



T.C. TARIM VE ORMAN BAKANLIğI
SU YÖNETİMİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ



TAŞKIN VE KURAKLIK YÖNETİMİ DAİRESİ BAŞKANLIğI

SEYHAN HAVZASI KURAKLIK YÖNETİM PLANI

CİLT II: SU BÜTÇESİ



ANKARA, 2019



**T.C. TARIM VE ORMAN BAKANLIĞI
SU YÖNETİMİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ**



TAŞKIN VE KURAKLIK YÖNETİMİ DAİRESİ BAŞKANLIĞI

İş bu rapor, Tarım ve Orman Bakanlığı, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü tarafından
Yüklenici **io Çevre Çözümleri Ar-Ge Ltd. ve Yaşlıoğlu İnşaat ve Ticaret Ltd. Şti.**
Adi Ortaklığı'na hazırlanmıştır.



**T.C. TARIM VE ORMAN BAKANLIĞI
SU YÖNETİMİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ**



TAŞKIN VE KURAKLIK YÖNETİMİ DAİRESİ BAŞKANLIĞI

SU YÖNETİMİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ

GENEL MÜDÜR

Bilal DİKMEN

GENEL MÜDÜR YARDIMCISI

Mustafa UZUN

TAŞKIN VE KURAKLIK YÖNETİMİ DAİRESİ BAŞKANLIĞI

Daire Başkanı

Maruf ARAS

KURAKLIK YÖNETİMİ ÇALIŞMA GRUBU

Ahmet Murat ÖZALTIN Çalışma Grup Sorumlusu

Yeliz SARICAN Uzman

Halil Emre KIŞLIOĐLU Mühendis

Çiğdem GÜRLER Uzman



T.C. TARIM VE ORMAN BAKANLIĞI
SU YÖNETİMİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ



TAŞKIN VE KURAKLIK YÖNETİMİ DAİRESİ BAŞKANLIĞI

PROJE EKİBİ

io Çevre Çözümleri Ar-Ge Ltd. Şti.

Prof. Dr. Erdem GÖRGÜN	Yönetici Ortak - Çevre Mühendisi, M.Sc.
Adnan Deniz ÖZDEMİR	Proje Yöneticisi - Meteoroloji Mühendisi, M.Sc.
Ceren BALLI	Proje Yönetici Yrd. - Meteoroloji Mühendisi, M.Sc.
Serkan GÜNER	Hidrojeoloji Mühendisi, M.Sc.
Ferat ÇAĞLAR	Meteoroloji Mühendisi, M.Sc.
Ozan Oğulcan DEMİRTAŞ	Çevre Mühendisi
Yusuf Oğulcan DOĞAN	İnşaat Mühendisi, M.Sc.
Memduh Burak ARDIÇ	İnşaat Mühendisi
Işılso YILDIRIM	İnşaat Mühendisi, M.Sc.
Dr. Orkan ÖZCAN	Jeoloji Mühendisi
Prof. Dr. Selahattin İNCECİK	Meteoroloji Mühendisi, M.Sc.
Prof. Dr. Turgut ÖZTAŞ	Jeoloji Mühendisi, M.Sc.
M. Gökay ŞAHİN	İnşaat Mühendisi

Yaşlıoğlu İnşaat ve Ticaret Ltd. Şti.

Ruşen YAŞLIOĞLU	Genel Müdür - İnşaat Mühendisi
Gökhan YAŞLIOĞLU	Genel Koordinatör
Gürkan URAY	Proje Müdürü - İnşaat Mühendisi M.Sc.
Ayçiçek YAŞLIOĞLU	İnşaat Mühendisi
Muammer ERYILDIRIM	Ziraat Mühendisi

Müşavir Öğretim Üyeleri

Prof. Dr. Mahmut ÇETİN	Çukurova Üniversitesi
Prof. Dr. Ömer Lütfi ŞEN	İstanbul Teknik Üniversitesi



T.C. TARIM VE ORMAN BAKANLIĞI
SU YÖNETİMİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ



TAŞKIN VE KURAKLIK YÖNETİMİ DAİRESİ BAŞKANLIĞI

İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER	v
TABLO LİSTESİ	vii
ŞEKİL LİSTESİ	viii
KISALTMALAR	ix
6 HİDROLOJİK MODEL	6-1
6.1 Yüzeysel Su Modelleri	6-1
6.1.1 Kullanılan Modelin Özellikleri ve Seçilme Gerekçeleri	6-1
6.1.2 Kalibrasyon ve Validasyon Çalışmaları	6-4
6.1.3 HEC-HMS performans değerlendirmesi	6-5
6.1.4 İklim Değişikliğinin Yüzeysel Potansiyeline Etkilerinin Belirlenmesi (Projeksiyonlar)	6-10
6.2 Yeraltısu Modelleri	6-14
6.2.1 Kullanılan Modelin Özellikleri ve Seçilme Gerekçeleri	6-14
6.2.2 abcd Modeli YAS Beslenme Hesapları ve Kalibrasyonu	6-17
7 SU KULLANIMI	7-1
7.1 Mevcut Durum Su Kullanımı	7-1
7.1.1 Tarımsal Su Kullanımı	7-1
7.1.2 İçme-Kullanma Suyu Kullanımı	7-1
7.1.3 Hayvancılık Su Kullanımı	7-1
7.1.4 Sanayi Su Kullanımı	7-2
7.1.5 Turizm Su Kullanımı	7-2
7.1.6 Ekosistem Su Kullanımı	7-3
7.1.7 Havzalararası Su Aktarımı Projeleri	7-4
7.2 Projeksiyon Dönemi Su Kullanım Tahminleri	7-6
7.2.1 Tarımsal Sulama Suyu İhtiyacı Tahminleri	7-6
7.2.2 İçme ve Kullanma Suyu İhtiyacı Tahminleri	7-9
7.2.3 Sanayi Suyu İhtiyacı Tahminleri	7-11
7.2.4 Turizm Su İhtiyacı Tahminleri	7-12
7.2.5 Hayvancılık Su İhtiyacı Tahminleri	7-13
7.2.6 Ekosistem Su İhtiyacı Tahminleri	7-14
8 HAVZA SU POTANSİYELİ VE SU POTANSİYELİNDEKİ DEĞİŞİMİN TESPİTİ	8-1
8.1 Su Bütçesi Metodu	8-1



T.C. TARIM VE ORMAN BAKANLIğI
SU YÖNETİMİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ



TAŞKIN VE KURAKLIK YÖNETİMİ DAİRESİ BAŞKANLIğI

8.2	Mevcut Dönem Su Bütçesi	8-2
8.3	Projeksiyon Dönemi YÜS ve YAS Beklenen Değişimler	8-5
9	KAYNAKÇA	9-1



T.C. TARIM VE ORMAN BAKANLIĞI
SU YÖNETİMİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ



TAŞKIN VE KURAKLIK YÖNETİMİ DAİRESİ BAŞKANLIĞI

TABLO LİSTESİ

Tablo 6.1 Alt Havzalara Ait Kalibrasyon Dönemi (1970-2000) ile Validasyon Dönemi (2001-2015) için Model Performans İstatistikleri	6-6
Tablo 6.2 Referans Dönemine Göre İklim Projeksiyonlarındaki Akış Değerlerinin Değişimi	6-12
Tablo 7.1 Seyhan Havzası Sektörel Mevcut Su Kullanım Bilgileri.....	7-3
Tablo 7.2 Seyhan Havzası'ndaki Su Transferleri.....	7-4
Tablo 7.3 Mevcut Durum Tarımsal Sulama Alanları ve İhtiyaçları	7-6
Tablo 7.4 Gelecek Durum Tarımsal Sulama Alanları ve İhtiyaçları	7-6
Tablo 7.5 Seyhan Havzası'nda RCP8.5 Senaryosuna Göre Gelecek Dönemlerde Bitki Su Tüketimleri ile Sulama Suyu İhtiyaçları	7-8
Tablo 7.6 Seyhan Havzası Yerleşim Yerleri Nüfus Projeksiyonları	7-10
Tablo 7.7 Seyhan Havzası Toplam İçme ve Kullanma Suyu Projeksiyonu	7-11
Tablo 7.8 Yıllık Artış ve Su Minimizasyon Oranları Tahminleri	7-12
Tablo 7.9 Seyhan Havzası Sanayi Suyu İhtiyacı Projeksiyonu	7-12
Tablo 7.10 Seyhan Havzası Santral Suyu İhtiyacı Projeksiyonu.....	7-12
Tablo 7.11 Seyhan Havzası Belge Türüne Göre Turizm Su İhtiyacı Projeksiyonu.....	7-13
Tablo 7.12 Seyhan Havzası Alt Havza Bazlı Turizm Su İhtiyacı Projeksiyonu	7-13
Tablo 7.13 Seyhan Havzası Hayvancılık Sektörü Alt Havza Bazlı Su İhtiyacı Projeksiyonu	7-14
Tablo 7.14 Seyhan Havzası Çevresel Akış Projeksiyonlarının Karşılaştırması.....	7-15
Tablo 7.15 Seyhan Havzası Seçilen Çevresel Akış Değerleri.....	7-15
Tablo 8.1 Seyhan Havzası Sektörel Mevcut Su Kullanım Bilgileri.....	8-2
Tablo 8.2 Seyhan Havzası ve Alt Havzaları Su Bütçesi.....	8-4
Tablo 8.3 Seyhan Havzası Su Potansiyeli Projeksiyonları.....	8-6



T.C. TARIM VE ORMAN BAKANLIĞI
SU YÖNETİMİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ



TAŞKIN VE KURAKLIK YÖNETİMİ DAİRESİ BAŞKANLIĞI

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 6.1 HEC-HMS’de Hidrolojik Çevrim Bileşenleri	6-3
Şekil 6.2 Seyhan Havzası Kalibrasyon Dönemi Yıllık Yağışlar ile Doğal ve Modellenmiş Akımların Karşılaştırılması	6-7
Şekil 6.3 Seyhan Havzası Validasyon Dönemi Yıllık Yağışlar ile Doğal ve Modellenmiş Akımların Karşılaştırılması	6-7
Şekil 6.4 Alt Havzalarda Kalibrasyon Dönemi Yıllık Toplam Yağışlar ile Doğal ve Modellenmiş Akımların Karşılaştırılması	6-8
Şekil 6.5 Alt Havzalarda Validasyon Dönemi Yıllık Toplam Yağışlar ile Doğal ve Modellenmiş Akımların Karşılaştırılması	6-9
Şekil 6.6 İklim Projeksiyonu Veri Hücrelerinin (Grid) Havza Üzerindeki Dağılımı	6-11
Şekil 6.7 Seyhan Havzası’nda İklim Projeksiyonu Akış Zaman Serilerinin Değişimi	6-12
Şekil 6.8 Alt Havzalarda İklim Projeksiyonu Akış Zaman Serilerinin Değişimi	6-13
Şekil 6.9 YAS Model – Kullanılan Yöntemin Şematik Gösterimi	6-16
Şekil 6.10 Alt Havzalardaki Uzun Yıllar Aylık Hareketli Ortalama Akımlar.....	6-18
Şekil 6.11 Alt Havzalardaki Uzun Yıllar Yıllık YAS Beslenme Değerleri	6-19
Şekil 7.1 Seyhan Havzası’nda Mevcut (üst) ve Planlanan (alt) Su Transferleri Haritası ..	7-5
Şekil 8.1 Seyhan Havzası Su Bütçesi.....	8-3
Şekil 8.2 Seyhan Havzası Projeksiyon Dönemi YÜS Ortalamaları.....	8-7
Şekil 8.3 Seyhan Havzası Projeksiyon Dönemi YAS Ortalamaları.....	8-8



T.C. TARIM VE ORMAN BAKANLIĞI
SU YÖNETİMİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ



TAŞKIN VE KURAKLIK YÖNETİMİ DAİRESİ BAŞKANLIĞI

KISALTMALAR

ABD	Amerika Birleşik Devletleri
AGİ	Akım Gözlem İstasyonu
CBS	Coğrafi Bilgi Sistemleri
CORINE	Çevresel Bilgilerin Koordinasyonu Projesi
DSİ	Devlet Su İşleri
GeoHMS	Geospatial Hydrologic Modelling Extension
HEC-HMS	Hydrologic Engineering Center – Hydrologic Modeling System
HES	Hidroelektrik Santrali
İBBS	İstatistiki Bölge Birimleri Sınıflandırması
IDSKEP	İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisi Projesi
KHGM	Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü
MGİ	Meteoroloji Gözlem İstasyonu
MGM	Meteoroloji Genel Müdürlüğü
MPI-ESM-MR	Max Planck Institute–Earth System Model
NSE	Nash-Sutcliffe Efficiency
OSİB	Mülga Orman ve Su İşleri Bakanlığı
PET	Potansiyel Buharlaşma ve Terleme
PRISM	Parameter-elevation Relationships on Independent Slopes Model
RCP	Representative Concentration Pathways
RMSE	Root Mean Square Error
SYGM	Su Yönetimi Genel Müdürlüğü
TOB	Tarım ve Orman Bakanlığı
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
UNDP	Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı
YAS	Yeraltı Suyu
YÜS	Yerüstü Suyu



6 HİDROLOJİK MODEL

6.1 Yüzey Suyu Modelleri

Hidrolojik bütçe, belirli bir zaman dönemi içinde bir havza ya da alt havzada kazanılan veya kaybedilen suların miktar açısından değerlendirilmesi için yapılmaktadır. Hidrolojik bütçe hesaplamalarında amaç havzaya giren ve havzayı terk eden su miktarlarını hesaplamaktır (Doğdu, 2011).

Hidrolojik bütçenin ana elemanları yağış, buharlaşma-terleme, süzülme, yüzey akışı ve yeraltı suyu akımıdır. Bir havzada gerçekleşen hidrolojik çevrimin anlaşılması o havzada bir hidrolojik model oluşturularak su potansiyelinin belirlenmesiyle mümkündür.

Hidrolojik modelleme suyun doğadaki çevrimini etkileyen yağış, sızma, buharlaşma, yeraltı suyundan beslenme, toprak nemi, sediment taşınımı gibi birçok karmaşık olayın birbirleriyle ilişkisini kuran bir modelleme yaklaşımıdır.

6.1.1 Kullanılan Modelin Özellikleri ve Seçilme Gerekçeleri

Proje kapsamında alt havzalar ölçeğinde mevcut ve gelecekteki su potansiyelinin (yeraltı ve yerüstü) belirlenmesi amacıyla, hidrolojik modelleme çalışmaları yapılmıştır. Hidrolojik modelleme çalışmaları yapılırken havzadaki doğal göller, depolamalı ve depolamasız tesislerin işletme çalışmaları, "İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisi Projesi" ve daha önce yapılmış ilgili plan ve proje çıktıları dikkate alınmıştır.

Hidrolojik modelleme; doğada var olan hidrolojik süreçlerin, fizik yasalarına dayandırılarak ve matematiksel modeller ile bazı basitleştirici kabuller yapılarak oluşturulması ve bu model çıktılarının yapılan ölçümlerle karşılaştırılması esasına dayanmaktadır.

Proje kapsamında, idarenin de onayıyla hidrolojik modelleme aracı olarak ABD Ordu Mühendisleri (US Army Corps of Engineers) tarafından geliştirilmiş olan ve dünyadaki benzer modelleme çalışmalarında yaygın olarak kullanılan HEC modeli kullanılmıştır.

HEC-HMS (Hydrologic Engineering Center – Hydrologic Modeling System) ABD Ordu Mühendisleri Birliği (US Army Corps of Engineers) tarafından geliştirilmiş, dünyada yaygın olarak kullanılan ve birçok hidrolojik simülasyonu yapabilen bir modeldir. Program kullanımı kolay arayüzü sayesinde kullanıcıya havzayı en iyi şekilde temsil edebilecek olanağı sağlamaktadır.

HEC-HMS aynı zamanda CBS ile bağlantılı kullanılabilir. Programın güçlü ve hızlı



T.C. TARIM VE ORMAN BAKANLIĞI
SU YÖNETİMİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ



TAŞKIN VE KURAKLIK YÖNETİMİ DAİRESİ BAŞKANLIĞI

olması sayesinde yüzlerce bileşen içeren havzaları temsil etmek amacıyla geliştirilen HEC-GeoHMS (Geospatial Hydrologic Modelling Extension) yan uygulaması ArcGIS ile çalışabilmektedir. Böylece havza sınırlarının belirlenmesinde kullanılan topografik haritaların analizi ve bileşenlerin belirlenmesi işlemleri çok daha az zaman almaktadır (U.S. ACE, 2013).

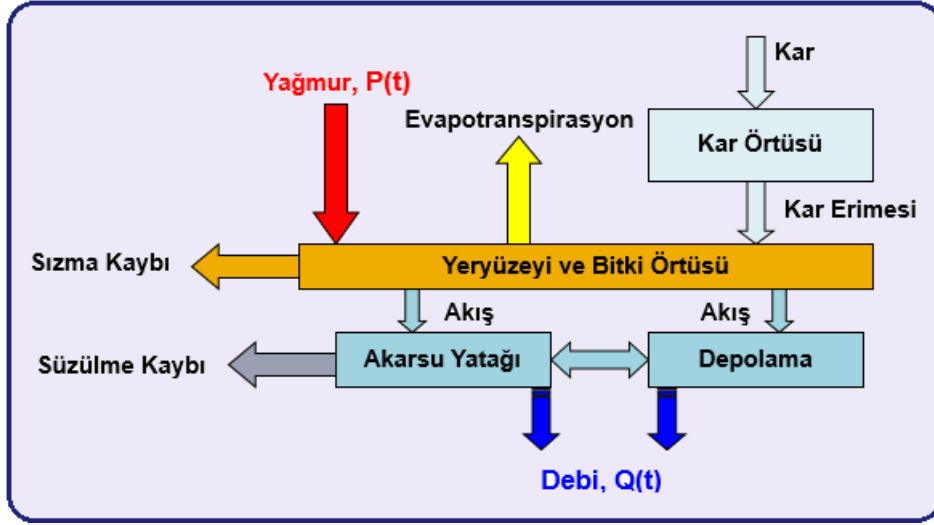
6.1.1.1 Seçilen Modelde Kullanılan Yöntemler

HEC-HMS modeli, birbirine bağlı hidrolojik ve hidrolük bileşenlerle birlikte yüzeysel akışın yağışa verdiği tepkiyi simüle etmek için tasarlanmış bir programdır. HEC-HMS modeli, 3 ana prosesi (kayıplar, dönüşümler ve baz akımları) içerir.

Her bir proses için model farklı fonksiyonları çalıştırır. Bu fonksiyonlar havzaların alt parçaları olarak bilinen alt havzaların yağış-akış fonksiyonlarını içermektedir. Bir bileşen yüzeysel akış, akarsu kanalı ya da bir rezervuarı gösterir ve her bir bileşen bir değişkene atanmıştır. Bu değişken, bileşenin özelliklerini ve onun fiziksel proseslerini tanımlayan matematiksel denklemlerini tanımlar. Model sonuçları, havza çıkışındaki akarsu hidrografları şeklinde hesaplanır (Oleyiblo ve Li, 2010).

HEC-HMS'de Hidrolojik Elemanların Modellenmesi kapsamında bu elemanların özellikleri ve birbirleriyle ilişkileri bir hidrolojik model ağı veri yapısı içinde tanımlanmaktadır. Hesap maddadan mansaba doğru yapılmaktadır. Bu yaklaşımın en önemli özelliği, havzalarda mevcut bulunan birim hidrografların kullanılarak yağış-akış ilişkilerinin Şekil 6.1 ile tanımlanan ilişkiler kapsamında havza ölçekli temsil edilmesidir.

Havza ölçeğinde mevcut olan veri altlıklarının etkin bir şekilde kullanılabilmesi ve akış hidrograflarının belirlenmesi amacıyla HEC-GeoHMS kullanılmıştır. Havza tanımlama işlemleri alt havzaların belirlenmesi, akarsu ağının oluşturulması, alt havza ve akarsuların eğim, uzunluk, akış yönü, alan gibi özniteliklerin hesaplama adımları ile hidrolojik süreçlerin mekânsal özelliklerle ilişkilendirilmesi HEC-GeoHMS ile yapılmıştır.



Şekil 6.1 HEC-HMS'de Hidrolojik Çevrim Bileşenleri

6.1.1.2 Model Parametrelerinin Belirlenmesi

Model kurulumunda en önemli parametrelerden biri de model alt havzalarındaki meteorolojik değişkenlerin zaman serilerinin tanımlanmasıdır. Havza kompleks bir arazi yapısına sahiptir ve bu durum iklim özelliklerinin mekânsal olarak çok hızlı değişmesine neden olur. Hidrolojik modelde her alt havzaya bir zaman serisi atamak yerine meteorolojik zaman serilerinin gridlenmiş bir şekilde temsil edilmesi tercih edilmiştir. Bunun için 10 km çözünürlüklü standart hidrolojik gridler tanımlanmış ve bunların alt havzalarla kesişimleri hesaplanmıştır. Bu sayede hangi gridin hangi alt havzayı ne oranda temsil edeceği tanımlanmıştır. Çözünürlük olarak 10 km seçilmesinin nedeni hidrolojik modelde girdi olarak kullanılacak verilerin yani bölgesel iklim modelinin çıktılarıyla standart hidrolojik gridlerin mekânsal çözünürlük olarak eşleşmesi ve enterpolasyon işlemlerinden kaynaklanacak hataların en aza indirgenmesidir. Bu işlem için modelin veri hücresi alt havza kesişim (GridCellIntersect) aracı kullanılmıştır.

HEC-HMS modelinde grid bazlı veri girişi için İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisi projesinde MPI-ESM-MR ve RegCM4.3 model kuplesiyle üretilip yanlışlık düzeltmesi yapılmış yağış, sıcaklık ve radyasyon verileri ve meteoroloji istasyonlarındaki gözlemlerin PRISM yöntemiyle iklim modelinin grid sistemine uygun olacak şekilde alansallaştırılmasıyla üretilmiş NetCDF formatındaki veriler çalışma alanını kapsayacak şekilde kırılıp DSS formatına dönüştürülmüştür.

HEC-HMS'e tanıtılan havza modeli grid bazlı yağış, sıcaklık ve radyasyon verileri ile çalışmaktadır. Modelde buharlaşma-terleme (evapotranspirasyon) Priestley Taylor yöntemi



T.C. TARIM VE ORMAN BAKANLIĞI SU YÖNETİMİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ



TAŞKIN VE KURAKLIK YÖNETİMİ DAİRESİ BAŞKANLIĞI

kullanılarak hesaplanmaktadır. Penman-Monteith yöntemine göre daha az parametre ve girdiye ihtiyaç duyan bu yöntem sıcaklık ve radyasyon verisi ile çalışmaktadır. Radyasyon verileri yağış ve sıcaklık gibi iklim modelinden elde edilebilmektedir. Kar erimesi için sıcaklık indeksi yöntemi seçilmiştir. Yağışın bitkiler (yaprakları) tarafından tutulan kısmını simüle etmek için basit kanopi seçeneği, toprağa sızan suyu simüle etmek için “kayıp ve sabit” (deficit and constant) seçeneği ve taban (yeraltı su) akışı için de lineer rezervuar yöntemi tercih edilmiştir. Toprağa sızan suyun simülasyonunda SCS eğri numarası (curve number) seçeneği de denenmiş; eğri numaraları grid bazında hazırlanmış, ancak uzun simülasyonda bu yöntem ile iyi bir performans elde edilememiştir. Son olarak yağışın yüzey akışına dönüşümü için grid bazlı çalışan ModClark yöntemi ile nehir akışı için de lag öteleme yöntemi tercih edilmiştir.

6.1.2 Kalibrasyon ve Validasyon Çalışmaları

Hidrolojik süreçlerin modellenmesinde çalışma havzasının farklı koşullarına göre hidrolojik parametrelerin kalibre edilmeleri gerekmektedir.

Kalibrasyon, havza ve model davranışı yeterli derecede yüksek benzerlik gösterene kadar parametrelerin ayarlanma sürecidir (Solomatine & Wagener, 2011). Benzerlik genelde bir ya da daha fazla amaç fonksiyonuyla beraber gözlemlenen ve hesaplanan hidrografın görsel denetimiyle değerlendirilir (Gupta vd., 2005). Model kalibrasyonu deneme-yanılma yöntemi ya da otomatik kalibrasyon kullanılarak yapılabilir.

Model parametrelerinin belirlenmesinin temelinde simüle edilen akım serisi ile gözlenen akım serisi arasındaki hatanın en aza indirilmesi yatmaktadır. Model simülasyonlarının gözlemlenen akış verisiyle olan tutarlılığı kök ortalama kare hatası (Root Mean Squared Error, RMSE) ve Nash-Sutcliffe Katsayısı (Nash-Sutcliffe Efficiency, NSE) gibi seçilen hata metriğini minimize (ya da maksimize) eden model parametrelerinin optimal kombinasyonu seçilir.

Farklı nedenlerden dolayı modelleme çalışmaları belirsizlik içerir ve bu belirsizlikleri azaltmak için model parametrelerinin davranışlarının ve hassasiyet analizlerinin yapılması gerekmektedir. Kalibre edilmesi gereken model parametreleri model hassasiyet analizleri sonucunda belirlenirler. Hidrolojik model kalibrasyonu ve validasyonu sonuçlarının belirsizlik analizi ile desteklenmesi model sonuçlarının güvenilirliğinin anlaşılmasında fayda sağlar.



T.C. TARIM VE ORMAN BAKANLIĞI
SU YÖNETİMİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ



TAŞKIN VE KURAKLIK YÖNETİMİ DAİRESİ BAŞKANLIĞI

Seyhan Havzası'nda akım doğallaştırma çalışması aylık veriler üzerinden yapılmıştır. HEC-HMS modeli ise en uzun olarak günlük veriler üzerinden çalışmaktadır. Bu durumda doğallaştırılmış akım verilerinin modele tanıtılması mümkün olmamıştır. Dolayısıyla modellenen ve doğallaştırılmış akımların karşılaştırması ancak modellenen akımın excel gibi bir yazılım üzerine aktarılması ve aylık verilere dönüştürülmesi ile gerçekleştirilebilmiştir. Kalibre edilebilecek parametre sayısının çokluğu nedeniyle bu işlemin çok sayıda tekrar edilmesi gereği, akımların yıllık ortalama ve yıl içi dağılımını genel olarak üretecek yaklaşık parametre değerleri (tavsiye edilen ve literatürde olan) ile devam edilmesini zaruri kılmıştır.

İklim simülasyonları ancak uzun yıllar ortalamaları dikkate alındığında anlamlıdır. Bu gerçek göz önüne alındığında iklim parametreleri kullanılarak elde edilecek akımların da ancak uzun yıllar ortalamaları anlamlı olacaktır. Dolayısıyla bu çalışmada uzun yıllar ortalamalarında doğallaştırılmış akımlara yaklaştıran parametreler ile akım simülasyonları gerçekleştirilmiş ve analizler bu sonuçlar üzerinden yapılmıştır.

Hidrolojik model çalışması için 1970-2000 yılları kalibrasyon, 2001-2015 yılları ise validasyon dönemi olarak alınmıştır. Havzada herhangi bir depolama yapısı bulunmadığı kabul edilerek model çalıştırılmıştır. Bu aşamada PRISM yöntemi ile elde edilen gridlenmiş meteorolojik ölçüm verileri kullanılmıştır.

6.1.3 HEC-HMS performans değerlendirmesi

Havza yağış akış ilişkisinin belirlenmesi amacıyla HEC-HMS hidrolojik modeli ile alt havza bazında meteorolojik veriler kullanılarak akış simülasyonu yapılmıştır. Bu kapsamda alt havzalar için elde edilen doğallaştırılmış aylık toplam akış verileri kullanılarak modellenen akım üzerinde uzmanlığa ve genel değerlere (literatür) dayalı genel bir kalibrasyon uygulanmıştır.

Tüm alt havzalara ait model performansı ve model sonuçları aşağıda detaylı olarak incelenmiştir (Tablo 6.1). Model, tüm alt havzalar ve havzanın tamamı için doğallaştırılmış akımlara benzer yıllık akımlar üretmiştir. 1970-2000 kalibrasyon dönemi için NSE katsayısı Zamantı Irmağı Alt Havzası hariç diğerlerinde 0,6'nın üzerindedir. Modellenen akımlar ile doğallaştırılmış akımlar arasındaki korelasyonlar Zamantı Irmağı Alt Havzası (0,68) hariç diğer havzalarda (>0,80) yüksektir. Seyhan Havzası geneli için bu değer 0,81'dir.

2001-2015 validasyon dönemi için NSE katsayısı Zamantı Irmağı Alt Havzası hariç diğerlerinde 0,4'ün üzerindedir. Modellenen akımlar ile doğallaştırılmış akımlar arasındaki



T.C. TARIM VE ORMAN BAKANLIĞI
SU YÖNETİMİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ



TAŞKIN VE KURAKLIK YÖNETİMİ DAİRESİ BAŞKANLIĞI

korelasyonlar Zamantı Irmağı Alt Havzası (0,46) hariç diğer havzalarda (>0,7) yüksektir. Seyhan Havzası geneli için bu değer 0,7'dir.

Tablo 6.1 Alt Havzalara Ait Kalibrasyon Dönemi (1970-2000) ile Validasyon Dönemi (2001-2015) için Model Performans İstatistikleri

Dönem	Alt Havzalar	Yıllık Toplam		Standart Sapma		RMSE	NSE	Korelasyon
		Doğal Akım	Model Akım	Doğal Akım	Model Akım			
Kalibrasyon	Zamantı Irmağı	2.031,8	1.946,2	75,06	138,22	104,31	-0,93	0,68
Validasyon				70,40	129,40	115,94	-1,71	0,46
Kalibrasyon	Göksu Irmağı	1.818,9	1.743,2	133,78	152,16	83,29	0,66	0,86
Validasyon				112,12	115,22	74,15	0,56	0,79
Kalibrasyon	Seyhan Barajı- Zamantı, Göksu B.Y.	1.743,4	1.728,5	135,34	130,14	79,86	0,58	0,79
Validasyon				102,48	105,77	80,50	0,38	0,71
Kalibrasyon	Aşağı Seyhan Ovası	625,4	620,5	48,55	46,48	28,65	0,57	0,78
Validasyon				36,76	37,66	28,24	0,41	0,73
Kalibrasyon	Seyhan Havzası	6.219,5	6.038,4	377,82	447,58	271,95	0,51	0,81
Validasyon				306,52	366,77	268,50	0,23	0,70

Seyhan Havzası'nda elde edilen model sonuçları ile doğallaştırılmış akım değerlerinin kalibrasyon dönemi için karşılaştırması Şekil 6.4, validasyon dönemi için ise Şekil 6.3 ile sunulmuştur. Alt havzalarda ise elde edilen model sonuçları ile doğallaştırılmış akım değerlerinin kalibrasyon dönemi için karşılaştırması Şekil 6.4, validasyon dönemi için ise Şekil 6.5 ile sunulmuştur.

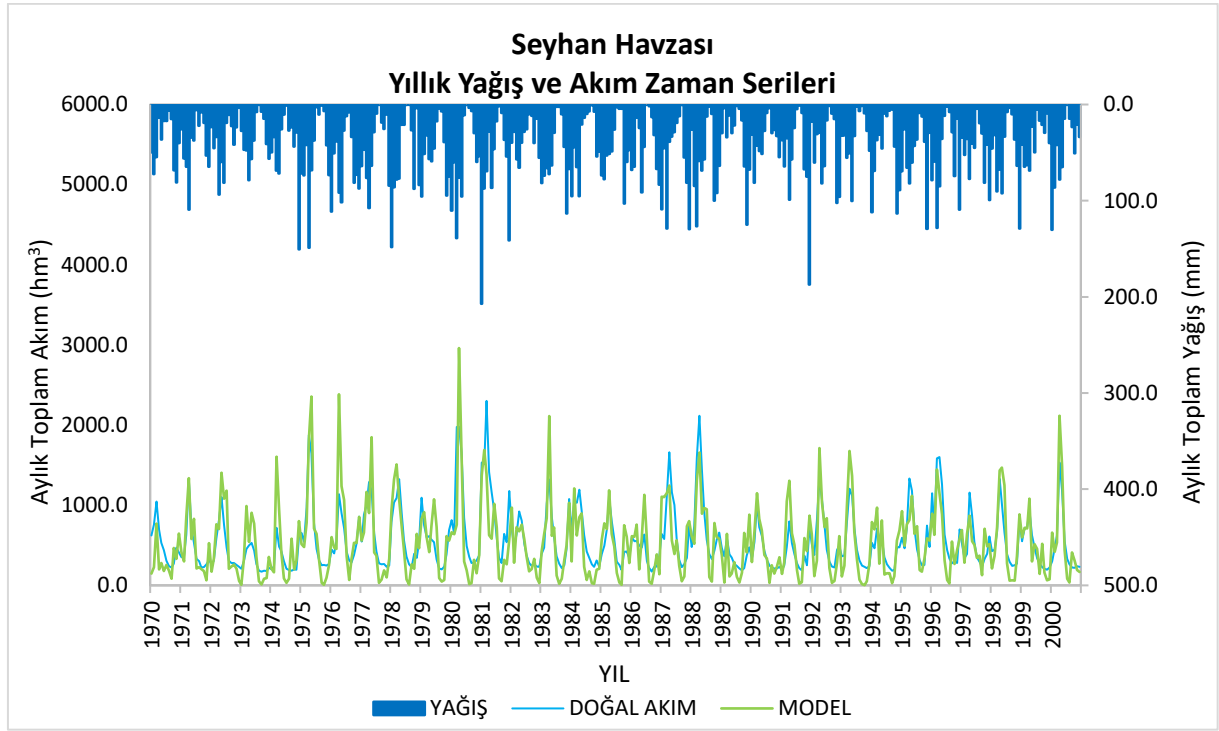
Seyhan Havzası geneline bakıldığında, kalibrasyon (1970-2000) ve validasyon (2001-2015) dönemlerinde havza için doğallaştırılmış ve modellenmiş akımlar arasında oldukça iyi bir uyum olduğu görülebilir. Alt havzalar incelendiğinde, Zamantı Irmağı Alt Havzası için doğallaştırılmış ve modellenmiş akımlar arasında genel olarak bir uyum olmakla beraber bazı farklılıklar da görülmektedir. Özellikle model düşük akımları doğallaştırılmış akımlara göre daha küçük simüle etmektedir. Göksu Irmağı, Seyhan Barajı Birleşim Yeri ve Aşağı Seyhan Ovası Alt Havzaları için doğallaştırılmış ve modellenmiş akımlar arasında oldukça iyi bir uyum olduğu görülmektedir. Sonuç olarak kurgulanan HEC-HMS modelinin Seyhan Havzası geneli ve alt havzaları için kabul edilebilir performansta akım simülasyonu yapabildiği ve havzada gelecek iklim değişikliğinin akımlar ve su bütçesi üzerindeki etkisini araştırmak için kullanılabileceği söylenebilir.



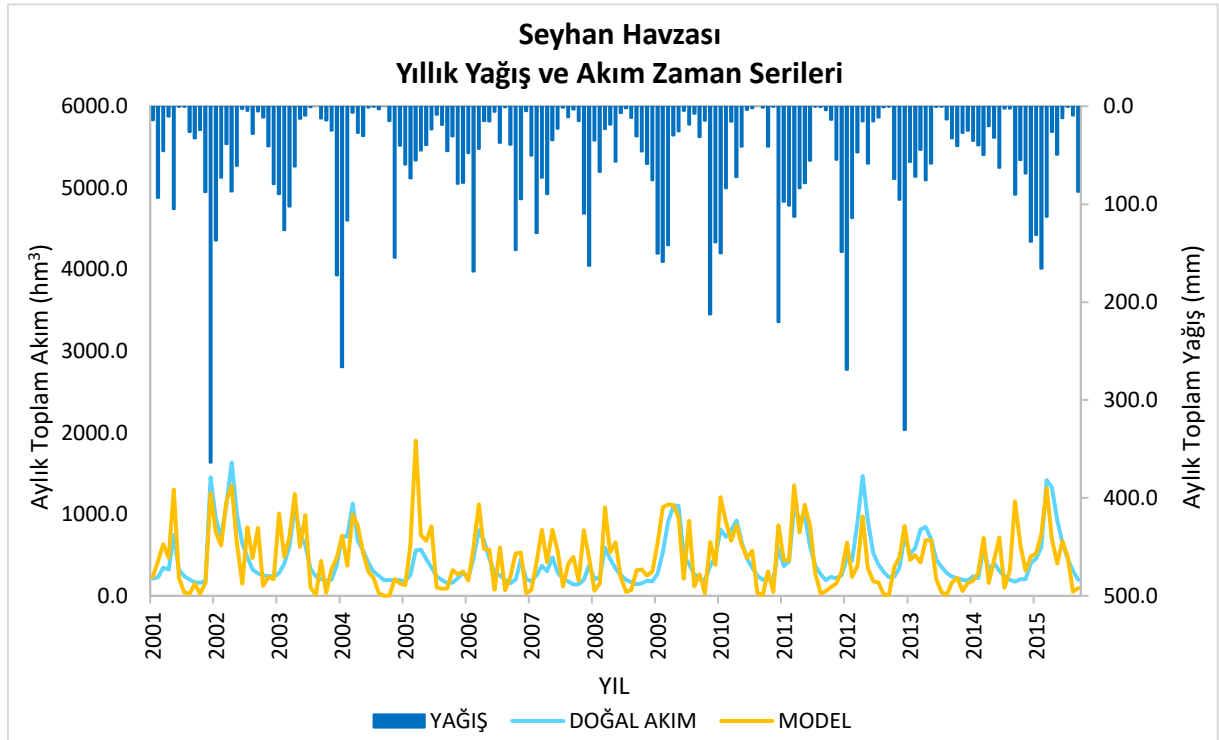
T.C. TARIM VE ORMAN BAKANLIĞI
SU YÖNETİMİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ



TAŞKIN VE KURAKLIK YÖNETİMİ DAİRESİ BAŞKANLIĞI



Şekil 6.2 Seyhan Havzası Kalibrasyon Dönemi Yıllık Yağışlar ile Doğal ve Modellenmiş Akımların Karşılaştırılması



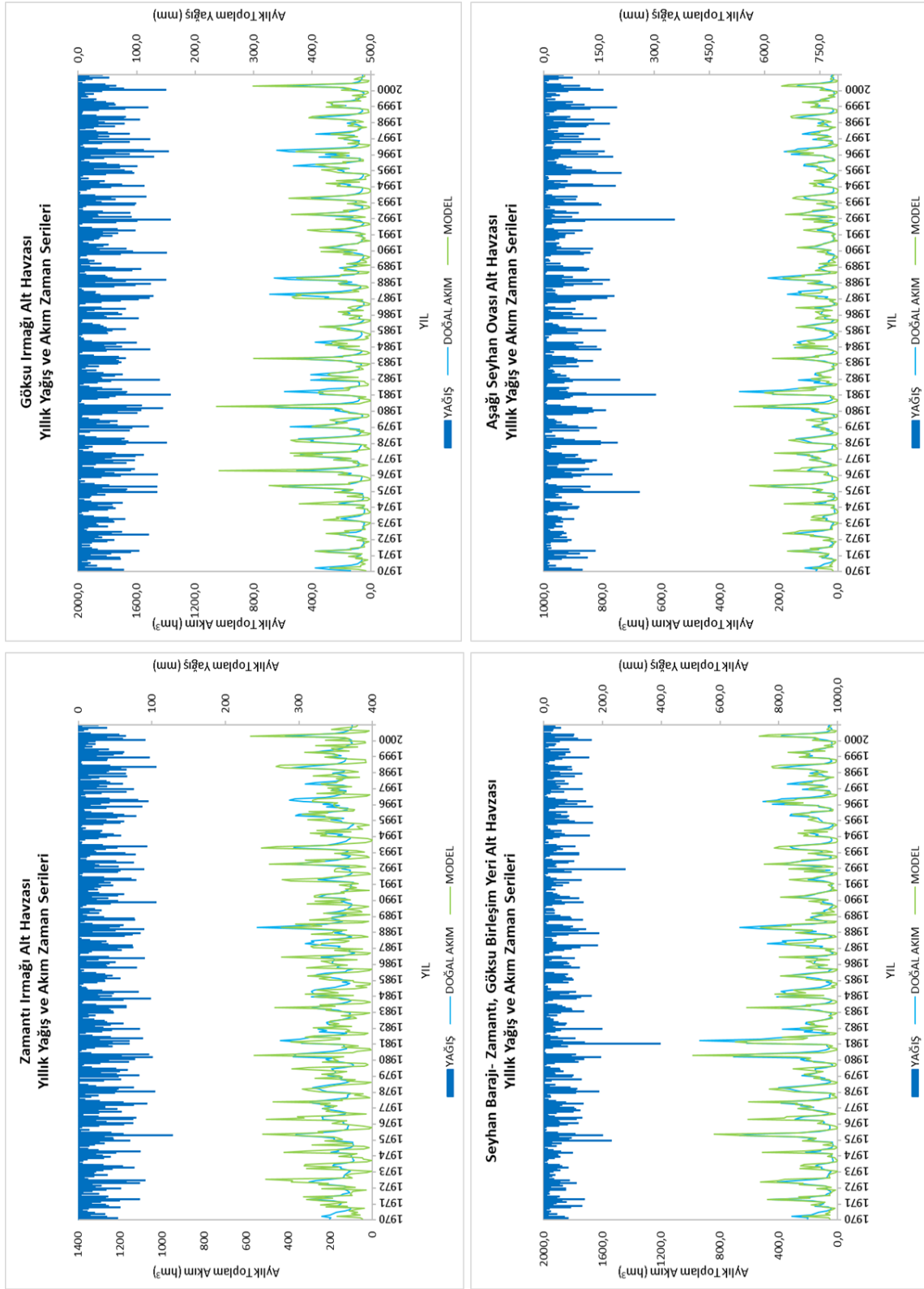
Şekil 6.3 Seyhan Havzası Validasyon Dönemi Yıllık Yağışlar ile Doğal ve Modellenmiş Akımların Karşılaştırılması



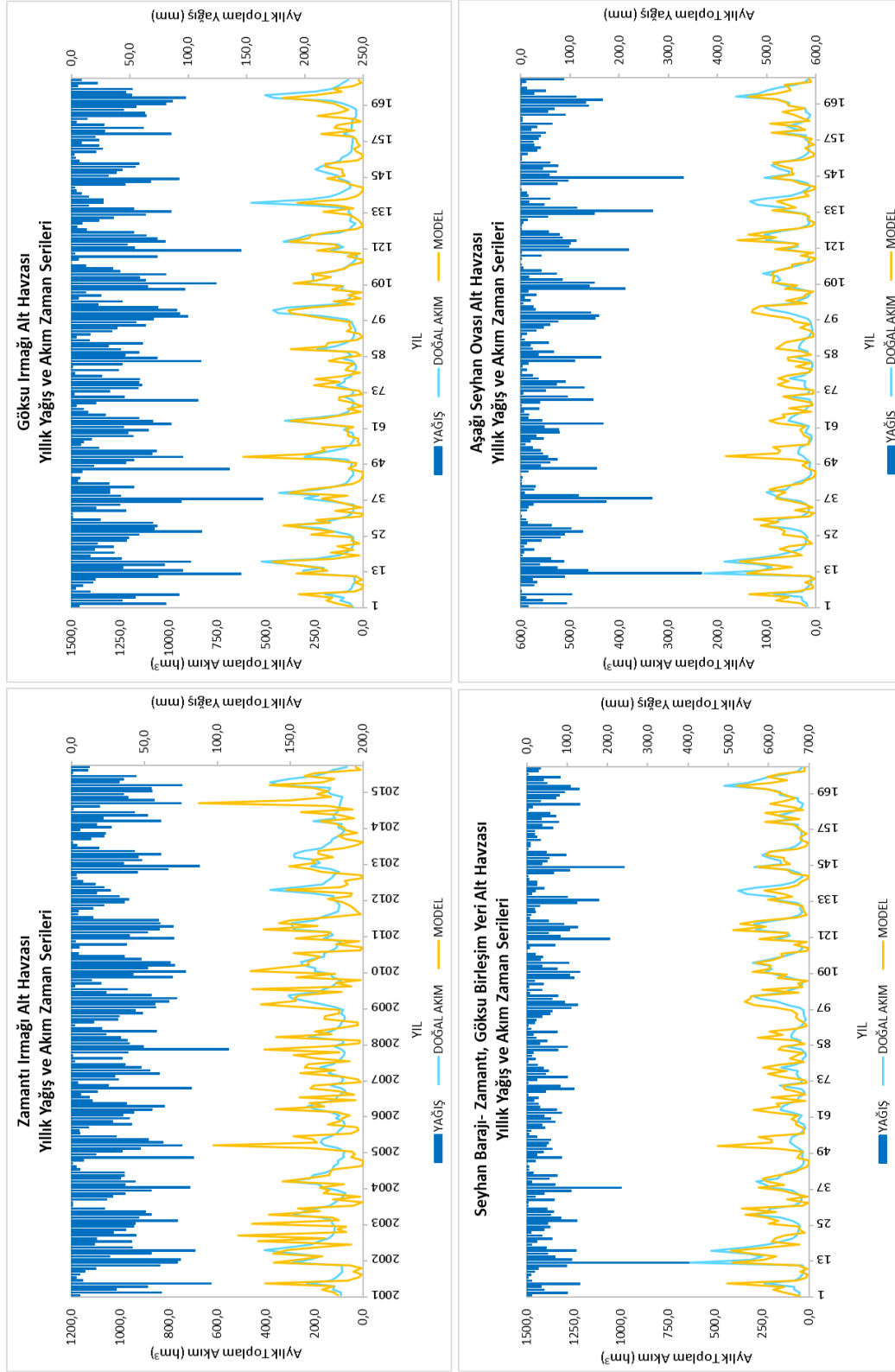
T.C. TARIM VE ORMAN BAKANLIĞI
SU YÖNETİMİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ



TAŞKIN VE KURAKLIK YÖNETİMİ DAİRESİ BAŞKANLIĞI



Şekil 6.4 Alt Havzalarda Kalibrasyon Dönemi Yıllık Toplam Yağışlar ile Doğal ve Modellenmiş Akımların Karşılaştırılması



Şekil 6.5 Alt Havzalarda Validasyon Dönemi Yıllık Toplam Yağışlar ile Doğal ve Modellenmiş Akımların Karşılaştırılması



6.1.4 İklim Değişikliğinin Yüzeysuyu Potansiyeline Etkilerinin Belirlenmesi (Projeksiyonlar)

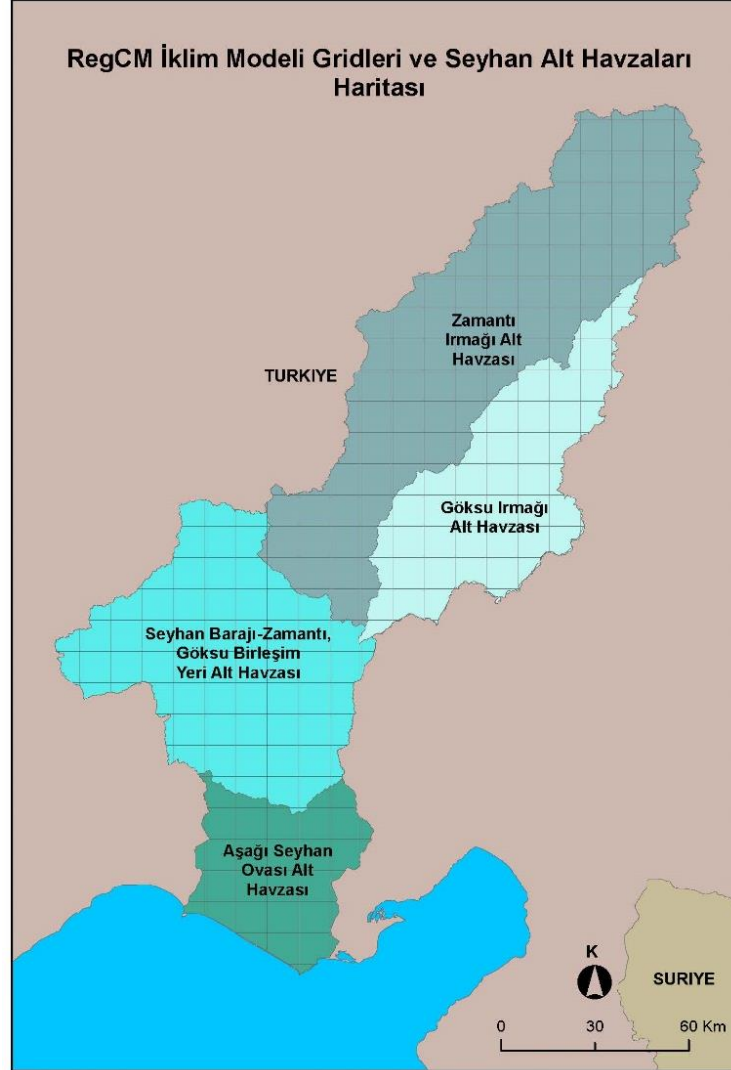
Yüzey su potansiyeli rejiminin iklim değişikliğinden nasıl etkileneceğinin belirlenmesi amacıyla iklim projeksiyonlarından elde edilen yağış, sıcaklık ve kısa dalga boylu aşağı yönlü net radyasyon verileri HEC-HMS modeline girdi olarak verilerek gelecek akışları elde edilmiştir. Referans evapotranspirasyon verileri Dünya Gıda ve Tarım Örgütü'nün (FAO) önerdiği Penman-Monteith yöntemi (Allen, Pereira, Raes, & Smith, 1998) ile elde edilmiştir.

Projeksiyon verileri MPI-ESM-MR ve RegCM4.3 modelleri kuplesiyle elde edilen hidro-meteorolojik alanların alt havza alanı içinde kalan veri hücrelerinin (gridlerin) (Şekil 6.6) alansal ortalaması alınarak hesaplanmıştır. İklim projeksiyonu veri hücrelerinin havza üzerindeki dağılımı aşağıdaki şekilde verilmiştir. Her bir alt havza içinde yer alan gridlerin ağırlıklı ortalaması alınarak o alt havzaya ait zaman serileri (sıcaklık, yağış) elde edilmiştir.

RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarıyla üretilen projeksiyonlarla koşturulan model ile 2018-2098 periyodu iki farklı akım zaman serisi üretilmiştir. Gelecek dönem periyodu 2018-2050, 2051-2075 ve 2076-2098 periyotları olarak üç ayrı dönemde incelenmiştir. Alt havzaların ve Seyhan Havzası'nın iki senaryo ve üç dönem için minimum, maksimum ve ortalama akış değerleri Tablo 6.2 ile sunulmuştur. Seyhan Havzası'na ait iklim projeksiyon verileri kullanılarak hazırlanmış olan akış zaman serileri Şekil 6.7, alt havzaların zaman serileri ise Şekil 6.8 ile verilmiştir.

Seyhan Havzası'nda en yüksek yıllık akış $10.789,9 \text{ hm}^3$, en düşük yıllık akış değeri ise $3.221,14 \text{ hm}^3$ olarak elde edilmiştir. 2018-2050 periyodunda ortalama toplam yıllık akış RCP4.5 için $6.625,35 \text{ hm}^3$, RCP8.5 için $6.783,81 \text{ hm}^3$; 2051-2075 periyodunda ortalama toplam yıllık akış RCP4.5 için $6.777,69 \text{ hm}^3$, RCP8.5 için $6.130,87 \text{ hm}^3$; 2076-2098 periyodunda ise ortalama toplam yıllık akış RCP4.5 için $6.456,18 \text{ hm}^3$ RCP8.5 için $6.783,81 \text{ hm}^3$ olarak hesaplanmıştır.

Zamantı Irmağı Alt Havzası'nda en yüksek yıllık akış $2.334,85 \text{ hm}^3$, en düşük yıllık akış değeri ise $489,19 \text{ hm}^3$ olduğu söylenebilir. 2018-2050 periyodunda ortalama toplam yıllık akış RCP4.5 için $1.286,29 \text{ hm}^3$ RCP8.5 için $1.325,63 \text{ hm}^3$; 2051-2075 periyodunda RCP4.5 için $1.314,66 \text{ hm}^3$, RCP8.5 için $1201,32 \text{ hm}^3$; 2076-2098 periyodunda ise RCP4.5 için $1.255,79 \text{ hm}^3$ RCP8.5 için $1.242,74 \text{ hm}^3$ olarak hesaplanmıştır.



Şekil 6.6 İklim Projeksiyonu Veri Hücrelerinin (Grid) Havza Üzerindeki Dağılımı

Göksu Irmağı Alt Havzası'nda en yüksek yıllık akış $4.160,45 \text{ hm}^3$, en düşük yıllık akış değeri ise $1.262,73 \text{ hm}^3$ olduğu söylenebilir. 2018-2050 periyodunda ortalama toplam yıllık akış RCP4.5 için $2.221,23 \text{ hm}^3$ RCP8.5 için $2.240,56 \text{ hm}^3$; 2051-2075 periyodunda RCP4.5 için $2.291,94 \text{ hm}^3$, RCP8.5 için $2.035,12 \text{ hm}^3$; 2076-2098 periyodunda ise RCP4.5 için $2.153,0 \text{ hm}^3$ RCP8.5 için $2.299,30 \text{ hm}^3$ olarak hesaplanmıştır.

Seyhan Barajı- Zamantı, Göksu Birleşim Yeri Alt Havzası'nda en yüksek yıllık akış $4.581,59 \text{ hm}^3$, en düşük yıllık akış değeri ise $1.000,49 \text{ hm}^3$ olduğu söylenebilir. 2018-2050 periyodunda ortalama toplam yıllık akış RCP4.5 için $2.361,30 \text{ hm}^3$ RCP8.5 için $2.443,60 \text{ hm}^3$; 2051-2075 periyodunda RCP4.5 için $2.394,75 \text{ hm}^3$, RCP8.5 için $2.199,17 \text{ hm}^3$; 2076-2098 periyodunda ise RCP4.5 için $2.310,17 \text{ hm}^3$ RCP8.5 için $2.124,50 \text{ hm}^3$ olarak hesaplanmıştır.



T.C. TARIM VE ORMAN BAKANLIĞI
SU YÖNETİMİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ

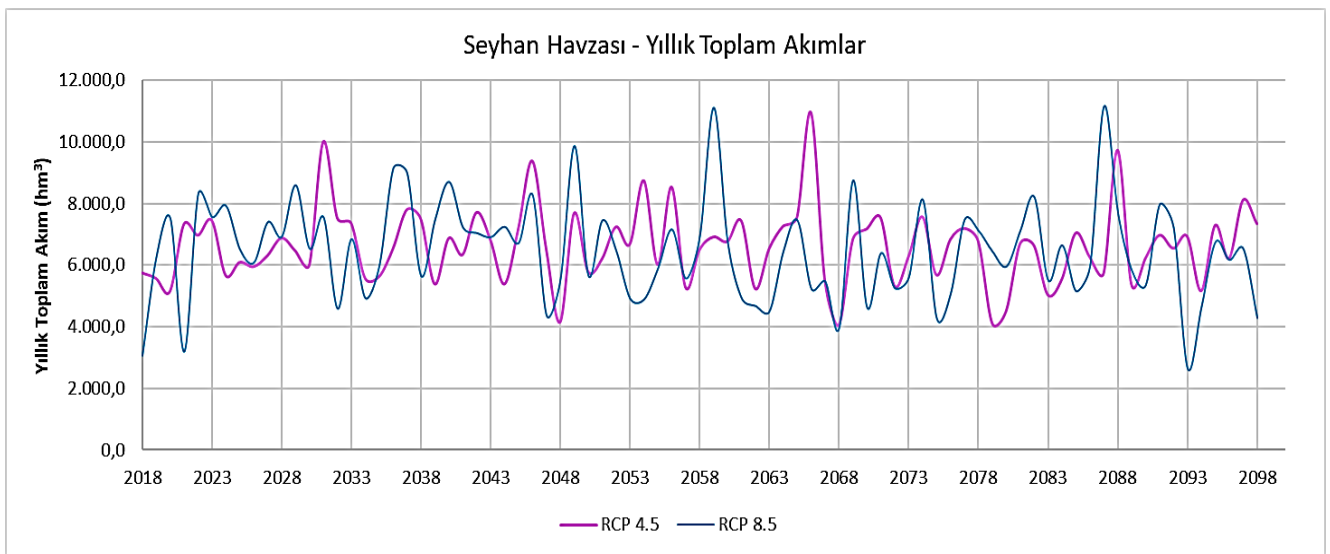


TAŞKIN VE KURAKLIK YÖNETİMİ DAİRESİ BAŞKANLIĞI

Aşağı Seyhan Ovası Alt Havzası'nda en yüksek yıllık akış 1.529,27 hm³, en düşük yıllık akış değeri ise 404,32 hm³ olduğu söylenebilir. 2018-2050 periyodunda ortalama toplam yıllık akış RCP4.5 için 832,81 hm³ RCP8.5 için 853,09 hm³; 2051-2075 periyodunda RCP4.5 için 852,05 hm³, RCP8.5 için 774,16 hm³; 2076-2098 periyodunda ise RCP4.5 için 813,18 hm³ RCP8.5 için 805,88 hm³ olarak hesaplanmıştır.

Tablo 6.2 Referans Dönemine Göre İklim Projeksiyonlarındaki Akış Değerlerinin Değişimi

Alt Havzalar	Senaryo	2018-2050			2051-2075			2076-2098		
		MIN	MAKS	ORT	MIN	MAKS	ORT	MIN	MAKS	ORT
Zamanti Irmağı	RCP 4.5	831,5	2.001,8	1.286,3	710,8	2.021,9	1.314,7	489,2	2.075,4	1.255,8
	RCP 8.5	778,1	1.825,6	1.325,6	621,1	2.218,2	1.201,3	636,4	2.334,9	1.242,7
Göksu Irmağı	RCP 4.5	1.540,1	3.111,0	2.221,2	1.602,1	3.040,5	2.291,9	1.293,2	2.940,7	2.153,0
	RCP 8.5	1.296,4	3.312,5	2.240,6	1.264,5	3.343,2	2.035,1	1.262,7	4.160,5	2.299,3
Seyhan Barajı- Zamanti, Göksu B.Y.	RCP 4.5	1.475,4	3.746,1	2.361,3	1.343,3	3.574,0	2.394,8	1.078,1	4.581,6	2.310,2
	RCP 8.5	1.524,8	3.561,8	2.443,6	1.000,5	3.832,8	2.199,2	1.011,6	4.313,9	2.124,5
Aşağı Seyhan Ovası	RCP 4.5	547,2	1.226,6	832,8	521,3	1.215,8	852,1	404,3	1.360,2	813,2
	RCP 8.5	534,4	1.216,2	853,1	422,9	1.331,7	774,2	412,1	1.529,3	805,9
Seyhan Havzası	RCP 4.5	4.344,6	9.795,4	6.625,4	4.160,9	9.618,5	6.777,7	3.221,1	10.789,9	6.456,2
	RCP 8.5	4.245,8	9.655,4	6.783,8	3.364,6	10.606,2	6.130,9	4.245,8	9.655,4	6.783,8



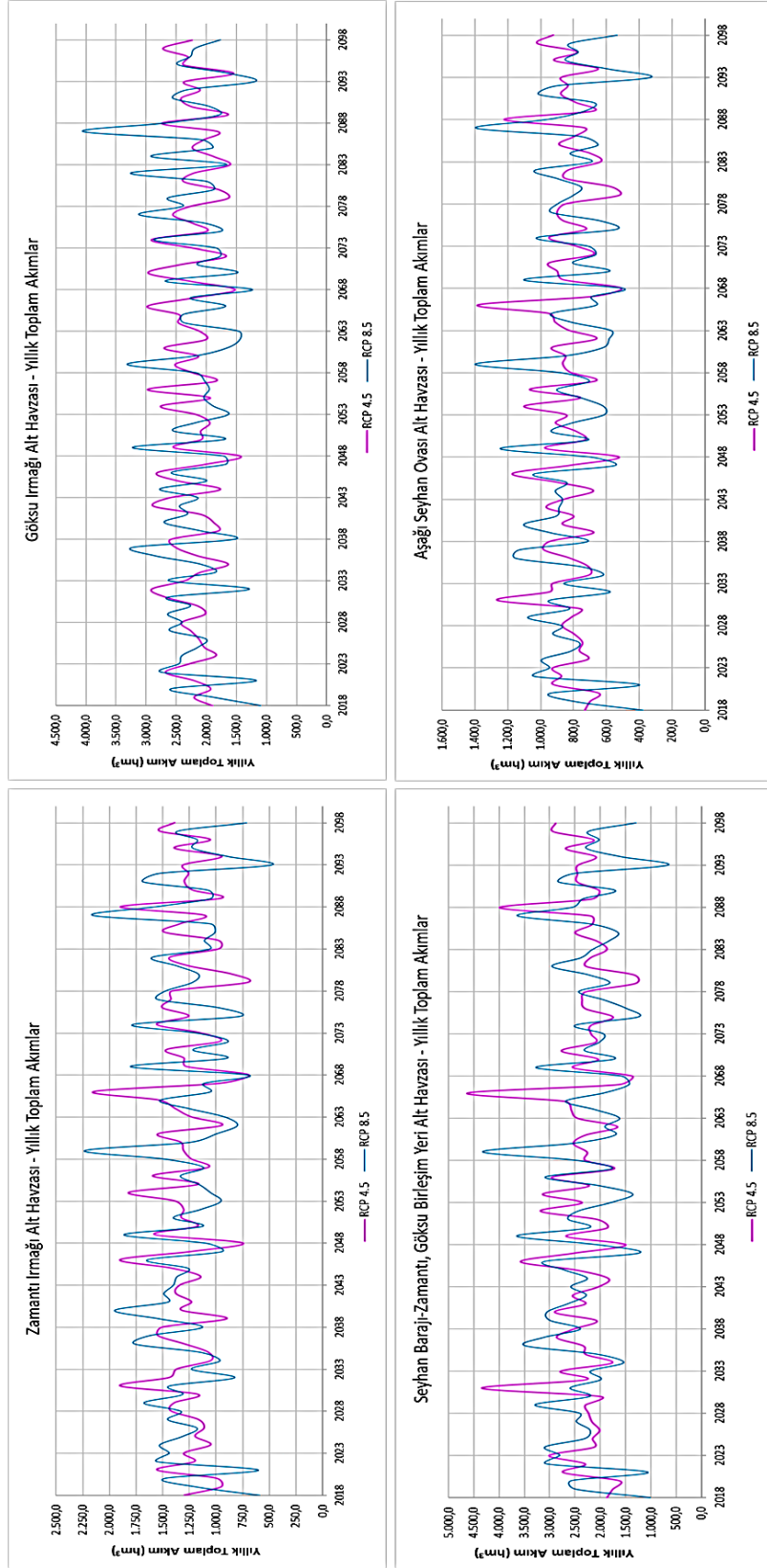
Şekil 6.7 Seyhan Havzası'nda İklim Projeksiyonu Akış Zaman Serilerinin Değişimi



T.C. TARIM VE ORMAN BAKANLIĞI
SU YÖNETİMİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ



TAŞKIN VE KURAKLIK YÖNETİMİ DAİRESİ BAŞKANLIĞI



Şekil 6.8 Alt Havzalarda İklim Projeksiyonu Akış Zaman Serilerinin Değişimi



6.2 Yeraltısuyu Modelleri

6.2.1 Kullanılan Modelin Özellikleri ve Seçilme Gerekçeleri

Seyhan, Ceyhan ve Asi havzaları kuraklık yönetim planı projesi kapsamında, yüzey suyu ve yeraltı suyu potansiyellerinin ortaya konması ve uzun yıllar geçmiş ve gelecek dönemlerde hangi değişimlere uğradığı ve nasıl bir trend izlediği bu projenin önemli çıktıları arasındadır. Yeraltısuyu potansiyeli hesaplaması ve uzun yıllar aylık değişiminde hidrolojik tabanlı yeraltısuyu beslenme hesaplarının tespit edildiği abcd Model'i uygulanmıştır.

Bu model daha önce Batı Karadeniz Havzası, Büyük Menderes Havzası, Dicle Havzası ve Aras Havzası Master Planı Hidrojeolojik Etüd Raporlarında da kullanılmıştır. Bu modelin seçilme nedeni, her havzada uygulanabilir olması, kalibrasyonunun kolay olması ve makro yazılım ile kolayca uygulanabilir olmasıdır.

Seyhan Havzası yeraltısuyu beslenme hesaplamaları ve hidrolojik modelleme çalışmalarında "abcd Modeli" (Thomas 1981) kullanılmıştır. Gerçek buharlaşmanın bulunmasında oldukça tutarlı sonuçlar veren bu model ile yeraltısuyu bütçesi sağlıklı bir şekilde hesaplanabilmektedir.

abcd modeli ile hidrolojik çevrim içerisindeki tüm elemanlar göz önünde bulundurulmuş ve yeraltısuyu beslenmesi hesaplanabilmektedir. Hesaplanan yüzey akışı ile gözlenen yüzey akışı kalibre edilerek gerçekçi değerler hesaplanabilir.

Hesaplanan akış verileri ile gözlenen akış verilerinin (Doğallaştırılmış Akım Verilerinin) kalibre edileceği göz önüne alındığında özellikle AGİ'deki akım verilerinin süresi ve kalitesi oldukça önemlidir.

6.2.1.1 Seçilen Modelde Kullanılan Yöntemler

Yapılacak olan yeraltısuyu beslenme değerlendirmelerinde uzun yıllar aylık olarak yeraltısuyu rezerv değişim değerlerinin bilinmesi ve yeraltısuyu aylık beslenme değerleri serisine ihtiyaç duyulmaktadır. Dolayısı ile ilk önce mevcut aylık yağış ve aylık potansiyel buharlaşma değerlerinden yola çıkılarak uzun yıllar aylık hidrolojik bütçe bileşenlerinin ortaya konulmasında abcd model uygulaması kullanılmıştır. Amaç kurak periyotların belirlenmesi olsa da bu çalışmada, temel amaç, istenilen zaman periyotlarına göre yeraltısuyu beslenme miktarlarının hangi oranlarda değişeceğini saptanmasıdır.

abcd hidrolojik model çalışmasında uzun yıllar aylık yağış ve potansiyel buharlaşma değerleri kullanıldıktan sonra model çıktısı olarak aylık yağış – başlangıç toprak nemi, aylık



T.C. TARIM VE ORMAN BAKANLIĞI
SU YÖNETİMİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ



TAŞKIN VE KURAKLIK YÖNETİMİ DAİRESİ BAŞKANLIĞI

buharlaştırma – ay sonundaki toprak nemi depolaması, gerçek buharlaştırma, yeraltısuyu beslenme değerleri ve modelde hesaplanan akım değerlerini vermektedir. Bu modelde kritik olan nokta, kalibrasyon aşamasında; modelde hesaplanan akım değerleri ile doğallaştırılmış akım verilerinin kullanılmasıdır. Doğal akımlara bağlı olarak yapılan bütçe hesaplamasında hiçbir insan etkisinin olmadığı doğal koşulların modellenmesi, bu çalışmanın ana prensibidir. Kalibrasyon aşamasında kullanılan diğer parametreler ise a (drenaja bağlı parametre), b (toprağa bağlı parametre), c (YAS- YÜS akış oranı) ve d (beslenme süresi yolu evrik hali) parametreleri olup iki akım verisinin mümkün olduğunca eşleştirilmesi sonucu elde edilen uzun yıllar aylık yeraltısuyu beslenme değerleri, SGI analizinde kullanacağımız yeraltısuyu aylık beslenme seri değerleridir. Bu çalışma yapılırken de son hazırlanmış olan master planı hidrojeolojik etüt raporu alt havza beslenme değerleri de kalibrasyon aşamasında kullanılmıştır.

Elde edilen uzun yıllar aylık doğal yeraltısuyu beslenme değerleri oluşturulduktan sonra SGI istatistiksel analizine sokularak geçmişten günümüze kadar yaşanmış yeraltısuyu kurak dönemler belirlenmiş olacaktır.

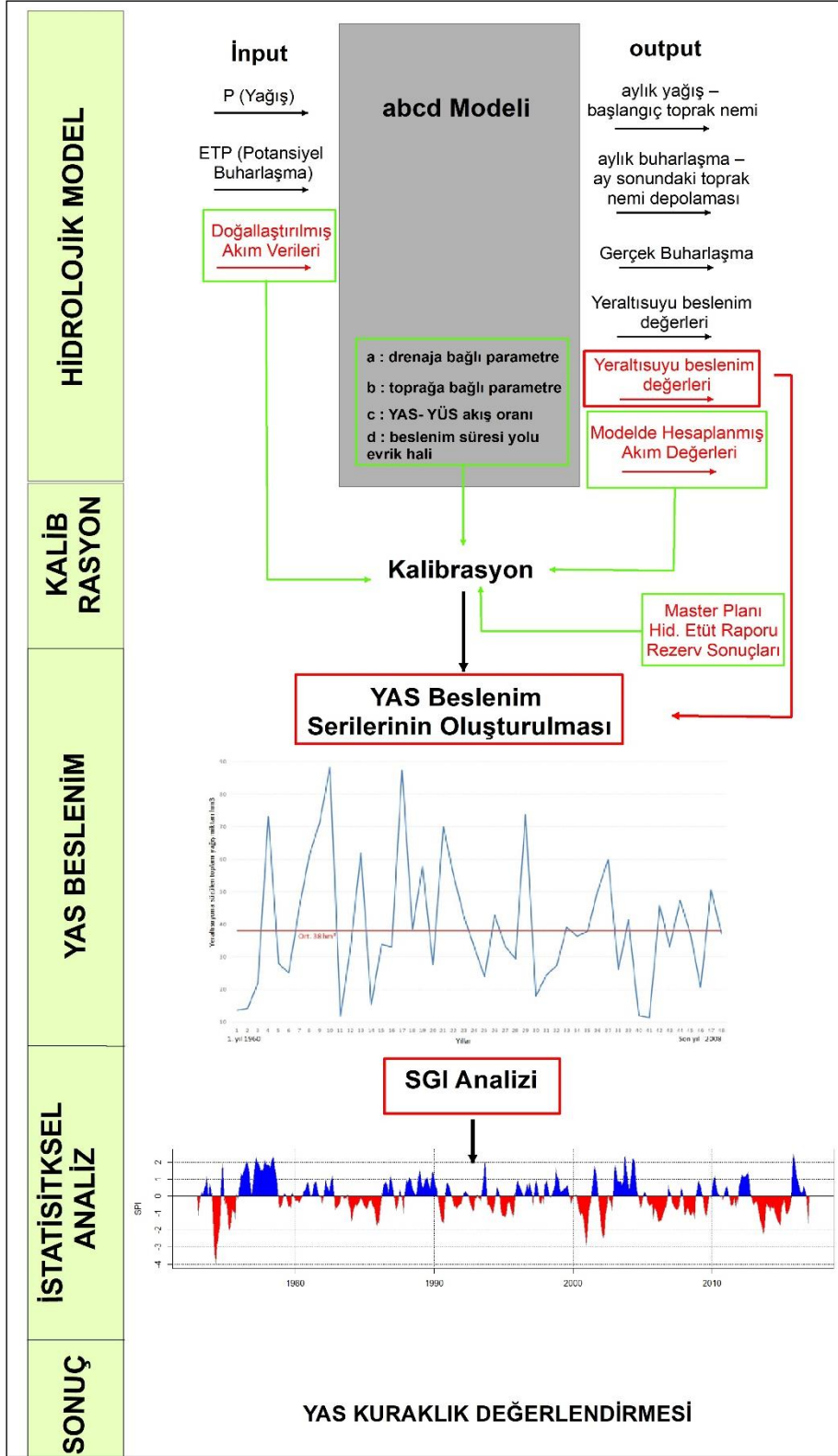
En sonunda da uzun yıllar aylık ortalama yeraltısuyu beslenme değerlerinden, normal, hafif kurak, orta kurak, şiddetli kurak ve çok şiddetli kurak dönemlerinde yeraltısuyu yıllık beslenme değerleri ayrı ayrı belirlenir. Metodolojinin şematik görünümü aşağıda verilmiş olup daha anlaşılır bir şekilde anlatılmaya çalışılmıştır (Şekil 6.9).



T.C. TARIM VE ORMAN BAKANLIĞI
SU YÖNETİMİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ



TAŞKIN VE KURAKLIK YÖNETİMİ DAİRESİ BAŞKANLIĞI



Şekil 6.9 YAS Model – Kullanılan Yöntemin Şematik Gösterimi



6.2.2 abcd Modeli YAS Beslenme Hesapları ve Kalibrasyonu

Zamantı Irmağı Alt Havzası yeraltısuyu bütçe abcd Model çıktıları sonrasında, Zamantı Irmağı Alt Havzası doğal akımları ile model sonucu üretilen akımlar arasında bir kalibrasyon yapıp kalibrasyon sonrası uzun yıllar aylık ortalama yeraltısuyu beslenme değerlerine ulaşılmıştır. Bu değerlere göre uzun yıllar yıllık toplam ortalama yeraltısuyu beslenimi 892 hm³/yıl, uzun yıllar aylık ortalama yeraltısuyu beslenimi 74 hm³/yıl olarak hesaplanmıştır. Zamantı Irmağı Alt Havzası'nda, doğallaştırılmış akımlara göre kalibrasyon yapıldığında modelin yağış değerlerinin çok düşük ya da akım verilerinin çok yüksek olduğu anlaşılmıştır. Ancak, doğallaştırılmış akımların doğruluğunun yüksek olduğunun bilinmesi, üst kotlardaki kar yağışlarının akıma dönüşmesi ve havza dışından beslenen kaynak boşalmalarının yüksek Zamantı ırmağına karışması nedeni ile bu model çalışmasında yağış değerleri model kalibrasyon aşamasında artırılmıştır. Zamantı Irmağı Alt Havzası'ndaki kayaç gruplarının büyük çoğunluğu karstik kireçtaşı ve karbonatlı kayaç türlerinden olması ve bu kayaçların alt havza dışında da yayılımlarının bulunması nedeni ile havza dışındaki yağışların da Zamantı Irmağı Alt Havzası'na taşınması ve kaynaklar şeklinde boşalmalar göstermesi model çalışmasındaki yağış parametresinin bu alt havza için düşük olduğunu göstermiştir.

Göksu Irmağı Alt Havzası uzun yıllar yıllık toplam ortalama yeraltısuyu beslenimi 579 hm³/yıl, uzun yıllar aylık ortalama yeraltısuyu beslenimi 48,3 hm³/yıl olarak hesaplanmıştır. Göksu Irmağı Alt Havzası'nda, doğallaştırılmış akımlara göre kalibrasyon yapıldığında modelin yağış değerlerinin çok düşük ya da akım verilerinin çok yüksek olduğu anlaşılmıştır. Ancak, doğallaştırılmış akımların doğruluğunun yüksek olduğunun bilinmesi, üst kotlardaki kar yağışlarının akıma dönüşmesi ve havza dışından beslenen kaynak boşalmalarının Göksu ırmağına karışması nedeni ile bu model çalışmasında yağış değerleri model kalibrasyonunda artırılmıştır.

Seyhan Barajı- Zamantı, Göksu Birleşim Yeri Alt Havzası'nda uzun yıllar yıllık toplam ortalama yeraltısuyu beslenimi 832 hm³/yıl, uzun yıllar aylık ortalama yeraltısuyu beslenimi 70 m³/yıl olarak hesaplanmıştır. Aşağı Seyhan Ovası Alt Havzası'nda ise uzun yıllar yıllık toplam ortalama yeraltısuyu beslenimi 455 hm³/yıl, uzun yıllar aylık ortalama yeraltısuyu beslenimi 37 hm³/yıl olarak hesaplanmıştır.

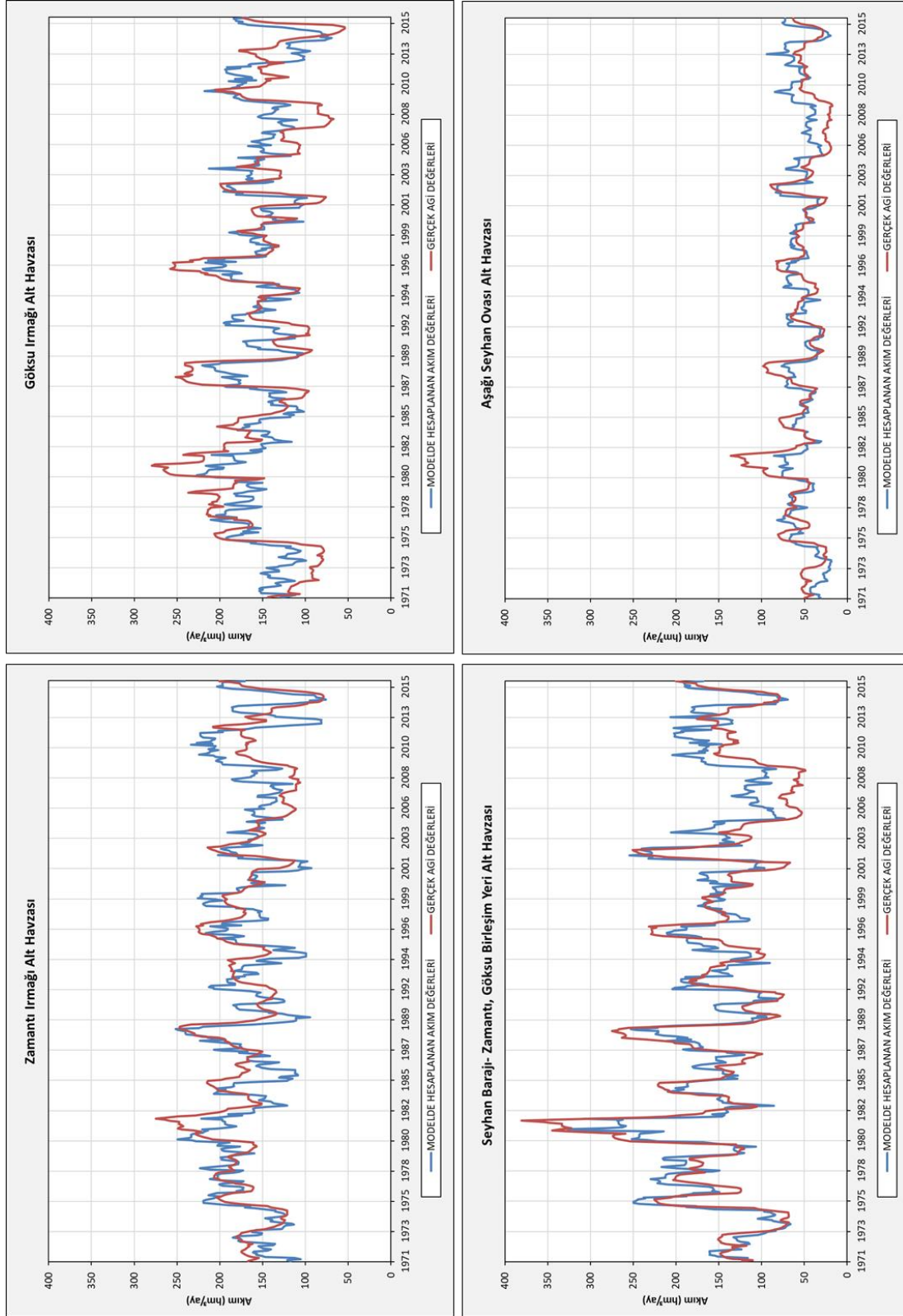
Alt havzalardaki uzun yıllar aylık hareketli ortalamalar Şekil 6.10, yıllık YAS beslenme değerleri Şekil 6.11 ile sunulmuştur.



T.C. TARIM VE ORMAN BAKANLIĞI
SU YÖNETİMİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ



TAŞKIN VE KURAKLIK YÖNETİMİ DAİRESİ BAŞKANLIĞI



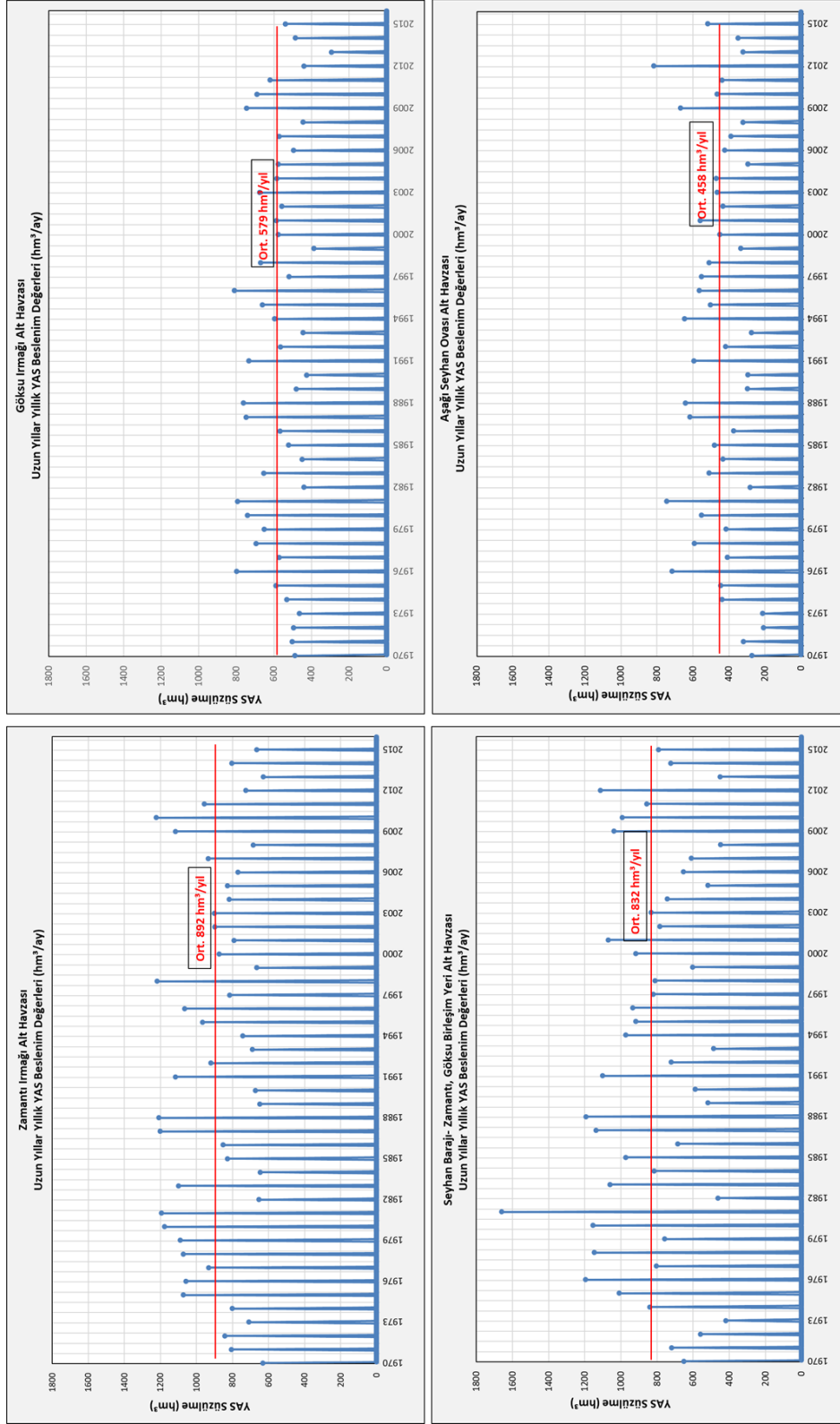
Şekil 6.10 Alt Havzalardaki Uzun Yıllar Aylık Hareketli Ortalama Akımlar



T.C. TARIM VE ORMAN BAKANLIĞI
SU YÖNETİMİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ



TAŞKIN VE KURAKLIK YÖNETİMİ DAİRESİ BAŞKANLIĞI



Şekil 6.11 Alt Havzalardaki Uzun Yıllar Yıllık YAS Beslenim Değerleri



7 SU KULLANIMI

7.1 Mevcut Durum Su Kullanımı

Seyhan Havzası içerisinde tarımsal amaçlı yapılan sulamalar DSİ sulamaları, İl Özel İdare sulamaları ve halk sulamaları olarak ayrılmaktadır. Havzada içme-kullanma, hayvancılık, sanayi, turizm amaçlı su ihtiyaçları ve ekosistem su kullanımları da bulunmaktadır. Bu bölümde mevcut su tüketimleri ve ihtiyaçların alt havzalar bazında detaylı incelemeleri yapılmıştır. Alt havzalarda sektörlere ait su kullanımları Tablo 7.1 ile verilmiştir.

7.1.1 Tarımsal Su Kullanımı

Havzada toplamda 172.241,0 ha alan sulanmaktadır. Havzada sulama amacıyla toplamda 1.920,5 hm³ su kullanılmaktadır. Bu suyun büyük bir bölümü Aşağı Seyhan Ovası Alt Havzası'nda kullanılmaktadır. Seyhan Barajı akış aşağısındaki Aşağı Seyhan Ovası sulama suyu ihtiyaçları (ASO I, II, III), mevcut durum için yıllık olarak 1.467,94 hm³tür.

7.1.1.1 Su Tahsis/Kullanım İzni Sicil Bilgileri

Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü – Etüt Planlama ve Tahsisler Dairesi Başkanlığı tarafından hazırlanan Seyhan Havzası Su Tahsis/Kullanım İzni Sicil Bilgilerine göre havzada sulama suyu, içme ve kullanma suyu, endüstri suyu ve su ürünleri suyu amaçlarıyla yıllık tüketilen su miktarı 4.162,6 hm³ olup bu su tüketimlerinin tamamı ırmak, çay, dere ve drenaj galerisi gibi yerüstü su kaynaklarından karşılanmaktadır.

7.1.2 İçme-Kullanma Suyu Kullanımı

Köy/Mahalle bazlı nüfus verilerine göre hesaplanan mevcut durum içme-kullanma suyu kullanımları hesaplanmıştır. Alt havzalar için su ihtiyaç tahminleri yapılırken mahalle/köy bazlı nüfus verilerinden yola çıkılmıştır. Verilere göre en fazla içme ve kullanma suyu tüketimi Aşağı Seyhan Ovası Alt Havzası'nda 99,21 hm³ iken, en az su tüketimi ise Göksu Irmağı Alt Havzası'nda 4,44 hm³tür.

7.1.3 Hayvancılık Su Kullanımı

Seyhan Havzasında ortalama hayvancılık su ihtiyacı mevcut durum için 10.70 hm³/yıl olarak hesaplanmıştır. Havzada bulunan ilçelerdeki mevcut hayvan varlıklarından yola çıkılarak yapılan hayvancılık su tüketimlerinde İller Bankası'na ait insan ve hayvan su ihtiyacı varsayımları kabul edilmiş olup bu varsayımlar her bir küçükbaş hayvan için 15 l/gün,



T.C. TARIM VE ORMAN BAKANLIĞI SU YÖNETİMİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ



TAŞKIN VE KURAKLIK YÖNETİMİ DAİRESİ BAŞKANLIĞI

büyükbaş hayvan için ise 50 l/gün ve kümes hayvanları için 0.25 l/gün şeklindedir. Bu kullanımlar gelecek durum projeksiyonları için yapılan varsayımlarda hayvancılık su tüketimi sabit tutulmuştur.

7.1.4 Sanayi Su Kullanımı

Havzada sanayi tesislerinin hemen hemen tamamı içme suyu olarak şehir şebekesini kullanırken, proses için kullandıkları suyu genellikle kendi açtıkları kuyulardan temin etmektedir. Havza'nın en önemli sanayi kuruluşlarının bulunduğu Adana Hacı Sabancı Organize Sanayi Bölgesi su kaynağı olarak Ceyhan Nehri'ni kullandığından su tüketimleri Seyhan Havzası'na dahil değildir. Havzadaki su tüketimleri hesaplanırken münferit tesislerle (Adana Çimento, Pepsi, v.b) yapılan anketler ve saha ziyaretlerinde elde edilen bilgilerden yola çıkılarak su kullanım hesapları yapılmıştır. Mevcut durum için havzadaki toplam sanayi su tüketimi 15,05 hm³/yıl şeklinde belirlenmiştir.

7.1.4.1 Santraller

Seyhan Havzası'nın Göksu Irmağı Alt Havzası'nda bulunan Tufanbeyli Enerjisa Enerji Üretim A.Ş. ile ilgili güncel su tüketimi saha ziyaretleri ve anket çalışmaları ile belirlenmiş olup, mevcut durumda su tüketimi 1,94 hm³ olarak belirlenmiştir.

7.1.5 Turizm Su Kullanımı

Seyhan Havzası turizm su ihtiyaç tahminleri yapılırken "İçmesuyu Tesisleri Etüt, Fizibilite ve Projelerinin Hazırlanmasına Ait Teknik Şartname" de yer alan maddeler dikkate alınmıştır. Mevcut duruma dair konaklama bilgileriyle alakalı tüm veriler T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı'nın havzadaki şehirlere ait sitelerinden ve ayrıca havza sınırları içerisindeki illerin İl Kültür ve Turizm Müdürlükleri ile yapılan anket çalışmalarından elde edilmiştir. Bu bilgiler elde edilirken tesisler turizm işletme belgesi veya belediye belgesi olmasına göre ayrı ayrı değerlendirilmiş olup su ihtiyacı hesap edilen önemli turistik bölgelerin geceleme sayıları, şartnamede belirtilen günlük su ihtiyacı ile çarpılmıştır. Şartnamede belirtilen günlük yatak başı su ihtiyacı, turizm bölgesinin gelişmişliklerine göre 250-600 l/gün arasında değişmektedir. Turizm bölgesi gelişmişliği değerlendirilirken, şehirlerdeki otellerin doluluk oranları ve yatak kapasiteleri göz önünde bulundurularak ortalama günlük su tüketim miktarı 500 l/gün olarak kabul edilmiştir.



T.C. TARIM VE ORMAN BAKANLIĞI
SU YÖNETİMİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ



TAŞKIN VE KURAKLIK YÖNETİMİ DAİRESİ BAŞKANLIĞI

7.1.6 Ekosistem Su Kullanımı

Ekosistem ihtiyacı veya çevresel akış; nehir ve kıyı bölgesi ekosisteminin fonksiyonel ve yapısal olarak varlığını sürdürebilmesi için gerekli olan suyun miktarı ve kalitesi olarak tanımlanır (Karakoyun, 2013).

Proje kapsamında çevresel su akım miktarı elde etmek amaçlı Tennant metodu ve hidrolojik çevresel akım yöntemi yaklaşımları kullanılmıştır. Her alt havza için ayrı ayrı Tennant yönteminden bulunan iki değer ve hidrolojik yöntemden bulunan değer (her alt havza için toplam üç değer) arasından en yüksek bulunan değer nihai çevresel akım değeri olarak kullanılmıştır. Tennant yöntemi ile düşük (nisan-eylül) ve yüksek akım (ekim-mart) dönemleri için ayrı ayrı hesaplama yapılmıştır. Aylık ortalama akım değerleri her bir alt havza için ve havzanın geneli için ayrı ayrı bulunmuştur.

Alt havzalar için düşük ve yüksek akım dönemleri için ayrı olarak elde edilen aylık ortalama çevresel akışlar 9,9 hm³ ile 73,8 hm³ arasında değişmektedir. Seyhan Havzası'nın aylık toplam akımları dikkate alınarak yapılan hesaplamada ise aylık ortalama çevresel akış düşük akım dönemi için 98,0 hm³ ile yüksek akım dönemi için ise 218,6 hm³'tür.

Tüm sektörler değerlendirilip, Seyhan Havzası'na ait alt havza ve su tüketim bilgileri aşağıda Tablo 7.1 ile sunulmuştur.

Tablo 7.1 Seyhan Havzası Sektörel Mevcut Su Kullanım Bilgileri

Alt Havzalar	Mevcut Yıllık Su Kullanımları (hm ³)						
	Tarım	İçme Kullanma	Sanayi	Hayvancılık	Turizm	Termik Santral Kullanımı	TOPLAM
Zamanti Irmağı	34,9	6,23	-	3,4	0,01	-	44,54
Göksu Irmağı	47,6	4,44	-	1,48	0,03	1,94	55,49
Seyhan Barajı.-Zamanti, Göksu B.Y	97,1	45,76	0,57	3,14	0,02	-	146,59
Aşağı Seyhan Ovası	1.740,9	99,21	14,48	2,68	0,5	-	1.857,77
TOPLAM	1.920,5	155,79	15,05	10,70	0,56	1,94	2.104,53



T.C. TARIM VE ORMAN BAKANLIĞI
SU YÖNETİMİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ



TAŞKIN VE KURAKLIK YÖNETİMİ DAİRESİ BAŞKANLIĞI

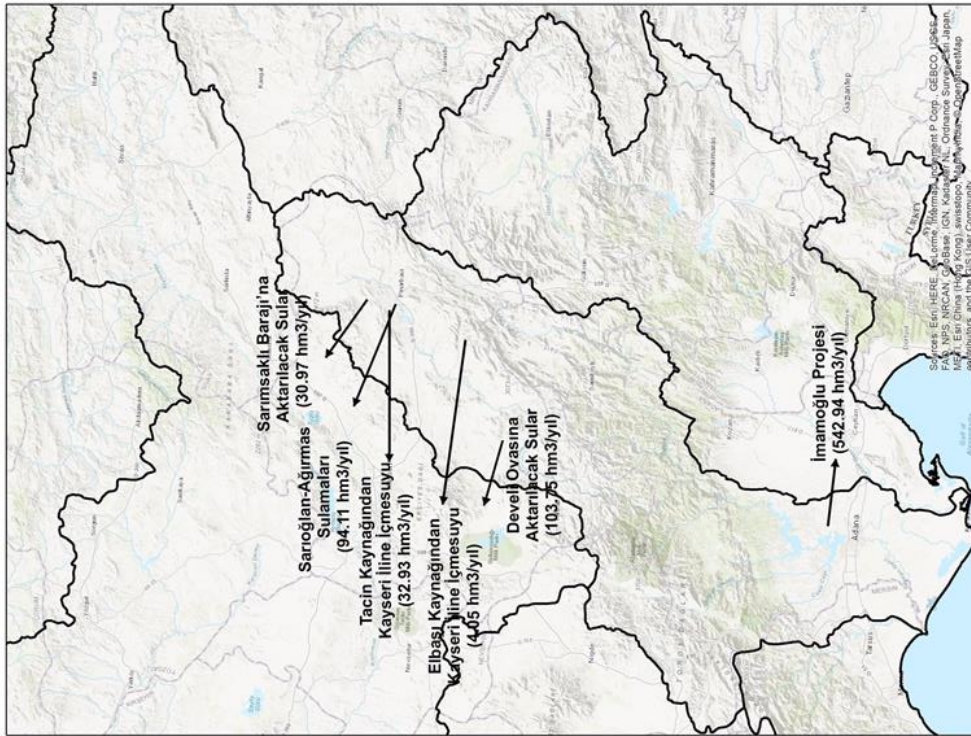
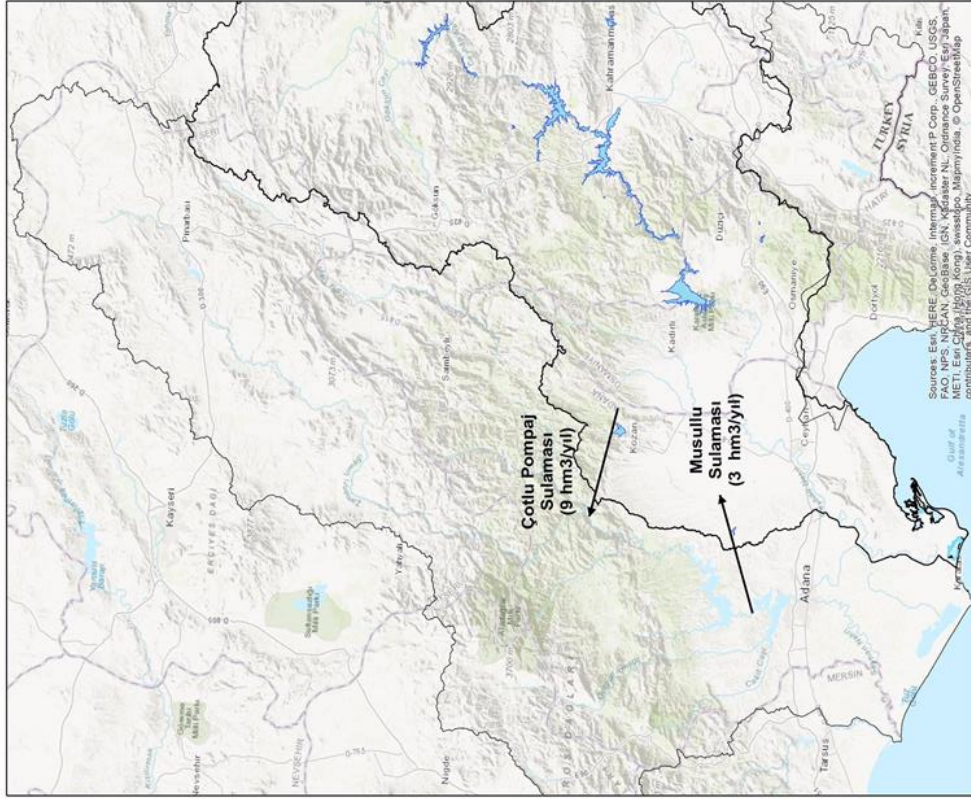
7.1.7 Havzalararası Su Aktarımı Projeleri

Seyhan Havzası'nda mevcut durumda Ceyhan Havzası'na, Seyhan Havzası'ndan Kızılırmak Havzası'na ve Ceyhan Havzası'ndan Seyhan Havzası'na su transferleri gerçekleştirilmektedir. 2016 yılı itibariyle Seyhan Havzası Zamantı Irmağı üzerinde planlanan Gümüşören Barajı mansabından Gıcık Regülatörü ve Zamantı Tüneli vasıtası ile Develi Ovası'ndaki sulamalar için 104 hm³/yıl su verilmektedir. 2017 yılı itibariye havzada yer alan Yedigöze Barajından Ceyhan Havzası'nda yapımı süren İmamoğlu Sulama Projesi kapsamında ilk aşamada brüt 560 ha'lık Musullu Sulamasına yaklaşık 3,0 hm³/yıl su verilmektedir. Çotlu pompaj sulaması için ise Ceyhan Nehrin'den Seyhan Havzası'na yaklaşık 9,0 hm³/yıl su transferi yapılmaktadır.

Seyhan Havzası'ndan Kızılırmak ve Ceyhan Havzaları'na su transferi yapılması planlanmaktadır. Tam gelişme durumunda Seyhan Havzası'ndan diğer havzalara aktarılan su miktarı yaklaşık 809,0 hm³/yıl olacaktır (DSİ, 2014). Seyhan Havzası'nda mevcut durumda yapılan ve planlanan su transferleri Tablo 7.2 ile verilmiştir.

Tablo 7.2 Seyhan Havzası'ndaki Su Transferleri

Yıl	Su Veren Havza	Su Alan Havza	Su Aktarımı (hm ³ /yıl)	Açıklama	
Mevcut	-	Ceyhan	Seyhan	9	Ceyhan Nehrin'den Seyhan Havzası'na Çotlu Pompaj Sulaması için su aktarılıyor.
	2016	Seyhan	Kızılırmak	104	Zamantı Irmağı üzerinde planlanan Gümüşören Barajı mansabından Gıcık Regülatörü ve Zamantı Tüneli vasıtası ile Develi Ovası'na su aktarılıyor.
	2017	Seyhan	Ceyhan	3	Yedigöze Barajı'ndan Ceyhan Havzası'nda yapımı süren İmamoğlu Sulama Projesi kapsamında brüt 560 ha'lık Musullu Sulaması'na su aktarılıyor.
Planlanan	2025 yılından itibaren	Seyhan	Kızılırmak	30,97	Sarımsaklı Barajı'na Aktarılabak Sular: Zamantı Irmağı Havzası içerisinde Bahçelik Barajı'ndan Kızılırmak Havzası'ndaki Sarımsaklı Barajı'na su aktarılması
	2020 yılından itibaren			32,93	Tacin Kaynağından Aktarılabak Sular: Zamantı Irmağı Havzası içerisinde kalan Tacin Kaynakları sularının, Kayseri İli'ne içme ve kullanma suyu olarak aktarılması
	2045 yılından itibaren			4,05	Elbaşı Kaynağından Aktarılabak Sular: Elbaşı Kaynağı suyunun Kayseri İli'ne içme ve kullanma suyu olarak aktarılması
	2020 yılından itibaren			94,11	Sarıoğlan ve Ağırnas Sulamaları: Bahçelik Barajı'ndan Bünyan Sarıoğlan Sulaması için 87,16 hm ³ /yıl, Kayseri Ağırnas Sulaması için 6,95 hm ³ /yıl su aktarılması
	2022 yılından itibaren	Seyhan	Ceyhan	542,94	İmamoğlu Projesi İçin Aktarılabak Sular: Tam gelişme durumunda 542,94 hm ³ /yıl su aktarılması planlanmaktadır.



Şekil 7.1 Seyhan Havzası'nda Mevcut (üst) ve Planlanan (alt) Su Transferleri Haritası



T.C. TARIM VE ORMAN BAKANLIĞI
SU YÖNETİMİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ



TAŞKIN VE KURAKLIK YÖNETİMİ DAİRESİ BAŞKANLIĞI

7.2 Projeksiyon Dönemi Su Kullanım Tahminleri

7.2.1 Tarımsal Sulama Suyu İhtiyacı Tahminleri

Seyhan Havzası için gelecek durum tarımsal sulama suyu ihtiyaç tahminleri yapılırken mevcut durumdaki sulama değerleri ve proje aşamasında olan sulama kaynakları göz önünde bulundurulmuştur. Tahminler 2050 yılında bütün projelerin hayata geçmiş olacağı varsayılarak 2050 yılı için yapılmıştır. Mevcut durum tarımsal sulama alanları ve ihtiyaçları Tablo 7.3, gelecek durum tarımsal sulama ihtiyaçları ise Tablo 7.4 ile verilmiştir.

Tablo 7.3 Mevcut Durum Tarımsal Sulama Alanları ve İhtiyaçları

Alt Havzalar	Net Sulama Alanı (ha)				Net Su Tüketimleri (hm ³ /yıl)			
	DSİ	i.Ö.i.	Halk Sulaması	Toplam	DSİ	i.Ö.i.	Halk Sulaması	Toplam
Zamanti Irmağı	7.897,0	5.348,0	1.600,0	14.845,0	16,9	13,2	4,9	34,9
Göksu Irmağı	1.040,0	8.857,0	2.970,0	12.867,0	3,7	31,0	12,8	47,6
Seyhan Barajı.-Zamanti, Göksu B.Y.	8.408,0	7.892,0	4.280,0	20.580,0	55,2	28,5	13,4	97,1
Aşağı Seyhan Ovası	123.949,0	-	-	123.949,0	1.740,9	-	-	1.740,9
Seyhan Havzası	141.294,0	22.097,0	8.850,0	172.241,0	1.816,8	72,7	31,0	1.920,5

Tablo 7.4 Gelecek Durum Tarımsal Sulama Alanları ve İhtiyaçları

Alt Havzalar	Net Sulama Alanı (ha)	Net Su Tüketimleri (hm ³ /yıl)			
	Toplam	DSİ	i.Ö.i.	Halk Sulaması	Toplam
Zamanti Irmağı	39.259,0	394,6	13,1	0,3	408,0
Göksu Irmağı	13.299,0	8,8	38,7	14,2	61,7
Seyhan Barajı.-Zamanti, Göksu B.Y.	27.036,0	647,2	34,0	16,4	697,5
Aşağı Seyhan Ovası	160.541,0	1.358,8	-	-	1.358,8
Seyhan Havzası	240.135,0	2.409,4	85,7	30,9	2.526,0

Seyhan Havzası ve alt havzalarında mevcut durumdaki sulama alanları ile gelecekte sulanabilecek potansiyel alanlar havzada yapılmış olan ön inceleme, planlama ve master plan raporlarından yararlanılarak elde edilmiştir. Mevcut ve mutasavver sulama alanları alt havzalar için DSİ, İl Özel İdareleri (KHGM) ve Halk Sulamaları olarak tüm münferit sulamalar da dikkate alınarak elde edilmiş; elde edilen değerler alt havza bazında toplanarak alt havza



T.C. TARIM VE ORMAN BAKANLIĞI
SU YÖNETİMİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ



TAŞKIN VE KURAKLIK YÖNETİMİ DAİRESİ BAŞKANLIĞI

toplamı; alt havza değerlerinin toplamları alınarak havza toplamı elde edilmiştir. Tablo 7.4'den görüleceği gibi, Seyhan Havzası'ndaki alt havzalarda mevcut durumda 172.241,0 ha alan sulanmaktadır. Mutasavver sulama alanı ise, 240.135,0 ha dolayındadır. Sulama suyu ihtiyaçları hesabında tabloda verilen mutasavver sulama alanları dikkate alınmıştır.

Havzada gerek mevcut gerekse mutasavver sulama suyu ihtiyaçlarının belirlenebilmesi için havzadaki bitki türleri ve bu bitkilerin havzadaki sulama alanı içerisindeki ekiliş oranlarının sağlıklı bir şekilde belirlenmesi gerekmektedir. Bu projede, alt havzalardaki temsili bitki türleri ve ekim oranları belirlenmiştir. Seyhan Havzası'nda yetiştirilen bitkiler ve ekiliş oranları, alt havzalara göre önemli değişiklikler göstermektedir. Bunun temel nedeni, havzanın geniş bir alanı kaplaması, her alt havzadaki hâkim iklim özelliklerinin birbirinden önemli farklılıklar arz etmesidir. Örneğin, Zamantı ve Göksu Irmağı Alt Havzaları'nda şeker pancarı ekim oranında önemli bir yer tutarken, havzanın denize yakın olan kesimlerinde narenciye ve diğer sıcak iklim bitkilerinin yer aldığı dikkate alınmalıdır.

7.2.1.1 Seyhan Havzası ve Alt Havzalarında Mutasavver Bitki Su Tüketimleri ve Sulama Suyu İhtiyaçlarının Saptanması

Bitki su tüketimleri bir sulama projesinin temel verisi ve sulama uygulamasının en önemli unsurlarından birisidir. Büyük sulama sistemlerinin yatırım maliyetleri çok yüksek olup bu sistemlerin tasarımında gerçekçi parametrelerin dikkate alınması, yapılacak olan yatırımdan beklenen faydanın sağlanmasında büyük öneme sahiptir. Bu parametrelerin en önemlileri arasında bitki su tüketimi, bitki deseni, su kaynağının özellikleri, toprak ve topoğrafik özellikler ile sosyo-ekonomik yapı sayılabilir. Bir sulama projesinde gereksinim duyulan sulama suyu miktarı üzerine proje alanının büyüklüğü ve alandaki bitki paterninde yer alan bitki önemli oranda etkiye sahiptir. Sulama suyu ihtiyaçlarının hesaplanmasından önce gerek kanal kapasiteleri gerekse sulanacak alan hesaplamasında bitki su tüketimi değerlerine ihtiyaç vardır (TAGEM, 2017).

Mutasavver sulama suyu ihtiyaçlarının saptanabilmesi için, öncelikle bitki paterni için mutasavver bitki su tüketimleri (ET_o) hesaplanır. Bitki Su Tüketimi hesaplamaları; her alt havza ve 2018-2050, 2051-2075 ve 2076-2098 dönemleri için ayrı ayrı yapılmıştır. Alt havzalardaki gereksinim duyulan bitki su tüketimleri toplanarak havzanın tamamı için sulama amaçlı havzada gereksinim duyulan net bitki su tüketimi değerleri elde edilmiştir. Net bitki su tüketimi değerleri, tarla sulama randımanı (%60 alınmıştır) ve şebeke iletim randımanı (%85 alınmıştır) ile doğrulanmak sureti ile alt havza bazında brüt sulama suyu ihtiyacı edilmiştir. Bu aşamalarda, kıştan artan nem (KAN) ve etkin yağış (Pe) dikkate



T.C. TARIM VE ORMAN BAKANLIĞI
SU YÖNETİMİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ



TAŞKIN VE KURAKLIK YÖNETİMİ DAİRESİ BAŞKANLIĞI

alınmamıştır. İklim değişikliği ve mutasavver sulama alanları dikkate alındığında dönemlere göre alt havza bazında FAO Penman Monteith yöntemine göre beklenen bitki su tüketimleri (FAO-PM ETo) ile birim alanda ve havza bazında sulama suyu ihtiyaçları yıllık bazda Tablo 7.5 ile sunulmuştur.

Tablo 7.5 Seyhan Havzası'nda RCP8.5 Senaryosuna Göre Gelecek Dönemlerde Bitki Su Tüketimleri ile Sulama Suyu İhtiyaçları

Havza No	Alt Havzalar	FAO-PM ETo (mm/yıl)			Birim alan su ihtiyacı (m ³ /ha)			Havza su ihtiyacı (hm ³ /yıl)		
		2018	2051	2018	2018	2051	2018	2018	2051	2018
		-	-	-	-	-	-	-	-	-
		2050	2075	2050	2050	2075	2050	2050	2075	2050
18-1	Zamantı Irmağı	884	956	977	11.571	12.474	12.687	545	588	598
18-2	Göksu Irmağı	904	969	996	11.774	12.566	12.862	17	18	19
18-3	Seyhan Barajı.- Zamantı, Göksu B.Y.	1.038	1.103	1.139	11.659	12.401	12.756	864	919	945
18-4	Aşağı Seyhan Ovası	1.106	1.158	1.209	15.194	15.893	16.540	2.439	2.551	2.655
18	Seyhan Havzası	1.050	1.109	1.151	13.648	14.393	14.889	3.866	4.077	4.218

Tablo 7.5'e bakıldığında, kıyas bitki su tüketimleri (FAO-PM ETo, mm/yıl) havzadan havzaya ve dönemlere göre değişmektedir. Alt havzanın yükseltisi ile ETo değerleri ters orantılı olarak değişmektedir. Ayrıca, alt havzalardaki mutasavver brüt sulama suyu ihtiyaçları dönemler ilerledikçe artmakta; alt havzada gereksinim duyulan toplam sulama suyu ihtiyacı alt havzadaki mutasavver sulama alanı büyüklüğü ile orantılı olarak artış göstermektedir.

7.2.1.2 Zamantı Irmağı Alt Havzası

Zamantı Irmağı Alt Havzası'nda Bahçelik Barajı akış yukarısında, gelecekte işletmeye açılacak olan projeler ise Pınarbaşı Kazancık, Hilmiye Pompaj, Şerefiye Pompaj ve Karacaören sulamalarıdır. Gelecekte Bahçelik Barajı'ndan çekilecek sular ile Tacin (Elbaşı+ Erkek+ Karadayı), Tomarza, Fraktin sulamaları su ihtiyaçları karşılanacaktır. Yine Bahçelik Barajı'ndan Kızılırmak Havzasında bulunan Bünyan Sarıoğlan, Kayseri Ağırnas Sulamaları su ihtiyaçları karşılanacak ve Kızılırmak Havzası Sarımsaklı Barajı'na sulama maksatlı su transferi yapılacaktır. Gelecekte işletmeye açılacak olan gölet projeleri ise Karamanlı Göleti, Panlı Göleti ve Çerkezsöğütlü Göleti sulamalarıdır. Gümüşören Barajı akış aşağısı su ihtiyacı olarak Develi Kapalı Havzası'na Yapılan su transferi bulunmaktadır. Zamantı Irmağı Alt Havzası'nda 2015 yılında inşaatı tamamlanan Gümüşören Barajı ile Zamantı Irmağı



**T.C. TARIM VE ORMAN BAKANLIĞI
SU YÖNETİMİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ**



TAŞKIN VE KURAKLIK YÖNETİMİ DAİRESİ BAŞKANLIĞI

suları Zamantı Regülatörü ve Derivasyon Tüneli (Gıcık Tüneli) marifetiyle Develi Ovasına aktararak 26.750 ha'lık Develi Sulamasının gerçekleştirilmesi planlanmaktadır.

7.2.1.3 Göksu Irmağı Alt Havzası

Göksu Irmağı Alt Havzası'nda Feke-II Barajı- (Feke-I Regülatörü + Asmaca Barajı) ara havzasında gelecekte yapılması planlanan DSİ Paşalı Göleti sulaması bulunmaktadır.

7.2.1.4 Seyhan Barajı- Zamantı, Göksu Birleşim Yeri Alt Havzası

Seyhan Barajı -Zamantı, Göksu Birleşim Yeri Alt Havzasında gelecekte yapımı planlanan Karsantı Barajı akış yukarısında DSİ Aladağ Döleli Göleti sulaması planlanmaktadır. 2010 yılında işletmeye giren Yedigöze Baraj gölünden gelecekte Musullu, İmamoğlu I. Aşama, İmamoğlu II. Aşama, İmamoğlu III. Aşama, İmamoğlu IV. Aşama sulamaları bulunmaktadır. Çatalan Barajı- (Mentaş Regülatörü + Kasımlı Barajı) ara havzası gelecekte yapımı planlanan DSİ Kasımlı Barajı sulaması bulunmaktadır. Çatalan Baraj gölünden hali hazırda Adana İli içme suyu alınmaktadır.

7.2.1.5 Aşağı Seyhan Ovası Alt Havzası

Seyhan Baraj gölünden hali hazırda TS1 ve YS1 sulamaları için su alınmaktadır. Çukurova Üniversitesi sulama sahası YS1 sulamaları içerisinde alınmıştır. Gelecekte Seyhan Barajı sol sahil sulamalarına YS1 kanalından su temin edecek olan 6YP sulaması devreye girecektir. Seyhan Barajı akış aşağısında hali hazırda sulanacak olan Aşağı Seyhan Ovası I., II., III. Merhale sulamaları (ASO I,II,III) bulunmaktadır. Gelecekte bu sulamalara ASO IV. Merhale (5TP, 7YP, 8YP) sulamaları da katılacaktır.

7.2.2 İçme ve Kullanma Suyu İhtiyacı Tahminleri

Su ihtiyaç tahminleri, 2016 ile 2020 yılları arasında yıllık, 2020 ile 2050 yılları arasında 5 yıllık ve 2050 ile 2100 yılları arasında 25 yıllık periyotlarla yapılmıştır. Tahmin yöntemleri, İller Bankası tarafından hazırlanan Teknik Şartnamesindeki İçme suyu İhtiyaç Tahmin Esasları incelenerek kararlaştırılmıştır. Ayrıca TÜİK tarafından 31.12.2016 tarihi için yayımlanan nüfus verileri kullanılmıştır. Gelecek zamanlardaki nüfus projeksiyonları için her yerleşim yerine İller Bankası iki nokta yöntemi, Aritmetik Artış Nüfus Projeksiyonu, Geometrik Artış Yöntemi, Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı Metodu ve Azalan Hızlı Artış Metodu uygulanmış olup, yerleşim yerlerinin geçmiş nüfus verilerinin değişimine göre en uygun olan İller Bankası iki nokta yöntemi, Azalan Hızlı Artış Metodu ve Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı (UNDP)'ndan biri seçilmiştir.



T.C. TARIM VE ORMAN BAKANLIĞI
SU YÖNETİMİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ



TAŞKIN VE KURAKLIK YÖNETİMİ DAİRESİ BAŞKANLIĞI

Güncel nüfus verilerine bakıldığında 2016 yılında havzadaki toplam nüfusun 2.000.224 kişi olduğu görülüp, çoğunlukla bu kişilerin 1.853.096'sı Adana üzerinde, 85.136'sı Kayseri üzerinde ve 22.106'sı Niğde üzerinde hayatlarına devam etmektedir. Ayrıca, havzada nüfusun en yoğun olduğu bölge 2016 nüfusuyla 797.563 kişi ile Adana Seyhan ilçesidir.

Tablo 7.6 Seyhan Havzası Yerleşim Yerleri Nüfus Projeksiyonları

Seyhan Havzası Nüfus Projeksiyonları										
İl	İlçe	2016	2020	2025	2030	2035	2040	2050	2075	2100
ADANA	Aladağ	16.333	17.212	18.277	19.279	20.172	20.992	22.736	27.773	33.955
	Çukurova	362.351	383.680	408.933	431.961	451.340	468.157	503.484	603.111	722.007
	Feke	17.033	17.936	19.033	20.072	21.008	21.875	23.722	29.069	35.656
	İmamoğlu	3.251	3.441	3.666	3.872	4.046	4.196	4.514	5.417	6.502
	Karaisalı	21.250	22.356	23.706	24.995	26.168	27.267	29.611	36.416	44.832
	Karataş	21.867	22.974	24.334	25.646	26.863	28.022	30.496	37.709	46.679
	Kozan	6.632	7.020	7.479	7.900	8.253	8.560	9.208	11.051	13.263
	Pozantı	19.362	20.310	21.484	22.633	23.720	24.774	27.028	33.629	41.886
	Saimbeyli	15.239	16.061	17.055	17.992	18.824	19.588	21.212	25.901	31.654
	Sarıçam	145.776	164.189	184.798	203.453	220.823	237.504	270.916	377.748	575.445
	Seyhan	797.563	818.629	843.543	867.051	889.311	910.456	949.842	1.035.074	1.106.477
	Tufanbeyli	17.558	18.765	20.300	21.850	23.378	24.929	28.443	40.359	58.942
	Yüreğir	408.881	424.879	445.508	466.912	489.170	512.357	561.823	707.109	891.575
TOPLAM	1.853.096	1.937.451	2.038.116	2.133.616	2.223.075	2.308.677	2.483.035	2.970.367	3.608.874	
KAYSERİ	Bünyan	6.359	6.731	7.172	7.574	7.913	8.207	8.829	10.596	12.717
	Develi	12.488	13.218	14.084	14.875	15.540	16.118	17.338	20.809	24.975
	Pınarbaşı	23.658	24.868	26.352	27.778	29.090	30.333	32.983	40.699	50.274
	Sarız	6.662	6.996	7.407	7.806	8.177	8.533	9.294	11.513	14.278
	Talas	4.361	4.616	4.918	5.194	5.427	5.629	6.055	7.267	8.722
	Tomarza	22.818	24.000	25.443	26.824	28.086	29.272	31.801	39.150	48.247
	Yahyalı	8.790	9.304	9.913	10.470	10.938	11.345	12.204	14.647	17.579
	TOPLAM	85.136	89.732	95.290	100.521	105.171	109.436	118.504	144.681	176.791
K.MARAŞ	Göksun	2.609	2.761	2.942	3.108	3.247	3.367	3.622	4.347	5.218
	TOPLAM	2.609	2.761	2.942	3.108	3.247	3.367	3.622	4.347	5.218
MERSİN	Tarsus	22.106	23.398	24.931	26.331	27.509	28.531	30.692	36.836	44.210
	TOPLAM	22.106	23.398	24.931	26.331	27.509	28.531	30.692	36.836	44.210
NİĞDE	Bor	414	438	467	493	515	534	575	690	828
	Çamardı	12.019	12.657	13.433	14.167	14.826	15.437	16.738	20.502	25.136
	Ulukışla	23.776	25.507	27.718	29.965	32.198	34.494	39.854	59.620	94.831
	TOPLAM	36.209	38.602	41.617	44.625	47.540	50.466	57.167	80.812	120.795
SİVAS	Altınyayla	700	741	789	834	871	903	972	1.166	1.400
	Şarkışla	368	390	415	438	458	475	511	613	736
	TOPLAM	1.068	1.130	1.204	1.272	1.329	1.378	1.483	1.780	2.136



T.C. TARIM VE ORMAN BAKANLIĞI
SU YÖNETİMİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ



TAŞKIN VE KURAKLIK YÖNETİMİ DAİRESİ BAŞKANLIĞI

Nüfus projeksiyonları yapıldıktan sonra, içme suyu ihtiyaç tahminleri, kentsel yerleşim yerlerinin mevcut durumdaki su ihtiyaçları belirlenerek, ilk 5 yıl nüfus değişimleriyle orantılı olarak artırılıp, sonraki her 5 yıl ve 25 yıllık periyotlarda 0,1% artacağı varsayılmıştır. Kırsal yerleşim yerleri içinse nüfusu 10.000'den büyük yerler için 2016 yılında 100 l/gün olarak alınıp, nüfusu 10.000'den az olan yerleşim yerleri içinse 80 l/gün olarak belirlenmiştir. Kırsal yerleşim yerleri için su ihtiyaçları her periyot için 0,1% olarak artacağı varsayılmıştır. Bu bilgiler doğrultusunda Seyhan Havzası ve alt havzaları için kentsel ve kırsal olarak ayrı ayrı hesaplanmış olup, toplam içme ve kullanma suyu ihtiyacı tahminleri Tablo 7.7 ile sunulmuştur.

Tablo 7.7 Seyhan Havzası Toplam İçme ve Kullanma Suyu Projeksiyonu

Havza İçi Toplam İçme Suyu İhtiyacı Projeksiyonu (hm ³ /gün)										
Alt Havzalar	2016	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2075	2100
Zamanti Irmağı	6,23	6,47	6,92	7,37	7,78	8,16	8,56	8,99	11,16	13,85
Göksu Irmağı	4,44	4,63	4,97	5,32	5,65	5,96	6,31	6,68	8,59	11,18
Seyhan Barajı B.Y.	45,76	43,02	46,89	50,87	54,51	57,92	61,39	64,96	77,56	84,82
Aşağı Seyhan	99,21	84,69	89,40	95,46	101,80	108,48	115,58	123,14	147,70	163,77
Toplam	155,65	138,80	148,18	159,01	169,73	180,53	191,84	203,76	245,01	270,98

7.2.3 Sanayi Suyu İhtiyacı Tahminleri

7.2.3.1 OSB-Sanayi Tesisleri

Havza sınırındaki en büyük sanayi kuruluşları Adana Organize Sanayi Bölgesi'nde bulunmaktadır. Adana OSB'nin su ihtiyacı, bölgeye 4,5 km uzaklıkta bulunan Ceyhan Nehri'nden karşılanmaktadır. Bu amaçla, 800 l/s kapasiteli Su Alma ve Arıtma Tesisleri, terfi hatları, 2 adet 6.000 tonluk ve 1 adet 4.000 tonluk su deposu ve bölge içi su dağıtım şebekesi inşa edilmiştir. Seyhan Havzası sınırları içinde, su kaynağı olarak yüzeysel su kullanan tek sanayi kuruluşlarının bulunduğu Adana OSB'de, su kaynağı olarak Ceyhan Nehri kullanıldığından; Seyhan Havzası su bütçesi hesaplarına bu kullanım dahil edilmeyecektir. Hesaplamalar yapılırken her 5 yıl için artış yüzdesi 5% oranında belirlenmiş olup ara yıllar, yıllara göre belirli oranda artırılmıştır. Ayrıca yıllara göre sanayi üretim endeksli toplam değerler bulunurken, yıllık artış oranı ve su minimizasyon oranlarında Tablo 7.8 üzerindeki tahminler kabul edilmiştir. Toplam değerler ve sanayi üretim endeksli toplam değerler arasındaki farkla planlanan değerler hesaplanmıştır.

Seyhan Havzası'na ait sanayi kuruluşları ve su tüketim miktarları tesis ziyaretleri, tesislerle yapılan anket çalışmaları sonucu elde edilmiş olup yukarıda anlatılan tahminler kullanılarak



T.C. TARIM VE ORMAN BAKANLIĞI
SU YÖNETİMİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ



TAŞKIN VE KURAKLIK YÖNETİMİ DAİRESİ BAŞKANLIĞI

sanayi tesisi bulunan alt havzalar bazlı su tüketim projeksiyonları belirlenmiş ve toplam havza bazlı su tüketim projeksiyonu Tablo 7.9 ile verilmiştir.

Tablo 7.8 Yıllık Artış ve Su Minimizasyon Oranları Tahminleri

Yıl Aralığı	Yıllık Artış Oranı (%)	Yıllık Su Minimizasyon Oranı (%)	Fark (%)
2020-2030	4%	1,8%	2,20%
2030-2040	3,75%	1,8%	1,95%
2040-2050	3,50%	2,0%	1,50%
2050-2060	3,25%	2,0%	1,25%
2060-2070	3,00%	2,0%	1,00%
2070-2080	2,75%	2,0%	0,75%
2080-2090	2,75%	2,0%	0,75%
2090-2100	2,75%	2,0%	0,75%

Tablo 7.9 Seyhan Havzası Sanayi Suyu İhtiyacı Projeksiyonu

Sanayi Suyu İhtiyacı (hm ³ /yıl)										
	2016	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2075	2100
Mevcut Tesisler	15,05	15,65	16,43	17,25	18,11	19,02	19,97	20,97	26,76	34,16
Planlamalar	-	1,65	2,86	4,25	5,57	7,06	8,13	9,3	12,54	13,22
Toplam	15,05	17,3	19,29	21,5	23,68	26,08	28,1	30,27	39,3	47,37

7.2.3.2 Santraller

Havzada 2004 yılında işletmeye giren ve toplam kurulu gücü 1.320 MW olan İSKEN/Su Gözü Enerji Santrali bulunmakta olup santralde proses suyu olarak deniz suyu kullanılmaktadır. Göksu Alt Havzası'nda bulunan Tufanbeyli Enerjisa Enerji Üretim A.Ş. ile ilgili güncel su tüketimi saha ziyaretleri ve anket çalışmaları ile belirlenmiş olup, ileri yıllarda oluşacak su ihtiyacı projeksiyonu Tablo 7.10'de verilmektedir.

Tablo 7.10 Seyhan Havzası Santral Suyu İhtiyacı Projeksiyonu

Göksu Irmağı Alt Havzası										
Santral Suyu İhtiyacı (hm ³ /yıl)										
	2016	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2075	2100
Mevcut Tesisler	1,94	2,02	2,12	2,23	2,34	2,46	2,58	2,71	3,46	4,41
Planlamalar	-	0,21	0,37	0,55	0,72	0,91	1,05	1,2	1,62	1,71
Toplam	1,94	2,24	2,49	2,78	3,06	3,37	3,63	3,91	5,08	6,12

7.2.4 Turizm Su İhtiyacı Tahminleri

Seyhan Havzası turizm su ihtiyaç tahminleri yapılırken "İçmesuyu Tesisleri Etüt, Fizibilite ve Projelerinin Hazırlanmasına Ait Teknik Şartname" de yer alan maddeler dikkate alınmıştır.



T.C. TARIM VE ORMAN BAKANLIĞI
SU YÖNETİMİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ



TAŞKIN VE KURAKLIK YÖNETİMİ DAİRESİ BAŞKANLIĞI

Su ihtiyacı hesap edilen önemli turistik bölgelerin geceleme sayıları, şartnamede belirtilen günlük su ihtiyacı ile çarpılmıştır. Daha sonra bu sayı, konaklama bölgelerinin en güncel doluluk oranlarıyla çarpılarak projeksiyon yılı bulunup, ara yıllar için olan ihtiyaçlar ara değer bulma tekniğiyle kademeli olarak artırılarak belirlenmiştir. (Doluluk oranı bulunamayan ilçeler için havza ortalamaları kullanılmıştır). Şartnamede belirtilen günlük yatak başı su ihtiyacı, turizm bölgesinin gelişmişliklerine göre 250-600 l/gün arasında değişmektedir. Turizm bölgesi gelişmişliği değerlendirilirken, şehirlerdeki otellerin doluluk oranları ve yatak kapasiteleri göz önünde bulundurularak ortalama günlük su tüketim miktarı 500 l/gün olarak kabul edilmiştir. Seyhan Havzası için toplam su ihtiyacı Tablo 7.11 ile verilmiştir. Havzanın alt havza bazlı su ihtiyaç projeksiyon verileri ise Tablo 7.12 ile verilmektedir.

Tablo 7.11 Seyhan Havzası Belge Türüne Göre Turizm Su İhtiyacı Projeksiyonu

Turizm Sektörü Su İhtiyacı (m ³ /yıl)										
Tesis	2016	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2075	2100
Turizm İşletme Belgeli	454.400	492.910	541.047	589.184	637.321	685.458	733.596	781.733	1.022.419	1.263.105
Belediye Belgeli	101.824	127.323	159.198	191.073	222.947	254.822	286.697	318.571	477.945	637.318
Toplam (m ³ /yıl)	556.224	620.233	700.245	780.257	860.269	940.280	1.020.292	1.100.304	1.500.363	1.900.423
Toplam (hm ³ /yıl)	0,56	0,62	0,70	0,78	0,86	0,94	1,02	1,10	1,50	1,90

Tablo 7.12 Seyhan Havzası Alt Havza Bazlı Turizm Su İhtiyacı Projeksiyonu

Alt Havzalar	Turizm Sektörü Su İhtiyacı									
	2016	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2075	2100
Zamantı Irmağı	8.784	9.448	10.278	11.108	11.938	12.768	13.598	14.428	18.578	22.729
Göksu Irmağı	27.919	29.899	32.374	34.849	37.324	39.800	42.275	44.750	57.126	69.502
Seyhan Barajı B.Y.	17.266	22.212	28.396	34.579	40.762	46.946	53.129	59.312	90.229	121.146
Aşağı Seyhan Ovası	502.256	558.675	629.198	699.721	770.244	840.767	911.291	981.814	1.334.430	1.687.05
Toplam (m ³ /yıl)	556.224	620.233	700.245	780.257	860.269	940.280	1.020.29	1.100.30	1.500.363	1.900.42
Toplam (hm ³ /yıl)	0,56	0,62	0,70	0,78	0,86	0,94	1,02	1,10	1,50	1,90

7.2.5 Hayvancılık Su İhtiyacı Tahminleri

Havzada bulunan ilçelerdeki mevcut hayvan varlıklarından yola çıkılarak yapılan hayvancılık su tüketimlerinde İller Bankası'na ait insan ve hayvan su ihtiyacı varsayımları kabul edilmiş olup bu varsayımlar her bir küçükbaş hayvan için 15 lt/gün, büyükbaş hayvan için ise 50 l/gün ve kümes hayvanları için 0.25 l/gün şeklindedir. Bu kullanımlar gelecek durum projeksiyonları için yapılan varsayımlarda hayvancılık su tüketimi sabit tutulmuştur.



T.C. TARIM VE ORMAN BAKANLIĞI
SU YÖNETİMİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ



TAŞKIN VE KURAKLIK YÖNETİMİ DAİRESİ BAŞKANLIĞI

Hayvan sayıları ise TÜİK'ten elde edilen güncel Tarım ve Orman Bakanlığı 2007 ve 2016 yılları arasındaki havza içi hayvan sayıları verileri ve İl Tarım ve Orman Müdürlükleriyle yapılan anket çalışmaları sonucu elde edilen verilerden yola çıkılarak 2100 yılına kadar her tür hayvan sayıları için projekte edilmiştir. Alt havza bazlı hayvancılık su ihtiyacı projeksiyonları ve grafiği sırasıyla Tablo 7.13 ile verilmektedir.

Tablo 7.13 Seyhan Havzası Hayvancılık Sektörü Alt Havza Bazlı Su İhtiyacı Projeksiyonu

Hayvancılık Sektörü Alt Havza Bazlı Su İhtiyacı Projeksiyonları (hm ³ /yıl)										
Alt Havzalar	2016	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2075	2100
Zamantı Irmağı	3,40	3,99	4,53	5,11	5,71	6,30	6,89	7,47	10,42	13,36
Göksu Irmağı	1,48	1,83	2,09	2,33	2,59	2,86	3,13	3,39	4,71	6,03
Seyhan Barajı B.Y.	3,14	4,22	5,14	6,01	6,93	7,87	8,80	9,72	14,35	18,98
Aşağı Seyhan	2,68	3,18	3,71	4,16	4,62	5,10	5,58	6,06	8,45	10,86
Toplam	10,70	13,20	15,47	17,61	19,85	22,13	24,39	26,64	37,93	49,23

7.2.6 Ekosistem Su İhtiyacı Tahminleri

Seyhan Havzası'nda RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarına göre ekosistem su ihtiyacı tahminleri Bölüm 7.1.6 üzerinde açıklanan Tennant ve Hidrolojik Çevresel Akış Yöntemi metotları kullanılarak belirlenmiştir. Her alt havza için ve havza geneli için ayrı ayrı yapılan hesaplamalara ilişkin bulunan sonuçlar aşağıda sunulmuştur. Tennant ve Hidrolojik Çevresel Akış yöntemi ile hesaplanan tahminler Tablo 7.14 üzerinde özet olarak verilmiş olup incelenen zaman periyotları için seçilen maksimum ekosistem su ihtiyaçları değerleri ise Tablo 7.15 üzerinde gösterilmiştir.

Değerler incelendiğinde mevcut durum (1970-2016) için en yüksek çevresel akış değerlerinin Zamantı Irmağı Alt Havzası'nda Hidrolojik Yöntem ile hesaplandığı belirlenmişken, ileriye dönük projeksiyonlarda bu havzada Tennant Yöntemi Nisan-Eylül Ortalama akımlarında yüksek değerlere ulaşılmıştır. Zamantı Irmağı Alt Havzası'nda yapılan projeksiyon sonuçları itibariyle akımlardaki azalmaya paralel olarak çevresel akış değerlerinde azalma görülmektedir. Diğer havzalarda belirlenen periyotlar ve senaryolar itibariyle elde edilen yüksek çevresel akış değerleri Hidrolojik Yöntem sonuçlarından oluşmaktadır.



T.C. TARIM VE ORMAN BAKANLIĞI
SU YÖNETİMİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ



TAŞKIN VE KURAKLIK YÖNETİMİ DAİRESİ BAŞKANLIĞI

Tablo 7.14 Seyhan Havzası Çevresel Akış Projeksiyonlarının Karşılaştırması

RCP 4.5									
Alt Havzalar	Tennat Metodu (Ekim-Mart Ort. Akım*0,20) (hm ³ /ay)			Tennat Metodu (Nisan-Eylül Ort. Akım*0,40) (hm ³ /ay)			Hidrolojik Yöntem (hm ³ /ay)		
	2018-2050	2051-2075	2076-2098	2018-2050	2051-2075	2076-2098	2018-2050	2051-2075	2076-2098
Zamantı Irmağı	24,38	25,14	25,74	36,99	37,36	32,25	30,48	26,60	33,53
Göksu Irmağı	34,23	37,20	38,80	79,63	78,39	65,93	118,49	132,00	122,30
Seyhan Barajı B.Y	50,91	51,14	50,58	55,60	57,37	52,85	61,90	53,95	59,60
Aşağı Seyhan Ovası	15,69	16,26	16,52	24,13	24,27	21,17	55,76	61,71	55,93
Seyhan Havzası	125,21	129,75	131,64	196,36	197,40	172,19	196,82	165,65	195,69
RCP 8.5									
Alt Havzalar	Tennat Metodu (Ekim-Mart Ort. Akım*0,20) (hm ³ /ay)			Tennat Metodu (Nisan-Eylül Ort. Akım*0,40) (hm ³ /ay)			Hidrolojik Yöntem (hm ³ /ay)		
	2018-2050	2051-2075	2076-2098	2018-2050	2051-2075	2076-2098	2018-2050	2051-2075	2076-2098
Zamantı Irmağı	25,15	28,09	26,68	38,07	23,91	29,49	35,29	19,08	29,45
Göksu Irmağı	35,15	41,37	44,39	79,08	52,94	64,50	120,09	107,87	152,09
Seyhan Barajı B.Y	54,59	55,19	48,09	53,72	36,24	45,44	68,50	32,87	52,64
Aşağı Seyhan Ovası	16,44	17,87	17,14	23,98	15,87	19,45	57,74	47,96	57,11
Seyhan Havzası	131,34	142,51	136,31	194,85	128,96	158,88	200,93	121,92	174,67

Tablo 7.15 Seyhan Havzası Seçilen Çevresel Akış Değerleri

Alt Havzalar	Seçilen Çevresel Akış Değeri (hm ³ /ay)						
	Mevcut	RCP4.5			RCP8.5		
		1970-2016	2018-2050	2051-2075	2076-2098	2018-2050	2051-2075
Zamantı Irmağı	147,0	37,0	37,4	33,5	38,1	28,1	29,5
Göksu Irmağı	97,9	118,5	132,0	122,3	120,1	107,9	152,1
Seyhan Barajı B.Y	61,1	61,9	57,4	59,6	68,5	55,2	52,6
Aşağı Seyhan Ovası	36,9	55,8	61,7	55,9	57,7	48,0	57,1
Seyhan Havzası	250,5	196,8	197,4	195,7	200,9	142,5	174,7



8 HAVZA SU POTANSİYELİ VE SU POTANSİYELİNDEKİ DEĞİŞİMİN TESPİTİ

8.1 Su Bütçesi Metodu

Su döngüsü içerisindeki hidrolojik bütçenin ana elemanları yağış, buharlaşma-terleme, süzülme, yüzey akışı ve yeraltı suyu akımıdır. İklim değişikliği kapsamında gelecek dönemlerde gözlemlenebilecek yağış ve sıcaklık değişimlerinden en çok etkilenecek hidrolojik değişkenler yağış ve yağışa bağlı olarak yüzey akışı ve yeraltı sularıdır.

Proje kapsamında IDSKEP kapsamında kullanılan küresel iklim değişikliği modellerinin değerlendirilmesi sonucu belirlenmiş olan MPI-ESM-MR ve RegCM kuplesi sonuçlarının girdi olarak kullanıldığı hidrolojik model çıktıları kullanılmıştır.

Yapılan çalışmanın özeti olarak MPI-ESM-MR ve RegCM kuplesi sonuçlarına bakıldığında beklenildiği biçimde daha karamsar olan RCP8.5 senaryosunun RCP4.5'e göre çok daha yoğun eğilim gösterdiği belirlenmiştir. İklim değişikliğinin meteorolojik ve hidrolojik parametreler üzerindeki etkisini de doğrular nitelikte olarak, sıcaklıkta ve buna bağlı parametrelerde artış olduğu, dinamik su kütlelerinde ise (yağış, debi, yeraltı suyu vb.) ise belirgin azalmalar olduğu görülmüştür.

Bu bölümde havzadaki su potansiyeli her alt havza için ayrı ayrı hesaplanmış ve havza su potansiyeli, hidrolojik değişkenlerin havzadaki varlığı ve mevcut kullanımları ile karşılaştırılmıştır.

Su bütçesi hesaplamalarında 2 önemli yaklaşım yapılmıştır. Bu yaklaşımlar kullanılabilir yüzeysel su oranı ve kullanılabilir yeraltı su oranıdır.

Kullanılabilir Yüzeysel Su Oranı: Toplam yüzeysel su potansiyelinin kullanılabilir yüzeysel su potansiyeline çevrimi hesaplaması için gereken kullanılabilir yüzeysel su oranı için çeşitli kaynaklar incelenmiş ve bu oranın Türkiye için mevcut durumda %60 olduğu belirlenmiştir (DSİ, 2017). Bu değer bu havzaya ait alt havzalarda da aynı kabul edilmiştir.

Kullanılabilir Yeraltı Su Oranı: Emniyetli Yeraltı Suyu Rezervi hesaplamaları için gereken Kullanılabilir Yeraltı Su Oranı'nın belirlenmesi için hem havzanın jeolojik yapısı incelenmiş hem de su bütçesinin daha dengeli olması amaçlanmıştır. Bu çalışmalar sonucunda Seyhan Havzası Kullanılabilir Yeraltı Su Oranı %80 olarak belirlenmiş olup bu değer bu havzaya ait alt havzalarda da aynı kabul edilmiştir.



T.C. TARIM VE ORMAN BAKANLIĞI
SU YÖNETİMİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ



TAŞKIN VE KURAKLIK YÖNETİMİ DAİRESİ BAŞKANLIĞI

Ayrıca tüketilmeyen su miktarları da hesaplanmıştır. Bu değer brüt yüzeysel su potansiyelinin toplam yüzeysel su kullanımından çıkartılmasıyla hesaplanmış olup toplam yüzeysel su kullanımı değerleri tarımsal, içme ve kullanma, sanayi, turizm, derivasyon ve termik santral su kullanımlarını kapsamaktadır.

8.2 Mevcut Dönem Su Bütçesi

Seyhan Havzası'nda su bütçesinin belirlenmesi kapsamında havzada bulunan Meteoroloji Gözlem İstasyonlarının 1970 – 2016 yıllarına ait alansal ortalama değerleri, Akım Gözlem İstasyonlarının ise 1970 – 2015 yıllarına ait doğal akım değerleri kullanılmıştır. Havzanın toplam yağış alanı 22.035,0 km²'dir. Yeraltısu potansiyeli ise havzanın yağış, PET, havza morfolojisi, yağış-akış ilişkisi ve doğallaştırılmış akımları göz önüne alan abcd Modeli ile hesaplanmıştır.

Havzaya düşen yağışın toplam yıllık ortalama değeri 552,6 mm olarak hesaplanmış ve buna göre yıllık yağışların toplam su hacmi 12.176,5 hm³ olarak bulunmuştur. Bu yağışın toplamda 2.753,2 hm³'lük kısmının litolojik süzülmelerle yeraltısuunu beslediği ve geriye kalan 6.219,5 hm³'lük kısmının ise yüzeysel akışa geçtiği hesaplanmıştır. 3.204,8 hm³'lük miktarın ise buharlaşma ve terleme yoluyla havzadan uzaklaştığı hesaplanmıştır.

Tablo 8.1 Seyhan Havzası Sektörel Mevcut Su Kullanım Bilgileri

Alt Havzalar	Mevcut Yıllık Su Kullanımları (hm ³)						
	Tarım	İçme Kullanma	Sanayi	Hayvancılık	Turizm	Termik Santral Kullanımı	TOPLAM
Zamanti Irmağı	34,9	6,23	-	3,4	0,01	-	44,54
Göksu Irmağı	47,6	4,44	-	1,48	0,03	1,94	55,49
Seyhan Barajı.-Zamanti, Göksu B.Y	97,1	45,76	0,57	3,14	0,02	-	146,59
Aşağı Seyhan Ovası	1.740,9	99,21	14,48	2,68	0,5	-	1.857,77
TOPLAM	1.920,5	155,79	15,05	10,70	0,56	1,94	2.104,53

Havza brüt YÜS potansiyeli 6.228,5 hm³ olarak hesaplanmıştır. Yapılan kabuller ile havzada kullanılabilir su kaynakları yüzey suyu için 3.737,1 hm³ hesaplanmıştır. Emniyetli yeraltı suyu ise 2.202,6 hm³ olarak belirlenmiş olup toplam havza kullanılabilir su potansiyeli ise 5.939,7 hm³ olarak hesaplanmıştır.

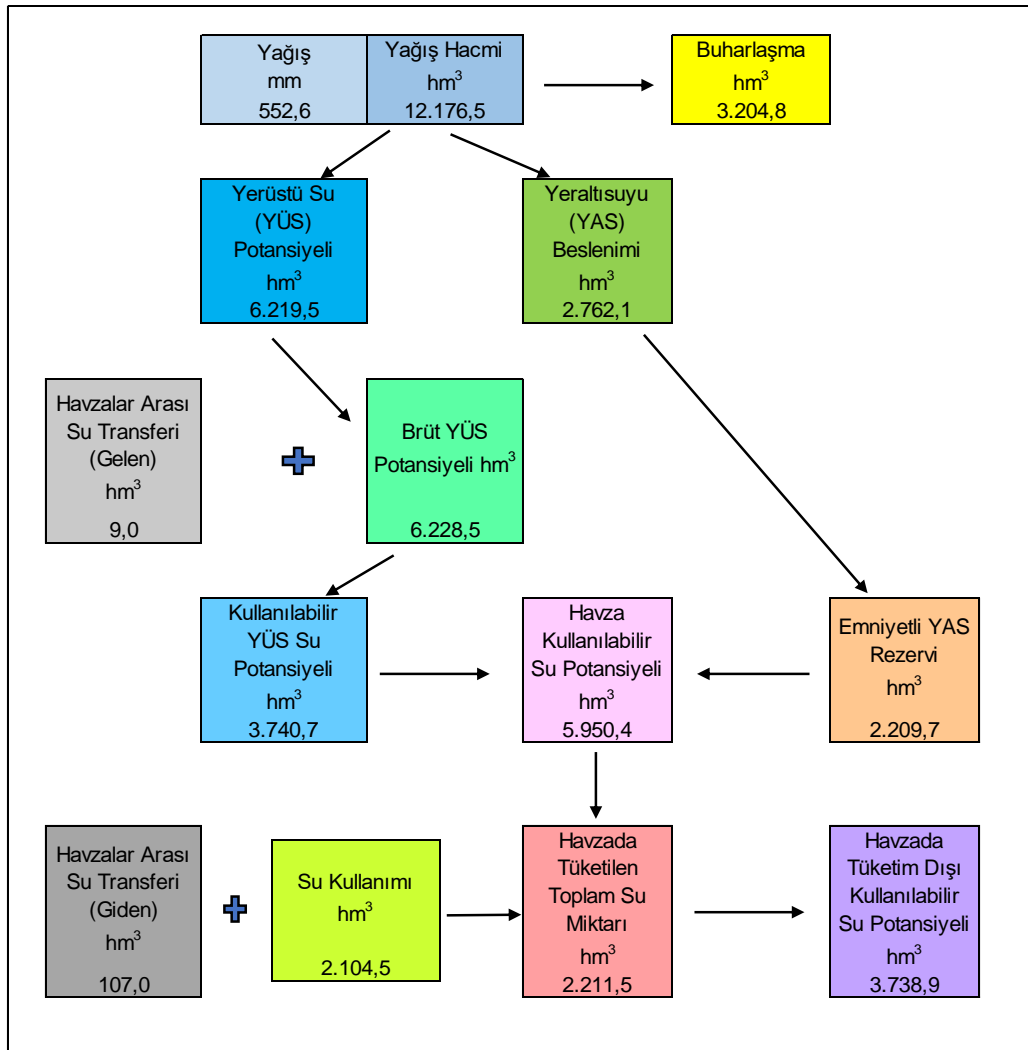


T.C. TARIM VE ORMAN BAKANLIĞI
SU YÖNETİMİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ



TAŞKIN VE KURAKLIK YÖNETİMİ DAİRESİ BAŞKANLIĞI

Seyhan Havzası'na ait alt havza ve sektörel bazlı su tüketim bilgileri aşağıda Tablo 8.1 üzerinde verilmiş olup bu tabloya ait detaylar Bölüm 7'de kapsamlı şekilde sunulmuştur. Tabloda da görüldüğü üzere bu proje kapsamında Bölüm 7.1'de verilen mevcut su kullanımları ise toplam 2.104,5 hm³, komşu havzaya giden su transferi toplam 107,0 hm³ olup havzada tüketilen toplam su miktarı 2.211,5 hm³ olarak şema üzerinde gösterilmiştir. Sonuç olarak havzada tüketim dışı kalan kullanılabilir toplam su potansiyeli 3.738,9 hm³ olarak hesaplanmıştır. Yukarıda anlatılan ve havza su potansiyelini oluşturmakta kullanılan metot ve şema Şekil 8.1 üzerinde özetlenmiştir.



Şekil 8.1 Seyhan Havzası Su Bütçesi

Seyhan Havzası ve alt havzalarına ait su bütçesi değerleri Tablo 8.2 ile verilmiştir. Buna göre, tüketim dışı kullanılabilir su potansiyeli Seyhan Havzası'nda 3.738,9 hm³ iken; Zamantı Irmağı'nda 1.784,2 hm³, Göksu Irmağı'nda 1.499,5 hm³, Seyhan Barajı Birleşim



T.C. TARIM VE ORMAN BAKANLIĞI
SU YÖNETİMİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ



TAŞKIN VE KURAKLIK YÖNETİMİ DAİRESİ BAŞKANLIĞI

Yeri'nde 4.846,6 hm³ ve Aşağı Seyhan Ovası Alt Havzası'nda ise 3.739,0 hm³ olarak hesaplanmıştır.

Tablo 8.2 Seyhan Havzası ve Alt Havzaları Su Bütçesi

Alt Havzalar	Yağış Alanı (km ²)	Yıllık Toplam Yağış (mm)	Yıllık Toplam Yağış Hacmi (hm ³)	Buharlaşma Hacmi (hm ³)	Yerüstü Su (YÜS) Potansiyeli (hm ³)	Yeraltı Suyu (YAS) Beslenimi (hm ³)	Brüt YÜS Potansiyeli (hm ³)	Havzalar Arası Su Transferi (Gelen) (hm ³)
Zamantı Irmağı	8.770,0	545,6	4.784,9	1.861,3	2.031,8	892,1	2.031,8	0,0
Göksu Irmağı	4.393,0	637,4	2.800,1	401,7	1.818,9	579,6	1.818,9	0,0
Seyhan Barajı-Zamantı, Göksu B.Y.	6.239,0	695,9	4.341,7	1.765,8	1.743,4	832,4	1.743,4	0,0
Aşağı Seyhan Ovası	2.633,0	697,2	1.835,7	752,4	625,4	458,0	634,4	9,0
Seyhan Havzası	22.035,0	552,6	12.176,5	3.204,8	6.219,5	2.753,2	6.228,5	9,0
Alt Havzalar	Kullanılabilir YÜS Potansiyeli (hm ³)	Üst Havzadan Gelen Su (hm ³)	Emniyetli Yeraltı Suyu Rezervi (hm ³)	Havza Kullanılabilir Su Potansiyeli (hm ³)	Havzalar Arası Su Transferi (Giden) (hm ³)	Su Kullanımı (hm ³)	Havzada Tüketilen Toplam Su Miktarı (hm ³)	Havzada Tüketim Dışı Kullanılabilir Su Potansiyeli (hm ³)
Zamantı Irmağı	1.219,1	0,0	713,7	1.932,8	104,0	44,5	148,5	1.784,2
Göksu Irmağı	1.091,3	0,0	463,7	1.555,0	0,0	55,5	55,5	1.499,5
Seyhan Barajı-Zamantı, Göksu B.Y.	1.046,0	3.283,7	665,9	4.995,7	3,0	146,1	149,6	4.846,6
Aşağı Seyhan Ovası	380,6	4.846,6	366,4	5.593,6	0,0	1.858,2	1.857,8	3.739,0
Seyhan Havzası	3.737,1	0,0	2.202,6	5.939,7	107,0	2.104,4	2.211,5	3.738,9



8.3 Projeksiyon Dönemi YÜS ve YAS Beklenen Değişimler

Seyhan Havzası için gerçekleştirilen su potansiyeli çalışmalarında yerüstü ve yeraltı suyu potansiyeli değişimleri ayrı olarak incelenmiştir. MPI-ESM-MR modelinin 2 farklı senaryosu (RCP4.5, RCP8.5) ile yapılan hesaplamalarda HEC-HMS hidrolojik modeline “İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisi Projesi Nihai Raporu” çıktıları olan günlük sıcaklık, yağış ve radyasyon projeksiyonları girdi olarak kullanılmış; buharlaşma değerleri de girdi olarak verilen yağış değerlerinden hesaplanarak yerüstü ve yeraltı su potansiyelleri projeksiyonları hesaplanmış ve sonuçları Bölüm 6’da sunulmuştur.

Bu bölüm kapsamında bu modele ait yerüstü ve yeraltı potansiyeli çıktılarının ortalamaları alınarak 2 farklı senaryo için hem üst havza hem de alt havzalar için performansları ve eğilimleri hesaplanmıştır. Seyhan Havzası ve alt havzalara ait sonuçlar Tablo 8.3 ile verilmiştir.

Seyhan Havzası’nda ortalama yerüstü su potansiyeli RCP4.5 senaryosu için 2018 - 2050 dönemi ortalaması 6.701,6 hm³; 2051 - 2075 dönemi ortalaması 6.853,4 hm³; 2076 - 2098 dönemi ortalaması ise 6.532,1 hm³ olarak hesaplanmış olup bu sonuçlara göre 2018 - 2098 dönemi için yerüstü su potansiyelinde %95 anlamlılık düzeyinde azalan eğilim olacağı görülmektedir. RCP8.5 senaryosu için ise incelenen 2018 - 2050 dönemi ortalaması 6.862,9 hm³; 2051 - 2075 dönemi ortalaması 6.209,8 hm³; 2076 - 2098 dönemi ortalaması ise 6.472,4 hm³ olarak hesaplanmış olup bu sonuçlara göre 2018 - 2098 dönemi için yerüstü su potansiyelinde de %95 anlamlılık düzeyinde azalan eğilim olacağı tespit edilmiştir.

Seyhan Havzası’nda ortalama yeraltı su potansiyeli RCP4.5 senaryosu için 2018 - 2050 dönemi ortalaması 2.132,8 hm³; 2051 - 2075 dönemi ortalaması 2.197,8 hm³; 2076 - 2098 dönemi ortalaması ise 2.117,8 hm³ olarak hesaplanmış olup bu sonuçlara göre 2018 - 2098 dönemi için yeraltı su potansiyelinde %95 anlamlılık düzeyinde eğilim olmayacağı tespit edilmiştir. RCP8.5 senaryosu için ise 2018 - 2050 dönemi ortalaması 1.922,3 hm³; 2051 - 2075 dönemi ortalaması 1.799,6 hm³; 2076 - 2098 dönemi ortalaması ise 1.688,7 hm³ olarak hesaplanmış olup bu sonuçlara göre 2018 - 2098 dönemi için yeraltı su potansiyelinde %95 anlamlılık düzeyinde azalan eğilim olacağı belirlenmiştir.

Seyhan Havzası için YÜS ve YAS ortalamaları sırasıyla Şekil 8.2 ve Şekil 8.3 ile gösterilmiştir.



T.C. TARIM VE ORMAN BAKANLIĞI
SU YÖNETİMİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ



TAŞKIN VE KURAKLIK YÖNETİMİ DAİRESİ BAŞKANLIĞI

Tablo 8.3 Seyhan Havzası Su Potansiyeli Projeksiyonları

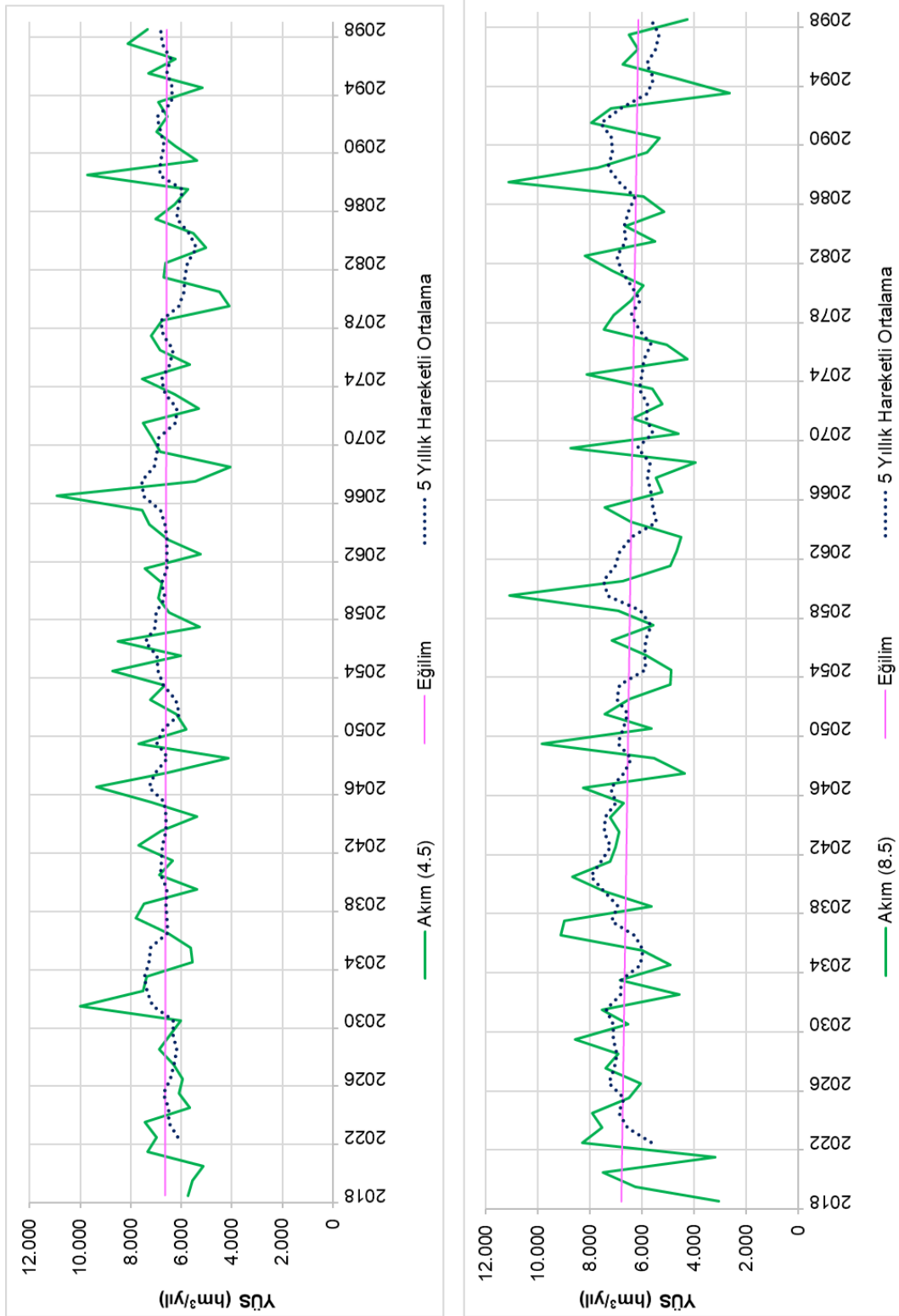
Alt Havzalar	Ortalama Yerüstü Suyu Potansiyeli (hm ³ /yıl)							
	RCP4.5			RCP8.5			RCP4.5 Eğilim Yönü	RCP8.5 Eğilim Yönü
	2018 - 2050	2051 - 2075	2076 - 2098	2018 - 2050	2051 - 2075	2076 - 2098	2018-2098	2018-2098
Zamantı Irmağı	1.286,3	1.314,7	1.255,8	1.325,6	1.201,3	1.242,7	Eğilim Yok	Eğilim Yok
Göksu Irmağı	2.221,2	2.291,9	2.153,0	2.240,6	2.035,1	2.299,3	Eğilim Yok	Eğilim Yok
Seyhan Barajı, Zamantı Göksu B.Y.	2.361,3	2.394,7	2.310,2	2.443,6	2.199,2	2.124,5	Eğilim Yok	Eğilim Yok
Aşağı Seyhan	832,8	852,1	813,2	853,1	774,2	805,9	Azalan	Azalan
SEYHAN HAVZASI	6.701,6	6.853,4	6.532,1	6.862,9	6.209,8	6.472,4	Azalan	Azalan
Alt Havzalar	Ortalama Yeraltı Suyu Potansiyeli (hm ³ /yıl)							
	RCP4.5			RCP8.5			RCP4.5 Eğilim Yönü	RCP8.5 Eğilim Yönü
	2018 - 2050	2051 - 2075	2076 - 2098	2018 - 2050	2051 - 2075	2076 - 2098	2018-2098	2018-2098
Zamantı Irmağı	601,0	625,6	601,4	536,8	557,6	536,1	Eğilim Yok	Eğilim Yok
Göksu Irmağı	405,4	424,6	416,9	310,3	314,1	308,3	Eğilim Yok	Eğilim Yok
Seyhan Barajı, Zamantı Göksu B.Y.	785,7	805,0	783,5	720,6	607,3	580,0	Eğilim Yok	Eğilim Yok
Aşağı Seyhan	340,6	342,6	316,1	354,6	320,6	264,4	Azalan	Azalan
SEYHAN HAVZASI	2.132,8	2.197,8	2.117,8	1.922,3	1.799,6	1.688,7	Eğilim Yok	Azalan



T.C. TARIM VE ORMAN BAKANLIĞI
SU YÖNETİMİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ



TAŞKIN VE KURAKLIK YÖNETİMİ DAİRESİ BAŞKANLIĞI



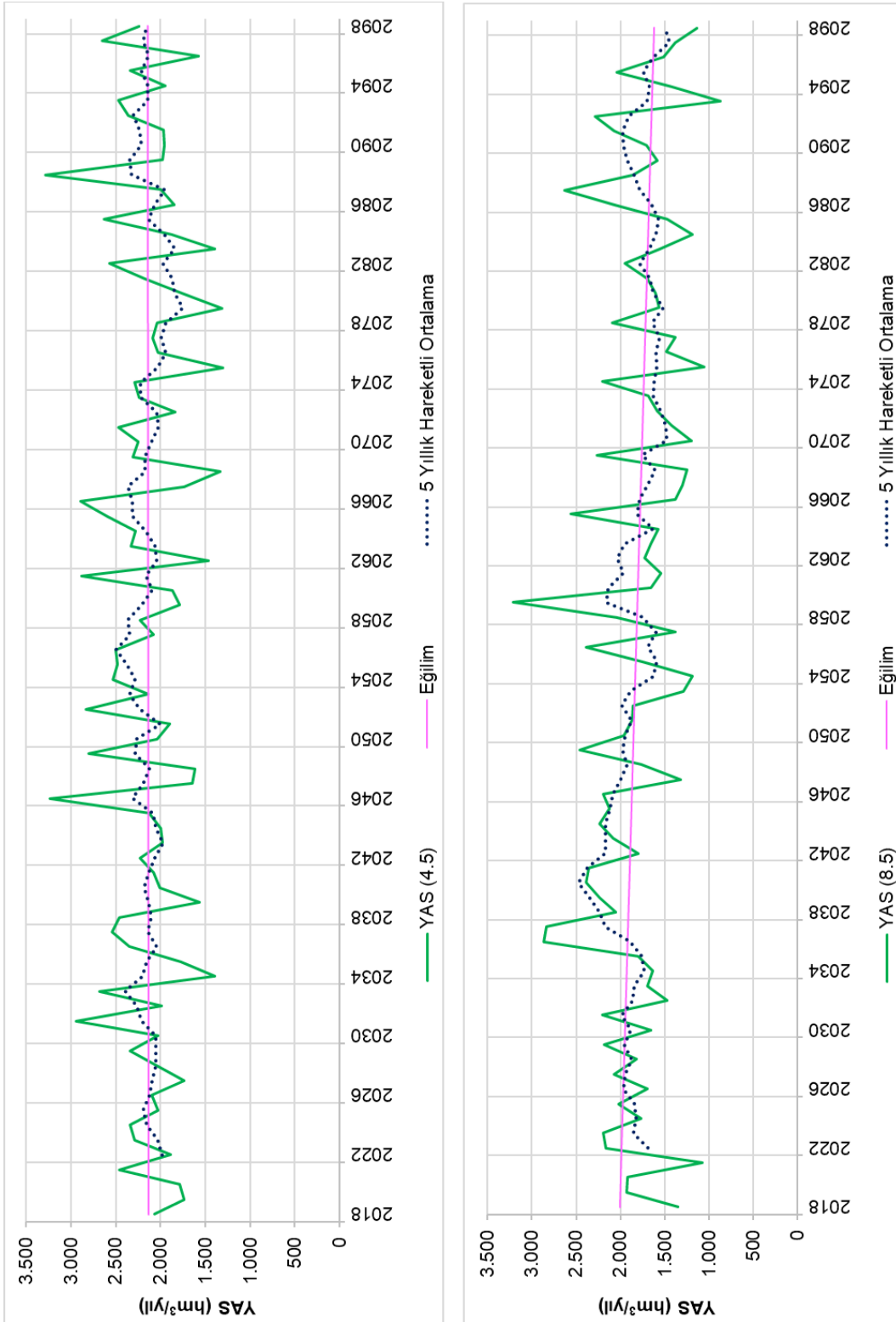
Şekil 8.2 Seyhan Havzası Projeksiyon Dönemi YÜS Ortalamaları



T.C. TARIM VE ORMAN BAKANLIĞI
SU YÖNETİMİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ



TAŞKIN VE KURAKLIK YÖNETİMİ DAİRESİ BAŞKANLIĞI



Şekil 8.3 Seyhan Havzası Projeksiyon Dönemi YAS Ortalamaları



9 KAYNAKÇA

- Allen, R. (1998). Irrigation Engineering Principles. Course Lecture Notes. Department of Biological and Irrigation Engineering, Utah State University, Logan, Utah, USA. p.298.
- Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü, (2015). Yaban Hayatı Geliştirme Sahaları [WWW Document]. URL <http://www.milliparklar.gov.tr/belge/yhgs.pdf>
- Doğdu, M. Ş. (2011). Hidrolojik Çalışmalarda Kullanılan Su Bütçesi Bileşenlerinin Hesabi İçin Bilgisayar Programı. DSİ Teknik Bülteni, 112.
- DSİ. (2014): Seyhan Havzası Master Planı Hidrojeolojik Etüt Raporu, DSİ 6. Bölge Müdürlüğü
- DSİ. (2014). Seyhan Havzası Master Plan Raporu.
- DSİ. (2014). Stratejik Plan 2015-2019. Ankara: Türkiye Cumhuriyeti Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü.
- DSİ. (2017). dsi.gov.tr.
- Dünya Doğa ve Doğal Kaynakları Koruma Birliği (UICN). (2017). <http://www.iucnredlist.org/>.
<http://www.iucnredlist.org/>: <http://www.iucnredlist.org/> adresinden alındı
- Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. (2017). <http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Elektrik> (erişildi: Ekim 27, 2017).
- FAO. (2007). Adaptation to Climate Change in Agriculture, Forestry and Fisheries: Perspective, Framework and Priorities. Roma.
- FAO. (2016) Irrigation and Drainage. http://www.fao.org/nr/water/aquastat/countries_regions/Profile_segments/TUR-IrrDr_eng.stm
- FAO. (2016) Water Uses. http://www.fao.org/nr/water/aquastat/water_use/index.stm (Ağustos 1, 2017 tarihinde erişilmiştir).
- FAO. (2016). Water Uses. Aralık 9, 2018 tarihinde AQUASTAT: http://www.fao.org/nr/water/aquastat/water_use/index.stm adresinden alındı



T.C. TARIM VE ORMAN BAKANLIĞI
SU YÖNETİMİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ



TAŞKIN VE KURAKLIK YÖNETİMİ DAİRESİ BAŞKANLIĞI

- FAO. (Tarih yok). Land & Water: Olive. Aralık 19, 2018 tarihinde Food and Agriculture Organization of the United Nations: <http://www.fao.org/land-water/databases-and-software/crop-information/olive/en/> adresinden alındı
- İller Bankası Anonim Şirketi. (2013). İçmesuyu Tesisleri Etüt, Fizibilite ve Projelerinin Hazırlanmasına Ait Teknik Şartname. Ankara: İller Bankası Anonim Şirketi.IPWEA.
- Karataş, M., ve Babür, S. (2013). Gelişen Dünya'da Turizm Sektörünün Yeri. KMÜ Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi, 15(25), 15-24.
- Smith, S. J. (2006). Multi-Gas Forcing Stabilization with the MiniCAM. The Energy Journal, (Special Issue #3) pp 373-391.
- SYGM. (2016). İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisi Projesi Proje Nihai Raporu. Ankara: T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü.
- Şen, Z. (2015). Applied Drought Modeling, Prediction, and Mitigation (Chapter 2-Basic Drought Indicators), Amsterdam: Elsevier.
- Şen, Z. (2015). Drought Hazard Mitigation and Risk, Applied Drought Modelling, Prediction, and Mitigation. Amsterdam, Hollanda: Elsevier Inc. doi:<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802176-7.00007-9>
- T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı. (2014). İçme Suyu Temin ve Dağıtım Sistemlerindeki Su Kayıplarının Kontrolü Yönetmeliği. Ankara: T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı.
- Tennant, D. (1976). Instream flow regimens for fish, wildlife, recreation and related environmental resources. Fisheries, 1: 6-10.
- Thomas, D. S., Wilhelmi, O. V., Finnessey, T. N., ve Deheza, V. (2013). A comprehensive framework for tourism and recreation drought vulnerability reduction. Environmental Research Letters.
- TÜİK. (2015): <http://www.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=18779>
- Valcke, S. C. (2015, 6). OASIS3-MCT User Guide. Toulouse France: CERFACS, CNRS. Oasis Coupler: <https://portal.enes.org/oasis> adresinden alındı