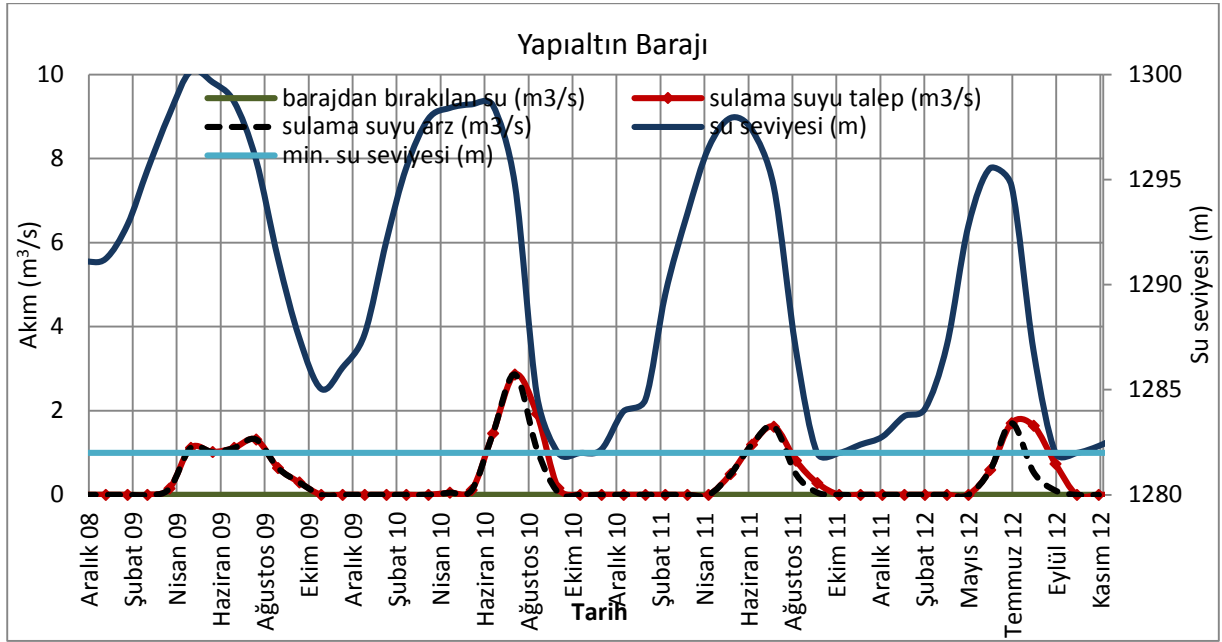
Bu çalışmada amaç olası kuraklık ya da su eksikliği gibi durum söz konusu olduğunda ihtiyaçların hangi seviyede karşılandığını bulabilmektir. Bunun için hipotetik olarak baraj yerine gelen akım % 20 oranında azaltılmış ve bu değerlere göre simülasyon yapılmıştır. Buna göre elde edilen sonuçlar (minimum su seviyesi ve rezervuarda gözlenen su seviyesi ile barajdan bırakılan su miktarı, sulama arz ve talep miktarları) sırasıyla İmranlı Barajı Şekil 50’ de, Yapıaltın Barajı Şekil 51’ de, Maksutlu Barajı Şekil 52’ de, Gazibey Barajı Şekil 53’ de, Karacalar Barajı Şekil 54’ de, 4 Eylül Barajı Şekil 55’ de ve Pusat Özen Barajı Şekil 56’ da sunulmuştur.

İmranlı Barajı simülasyon sonuçları gösteriyor ki (Şekil 50) %20’lik oranda gelen akımdaki azalma çalışma süreleri dahilinde herhangi bir su sıkıntısı oluşturmamıştır. Sulama suyu talepleri karşılanmış ve rezervuar su seviyesi minimum su seviyesine inmemiştir. Sulama suyu ihtiyacı olmadığı dönemlerde baraj yapısından su bırakıldığı gözlenmiştir.



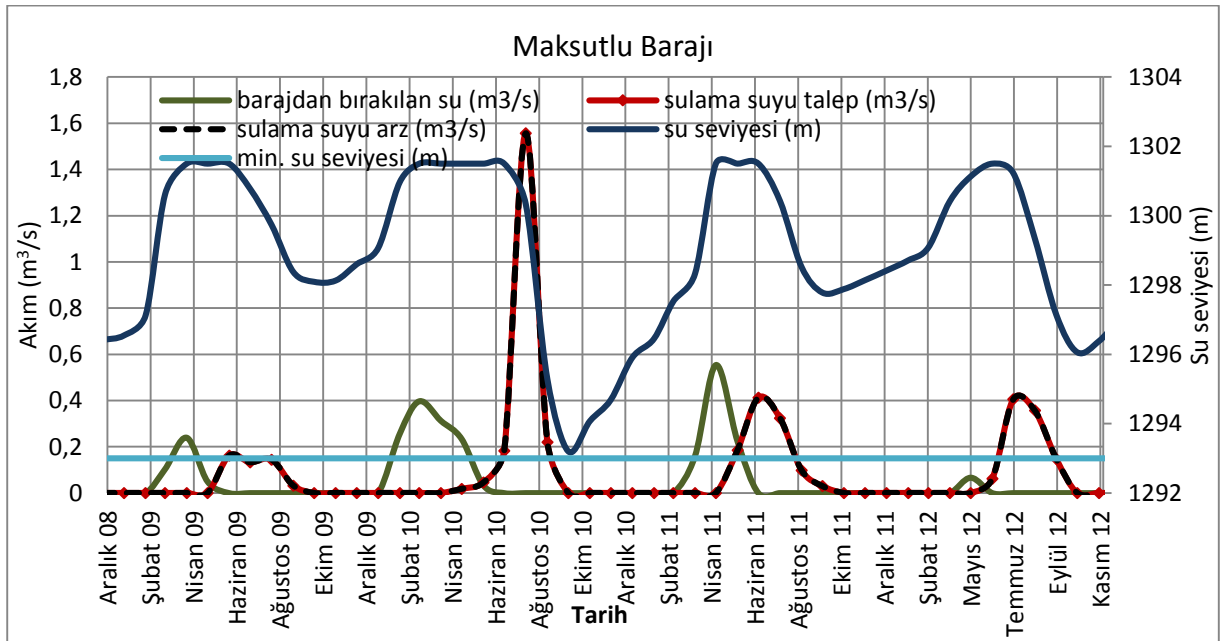
Şekil 50 İmranlı Barajı sulama suyu (arz-talep), barajdan bırakılan su ve rezervuar su seviye değerleri zaman serisi (%20 azaltılmış gelen akım kullanılarak)

Yapıaltın Barajında ise (Şekil 51) su sıkıntısının yaşandığı dönemlerin sulama suyuna ihtiyaç duyulan yaz aylarına karşılık geldiği görülmektedir. 2010 ve 2011 yıllarında Eylül ve Ekim ayları, 2012 yılının ise Ağustos ve Eylül aylarında sulama suyu taleplerinin belli bir kısmı karşılanamamış ve rezervuar su seviyesi minimum değere inmiştir. Barajda fazla su depolanmadığı için barajdan su bırakılmadığı görülmüştür.



Şekil 51 Yapialtın Barajı sulama suyu (arz-talep), barajdan bırakılan su ve rezervuar su seviye değerleri zaman serisi (%20 azaltılmış gelen akım kullanılarak)

Maksutlu Barajı simülasyon sonuçlarına göre (Şekil 52) %20'lik oranda gelen akımdaki azalma su sıkıntısı oluşturmamış ve sulama suyu talepleri karşılanmıştır. Ancak rezervuar su seviyesinin minimum su seviyesine 2010 Ekim döneminde çok yaklaştığı gözlenmiştir.

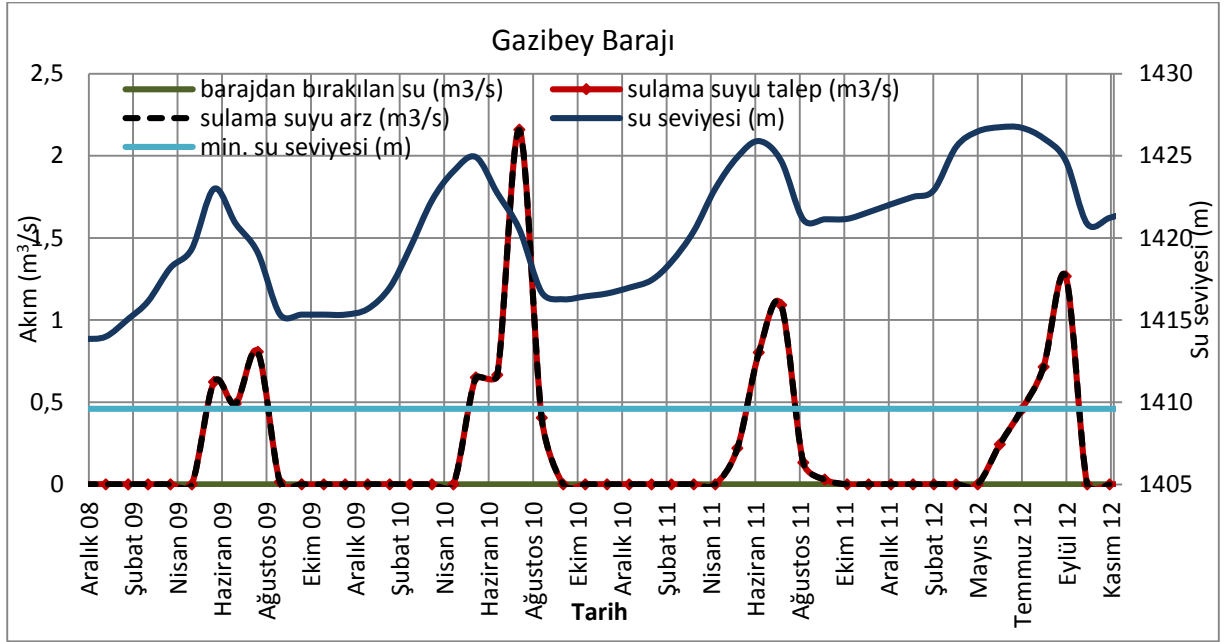


Şekil 52 Maksutlu Barajı sulama suyu (arz-talep), barajdan bırakılan su ve rezervuar su seviye değerleri zaman serisi (%20 azaltılmış gelen akım kullanılarak)

Gazibey Barajı simülasyon sonuçlarına göre (Şekil 53) gelen akımdaki %20'lik oranda azalma çalışma süreleri dahilinde herhangi bir su sıkıntısı oluşturmamıştır. Sulama suyu talepleri karşılanmış ve rezervuar su seviyesi minimum su seviyesine inmemiştir. Genel olarak rezervuar su seviyesinin yılın her

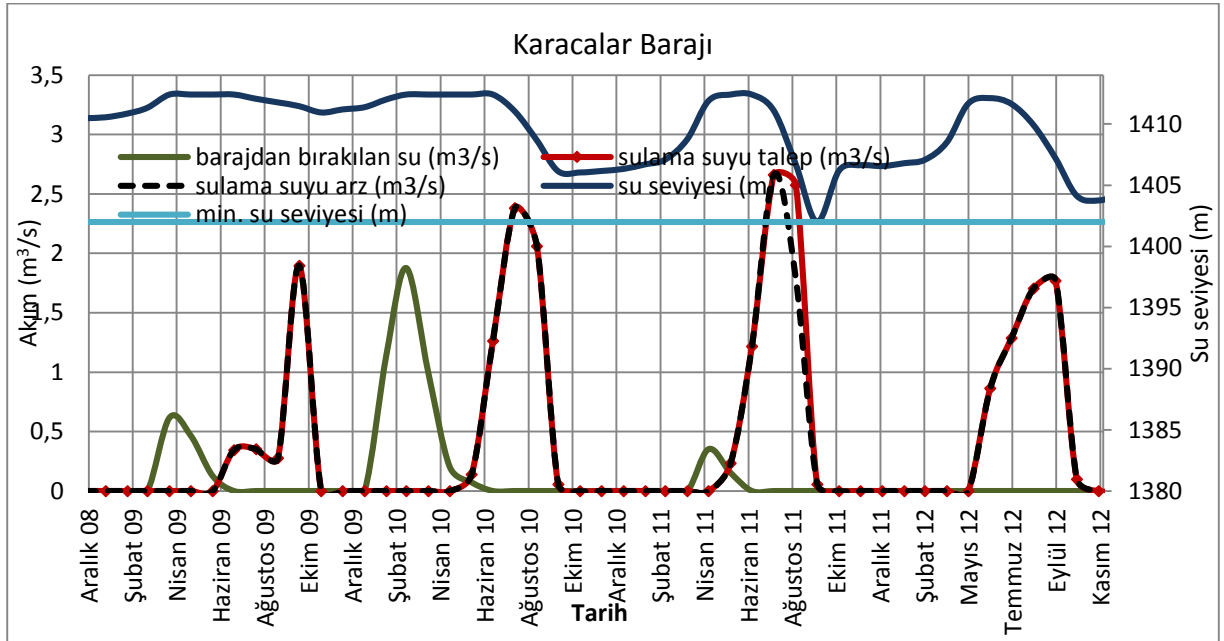


döneminde minimum su seviyesinden en az 5 m yüksek olduğu ancak baraj yapısından su bırakılmadığı gözlenmiştir.



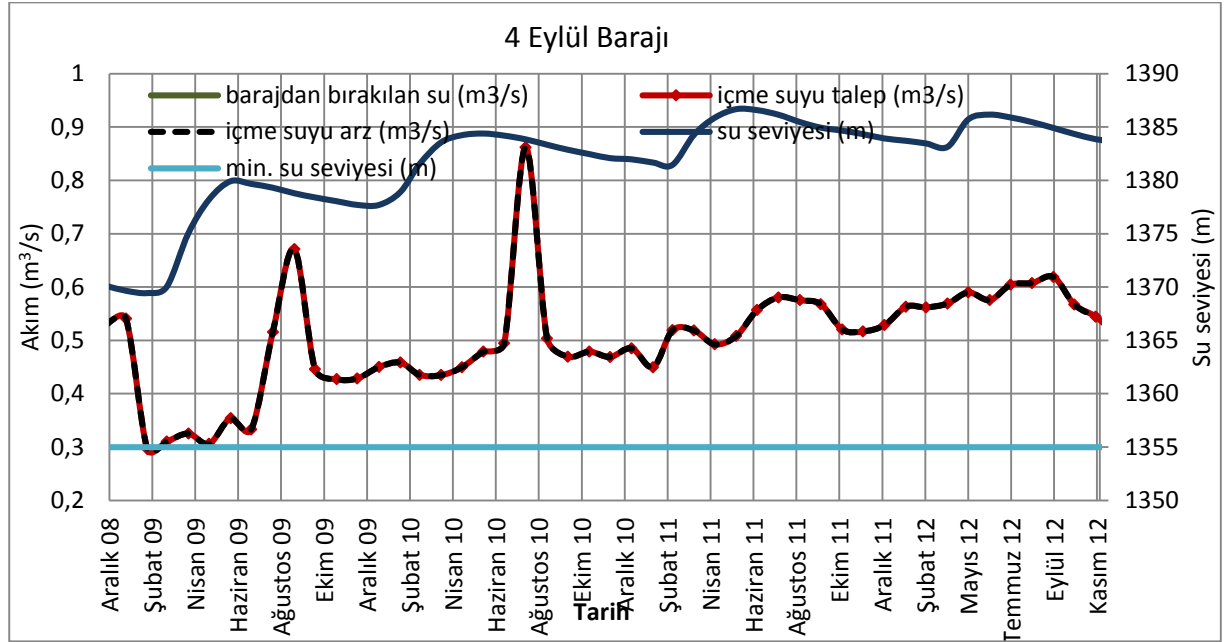
Şekil 53 Gazibey Barajı sulama suyu (arz-talep), barajdan bırakılan su ve rezervuar su seviye değerleri zaman serisi (%20 azaltılmış gelen akım kullanılarak)

Karacalar Barajında ise (Şekil 54) su sıkıntısının yaşandığı tek dönemin 2011 Eylül ayına karşılık geldiği görülmektedir. Bu dönemde sulama suyu talebinin belli bir kısmı karşılanamamış ve rezervuar su seviyesi minimum değere inmiştir.



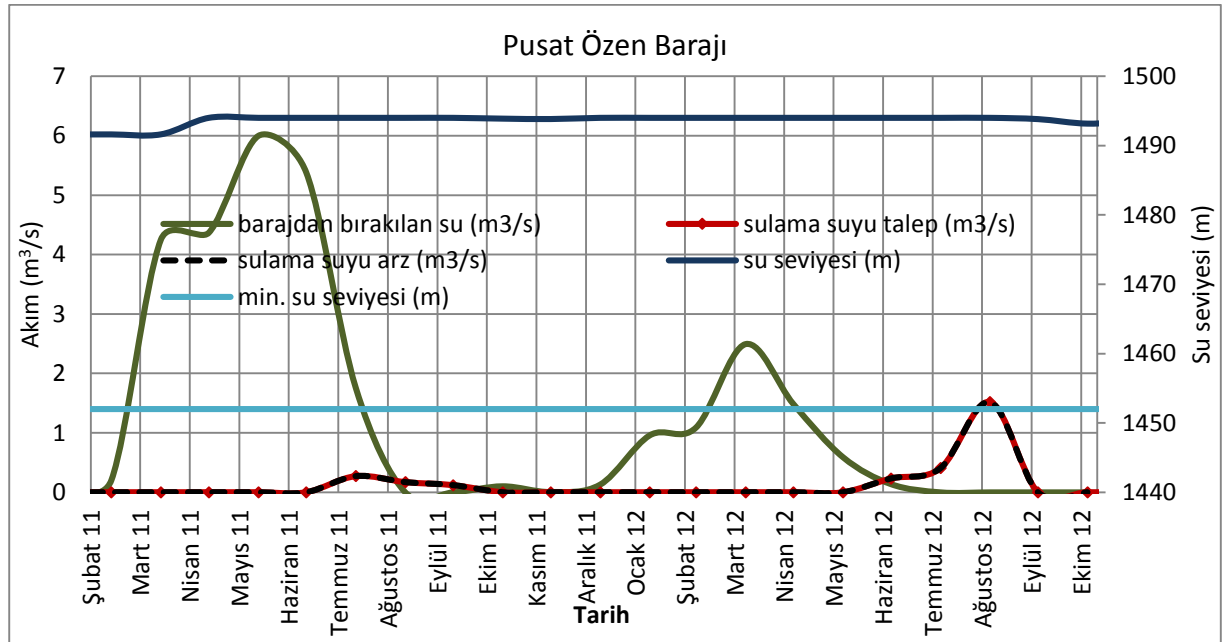
Şekil 54 Karacalar Barajı sulama suyu (arz-talep), barajdan bırakılan su ve rezervuar su seviye değerleri zaman serisi (%20 azaltılmış gelen akım kullanılarak)

Gelen akımdaki azalma 4 Eylül Barajın da herhangi bir su sıkıntısına sebep olmamış, talep edilen içme suyu çalışma süresindeki dönemler boyunca karşılanmıştır (Şekil 55).



Şekil 55 4 Eylül Barajı içme suyu (arz-talep), barajdan bırakılan su ve rezervuar su seviye değerleri zaman serisi (%20 azaltılmış gelen akım kullanılarak)

Pusat Özen Barajının işletmeye geçiş zamanı 2010 yılıdır (Tablo A15). İşletme verileri 2011 Ocak ayından itibaren temin edilebilmiştir (Tablo A7). Gelen akımdaki %20 oranında azalma sulama suyu için problem oluşturmamış, talep karşılanmıştır. Özellikle ilkbahar döneminde baraj yapısından su bırakıldığı gözlenmiştir (Şekil 56).



Şekil 56 Pusat Özen Barajı sulama suyu (arz-talep), barajdan bırakılan su ve rezervuar su seviye değerleri zaman serisi (%20 azaltılmış gelen akım kullanılarak)

Çalışmalar sırasında kullanılan ve DSİ' den temin edilen coğrafi bilgi sistemleri kaynaklı (ArcGIS) yapı karakteristiklerine ait bilgiler içeren özellikler tablosu Tablo A15' de sunulmuştur. Yapılan çalışmanın talep karşılama oranları özet olarak gösterimi Tablo 5' de verilmiştir.

**Tablo 5 Sulama ya da İçme Suyu Talep Karşılama Oranları (ii)**

Barajlar	Barajdan bırakılan su (hm <sup>3</sup> )	Sulama / içme suyu arz (hm <sup>3</sup> )	Sulama / içme suyu talep (hm <sup>3</sup> )	Talep karşılama oranları (%)
İmranlı	162.42	88.97	88.97	100
Yapıaltın	0.00	47.99	56.50	85
Maksutlu	6.90	12.01	12.01	100
Gazibey	0.00	28.51	28.51	100
Karacalar	15.64	54.16	56.22	96
4 Eylül	0.00	64.59	64.59	100
Pusat Özen	76.20	7.12	7.12	100

Tablo 5' de de görüldüğü üzere baraj alanına gelen akımda % 20'lik azalma olduğunda; Karacalar Barajı %4, Yapıaltın Barajı %15 oranında su talebini karşılayamamaktadır. Barajlara gelen akım değerlerinin %20 oranında azaltılarak yapılan işletme çalışmalarının sonuçları hacimsel olarak tablo halinde sunumu İmranlı Barajı Tablo A19'da, Yapıaltın Barajı Tablo A20'de, Maksutlu Barajı Tablo A21'de, Gazibey Barajı Tablo A22'de, Karacalar Barajı Tablo A23'de, 4 Eylül Barajı Tablo A24'de ve Pusat Özen Barajı Tablo A25'de verilmiştir.

### iii. Barajlara Gelen Akım Değerinin %20 Azaltılması ve Baraj Başlangıç Seviyesinin Minimum Olması

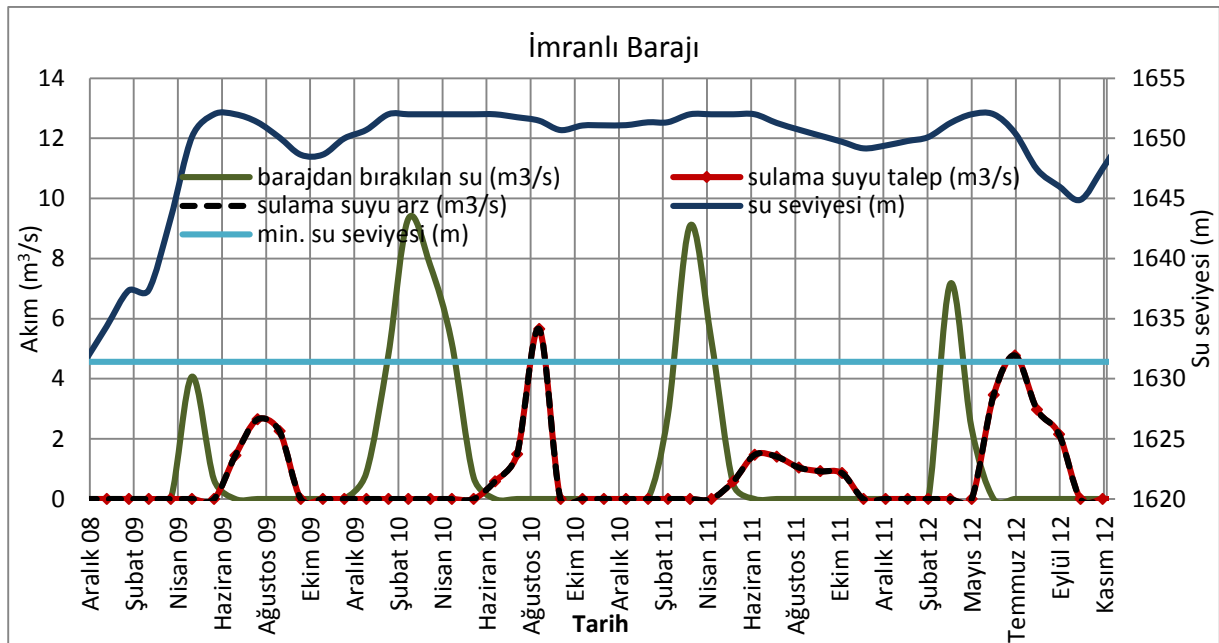
Bu kısımda amaç olası kuraklık ya da su eksikliği gibi bir durum ve barajın başlangıç su seviyesi minimumda olduğunda ihtiyaçların hangi seviyede karşılandığını bulabilmektir. Diğer bir deyişle amaç baraj krtitik su seviyesindeyken (minimum işletme seviyesi) ve daha önceki yıllara nazaran gelen akımın azalması su arzındaki durumu nasıl etkileyeceğini görebilmektir. Bunun için hipotetik olarak baraj yerine gelen akım bir önceki çalışmada olduğu gibi (ii) % 20 oranında azaltılmış, baraj başlangıç su seviyesi minimum su seviyesi olarak değiştirilmiş ve bu değerlere göre simülasyon çalışması yapılmıştır. Barajların normal koşullardaki su seviyeleri ile minimum su seviyeleri (baraj karakteristikleri ve işletme tablolarından elde edilen verilere göre) Tablo 6' da sunulmuştur.

**Tablo 6 Barajların Başlangıç Su Seviyeleri ve Minimum İşletme Seviyeleri**

Barajlar	Başlangıç Su Seviyesi (m)	Minimum İşletme Seviyesi (m)
İmranlı Barajı	1635.1	1631.4
Pusat Özen Barajı	1491.6	1452
4 Eylül Barajı	1370.2	1355
Karacalar Barajı	1410.5	1402
Gazibey Barajı	1413.8	1409.6
Yapıaltın Barajı	1291.1	1282
Maksutlu Barajı	1296.4	1293

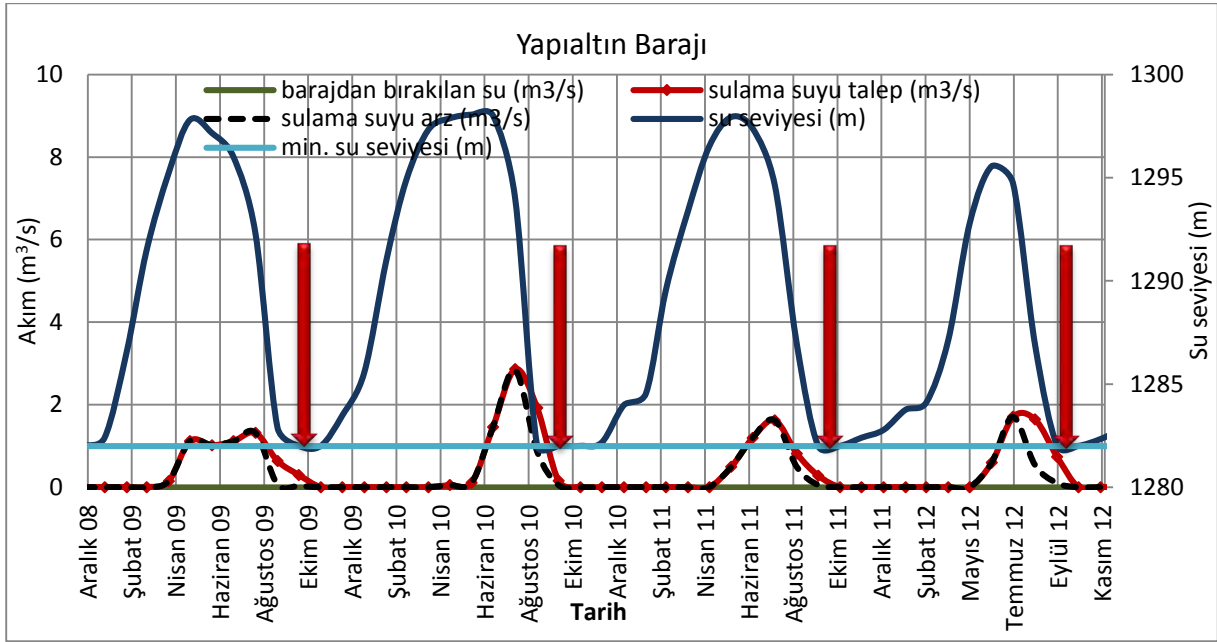
Buna göre elde edilen sonuçlar (minimum su seviyesi ve rezervuarda gözlenen su seviyesi ile barajdan bırakılan su miktarı, sulama arz ve talep miktarları) sırasıyla İmranlı Barajı Şekil 57' de, Yapıaltın Barajı Şekil 58' de, Maksutlu Barajı Şekil 59' da, Gazibey Barajı Şekil 60' da, Karacalar Barajı Şekil 61' de, 4 Eylül Barajı Şekil 62' de ve Pusat Özen Barajı Şekil 63' da sunulmuştur.

İmranlı Barajı simülasyon sonuçlarına bakıldığında (Şekil 57) %20'lik oranda gelen akımdaki azalma ve minimum su seviyesi ile barajın çalışmaya başlaması çalışma süreleri dahilinde herhangi bir su sıkıntısı oluşturmamıştır. Sulama amaçlı bir baraj olduğu için Aralık 2008 tarihindeki minimum işletme seviyesi dönem itibariyle sulamaya gerek duyulmamasından ötürü herhangi bir sıkıntı oluşturmamıştır. İçme suyu amaçlı bir baraj olsaydı o dönem için gelen akımın etkisi büyük önem teşkil edecekti. Bu sebepten, sulama suyu taleplerinin karşılandığı ve rezervuar su seviyesinin (Aralık 2008 dışında) minimum su seviyesine inmediği görülmüştür. Sulama suyu ihtiyacı olmadığı dönemlerde baraj yapısından su bırakıldığı gözlenmiştir.



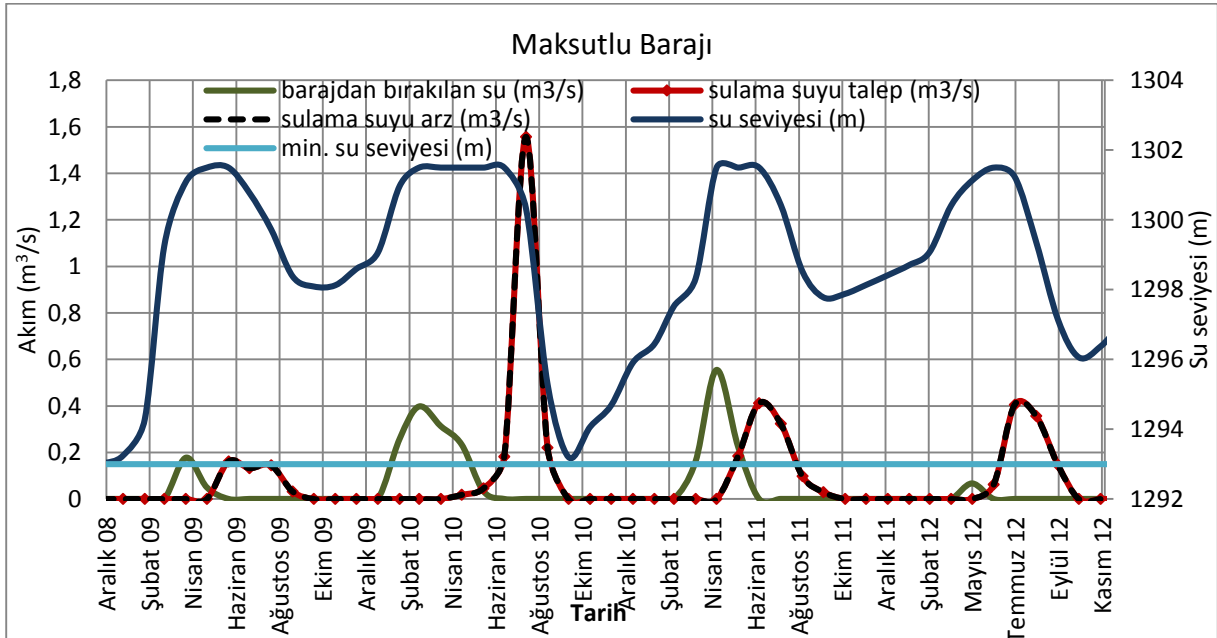
**Şekil 57 İmranlı Barajı sulama suyu (arz-talep), barajdan bırakılan su ve rezervuar su seviye değerleri zaman serisi (%20 azaltılmış gelen akım kullanılarak ve baraj başlangıç su seviyesi minimum seçilerek yapılmıştır)**

Yapıaltın Barajı incelendiğinde (Şekil 58) su sıkıntısının yaşandığı dönemlerin sulama suyuna ihtiyaç duyulan yaz aylarına karşılık geldiği görülmektedir. Çalışma süreleri dahilindeki bütün yaz sonu ve sonbahar dönemlerinde 2009 ve 2011 yıllarında Eylül ve Ekim ayları, 2010 yılında Ağustos, Eylül ve Ekim aylarında son olarak 2012 yılında ise Ağustos ve Eylül aylarında sulama suyu taleplerinin belli bir kısmı karşılanamamış ve rezervuar su seviyesi minimum değere inmiştir. Barajda fazla su depolanamadığı için barajdan su bırakılmadığı görülmüştür.



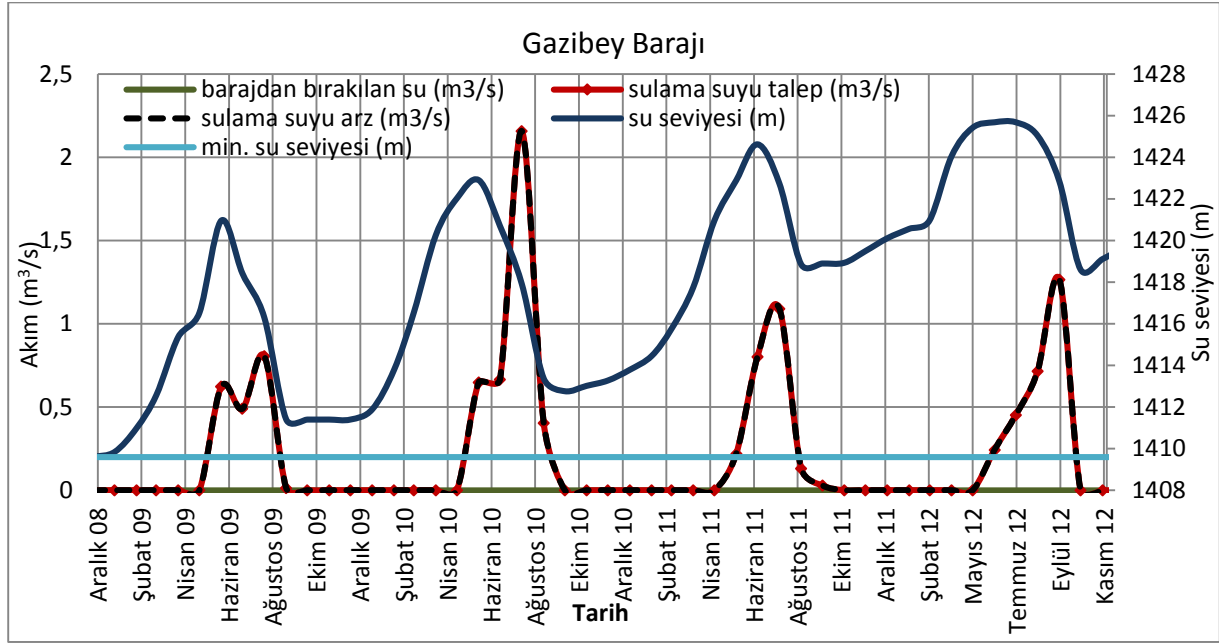
Şekil 58 Yapialtın Barajı sulama suyu (arz-talep), barajdan bırakılan su ve rezervuar su seviye değerleri zaman serisi (%20 azaltılmış gelen akım kullanılarak ve baraj başlangıç su seviyesi minimum seçilerek yapılmıştır)

Maksutlu Barajı simülasyon sonuçlarına göre (Şekil 59) gelen akımdaki azalma ve başlangıçtaki minimum su seviyesi baraj çalışma süreleri dahilinde su sıkıntısı oluşturmamış ve sulama suyu talepleri karşılanmıştır. Ancak rezervuar su seviyesinin minimum su seviyesine daha önceki çalışmada olduğu gibi (ii) 2010 Ekim döneminde çok yaklaştığı gözlenmiştir.



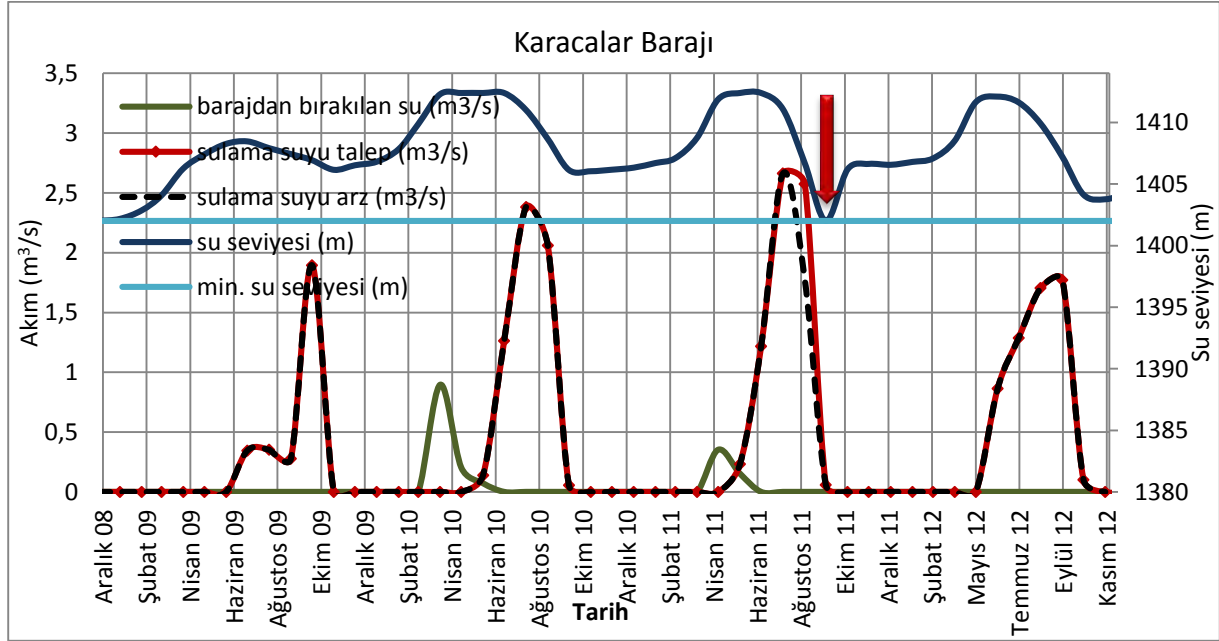
Şekil 59 Maksutlu Barajı sulama suyu (arz-talep), barajdan bırakılan su ve rezervuar su seviye değerleri zaman serisi (%20 azaltılmış gelen akım kullanılarak ve baraj başlangıç su seviyesi minimum seçilerek yapılmıştır)

Gazibey Barajı simülasyon sonuçlarına bakıldığında ise (Şekil 60) daha önceki çalışmada olduğu gibi çalışma süreleri dahilinde herhangi bir su sıkıntısı oluşturmamıştır. Sulama suyu talepleri karşılanmış ve rezervuar su seviyesi minimum su seviyesine (Aralık 2008 haricinde) inmemiştir.



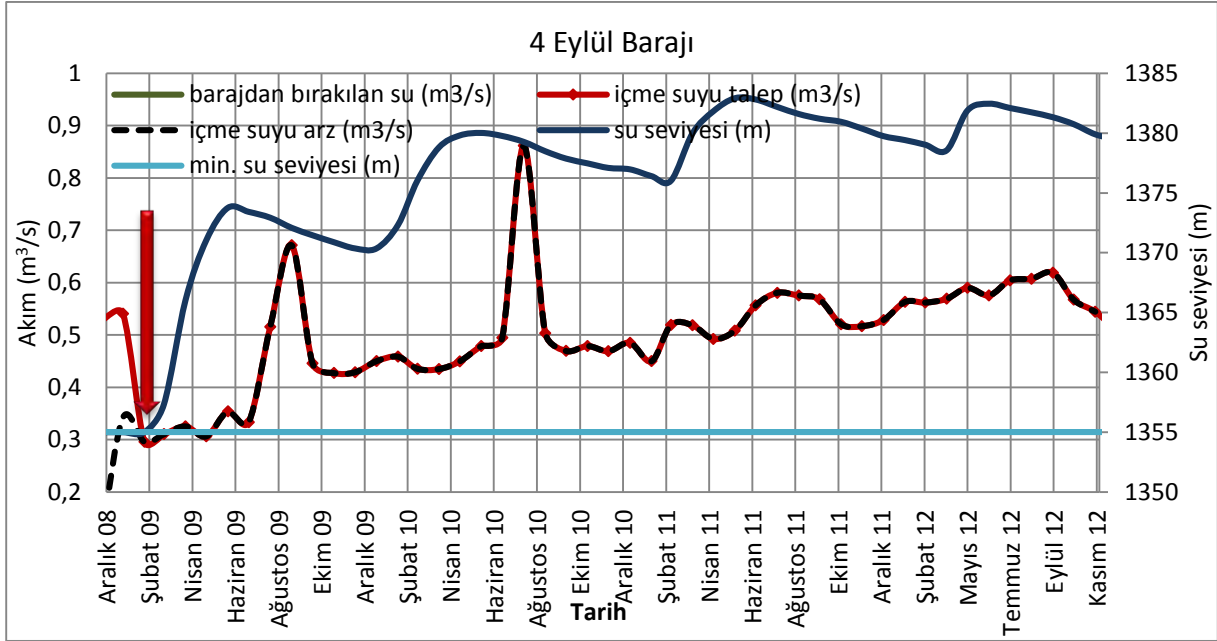
**Şekil 60** Gazibey Barajı sulama suyu (arz-talep), barajdan bırakılan su ve rezervuar su seviye değerleri zaman serisi (%20 azaltılmış gelen akım kullanılarak ve baraj başlangıç su seviyesi minimum seçilerek yapılmıştır)

Karacalar Barajında ise (Şekil 61) su sıkıntısının yaşandığı tek dönemin 2011 Eylül ayına karşılık geldiği görülmektedir. Bu dönemde sulama suyu talebinin belli bir kısmı karşılanamamış ve rezervuar su seviyesi minimum değere inmiştir.



**Şekil 61** Karacalar Barajı sulama suyu (arz-talep), barajdan bırakılan su ve rezervuar su seviye değerleri zaman serisi (%20 azaltılmış gelen akım kullanılarak ve baraj başlangıç su seviyesi minimum seçilerek yapılmıştır)

4 Eylül Barajı içme suyu amaçlı bir baraj olduğu için baraj çalışma süresinin herhangi bir döneminde su seviyesinin minimuma inmesi su arzını doğrudan etkileyecektir. Bu sebepten Şekil 62’de de görüldüğü üzere Aralık 2008 ve Ocak 2009 dönemlerinde içme suyu talebi karşılanamamıştır. Bunun dışında kalan dönemlerde su talebi karşılanmış, baraj su seviyesi artma eğilimi göstermiş ancak baraj yapısından su bırakılmadığı görülmüştür.

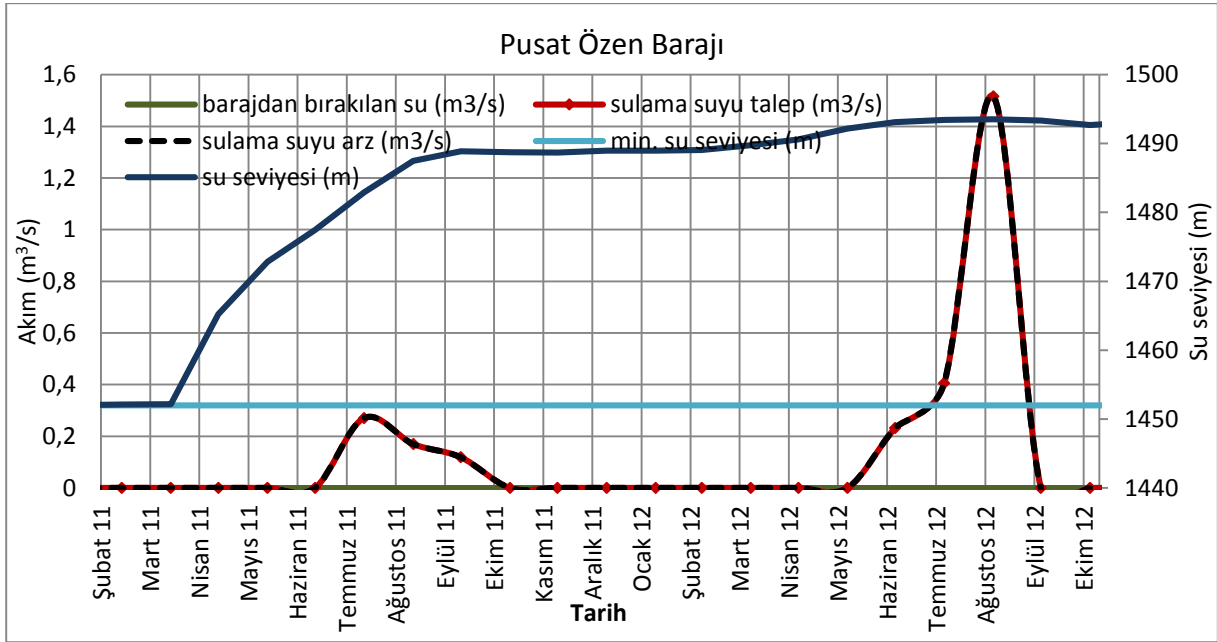


**Şekil 62 4 Eylül Barajı sulama suyu (arz-talep), barajdan bırakılan su ve rezervuar su seviye değerleri zaman serisi (%20 azaltılmış gelen akım kullanılarak ve baraj başlangıç su seviyesi minimum seçilerek yapılmıştır)**

Daha öncede belirtildiği üzere Pusat Özen Barajının işletmeye geçiş zamanı 2010 yılıdır (Tablo A15). İşletme verileri 2011 Ocak ayından itibaren temin edilebilmiştir (Tablo A7). Gelen akımdaki %20 oranında azalma ve minimum su seviyesinde barajın çalışmaya başlaması sulama suyu için sorun oluşturmamış ve talep karşılanmıştır. Ancak baraj çalışma süreleri dahilinde baraj yapısından su bırakılmadığı gözlenmiştir (Şekil 63).

Bu bölümde yapılan çalışmalara göre talep karşılanma oranlarının özet olarak gösterimi Tablo 7’ de verilmiştir. Tablo 7’ de de görüldüğü üzere baraj alanına gelen akımda % 20’lik azalma ve minimum su seviyesiyle baraj çalışmaya başladığında, Karacalar Barajı %4, Yapıaltın Barajı %20 ve 4 Eylül barajı %3 oranında su talebini karşılayamamaktadır. Bir önceki çalışmaya göre minimum su seviyesi (Tablo 5) Yapıaltın Barajında %5’lik, 4 Eylül Barajında %3’lük ek arz eksikliğinin artışına sebep olmuştur.

Bu bölümde yapılan işletme çalışmalarının sonuçları hacimsel olarak tablo halinde sunumu İmranlı Barajı Tablo A26’da, Yapıaltın Barajı Tablo A27’de, Maksutlu Barajı Tablo A28’de, Gazibey Barajı Tablo A29’da, Karacalar Barajı Tablo A30’da, 4 Eylül Barajı Tablo A31’de ve Pusat Özen Barajı Tablo A32’ de verilmiştir.



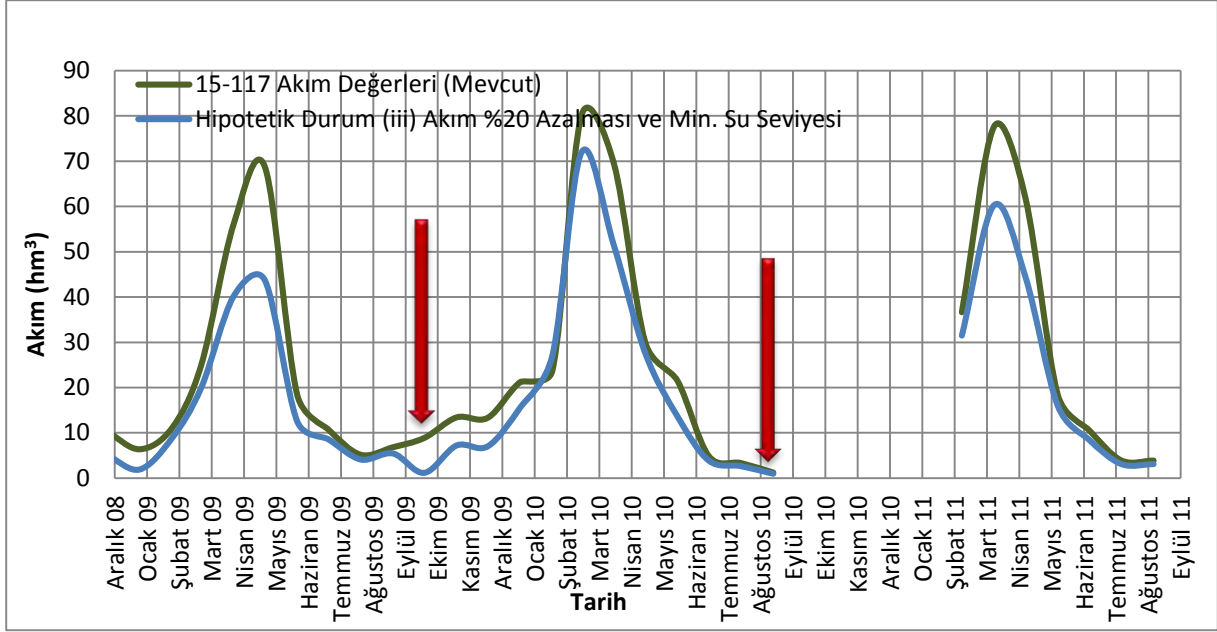
**Şekil 63** Pusat Özen Barajı sulama suyu (arz-talep), barajdan bırakılan su ve rezervuar su seviye değerleri zaman serisi (%20 azaltılmış gelen akım kullanılarak ve baraj başlangıç su seviyesi minimum seçilerek yapılmıştır)

**Tablo 7** Sulama ya da İçme Suyu Talep Karşılama Oranları (iii)

Barajlar	Dolusavaktan Bırakılan Su (hm <sup>3</sup> )	Sulama / İçme Suyu Arz (hm <sup>3</sup> )	Sulama / İçme Suyu Talep (hm <sup>3</sup> )	Talep Karşılama Oranları (%)
İmranlı	158.68	88.97	88.97	100
Yapıaltın	0.00	45.15	56.50	80
Maksutlu	6.46	12.01	12.01	100
Gazibey	0.00	28.51	28.51	100
Karacalar	4.40	54.16	56.22	96
4 Eylül	0.00	61.61	63.22	97
Pusat Özen	0.00	7.12	7.12	100

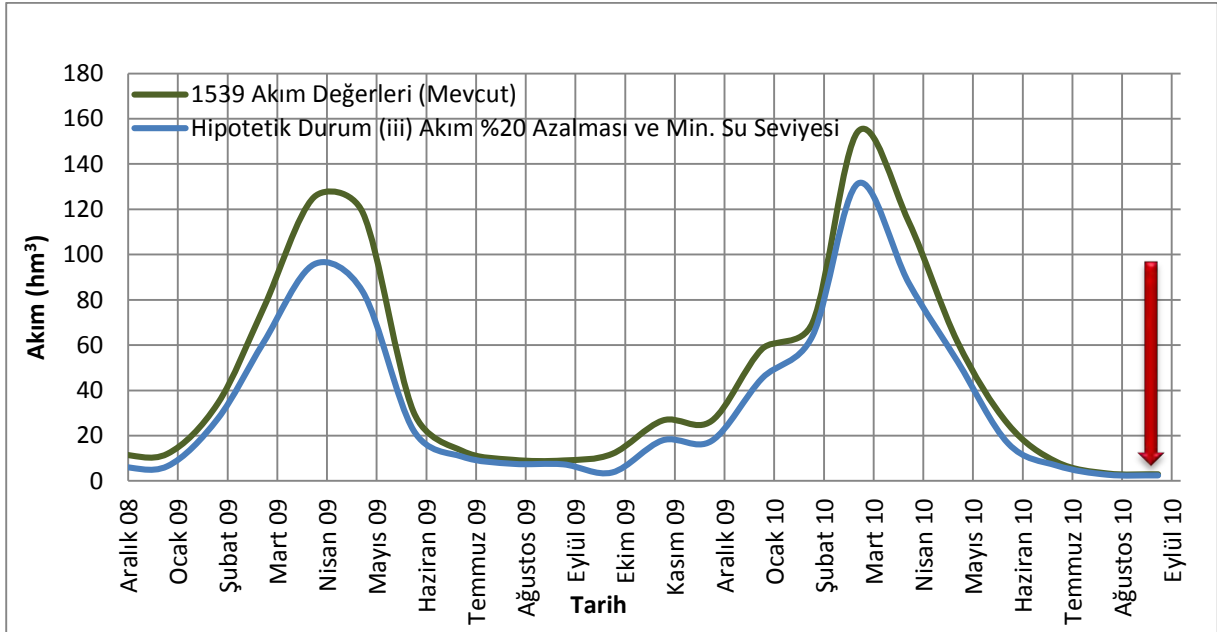
Akımların azalması ve barajların minimum seviyede çalışmaya başlaması baraj ve çevresinde arz problemlerinin oluşmasının yanısıra mansaptaki akımı da direk olarak etkilemektedir. İmranlı Barajının mansabında kalan (Şekil 29) 15-117 no'lu akım gözlem istasyonunun normal koşullarda ve hipotetik (iii) duruma göre akım zaman serisi Şekil 64' verilmiştir. Buna göre 2009 ve 2010 yıllarının Eylül aylarında (hipotetik duruma göre) 15-117 no'lu istasyonda en düşük iki değer (1.19 ve 0.99 hm<sup>3</sup>) gözlenmiştir. Bu dönemlerin mevcut durumdaki değerleri ise sırasıyla 8.88 ve 1.23 hm<sup>3</sup>'tür. 2009 Eylül ayında maksimum oranda akım azalması gözlenmiş olup, bu oran %86'dır. Barajın minimum seviyede çalışmaya başlaması ve %20'lik akım azalması bu sonucu ortaya çıkarmıştır. (2010 Ekim başından 2011 Şubat sonuna kadar 15-117 no'lu istasyonun mevcut verisi olmadığı için o dönemlerde akım verisi boş gözükmektedir.)





**Şekil 64 15-117 no'lu İstasyonun Mevcut Durum ve Hipotetik (iii) Duruma Göre Akım Serisinin Değişimi**

İmranlı Barajı ve 15-117 no'lu istasyonun mansabında bulunan (Şekil 29) 1539 no'lu akım gözlem istasyonunun mevcut durum ve hipotetik (iii) duruma göre akım zaman serisinin değişimi Şekil 65'de verilmiştir. Buna göre en düşük akım Eylül 2010 döneminde 2.39 hm<sup>3</sup> olarak görülmüştür.



**Şekil 65 1539no'lu İstasyonun Mevcut Durum ve Hipotetik (iii) Duruma Göre Akım Serisinin Değişimi**

Pusat-Özen Barajının mansabında bulunan 15-049 no'lu istasyon, 4 Eylül Barajının mansabında bulunan 15-043 no'lu istasyon ve Gazibey Barajının mansabında bulunan 15-048 no'lu istasyonun akım gözlem değerleri simülasyon çalışma süreleri dahilinde temin edilemediğinden bahsi geçen istasyonların mevcut ve hipotetik durumlara göre akım serilerinin değişimi gösterilememiştir.

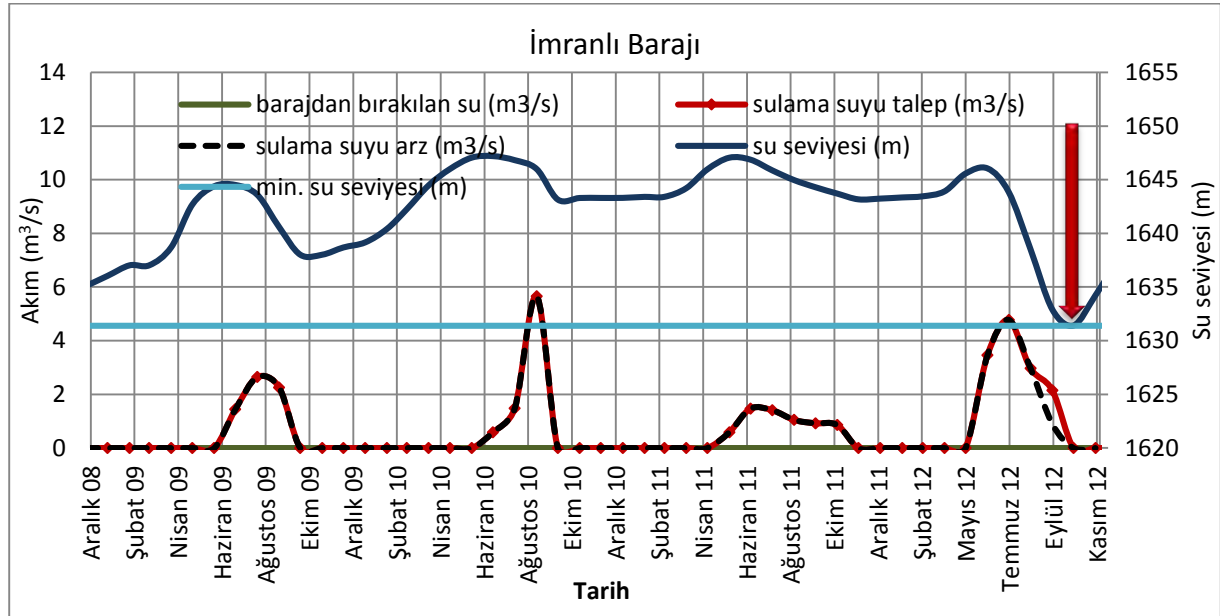
15-047, 15-185, 15-236 ve 15-021 no'lu istasyonların membaında verisi (işletme çalışmaları) temin edilebilmiş herhangi bir yapı olmadığı için bu akım gözlem istasyonlarına ait hipotetik çalışma yapılamamıştır.

Pusat-Özen Barajının mansabında 15-049 no'lu AGİ dışında 1535, 1531 ve 1543 no'lu AGİ'leri mevcuttur. Ancak baraj işletme çalışmalarının zamanı ile istasyonların veri zaman aralığı kesişmediğinden istasyonlara ait akım serilerinin değişimi çalışması yapılamamıştır.

#### iv. Barajlara Gelebilecek Kritik Akım Değerlerinin Hesaplanması

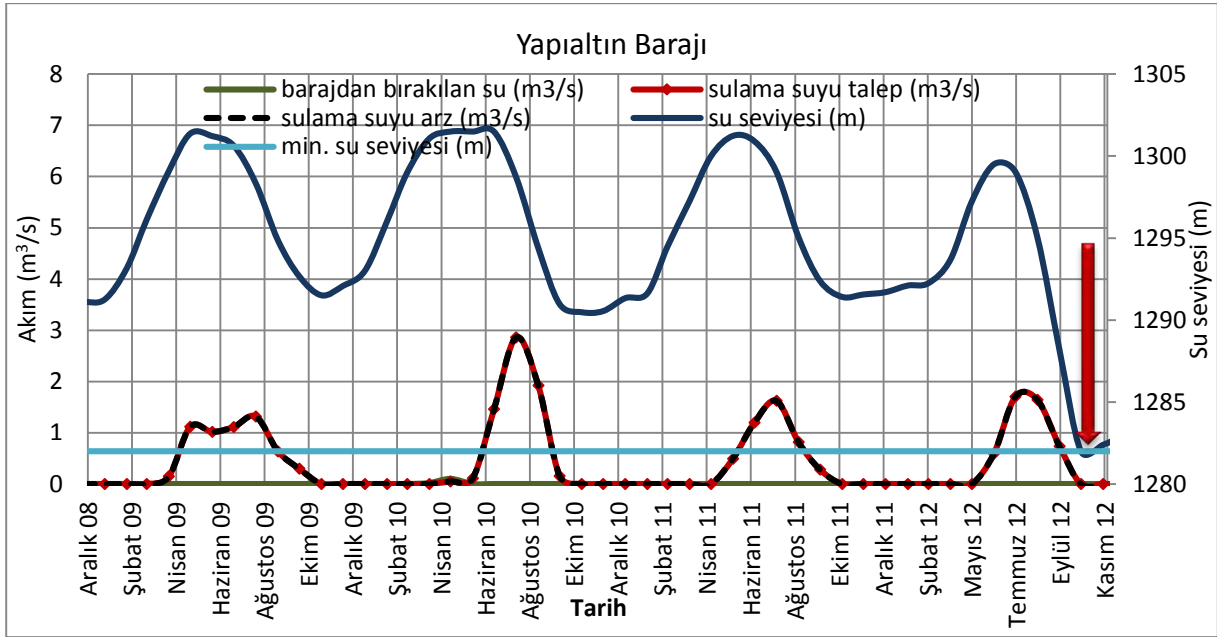
Bu kısımda her bir baraj için oluşabilecek kritik akım değerlerinin bulunması amaçlanmıştır. Başka bir deyişle, normal koşulda (gözlem yapılan süreler zarfında) akım değerlerinin hangi oranda azalması talep edilen suyun karşılanamadığı, yani arzın talebe yetmediği akım değerleri bulunacaktır. Çalışması yapılan yedi barajın kendi içinde memba ya da mansapta olmamasından (kaskat barajları) dolayı bir baraj herhangi bir başka barajı etkilememektedir. Dolayısıyla her baraj kendi içinde Mike Hydro programında çalıştırılabilir.

Yapılan deneme-yanılma simülasyon sonuçları gösteriyor ki; İmranlı Barajı için (Şekil 66) %76'lık oranda gelen akımdaki azalma barajın çalışma süreleri dahilinde 2012 yılının Eylül ayında sulama suyu talebini karşılayamamaktadır. 2012 Eylül ayı sonunda barajın su seviyesi minimuma inmiştir. Barajın çalışma süreleri dâhilinde barajdan hiç su bırakılmadığı yani su seviyesinin dolusavak eşik kotunu aşmadığı gözlenmiştir.



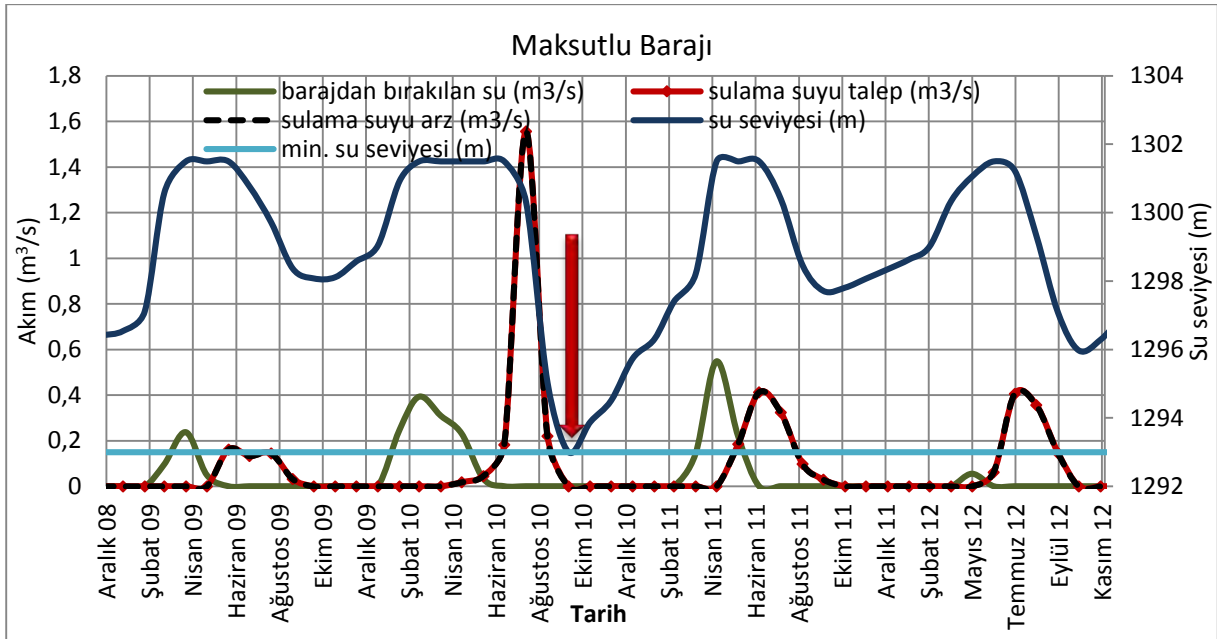
Şekil 66 İmranlı Barajı sulama suyu (arz-talep), barajdan bırakılan su ve rezervuar su seviye değerleri zaman serisi (% 76 azaltılmış gelen akım kullanılarak)

İmranlı Barajında olduğu gibi benzer su sıkıntısı durumu Yapıaltın Barajında da aynı zaman da gözlenmiştir (Şekil 67). Simülasyon sonucuna göre Yapıaltın Barajına gelen akımdaki %4'lük azalma, 2012 Eylül ayında sulama suyu talebinin karşılanamamasına sebep olmuş ve Eylül ayı sonu itibariyle barajdaki su seviyesi minimuma inmiştir. Ayrıca çalışma süresi boyunca barajdan su bırakılmamıştır.



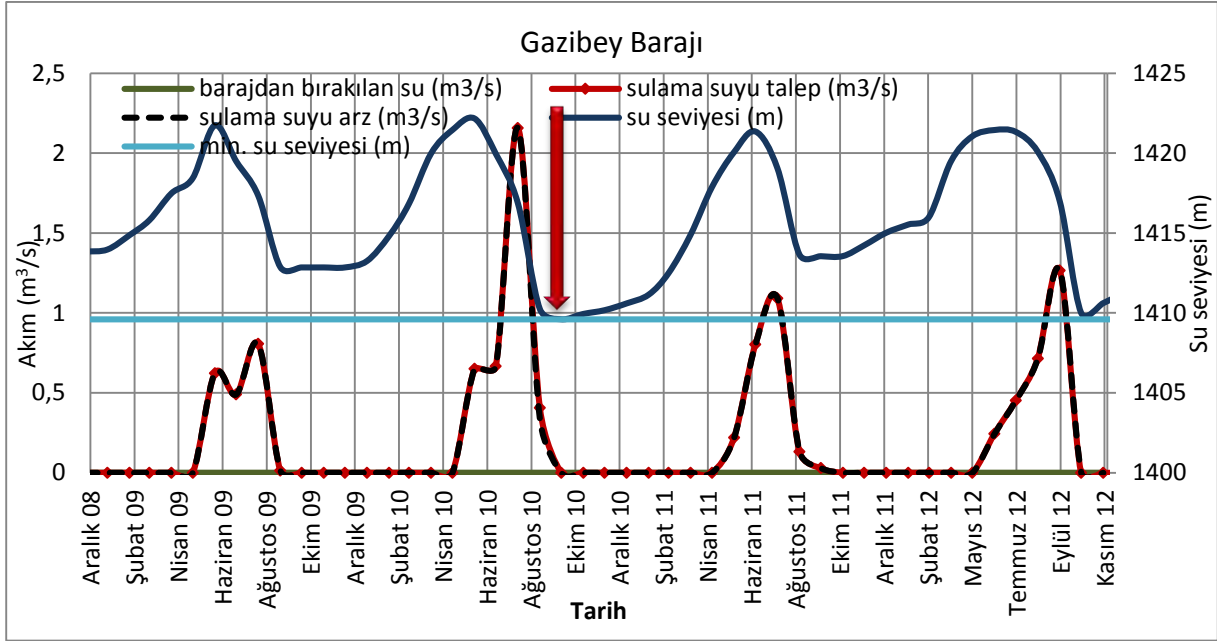
Şekil 67 Yapialtın Barajı sulama suyu (arz-talep), barajdan bırakılan su ve rezervuar su seviye değerleri zaman serisi (% 4 azaltılmış gelen akım kullanılarak)

Maksutlu Barajı simülasyon sonuçlarına bakıldığında ise durumun diğer iki barajdan farklı olduğu gözlenmiştir (Şekil 68). Baraja gelen akım % 21 oranında azaldığında sulama suyu için gerekli olan talep değerler 2010 yılının Eylül ayında karşılanamamış ve bu ayın sonunda baraj su seviyesinin minimuma indiği görülmüştür. 2010 yılı Haziran ve Ağustos aylarında talebin diğer yıllara göre fazla olması bu durumun oluşmasına sebep olmuştur. 2009 yılının Mart, Nisan ve Mayıs aylarında, 2010 yılının Şubat-Haziran ayları arası, 2011 yılının Nisan, Mayıs ve Haziran ayları ile 2012 yılının Mayıs aylarında baraj yapısından su bırakıldığı görülmüştür.



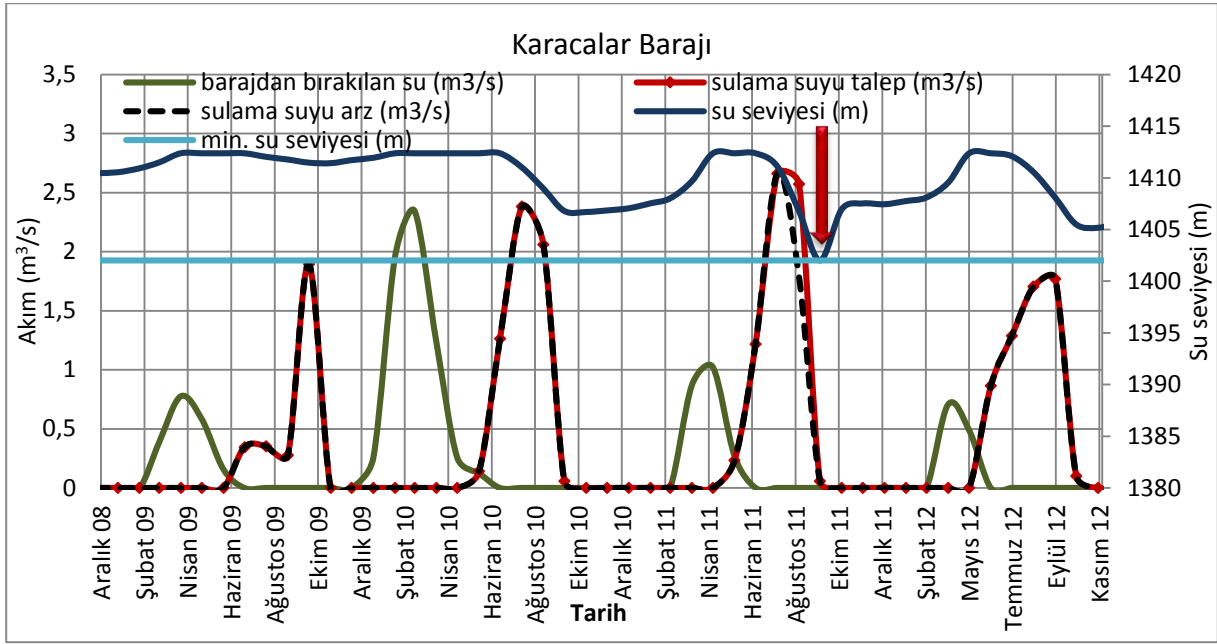
Şekil 68 Maksutlu Barajı sulama suyu (arz-talep), barajdan bırakılan su ve rezervuar su seviye değerleri zaman serisi (% 21 azaltılmış gelen akım kullanılarak)

Gazibey Barajına gelen akımda % 34'lük azalma Maksutlu Barajında olduğu gibi 2010 yılının Eylül ayında sulama suyu talebinin karşılanamamasına yol açmıştır. Yine Maksutlu Barajında gözlemlendiği gibi 2010 yılındaki sulama ihtiyacının diğer yıllara nazaran fazla olması bu durumun oluşmasına yol açmıştır. Bu ayın sonunda (2010 Eylül) barajdaki su seviyesi minimuma inmiştir. Ancak, Gazibey barajında simülasyon süresi boyunca baraj yapısından su bırakılmadığı görülmüştür(Şekil 69).



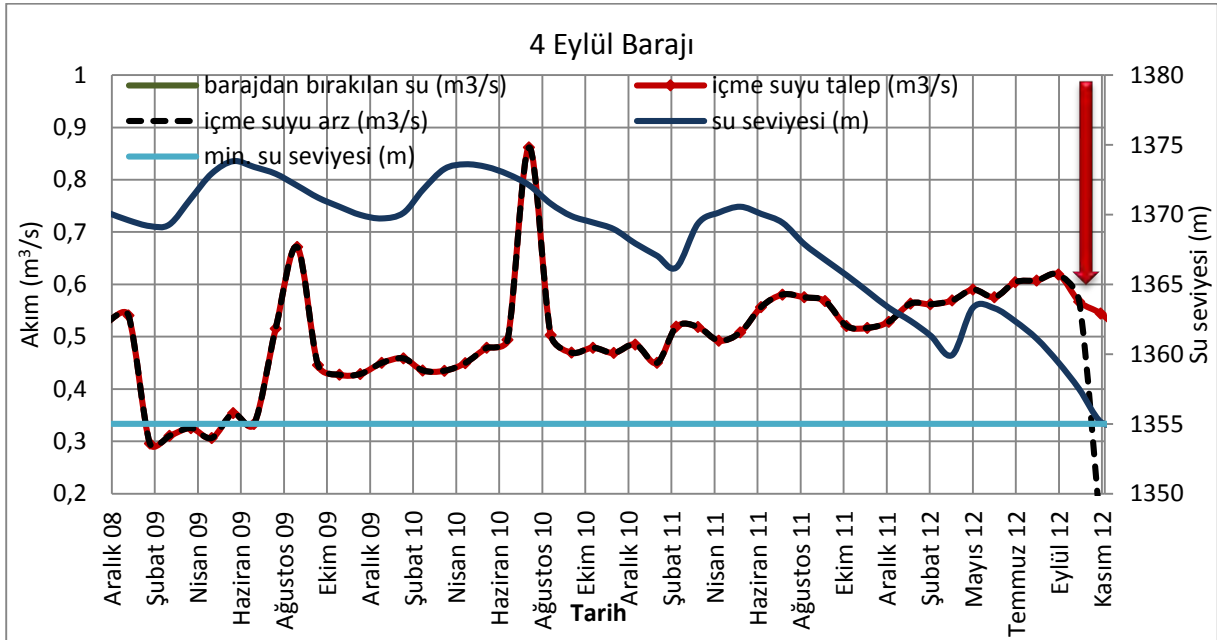
Şekil 69 Gazibey Barajı sulama suyu (arz-talep), barajdan bırakılan su ve rezervuar su seviye değerleri zaman serisi (% 34 azaltılmış gelen akım kullanılarak)

Karacalar Barajındaki durum ise diğer barajlardan daha farklıdır (Şekil 70). Baraja gelen akımdaki %1'lik bir azalma 2011 yılının Eylül ayında sulama suyu talebinin karşılanamamasına sebep olmuştur. Barajın çalışma süresi boyunca barajda en fazla sulama suyu ihtiyacının 2011 yılının Haziran ve Ağustos aylarında olduğu bu sebepten sulama suyunun karşılanamadığı görülmüştür. Bu ayın sonunda (2011 Eylül) baraj su seviyesinin minimuma inmiştir. Yedi baraj içerisinde en kritik işletme çalışmasına sahip olan baraj Karacalar Barajıdır. Bu sebepten işletme çalışması dolusavak eşik kotuna göre değil dolusavak kret kotuna göre olmalıdır. Bu sayede 2011 yılının Nisan, Mayıs ve Haziran aylarında baraj yapısından bırakılan su engellenmiş ve sulama talebi karşılanmış olacaktır.



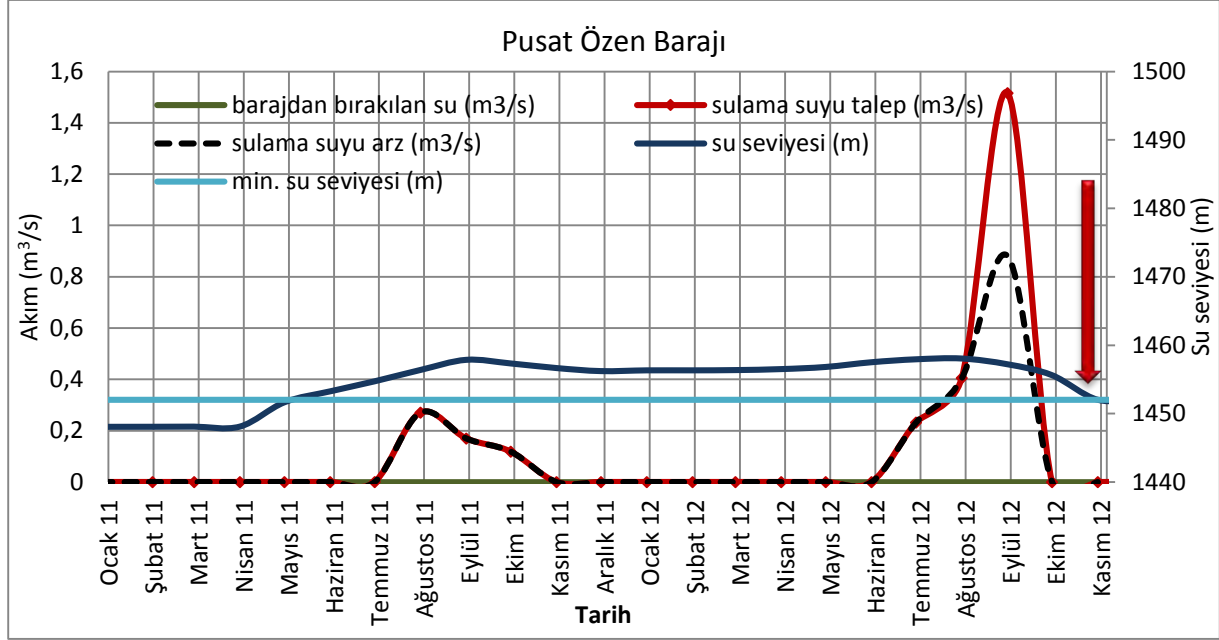
**Şekil 70 Karacalar Barajı sulama suyu (arz-talep), barajdan bırakılan su ve rezervuar su seviye değerleri zaman serisi (% 1 azaltılmış gelen akım kullanılarak)**

4 Eylül Barajındaki içme suyu ihtiyacı yıllara göre artan bir seyir izlemektedir (Şekil 71). %63 oranında baraj haznesine gelen akımdaki azalma 2012 yılının Kasım ayında talebin karşılanamamasına sebep olmuş ve ay sonu baraj su seviyesinin minimuma indiği görülmüştür. Simülasyon süresi boyunca barajdan su bırakılmamıştır.



**Şekil 71 4 Eylül Barajı sulama suyu (arz-talep), barajdan bırakılan su ve rezervuar su seviye değerleri zaman serisi (% 63 azaltılmış gelen akım kullanılarak)**

Pusat Özen Barajının işletmeye açılış tarihi 2009 yılının Ocak ayıdır (Tablo 9). Fakat DSİ'den temin edebildiğimiz işletme çalışmalarının veri aralığı Ocak 2011-Aralık 2012 tarihleri arasındadır. Bu sebepten iki yıllık süre zarfında (Ocak 2009-Aralık 2010) baraja gelen akım ve sulama suyu talep miktarları hakkında bilgi elimizde mevcut değildir. Verilen bilgiler ışığında yapılan simülasyon çalışmalarına göre %94 oranındaki akım azalması 2012 yılının Eylül ayında sulama suyu talebini karşılayamamış ve ay sonunda baraj su seviyesi minimuma inmiştir (Şekil 72).



**Şekil 72** Pusat Özen Barajı sulama suyu (arz-talep), barajdan bırakılan su ve rezervuar su seviye değerleri zaman serisi (% 94 azaltılmış gelen akım kullanılarak)

Son bölümde yapılan kritik akım değerleri ile yapılan işletme çalışmalarının sonuçları İmranlı Barajı Tablo A33'de, Yapıaltın Barajı Tablo A34'de, Maksutlu Barajı Tablo A35'de, Gazibey Barajı Tablo A36'da, Karacalar Barajı Tablo A37'de, 4 Eylül Barajı Tablo A38'de ve Pusat Özen Barajı Tablo A39'da sunulmuştur.

Şu ana kadar yapılan çalışmalar (mevcut ve hipotetik durum) özet şeklinde Tablo 8'de sunulmuştur. Tablonun ilk kısmında mevcut durum (DSİ'den alınan verilerin simülasyon çalışma süreleri boyunca özetlenmiş hali), ikinci (ii) kısmında baraj yapısına gelen akımın %20 oranında azaltılması durumunda su arz ve talep miktarları ile bunlara göre talebin ne kadar karşılandığı, üçüncü (iii) kısımda gelen akımın %20 azalmasıyla birlikte minimum su seviyesiyle barajların çalışmaya başlaması durumunda talebin ne ölçüde karşılandığı, dördüncü ve son kısımda (iv) ise baraja gelen akımın hangi kritik oranda azaltılması durumunda talep edilen suyun karşılanabildiği değerler yer almıştır. Kısım (iv)' de yer alan sonuçlara göre Yapıaltın ve Karacalar Barajının akım azalmasını tolere edemediği, Maksutlu ve Gazibey Barajlarına gelen akım değerlerinin yaklaşık %30 oranında azalmasına rağmen talebi karşılayabildiği, İmranlı, 4 Eylül ve Pusat Özen Barajlarının ise yüksek oranlarda akım azalmasına karşı talepleri daha iyi tolere edilebildiği görülmüştür.

**Tablo 8 Mevcut Durum ve Hipotetik Durum Çalışmalarının Özet Olarak Gösterimi**

Barajlar	Mevcut Durum				Baraja Gelen Akımın %20 Azalması (Hipotetik Durum (ii))				Baraja Gelen Akımın %20 Azalması ve Barajın Minimum Seviyede Çalışması (Hipotetik Durum (iii))				Baraja Gelen Kritik Akım (Hipotetik Durum (iv))			
	Barajdan bırakılan su (hm <sup>3</sup> )	Sulama / içme suyu arz (hm <sup>3</sup> )	Sulama / içme suyu talep (hm <sup>3</sup> )	Talep karşılanma oranları (%)	Barajdan bırakılan su (hm <sup>3</sup> )	Sulama / içme suyu arz (hm <sup>3</sup> )	Sulama / içme suyu talep (hm <sup>3</sup> )	Talep karşılanma oranları (%)	Barajdan bırakılan su (hm <sup>3</sup> )	Sulama / içme suyu arz (hm <sup>3</sup> )	Sulama / içme suyu talep (hm <sup>3</sup> )	Talep karşılanma oranları (%)	Barajdan bırakılan su (hm <sup>3</sup> )	Sulama / içme suyu arz (hm <sup>3</sup> )	Sulama / içme suyu talep (hm <sup>3</sup> )	Gelen Akımın (%) Azalması
İmranlı	273.62	88.97	88.97	100	162.42	88.97	88.97	100	158.68	88.97	88.97	100	0	88.97	88.97	75
Yapıaltın	1.84	56.5	56.5	100	0	47.99	56.5	85	0	45.15	56.50	79.91	0.32	56.5	56.5	3
Maksutlu	11.46	12.01	12.01	100	6.9	12.01	12.01	100	6.46	12.01	12.01	100	6.7	12.01	12.01	30
Gazibey	1.21	28.51	28.51	100	0	28.51	28.51	100	0	28.51	28.51	100	0	28.51	28.51	33
Karacalar	6.41	56.22	56.22	100	15.64	54.16	56.22	96	4.4	54.16	56.22	96.34	29.74	54.16	56.22	0
4 Eylül	15.04	64.59	64.59	100	0	63.22	63.22	100	0	61.61	63.22	97.45	0	63.22	63.22	62
Pusat Özen	102.72	7.12	7.12	100	76.2	7.12	7.12	100	0	7.12	7.12	100	0	7.12	7.12	93

#### 4. Değerlendirme

13855 km<sup>2</sup> alana sahip 1543 havzasının 1970-2003 yıllarında doğal kabul edilen akım değerlerinden elde edilen yüzeysuyu akım potansiyeli 1837.81 hm<sup>3</sup>'tür. Mart, Nisan ve Mayıs aylarında akım potansiyeli sırasıyla 298.0, 542.61, ve 370.46 hm<sup>3</sup> olarak belirlenmiştir ve bu değerler aylık ortalama değerden (153.15 hm<sup>3</sup>) büyüktür. 1543 havzası Kızılırmak Havzası'nın membaında yer almaktadır ve bu kısımda oluşan akım özellikle kış aylarında kar olarak düşen yağışın ilkbahar aylarında erimesi ile oluşmaktadır. 2000-2011 yılları arasında havzadaki kar kaplı gün sayıları analizleri dikkate alındığında 2002 ve 2008 yıllarında havzada kar kaplı gün sayısının diğer yıllara göre daha yüksek olduğu gözlenmektedir.

Ölçüm olmayan alt havzalar için ortalama yıllık akım potansiyelinin belirlenmesi amacı ile geliştirilen metodolojide havza karakteristiklerinden alan ve çevre kullanılarak elde edilen kümeleme ile üç ayrı küme oluşturulmuştur. Bu kümelerin biri için medyan yükseklik havza karakteristiği de önemli bulunmuştur. Geliştirilen doğrusal olmayan regresyon denklemleri ile ölçüm olmayan havzalar için ortalama yıllık akım potansiyelinin bulunması mümkün olmaktadır. Akım serilerinin ölçüm olmayan havzalar için oluşturulmasında hidro-istatistik modeller kullanılmıştır. Bu modellerden akımların drenaj alanına göre standardize edilmesi yöntemi en yüksek Nash-Sutcliffe değeri vermiştir. Bu yöntemde alan üs değeri 1 olarak kullanılmış, fakat ardışık akım gözlem istasyon değerleri dikkate alındığında n değerinin oldukça değişken olduğu belirlenmiştir.

1543 alt havzasında yer alan hacmi 2.2 hm<sup>3</sup>'ten büyük 7 adet Baraj ve göletin işletme bilgileri DSİ Bölge Müdürlüğü'nden temin edilmiştir. Elde edilen işletme tabloları ve Baraj/gölet karakteristikleri kullanılarak 1543 alt havzasının yüzey suyu işletme çalışmaları MIKE-HYDRO programı ile yapılmıştır. Çalışma alanında yer alan Barajlardan sadece 4 Eylül Barajı içme suyu sağlama amacına yöneliktir. Diğer Barajlar sulama amaçlıdır. İmranlı barajının enerji, sulama ve taşkın amaçlı olduğu karakteristik bilgilerinde yer almasına rağmen işletme tablolarında enerji amaçlı kullanılan su görülmemiştir. Çalışmada öncelikle mevcut durum dikkate alınarak temin edilen verilerin zaman aralığı süresince (Aralık 2008- Aralık 2012) işletme çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Mevcut durumda DSI bölge tarafından adı geçen Baraj/göletlerin dolusavak eşik kotunda işletildiği belirlenmiştir. İşletme tablolarındaki değerler dikkate alınarak Aralık 2008-Kasım 2012 dönemlerinde yapılan işletme çalışmasında İmranlı Barajından DSI'nin modele göre 43.96 hm<sup>3</sup> daha fazla su bıraktığı ve bu suyu genel olarak daha önce bıraktığı belirlenmiştir. Simülasyon çalışmasına göre DSI işletme çalışmaları ile Pusat-Özen Barajında 2.43 hm<sup>3</sup>, 4 Eylül Barajında 11.12 hm<sup>3</sup>, Gazibey Baraj'ında 1.21 hm<sup>3</sup>, Maksutlu Barajında 0.06 hm<sup>3</sup> ve Yapıaltın Barajında 0.15 hm<sup>3</sup> olmak üzere daha fazla su bırakıldığı görülmüştür. Sadece Karacalar Baraj'ında modelin 29.74 hm<sup>3</sup> su bırakması öngörülürken DSI tarafından 6.41 hm<sup>3</sup> suyun bırakıldığı belirlenmiştir. Tüm 7 Baraj/gölet işletmesi dikkate alındığında DSI tarafından 412.30 hm<sup>3</sup> su bırakılırken, modelin öngördüğü su bırakma miktarı 376.70 hm<sup>3</sup> olarak bulunmuştur. İşletme süresi boyunca DSI tarafından %8.63 daha fazla su bırakıldığı belirlenmiştir. Model çalışmaları işletme tablolarını birebir dikkate alarak yapılmış olduğu için işletme tablolarında yapılmış olası hatanın belirlenmesi modelleme sırasında mümkün değildir. Benzer çalışma Baraj/göletlerin maksimum su kotunda işletilmesi durumunda da yapılmıştır. Maksimum işletme kot değerinin taşkın kotu olarak kabul edilip işletme çalışmasının yapılması durumunda İmranlı Baraj'ında işletme süresince 20.45 hm<sup>3</sup>, Pusat Özen Baraj'ında 9.63 hm<sup>3</sup>, 4 Eylül Baraj'ında 3.92 hm<sup>3</sup>, Karacalar Baraj'ında 27.46 hm<sup>3</sup>, Maksutlu Baraj'ında 0.93 hm<sup>3</sup> ve Yapıaltın Baraj'ında 1.69 hm<sup>3</sup> daha fazla suyun tutulabileceği belirlenmiştir. Fakat, bu barajların membaında oluşturulmuş herhangi bir erken uyarı sistemi olmadığı için DSI



yetkilileri en az riski alarak taşkın için boş hacim bırakmayı ve barajları dolusavak eşik kotunda işletmeyi tercih etmektedirler. Baraj karakteristiklerine bakıldığında 4 Eylül Baraj'ından yıllık ortalama 22.81 hm<sup>3</sup> suyun içme suyu kullanımı için bırakıldığı, İmranlı Baraj'ından 22.24 hm<sup>3</sup> suyun sulama için bırakıldığı bilinmektedir. Barajların dolusavak eşik kotunda çalıştırılmış olması durumunda bile DSI tarafından bırakılan suyun yıllık ortalama 11.87 hm<sup>3</sup> (Tablo 3'de fark hesaplaması: 35.90 hm<sup>3</sup> /3 yıl) olduğu ve çalışma alanındaki barajların sulama için yıllık ortalama sarfiyatlarının 59.39 hm<sup>3</sup> (Tablo 1'de sulama toplam değer) olduğu düşünülürse, sulama için ayrılan suyun %20'sinin salındığı görülmektedir.

Çalışma alanında hem içme suyu hem de sulama amaçlı Baraj bulunmamaktadır. Bu koşullarda olası bir işletme senaryosu gösterebilmek için hipotetik bir durum yaratılmış ve İmranlı Baraj'ına 4 Eylül Baraj'ının içme suyu kullanıcısı eklenerek analizler yapılmıştır. Bu durumda 89.92 hm<sup>3</sup> olan kullanılabilir hacim dikkate alındığında 22.24 hm<sup>3</sup> sulama suyu ihtiyacına ek olarak 22.81 hm<sup>3</sup> içme suyu talebinin karşılanıp karşılanamayacağı belirlenmeye çalışılmıştır. Barajın işletme süresi boyunca her iki talebi de karşıladığı fakat 2012 Şubat-Nisan aylarında Barajdan salınan suyun %40 azaldığı belirlenmiştir. İçme suyu talebinin 2.69 kat artması durumunda Ekim 2012 ayından itibaren barajdaki su seviyesinin minimum su seviyesine eriştiği ve bundan sonraki taleplerin karşılanmasının mümkün olmadığı belirlenmiştir. Aynı şekilde sulama suyu talebine ek olarak içme suyu talebinin de karşılanamayacağı durum içme suyu talebinin 2.93 kat artması (yıllık 66.83 hm<sup>3</sup> olması ) durumunda gözlenmektedir.

Çalışılan bir başka hipotetik durum ise akımların %20 azalması ve Barajdaki su seviyelerinin normal su seviyesinde olduğu durum içindir. Bu durumda sadece Yapıaltın ve Karacalar Barajları talepleri 100% karşılayamamışlardır. Şayet akım değerleri %20 azalır ve baraj su seviyeleri minimum su seviyesinde işletmeye başlanırsa Yapıaltın ve Karacalar Barajlarına ek olarak 4 Eylül Barajının da talebi %100 karşılayamadığı görülmüştür. İçme suyu amaçlı olan bu baraj için elde edilen sonuç oldukça önemlidir. Zira Sivas ilinin içme suyunu karşılamak için kullanılan bu barajın kuraklık durumunda doğru işletiminin ne kadar önemli olduğunu göstermektedir.

Akımların ne kadar azalması durumunda taleplerin barajlar tarafından karşılanamayacağı durumu da çalışılmıştır. Özellikle Karacalar ve Yapıaltın Barajlarının akımlarda %3 gibi bir azalma yaşandığında talepleri karşılayamadığı görülmüştür. Bu sebepten işletme çalışması dolusavak eşik kotuna göre değil dolusavak kret kotuna göre olmalıdır. Bu sayede 2011 yılının Nisan, Mayıs ve Haziran aylarında Baraj yapısından bırakılan su engellenmiş ve sulama talebi karşılanmış olacaktır. Yapıaltın ve Karacalar Barajının akım azalmasını tolere edemediği, Maksutlu ve Gazibey Barajlarına gelen akım değerlerinin yaklaşık %30 oranında azalmasına rağmen talebi karşılayabildiği, İmranlı, 4 Eylül ve Pusat Özen Barajlarının ise yüksek oranlarda akım azalmasına karşı talepleri daha iyi tolere edilebildiği görülmüştür.

Kızılırmak havzasının oldukça büyük olmasından ve havzada yer alan baraj/göletlerin işletme bilgilerine ulaşmada sıkıntı yaşanmasından dolayı 1543 üst havzasının işletme çalışmaları farklı senaryolara göre yapılmıştır. Fakat bu alt havzanın da Kızılırmak havzası'nın bir üst havza olmasından dolayı mansap koşullarının da işletme çalışmalarında dikkate alınması gerekmektedir. Bu nedenle akımların %20 azalması ve Baraj su seviyesinin minimum olması durumunda İmranlı Barajının mansabında yer alan 15-117 No'lu AGİ'nin akım değerleri incelendiğinde 2008 Aralık ayında %50, 2009 su yılında %34, 2010 Ocak-Eylül aylarında %16 ve 2011 Mart-Eylül aylarında %22 oranında azaldığı görülmüştür. Bu hesaplamalarda İmranlı Barajı ve 15-117 AGİ arasındaki ara havzadan gelen akımın aynı kaldığı düşünülmüştür. Bu koşullar altında kaskat sistemli yapıların işletmesinin en uygun şekilde yapılması

gerekmektedir. Membedaki havzanın talepleri karşılanırken mansaptaki su ihtiyaçlarının bu işletmeden olumsuz yönde etkileneceği açıktır.

Proje süresince karşılaşılan en büyük güçlük verilerin temininde yaşanmıştır. DSİ Genel Müdürlüğü Barajlar İşletme ve Bakım Dairesi İşletme Şube Müdürlüğü'nün katkısı oldukça fazla olmuştur. Fakat bölgeden gelen verinin yorumlanmasında sıkıntılar yaşanmıştır. Aynı zamanda bölgedeki mevcut bitki deseninin coğrafi koordinatlarının ve kullanılan su miktarının hangi barajdan temin edildiği bilgisine de ulaşılammış olmasından dolayı olası senaryolarda yeni bitki deseni önerme konusunda bir çalışma yapılamamıştır. Bu çalışma DSİ'den temin edilen işletme tablolarına göre oluşturulmuştur, bölgedeki farklı su kullanıcılarının su taleplerinin daha detaylı yersel çalışmalarla belirlenmesi gerekmektedir.

Proje sonuçlarının sunulacağı bildiri ve makale çalışmaları devam etmektedir.