T.C. TARIM VE ORMAN BAKANLIĞI
SU YÖNETİMİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ
TAŞKIN VE KURAKLIK YÖNETİMİ DAİRESİ BAŞKANLIĞI

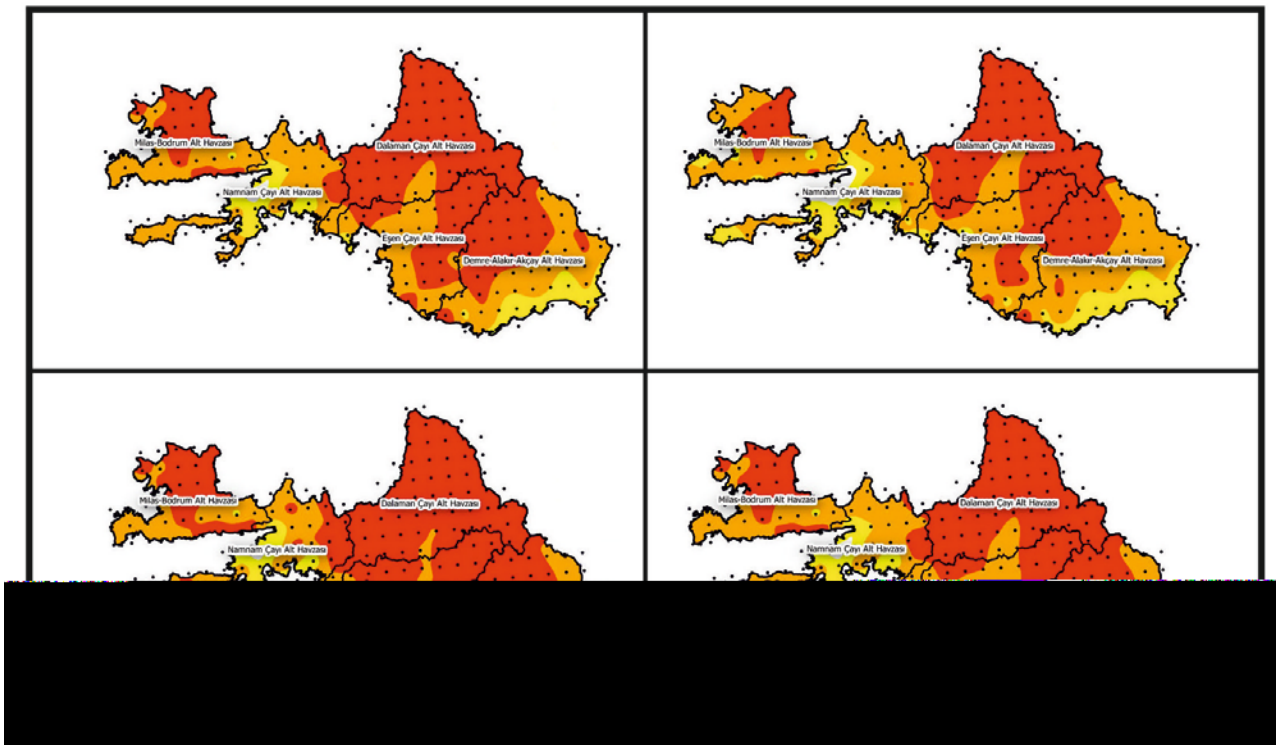
BATI AKDENİZ HAVZASI
KURAKLIK YÖNETİM PLANI

CİLT II - SU BÜTÇESİ

ANKARA 2018

T.C. TARIM VE ORMAN BAKANLIĞI
SU YÖNETİMİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ
TAŞKIN VE KURAKLIK YÖNETİMİ DAİRESİ BAŞKANLIĞI

BATI AKDENİZ HAVZASI
KURAKLIK YÖNETİM PLANI



CİLT II - SU BÜTÇESİ

ANKARA 2018

3.6.1.2 Su Kayıp ve Kaçakları 3-36
3.6.2 İçme-Kullanma Suyu Kullanımları (Gelecek Durum) 3-37
3.6.3 Tarımsal Sulama Suyu Kullanımları (Gelecek Durum) 3-38
3.6.4 Turizm Su İhtiyacı (Gelecek Durum) 3-39
3.6.5 Sektörlere Göre Su İhtiyaçlarının Değerlendirilmesi 3-40

KISALTMALAR

İBD	İşletme Bakım Değerlendirme Dairesi
CNRM-CM5.1	Centre National de Recherches Météorologiques-Model Version 5
DSİ	Devlet Su İşleri
HadGEM2-ES	Hadley Center Global Environment Model
HEC-HMS	Hydrologic Modeling System
MGİ	Meteoroloji Gözlem İstasyonu
MGM	Meteoroloji Genel Müdürlüğü
MPI-ESM-MR	Max Planck Institute–Earth System Model
PRMS	The Precipitation-Runoff Moling Sysytem
ReFH	Revitalised Flood Hydrograph Method
SVT	Su Veri Tabanı
SYGM	Su Yönetimi Genel Müdürlüğü
YAS	Yeraltı Suyu
YÜS	Yerüstü Suyu

TABLO LİSTESİ

Tablo 3.1: Hidrolojik Modelde Kullanılan Meteoroloji İstasyonları 3-3
Tablo 3.2: İşletmede veya Yapım Aşamasında Olan Barajlar 3-7
Tablo 3.3: Planlama veya Proje Aşamasında Olan Barajlar 3-7
Tablo 3.4: Havzanın Yeraltı Suyu (YAS) Alt Havzaları 3-10
Tablo 3.5: Batı Akdeniz Havzası ve Alt Havzaları YÜS Potansiyeli (Mevcut Durum) 3-12
Tablo 3.6: Batı Akdeniz Havzası YAS Potansiyeli (Mevcut Durum) 3-13
Tablo 3.7: Alt Havzalara Göre YAS Potansiyeli (Mevcut Durum) 3-14
Tablo 3.8: Batı Akdeniz Havzası Yıllık Yağış, Sıcaklık, Terleme-Buharlaşma ve Akım Değerleri (Gelecek Durum) 3-20
Tablo 3.9: HadGEM2-ES RCP 8.5 Benzeşimine Göre Havza'nın Ortalama YÜS Potansiyeli (Gelecek Durum - 2015-2100 Yılları Arası) 3-23
Tablo 3.10: MPI-ESM-MR RCP 8.5 Benzeşimine Göre Havza'nın Ortalama YÜS Potansiyeli (Gelecek Durum - 2015-2100 Yılları Arası) 3-23
Tablo 3.11: Alt Havzalara Göre Nüfus Değişimi 3-29
Tablo 3.12: Havzanın YAS Potansiyeli (Gelecek Durum) 3-29
Tablo 3.13: Alt Havzalara Göre YAS Potansiyeli - MPI RCP 8.5 (Gelecek Durum) 3-30
Tablo 3.14: Havzanın İçme-Kullanma Suyu İhtiyaçları (Mevcut Durum) 3-32
Tablo 3.15: Havzanın YÜS ve YAS Toplam Sulama Suyu Kullanımları (Mevcut Durum) 3-33
Tablo 3.16: Havzanın Turizm Sektörü Su Kullanımları (Mevcut Durum) 3-34
Tablo 3.17: Havzanın Sanayi Sektörü Su Kullanımları (Mevcut Durum) 3-34
Tablo 3.18: Alt Havzalara Göre Gelecek Yıllar Nüfus Tahminleri 3-36
Tablo 3.19: Havzanın İçme-Kullanma Suyu İhtiyaçları (Gelecek Durum) 3-38
Tablo 3.20: Havzanın YÜS ve YAS Toplam Sulama Suyu İhtiyaçları (Gelecek Durum) 3-39
Tablo 3.21: Havzanın Turizm Sektörü Su İhtiyaçları (Gelecek Durum) 3-40
Tablo 3.22: Havzanın Gelecek Dönem Sektörel Su İhtiyacı Tahminlerinin Zaman Dilimlerine Göre Dağılımı 3-42

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 3.1: Havzanın Hidrolojik Modelleme Çalışmalarında Kullanılan MGİ'ler 3-3
Şekil 3.2: Havzanın Su Bütçesi Çalışmalarında Kullanılan AGİ'ler 3-4
Şekil 3.3: Havzanın Su Bütçesi Çalışmalarında Kullanılan Barajlar 3-5
Şekil 3.4: İklim Simülasyonları 3-17
Şekil 3.5: Havzanın HadGEM2-RCP8.5 ve MPI-ESM-RCP8.5 İklim Simülasyonlarına Göre Yağış Trend Analizleri 3-18
Şekil 3.6: Havzanın HadGEM2-RCP8.5 ve MPI-ESM-RCP8.5 İklim Simülasyonlarına Göre Akış Trend Analizleri 3-19
Şekil 3.7: Havzada MPI-ESM RCP8.5 için Yıllık Toplam YÜS Potansiyeli Değişimi 3-22
Şekil 3.8: Havzada MPI-ESM RCP8.5 için Yıl İçerisindeki Ortalama YÜS Debi Değişimi 3-22
Şekil 3.9: HEC-HMS Modeli Çalışma Şeması (HEC-HMS, 2000) 3-25
Şekil 3.10: HEC-HMS Modeli SMA (Soil Moisture Accounting) Algoritması 3-26
Şekil 3.11: Bazı AGİ'lerin Aylık Toplam Yağış Verileri ve Modelleme Sonuçlarının Karşılaştırılması 3-27

BÖLÜM 3

3 SU BÜTÇESİ

Batı Akdeniz Havzası Kuraklık Yönetim Planının "Su Bütçesi" çalışmaları ile her bir alt havza ve Havza genelinde “Mevcut Durum” ve 2015-2100 yıllarını kapsayan “Gelecek Durum” için Havza su potansiyeli belirlenmiş ve su potansiyelinde olabilecek değişimler incelenmiştir. Bu çalışmalar; her bir alt havzada yüzeysel ve yeraltı suyu kullanımları belirlenerek sektörlere (içme-kullanma suyu, sulama suyu turizm ve sanayi suyu) göre günümüzdeki su kullanım durumu ve gelecekteki su ihtiyacı ortaya konulmuştur.

Gelecek durum değerlendirmelerinde; öncelikle gelecekteki yağış, sıcaklık ve terleme-buharlaşma değerleri kullanılmak suretiyle gelecekteki su potansiyeli belirlenmiştir. Su Yönetimi Genel Müdürlüğü tarafından temin edilen **“İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisi Projesi”** sonuçlarından yararlanılarak gelecek durumdaki meteorolojik parametreler 2015-2100 yılları arası için elde edilmiştir. Temin edilen iklim modeli sonuçları kullanılarak "**HEC-HMS**" yazılımı vasıtası ile oluşturulan hidrolojik modelleme sonucunda Havza'daki 2015-2100 yılları arası aylık akım miktarları hesaplanmıştır

Mevcut Durum için su potansiyeli, Havza'daki akım gözlem istasyonları gözlem değerlerine su kullanım miktarları eklenerek doğallaştırılan akımlarla yapılmış ve Havza'yı temsil ettikleri kabul edilen akım gözlem istasyonlarının akımları, bulundukları alt havza geneline yansıtılmıştır. Böylece Batı Akdeniz Havzası'nın tüm alt havzaları için ve Havza genelinde toplam su potansiyeli belirlenmiştir.

Hidrolojik model geliştirilirken havzadaki 58 adet meteorolojik gözlem istasyonu verileri ve 17 adet akım gözlem istasyonu verilerinden yararlanılmıştır. Yine bu veriler kullanılarak model kalibre edilmiş ve doğrululuğu sağlanmıştır. Havza'nın karstik özellikleri ve birçok parçalı müstakil akarsudan oluştuğu göz önünde bulundurulursa geliştirilen hidrolojik modelin yağış akış ilişkilerinin belirlenmesinde en iyi yaklaşım olduğu kabul edilmiştir.

Kalibre edilen ve doğrulanan hidrolojik modele gelecek durumu temsil eden yağış ve terleme-buharlaşma değerleri modelin girdisini oluşturmuş ve gelecek durum su potansiyeli belirlenmiştir.

Bu çalışmada kullanılan iklim modeli; üç model iki projeksiyondan oluşmaktadır. Bunlar:

Had-GEM-S RCP 4.5 ve RCP 8.5,

MPI-ESM-MR RCP 4.5 ve RCP 8.5,

CNRM-CM5.1 RCP 4.5 ve RCP 8.5

olmak üzere altı adet veri setidir. Bu veri setlerinin her biri ayrı ayrı incelenmiş olup yağış, sıcaklık, terleme-buharlaşma miktarları, trendleri ve değişim miktarları belirlenmiştir.

Simülasyon sonuçlarına göre oluşacak akımlar, HEC-HMS doğrulanmış hidrolojik modeli ile ayrı ayrı hesaplanmıştır. Gelecek durumdaki akımlar belirlenirken altı adet senaryonun tamamı ile işlemler yapılmış ve sonuçları karşılaştırılmıştır. Had-GEM-S RCP 8.5 ve MPI-ESM-MR RCP 8.5 senaryoları en kötü durum olarak değerlendirilmiştir.

Gelecek durumdaki yüzey ve yeraltı suyu kullanımlarının belirlenmesi için mevcut su kullanımları, gelecekte hayata geçirilmesi düşünülen su kullanımı projeleri ve içme-kullanma suyu ihtiyaçları açısından Havza'da, nüfusu 25.000 den fazla olan her bir ilçe için nüfus projeksiyonları yapılmıştır.

Böylece gelecekteki su kullanım tahminleri, gelecekteki tahmini su potansiyeli ile birlikte değerlendirilerek Havza'nın su potansiyeli ve su kullanımları kuraklık perspektifi altında değerlendirilmiştir.

3.1 ÇALIŞMADA KULLANILAN VERİLER

"Su Bütçesi" çalışmalarında Batı Akdeniz Havzası'nda bulunan Meteorolojik Gözlem İstasyonlarından (MGİ), Akım Gözlem İstasyonlarından (AGİ), Göl Gözlem İstasyonlarından (GGİ) İçme-Kullanma Suyu ve Sulama Suyunun (Yerüstü Suyu, YÜS ve Yeraltı Suyu, YAS) Üretim ve Tüketim Kayıtları, Yeraltı Suyu Kuyu Ölçümleri, İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisi Projesinin sonuçları ve Havza'da ilgili Kuruluşlarla (Belediyeler, Su Birlikleri, İl Özel İdaresi, vb) yapılan Anket çalışmaları ile Havza Master Plan çalışmalarından elde edilen sonuçlardan yararlanılmıştır.

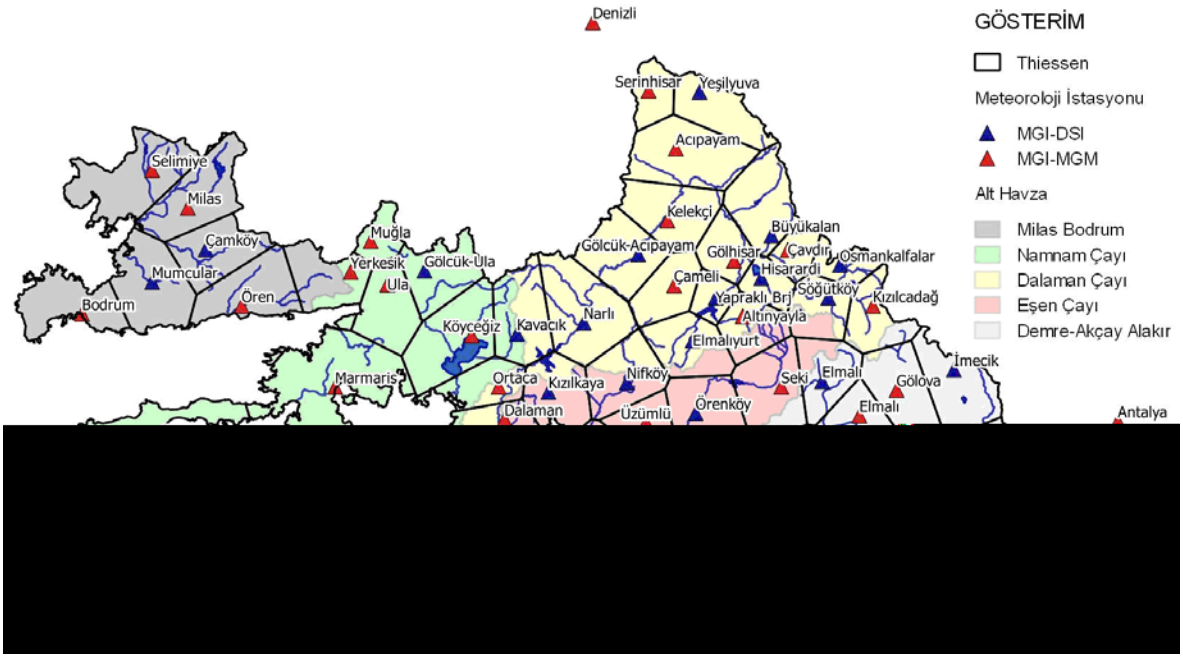
3.1.1 Meteorolojik Gözlem İstasyonlarından (MGİ) Elde Edilen Veriler

Havza içerisinde ve civarındaki açık ve kapalı durumda bulunan MGİ'lerin tamamı analiz edilerek süreleri ve verileri açısından Hidrolojik Modelleme çalışmasında kullanılması uygun olanlar belirlenmiştir.

Havza içi ve dışında yer alan ve hidrolojik modelde kullanılan MGİ'lerin isimleri aşağıdaki tabloda, konumları ise izleyen haritada gösterilmektedir.

Tablo 3.1: Hidrolojik Modelde Kullanılan Meteoroloji İstasyonları

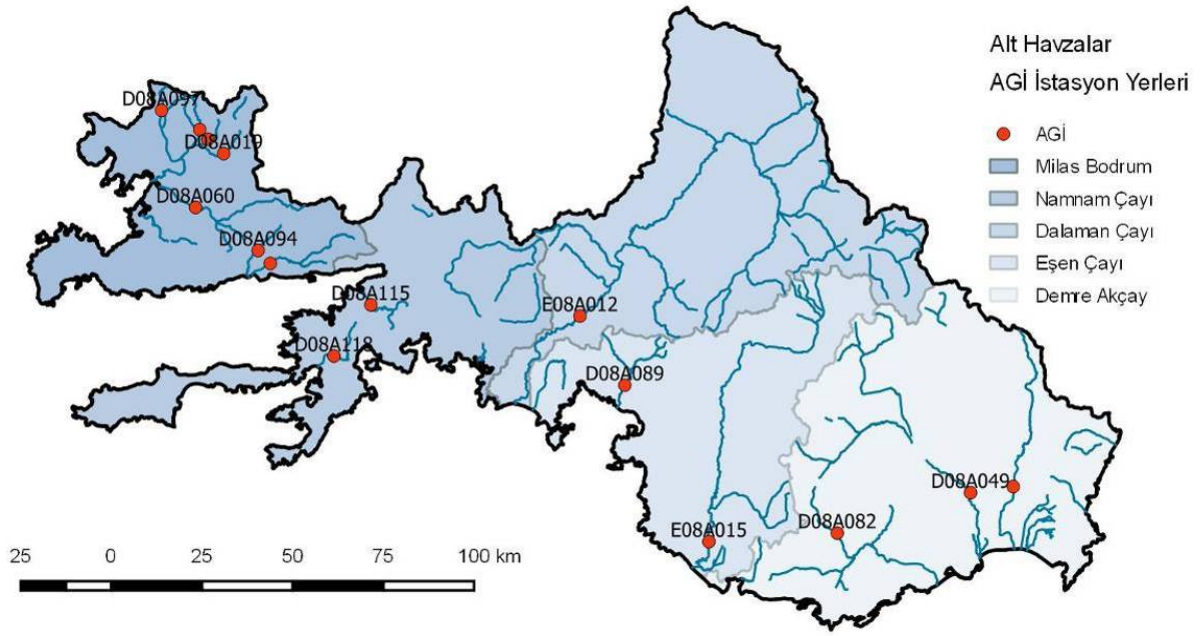
Havza İçindeki Meteoroloji İstasyonları					
1	ACIPAYAM	20	GÖLCÜK-ULA	39	MİLAS
2	AKÇAY	21	GÖLHİSAR	40	MUĞLA
3	ALTINYAKA	22	GÖLOVA-MÜĞREN	41	MUMCULAR
4	ALTINYAYLA	23	GÖMBE	42	NARLI
5	BODRUM	24	HİSARARDI	43	NİFKÖY-ARPACIK
6	BÜYÜKALAN KÖYÜ	25	İMECİK-KORKUTELİ	44	ORTACA
7	ÇAMELİ	26	KALE-DEMRE	45	OSMANKALFALAR
8	ÇAMKÖY	27	KALKAN	46	ÖREN
9	ÇAVDIR	28	KASABA	47	ÖRENKÖY
10	DALAMAN	29	KAŞ	48	SEKİ
11	DATÇA	30	KAVACIK	49	SELİMİYE
12	ELMALI	31	KELEKÇİ	50	SERİNHİSAR
13	ELMALI-GÜĞÜ	32	KEMER-ANTALYA	51	SÖĞÜTKÖY
14	ELMALIYURT	33	KEMER-FETHİYE	52	ULA
15	EŞEN	34	KIZILCADAĞ	53	ÜZÜMLÜ-MUĞLA
16	FETHİYE	35	KIZILKAYA	54	YAPRAKLI BARAJI
17	FİNİKE	36	KÖYCEĞİZ	55	YERKESİK
18	GÖKBÜK-FİNİKE	37	KUMLUCA	56	YEŞİLYUVA
19	GÖLCÜK-ACIPAYAM	38	MARMARİS		
Havza Dışındaki Meteoroloji İstasyonları					
1	DENİZLİ	2	ANTALYA		



Şekil 3.1: Havzanın Hidrolojik Modelleme Çalışmalarında Kullanılan MGİ'ler

3.1.2 Akım Gözlem İstasyonlarından (AGİ) Elde Edilen Hidrolojik Veriler

Hidrolojik verilerin elde edilmesi amacıyla Batı Akdeniz Havzası yağış alanı içerisinde bulunan AGİ'lerin tamamı değerlendirilmiştir. Batı Akdeniz Havzası'nda Milas-Bodrum, Namnam Çayı, Dalaman Çayı, Eşen Çayı ve Demre-Akçay-Alakır alt havzalarını temsil eden AGİ'ler belirlenerek, her bir alt havza ve Havza'nın tamamı için yapılan kuraklık indisi belirleme çalışmalarında bu istasyonlardan alınan veriler kullanılmıştır. Havzayı temsil eden söz konusu 14 adet AGİ'nin konumları alt havzalar ölçeğinde aşağıdaki haritada gösterilmektedir.

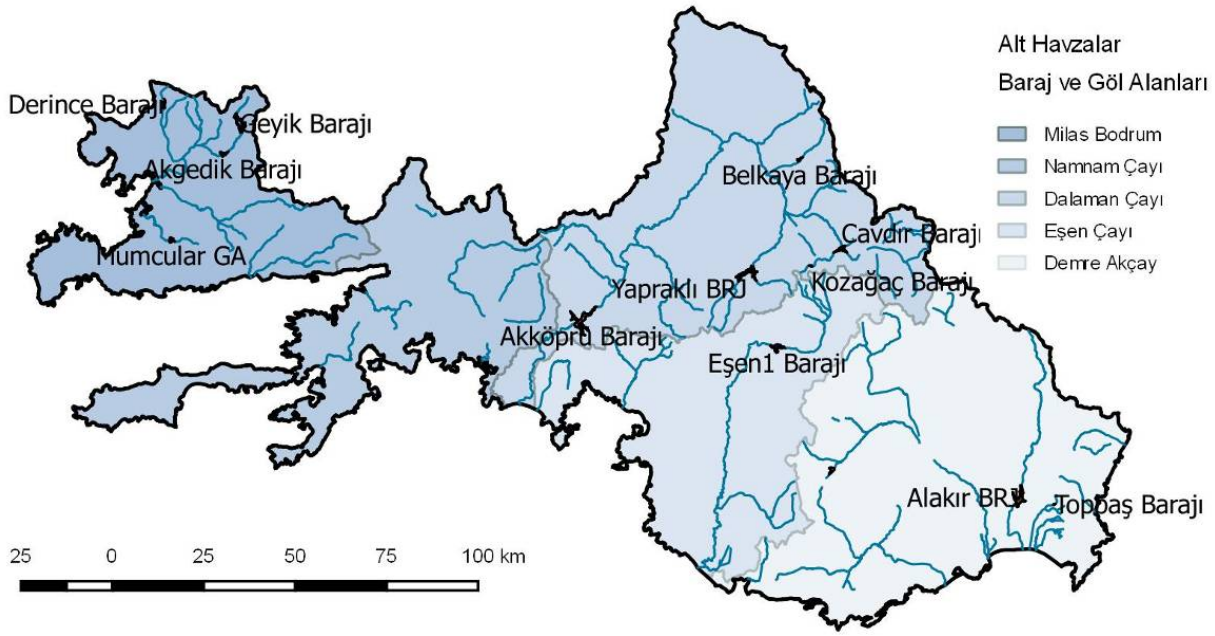


Şekil 3.2: Havzanın Su Bütçesi Çalışmalarında Kullanılan AGİ'ler

3.1.3 Göl Gözlem İstasyonlarından Elde Edilen Baraj Su Seviyeleri Verileri

Havzada işletilen göllere ait istasyon değerleri çok kesintili ve kısa süreli olduğundan baraj göllerinin işletme benzeşimlerinden gidilerek oluşan göl hacim ve seviye değerleri kullanılmıştır. Bu anlamda 10 adet baraj gölünün seviye ve hacim değişiklikleri hali hazır durumdaki giriş akımları ve baraj göllerinden çekilmesi planlanan su miktarları sonucu oluşan hacim ve göl seviye değerlerinden yararlanılmıştır.

Havzayı temsil eden ve alt havza bazında analiz edilen baraj gölleri; Alakır Barajı, Çayboğazı Barajı, Yapraklı Barajı, Kozağacı Barajı, Çavdır Barajı, Belkaya Barajı, Mumcular Barajı, Geyik Barajı, Akgedik Barajı, Derince Barajı'ndan oluşmaktadır. Bu depolama tesislerinin konumları aşağıdaki haritada gösterilmektedir.



Şekil 3.3: Havzanın Su Bütçesi Çalışmalarında Kullanılan Barajlar

3.1.4 Su Üretim ve Su Tüketim Verileri

Batı Akdeniz Havzası'nda yer alan yerleşimler ve tarımsal alanlar için içme-kullanma suyu ve sulama suyunun temini ve su tüketimleri gibi veriler su temin eden kurumlar ve sulama birlikleri gibi kuruluşlardan elde edilmiştir. Su üretim ve tüketimi verilerinin temin edildiği başlıca kurum ve kuruluşlar aşağıda listelenmiştir.

- MUSKİ (Muğla BŞB, Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü)
- ASAT (Antalya BŞB, Su ve Atıksu İdaresi Şube Müdürlükleri; Kemer, Kaş, Kumluca, Finike, Demre, Elmalı, Korkuteli)
- DESKİ (Denizli BŞB, Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü)
- DSİ (Aydın 21. Bölge Müdürlüğü ve Muğla 213. Şube Müdürlüğü)
- Burdur İlçe Belediyeleri (Tefenni, Yeşilova, Altınyayla, Gölhisar, Çavdır-Söğüt)
- Burdur İl Özel İdaresi
- Kültür ve Turizm İl Müdürlükleri
- Sanayi ve Ticaret İl Müdürlükleri
- Çevre ve Şehircilik İl Müdürlükleri
- Gıda, Tarım ve Hayvancılık İl Müdürlükleri
- Sulama Birlikleri (Muğla-Menteşe SB, Fethiye-Eşen SB, Ortaca-Dalaman SB, Akbük SB, Kadıköy SB, Karaçulha SB, Yukarı Akçay SB, Yanıklar SB, Antalya-Elmalı- Çayboğazı SB, Denizli-Acıpayam SB)

3.1.5 Yerüstü Su Kaynakları

Batı Akdeniz Havzası'nın doğal yerüstü su kaynakları (akarsular ve göller) izleyen paragraflarda verilmektedir.

Akarsular

Batı Akdeniz Havzası'nın yerüstü su kaynaklarını önemli ölçüde akarsular oluşturmaktadır. Bunlar başlıca; Alakır Çayı, Akçay, Demre Çayı, Eşen Çayı, Kargıcak Çayı, Dalaman Çayı, Yuvarlakçay, Namnam Çayı, Kazandere, Kocaalan Deresi, Değirmendere, Kocaçay, Gerin Deresi, Batiş Çayı, Koca Dere, Sarıçay, Hamzabey Deresi, Kurbanlı Dere, Kandak Çayı ve Derince Deresi'dir.

Batı Akdeniz Havzası'nın önemli akarsuları ve bulundukları alt havzalar aşağıda listelenmiştir.

- Sarıçay (Milas-Bodrum Alt Havzası)
- Namnam Çayı (Namnam Çayı Alt Havzası)
- Kargıcak Çayı (Namnam Çayı Alt Havzası)
- Dalaman Çayı (Dalaman Çayı Alt Havzası)
- Eşen Çayı (Eşen Çayı Alt Havzası)
- Demre Çayı (Demre-Akçay-Alakır Alt Havzası)
- Akçay (Demre-Akçay-Alakır Alt Havzası)
- Alakır Çayı (Demre-Akçay-Alakır Alt Havzası)

Göller

Batı Akdeniz Havzası'nda akarsulardan sonra en önemli yerüstü su kaynaklarını göller oluşturmaktadır. Havza'daki başlıca göller aşağıda listelenmektedir.

- Köyceğiz Gölü (Namnam Çayı Alt Havzası)
- Avlan Gölü (Demre-Alakır Akçay Alt Havzası)
- Bulanık Gölü (Demre-Alakır Akçay Alt Havzası)
- Girdev Gölü (Demre-Alakır Akçay Alt Havzası)
- Söğüt Gölü Kapalı Havzası (Dalaman Çayı Alt Havzası)
- Yazır Gölü (Eşen Çayı Alt Havzası)
- Sülüngür Gölü (Milas-Bodrum Alt Havzası)
- Gölhisar Gölü (Dalaman Çayı Alt Havzası)

Baraj Gölet ve Depolamalar

Batı Akdeniz Havzası'nda sulama, içme suyu, taşkın ve enerji amaçlı mevcut (işletmede veya yapım aşamasında) ve planlanan depolama tesisleri izleyen tablolarda verilmektedir.

Tablo 3.2: İşletmede veya Yapım Aşamasında Olan Barajlar

Baraj / Gölet Adı	Amacı	Aşama	İli	Alt Havza
Geyik Barajı	İS	İşletme	Muğla	Milas-Bodrum
Akgedik Barajı	İS+S			
Mumcular Barajı	İS+S			
Derince Barajı	S			
Marmaris Barajı	İS		Muğla	Namnam Çayı
Akköprü Barajı ve HES	E+S+T		Muğla	Dalaman Çayı
Akalan Barajı	S		Denizli	
Yapraklı Barajı	S		Burdur	
Çavdır (Kızıllar) Barajı	S			
Belkaya Barajı	S			
Kozağacı Barajı	S			
Eşen-1 HES	E		Muğla	Eşen Çayı
Boğalar Seki Barajı	S	Yapım		
Çayboğazı Barajı	S	İşletme	Antalya	Demre-Alakır-Akçay
Alakır Barajı ve HES	S+T+E			
Kapıçay Barajı ve HES	S+E	Yapım		
Korkuteli Çığlık Göleti	S	Yapım	Antalya	Demre-Alakır-Akçay
Çaylı Göleti	S	Yapım	Burdur	Dalaman Çayı

S: Sulama - İS: İçme Suyu - E: Enerji - T: Taşkın

Tablo 3.3: Planlama veya Proje Aşamasında Olan Barajlar

Baraj / Gölet Adı	Amacı	İli	Alt Havza
Gökçeler Barajı	S	Muğla	Milas-Bodrum
Yeniköy Barajı	S		
Eşence Barajı	S		
Bozalan Barajı	İS		
Hisarönü Barajı	İS		Namnam Çayı
Namnam Barajı	S	Muğla	Dalaman Çayı
Döğüşbelen Barajı	S		
Narlı Barajı ve HES	E		
Belkaya-2 Barajı	S	Denizli	
Eşeler Barajı	S		
Akdere Barajı	İS		
Sırçalık Barajı	S		
Sami Soydam Barajı ve HES	E	Muğla	Eşen Çayı
Çataloluk Barajı	S		

Kıbrıs Barajı	S	Antalya	Demre-Alakır-Akçay
Çamyuva Barajı	İS		
Finike Kapıçay Göleti	S	Antalya	Demre-Alakır-Akçay
Kaş Sütleğen Göleti	S		
Kaş İkizce Göleti	S		
Elmalı Özdemir Göleti	S		
Kumluca Adrasan Göleti	S		
Ula Akarcadere-2 Göleti	S	Muğla	Namnam Çayı
Gölhisar İbecik Göleti	S	Burdur	Dalaman Çayı
Tefenni Beyköy Göleti	S		
Çavdır Söğüt-2 Göleti	S		
Acıpayam Alaattin Göleti	S	Denizli	
Acıpayam Sırçalık Göleti	S		

S: Sulama - İS: İçme Suyu - E: Enerji - T: Taşkın

Sulama Tesisleri

Havza'daki depolama yapılı sulama tesisleri yukarıdaki tablolarda verilmekle beraber aşağıdaki başlıklara göre özetlenmiştir.

1. İşletme-Bakım Değerlendirme (İBD) Yayınlarında olan DSİ Sulamaları,
2. İşletme-Bakım Değerlendirme (İBD) Yayınlarında olmayan DSİ Sulamaları,
3. Diğer Kuruluşlar Gölet Sulamaları,
4. Diğer Kuruluşlar Yüzeysel Sulamaları (YÜS),
5. Halk Sulamaları

3.1.6 Yeraltı Su Kaynakları

Havza hidrojeolojisi ve yeraltı su kaynakları için Batı Akdeniz Havzası Master Plan Raporu'ndan (DSİ, Nisan 2017) yararlanılmıştır.

Batı Akdeniz Havzası'nda otokton birimleri havza batısındaki Paleozoyik yaşlı Menderes masifi oluşturmaktadır. Havza doğusunda ise Mesozoyik-Senozoyik yaşlı Beydağları Otoktonu görülür. Menderes Masifi ile Beydağları Otoktonu arasında yer alan ve Erken Langiyen'de Beydağları Otoktonu üzerine yerleşmiş olan allokton konumlu kütleler, Likya napları olarak tanımlanır. Likya napları, birbirinden farklı ortam koşullarında gelişmiş ve birbiri üzerinde binik yapılar oluşturan kaya birimleri ile temsil edilir. Likya napları, Tavas napı, Bodrum napı, Domuzdağ napı, Gülbahar napı ve Marmaris ofitolit napı olmak üzere 5 ana tektonik birliğe ayrılır. Tersiyere ait kalın ve yaygın haldeki genç otoktonlar, eski otokton ve alloktonlar yaygın ve çok kalın bir şekilde örter. Genç tektonizma sonunda meydana gelen

süratli orojenez ve etkin aşınma ile faylar boyunca birikinti konileri ve grabenlerde ise kalın alüvyal çökeller oluşmuştur.

Batı Akdeniz Havzası'nda yağışlar kot ve yöne göre farklılık gösterir. Yağış istasyon verilerine ait meteoroloji bilgileri, aylık toplam yağış Tabloları, yıllık yağış ve eklenik yağış grafikleri hazırlanmıştır.

Batı Akdeniz Havzası Alakır YÜS Alt Havzasında Karasu ve Akçay dereleri, Akçay YÜS Alt Havzasında Eskihisar ve Akçay dereleri, Eşen YÜS Alt Havzasında Eşen Çayı, Dalaman YÜS Alt Havzasında Dalaman Çayı, Marmaris YÜS Alt Havzasında Namnam Çayı ve Milas YÜS Alt Havzasında Sarıçay ve Hamzabey dereleri drenajı sağlayan akarsulardır.

Batı Akdeniz Havzası Alakır YÜS Alt Havzasında Tekepınarları, Akçay YÜS Alt Havzasında Kazanpınar, Demre YÜS Alt Havzasında Kokarçay ve Küçükdalyan, Fethiye YÜS Alt Havzasında Karapınar, Marmaris YÜS Alt Havzasında Yuvarlakçay, Asar, Karagöl ve Marmarlı, Milas YÜS Alt Havzasında Savran, Ekin Ambarı ve Çamköy Suçıktı kaynakları önemli kaynaklardır. Kaynakların mümkün olanlarında akım Tablo ve grafikleri hazırlanmış, akifer tipi ve boşalım katsayıları belirlenmiştir.

Batı Akdeniz Havzası Gölova ve Elmalı YAS Alt havza ovaları doğu kenarında ve Muğla YAS Alt Havzası Hamursuz Tepe güneyinde yüzey sularını drene eden düdenler tespit edilmiştir.

Tablo 3.4: Havzanın Yeraltı Suyu (YAS) Alt Havzaları

Yüs Alt Hava			Yas Alt Havza	
	No	Adı	No	Adı
Demre-Alakır-Akçay Alt Havzası	08./01	Alakır	08./01/01	Kumluca
			09./01/02	Adrasan
			08./01/03	Tekirova
			08./01/04	Çamyuva
			08./01-05	Kemer
	08./02	Akçay	08./02/01	Gölova
			08./02/02	Elmalı (Eskihisar)
			08./02/03	Elmalı (Akçay)
			08./02/04	Fihike Ovası
	08./03	Demre	08./03/01	Kalkan
			08./03/03	Demre
Eşen Çay Alt Havzası	08./04	Eşen	08./04	Patara Ovası
	08./05	Fethiye	08./05/01	Göcek
			08./05/02	Kargı
			08./05/01	Fethiye
			08./05/02	Ölüdeniz
Dalaman Çayı Alt Havzası	08./06	Dalaman	08./06/01	Söğüt
			08./06/02	Başpınar
			08./06/03	Gölhisar
			08./06/04	Acıpayam
			08./06/05	Dalaman
Namnam Çay Alt Havzası	08./07	Marmaris	08./07/01	Muğla
			08./07/02	Ula
			08./07/03	Gökova
			08./07/04	Köyceğiz
			08./07/05	Datça
Milas-Bodrum Alt Havzası	08./08	Bodrum	08./08/01	Bodrum Yarımadası
			08./08/02-A	Karaova (Mumcular)
			08./08/02-B	Karaova (Dörttepe)
			08./08/03	Ören
	08./09	Milas	08./09/01	Milas
			08./09/02	Tekfuranbarı
			08./09/03	Gürçamlar

(Batı Akdeniz Havzası, Master Plan, DSİ, 2017)

3.2 SU POTANSİYELİ (MEVCUT DURUM)

3.2.1 Yerüstü Suyu (YÜS) Potansiyeli (Mevcut Durum)

Batı Akdeniz Havzası'nda yüzeysel su potansiyeli her bir alt havzaya göre "Mevcut Durum" ve "Gelecek Durum" şeklinde iki aşamalı olarak ele alınmıştır:

Birinci aşamada Akım Gözlem İstasyonlarında (AGİ) gözlenmiş ve doğallaştırılmış akımlar 1985-2014 periyodu için alt havzalar bazında değerlendirilmiş "Mevcut Durum"u temsil ettikleri kabul edilmiştir. Belirlenen "Mevcut Durum" için akım gözlem istasyonu doğal akımlarına dayalı olarak alt havzalar bazında havza su potansiyeli hesaplanmıştır.

İkinci aşamada, birinci aşamada su potansiyelinde kullanılan AGİ akımları, 2015-2100 yılları için çeşitli iklim senaryoları sonuçları kullanılarak hidrolojik modelleme vasıtası ile tekrar hesaplanmıştır. Gelecek durum için hesaplanan AGİ su potansiyelleri yardımı ile 2100 yılına kadar gözlenebilecek su potansiyelleri belirlenmiştir.

Mevcut ve gelecek durumlardaki Batı Akdeniz Havzası yüzeysel su potansiyeli belirleme çalışmalarında verisi ve konumu uygun olan on yedi adet AGİ akım verilerinden yararlanılmıştır. Batı Akdeniz Havzası toplam yağış alanının yaklaşık 21.006 km^2 olduğu göz önünde bulundurulursa havza potansiyeli belirlemede alan oranları kullanılan AGİ'lerin toplam yağış alanının 10.484 km^2 ile havza alanının yaklaşık olarak yarısını temsil ettikleri görülmektedir.

AGİ'lerin toplam alanlarının tahmin edilen alanın yarısı büyüklüğünde olması tatminkar olmakla birlikte havzanın tek bir nehir havzasından oluşmaması, pek çok müstakil dereden meydana gelmesi havza su potansiyelinin belirlenmesinde zorluklara sebep olmuştur.

Bu çalışmada Batı Akdeniz Havzası 1) Milas-Bodrum Alt Havzası, 2) Namnam Çayı Alt Havzası, 3) Dalaman Çayı Alt Havzası 4) Eşen Çayı Alt Havzası 5) Demre-Akçay-Alakır Alt Havzası olarak ele alınmış ve her bir alt havzanın su potansiyeli hesaplanmıştır. Batı Akdeniz Havzası'nın mevcut YÜS su potansiyeli bu alt havzaların YÜS akımlarının toplamıdır.

Aşağıdaki tabloda Batı Akdeniz Havzası'nın aylara ve alt havzalara göre YÜS potansiyelleri ve Havza'nın toplam YÜS potansiyeli özet olarak verilmiştir.

Tablo 3.5: Batı Akdeniz Havzası ve Alt Havzaları YÜS Potansiyeli (Mevcut Durum)

Alt Havza	Aylar												Toplam (hm^3/yıl)
	Ekim	Kas.	Ara.	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	May.	Haz.	Tem.	Ağs.	Eyl.	
Milas-Bodrum	8,7	24,3	57,3	94,7	107,3	71,6	36,1	13,4	6,4	6,0	4,6	4,9	**436**
Namnam Çayı	27,6	71,7	238,4	327,7	313,2	275,3	191,3	106,1	47,4	31,3	22,8	19,8	**1.673**
Dalaman Çayı	54,6	84,8	153,2	179,3	190,8	182,7	151,8	94,0	72,4	64,9	55,6	44,1	**1.328**
Eşen Çayı	106,6	134,7	202,4	236,0	221,8	220,6	195,6	148,7	106,5	83,8	75,8	77,1	**1.810**
Demre-Akçay-Alakır	45,3	82,5	172,1	245,3	259,7	229,9	158,4	104,2	62,5	48,7	42,3	38,3	**1.489**
B. Akdeniz Havzası	243	398	823	1.083	1.093	980	733	466	295	235	201	184	**6.736**

Yukarıdaki tablodan da görüldüğü gibi mevcut durumda Batı Akdeniz Havzası YÜS potansiyeli toplamı yaklaşık **6.736** hm^3/yıl olmaktadır. Alt havzalar arasında Mevcut Durum YÜS potansiyelleri açısından en zengin olanı 1.810 hm^3/yıl ile Eşen Çayı Alt Havzası iken en kritik YÜS potansiyeli 436 hm^3/yıl ile Milas-Bodrum Alt Havzası'na aittir.

Gelecek durum için iklim senaryoları yağış, sıcaklık ve terleme-buharlaşma benzeşimleri kullanılarak yapılan havza su potansiyeli çalışmaları ileriki bölümlerde verilmiştir.

3.2.2 Yeraltı Suyu (YAS) Potansiyeli (Mevcut Durum)

Batı Akdeniz Havzası yer üstü suları dikkate alınarak 5 adet YÜS Alt Havzasına bölünmüştür. Yeraltı suları için bu durum havzaların jeolojik ve hidrojeolojik koşulları dikkate alınarak toplam 33 adet YAS alt havzasına bölünmüştür. Her YAS alt havzası kendi içinde ünite oluşturduğundan bilançoları da ayrı ayrı hazırlanmıştır. (Batı Akdeniz Havzası Master Plan Raporu, DSİ, Nisan 2017).

3.2.2.1 Yeraltı Suyu (YAS) Beslenimi

Yeraltı suyu beslenimi, alt havzalarda aylık yeraltı suyu seviye gözlemi yapılan sondaj kuyuları bulunduğundan yeraltı suyu beslenim hesapları akifer boşalım kotuna göre yeraltı suyu seviye değişimlerinden yaralanılarak yapılmıştır. Genelde alüvyal akiferler yeraltı suyu işletmesi yapılabilir özellikli olduğundan ovalardaki alüvyal akiferlerin beslenimi belirlenmiştir. Alüvyal akiferler için yağıştan ve akıştan beslenim esas alınmıştır.

Havzada görülen kireçtaşı birimleri de akifer özelliği gösterir. Ancak, topoğrafik olarak üst kotlarda yer alan kireçtaşlarında kaynak çevreleri hariç yeraltı suyu seviyesi çok derinde oluşmaktadır. Bünyelerindeki yeraltı suyunu ise ova ve deniz kenarlarında kaynaklar şeklinde boşaltmaktadırlar. Denize açık olan birimlerde ise karstlaşmaya bağlı olarak yeraltı suyu

depolanamamakta ve kısa zamanda denize ulaşmaktadır. Bu alanlarda açılan sondajlarda yapılan pompajlarda tuzlu su alınma nedeni de budur. Ayrıca, Akdeniz sahilinde görülen yaklaşık 0,41 m yüksekliğindeki deniz gel-gitleri akiferde negatif sifon etkisi yaptığından ve yeraltı suyu akımına da bağlı olarak deniz seviyesinden yukarıda ve içeride olan kaynaklarda tuzlanma görülebilmektedir.

3.2.2.2 Yeraltı Suyu (YAS) Boşalımı

Her alt havzanın hidrojeolojik özellikleri dikkate alınarak yeraltı suyu boşalım kalemleri belirlenmiştir. Boşalım kalemleri YAS alt havza konumuna göre denize, akarsuya, yeraltından dışa boşalım, yeraltı suyu seviyesinin 0-2 metre olduğu alanlarda buharlaşma terleme ile boşalım ve içme kullanma suyu, sanayi suyu, hayvancılık ile sulama suyu temin amaçlı suni çekim yoluyla boşalım şeklinde olmaktadır. Her YAS alt havzası için boşalım bilançoları ayrı ayrı hesaplanmıştır. Aşağıdaki tabloda, Batı Akdeniz Havzası geneli için mevcut durum yeraltı suyu (YAS) bilanço değerleri özetlenmiştir.

Tablo 3.6: Batı Akdeniz Havzası YAS Potansiyeli (Mevcut Durum)

Yeraltı Suyu Beslenimi	**hm^3/yıl**	**Yeraltı Suyu Boşalımı**	**hm^3/yıl**
Yağıştan ve Kaynaktan Beslenim	302,50	Suni Çekim	351,60
Yüzeysel Akıştan Süzülme	339,84	Buharlaşma + Terleme	108,14
		Denize Boşalım	474,37
TOPLAM	**642**	**TOPLAM**	**934**

Tablodan da görüldüğü üzere Havza'nın YAS beslenimleri YAS boşalımlarını karşılayamamaktadır. Başka bir ifade ile mevcut durumda dahi Havza'nın YAS potansiyelinde yılda yaklaşık **292 hm^3/yıl** azalma vardır. Değerler incelendiğinde; aslında yaklaşık 642 hm^3/yıl olan YAS toplam besleniminin, yaklaşık 460 hm^3/yıl (351,60+108,14) olan toplam YAS kullanımı ve kaybını karşılarken (642-460= 182 hm^3/yıl artış) denize boşalımın çok fazla (474 hm^3/yıl) olması nedeniyle Havza'nın toplam YAS potansiyelinde azalma meydan geldiği görülmektedir.

Havza'nın mevcut durum YAS potansiyeli alt havzalara göre aşağıdaki tabloda özetlenmiştir. Tablodan da görüldüğü üzere, Batı Akdeniz Havzası genelinde yılda toplam **292 hm^3** olan YAS potansiyelindeki azalmanın çok önemli bir kısmı (238 hm^3/yıl) Milas-Bodrum Alt Havzası'ndan kaynaklanmaktadır. Bu da Havza genelinde YAS potansiyelindeki azalmanın yaklaşık %82'sini oluşturmaktadır.

Tablo 3.7: Alt Havzalara Göre YAS Potansiyeli (Mevcut Durum)

Alt Havza	YAS Toplam Beslenim (hm^3/yıl)	YAS Toplam Boşalım (hm^3/yıl)	YAS Potansiyeli (hm^3/yıl)
Milas-Bodrum	26,14	263,79	-238
Namnam Çayı	64,76	67,37	-3
Dalaman Çayı	344,28	360,30	-16
Eşen Çayı	56,65	71,60	-15
Demre-Alakır-Akçay	150,51	171,05	-21
Batı Akdeniz Havzası Toplamı	**642**	**934**	**-292**

Bu durum, özellikle Milas-Bodrum Alt Havzası'nda 264 hm^3/yıl olan toplam boşalımın 209 hm^3/yıl gibi bir miktarının denize boşalımı ile gerçekleşmektedir. Başka bir ifade ile bu alt havzada denize boşalım toplam boşalımın %79'unu oluşturmaktadır.

3.3 İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ PROJEKSİYONLARI

Batı Akdeniz Havzası'nda mevcut ve gelecek durumlarda oluşabilecek iklim koşullarının belirlenebilmesi için Küresel ve Bölgesel iklim modelleri kullanılmıştır.

Bölgesel iklim modelleri, atmosferik ve arazi-yüzey bileşenlerini içeren sınırlı alan modelleridir. Bölgesel iklim modelleri temel olarak küresel model çıktılarını dinamik olarak belirli bir bölgeye ölçeklendirir. Bölgesel modeller büyük ölçekli dolaşımların yerel ölçekli etkilerini kompleks topografya, heterojen arazi yüzeyi gibi farklı koşullar için çok daha iyi çözünürlükte tespit edilmesini sağlar.

Küresel iklim modelleri ana girdi olarak Güneş'ten Dünya'ya gelen enerjiyi, Dünya'nın yüzey şekillerini, bitki örtüsünü ve atmosferdeki sera gazlarının miktarını kullanırlar. Geçmiş zamanın iklimini doğru modelleyebilmek, geçmişteki atmosferin yapısı bilindiği için uzun sürse de temelde zor bir işlem değildir. Ancak gelecekteki atmosferin yapısı insan kaynaklı sera gazı ve sprey salınımları arazi kullanımındaki değişiklikler gibi diğer etmenlere ve sosyo-ekonomik faktörlere bağlıdır.

3.3.1 Projeksiyon Tanımları

Başlangıçta enerji dengesi ve radyoaktif transferin matematik modelleri yardımıyla basit benzer modeller şeklinde ortaya çıkan iklim projeksiyonları 1990'lı yıllardan itibaren tüm iklim sisteminin giderek daha kapsamlı ele alındığı birleşik model anlayışına doğru geliştirilmeye başlanmıştır. Günümüzde bir yer sistem modelinin herhangi bir fiziksel bileşeninin

değerlendirilmesi giderek daha kapsamlı ve karmaşık hale gelmiştir. Bu tür modeller iklim değişkenliği ve insan faaliyetleri ve gelecekteki iklim değişikliğinin olası azaltma eylemleri üzerinde etkili bir rol oynayabilirler. Halen uygulamada olan 20'nin üzerinde küresel iklim modeli bulunmaktadır.

Gelecek iklim senaryosunun gerçekleştirilmesinde, çok sayıda küresel iklim modeli arasından birkaçını ya da birini seçmek gerekmektedir. Bazı genel sirkülasyon modellerinin bölgeye bağlı olarak diğerlerine göre bölgenin iklimini daha iyi yansıtması beklenebilir. Bu seçim, iş miktarını azaltmak ve küresel iklim modellerinin gelecek senaryoları ile ilgili fikir birliği oluşturması bakımından yapılır.

Batı Akdeniz Havzası'nda uygulanmak üzere üç küresel iklim modeli belirlenmiştir:

- HadGEM2-ES (Hadley Center Global Environment Model - İngiltere),
- MPI-ESM-MR (Max Planck Institute–Earth System Model - Almanya),
- CNRM-CM5.1 (Centre National de Recherches Météorologiques-Model Version 5 - Fransa) (Voldoire, & diğ. 2013) .

Bu üç adet küresel iklim modeli ile bölgesel iklim modeli eşleştirilerek RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarına göre iklim simülasyonları elde edilmiştir. Modellerle ilgili bilgi ve değerlendirmelere aşağıda yer verilmektedir.

3.3.1.1 HadGEM2-ES Yer Sistem Modeli

HadGEM modeli ailesi gelecek iklimin öngörülmesinde yer sistemleri içerisinde iklim geri beslemelerinin anlaşılmasında önemli bir araç olarak kabul edilmektedir. HadGEM1 modelinde ortaya çıkan sistematik hataları azaltmak üzere getirilen yaklaşımlar ile HadGEM2'nin oluşturulmasını sağlamıştır.

IPCC 5. Değerlendirme Raporu'nda kullanılan HadGEM2 modeli ise HadGEM düzenlemelerinin ikinci nesli olup diğer sürüme ek olarak düşeyde iyi çözümlenmiş stratosfer ve yeryüzü sistem bileşenleriyle, beraberinde dinamik bitki örtüsü, okyanus biyolojisi ve atmosfer kimyasını içermektedir. HadGEM2 hem eylemsel hava tahmini hem de iklim araştırmaları için kullanılan bir yer sistem modelidir.

HadGEM2-ES modeli aynı zamanda kara-okyanus, karbon döngüsü ve dinamik bitki örtüsünü de göz önünde bulundurmaktadır. Bu projede HadGEM2-ES modeli seçilirken belirsizliklerin azaltıldığı başarılı bir modelin kullanılması hedeflenmiştir.

3.3.1.2 MPI-ESM-MR Yer Sistem Modeli

MPI-ESM Yer Sistem Modeli okyanus, atmosfer ve yüzey modellerini eşleştiren bir modeldir. Enerji, momentum, su ve karbondioksit gibi gazların sistem bileşenleri arasındaki alışverişleri tüm bu sistem içerisinde düşünülür.

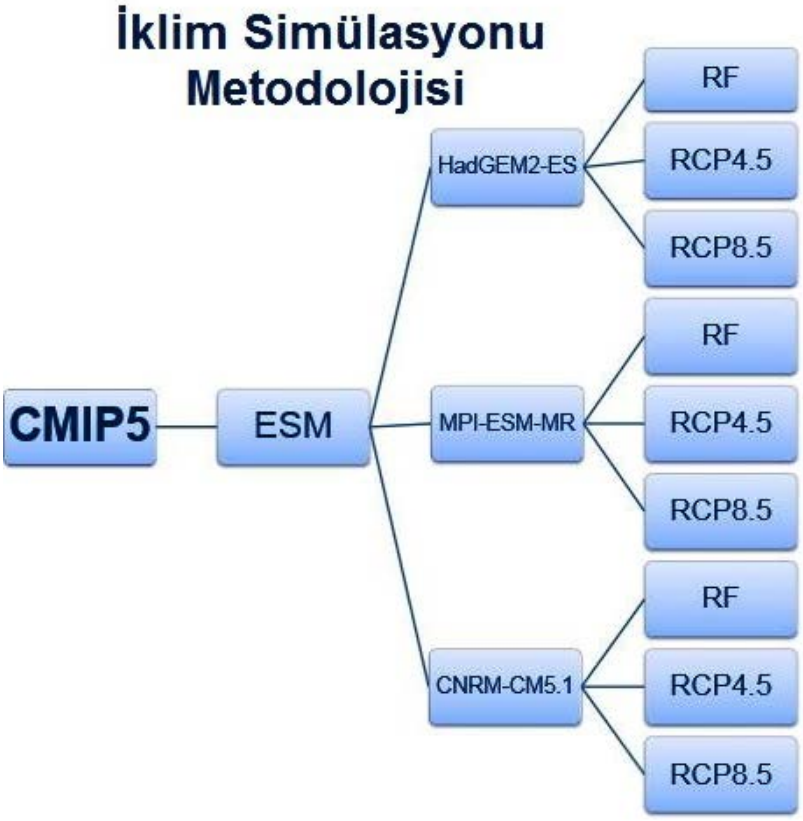
3.3.1.3 CNRM-CM5.1 Yer Sistem Modeli

CNRM-CM5.1 modeli, iklim benzeşimlerini çalıştırmak üzere tasarlanmış bir yer sistem modelidir. Modelin yatay çözünürlüğü hem atmosfer (2.8°'den 1.4°'ye) hem de okyanus (2°'den 1°'ye) için arttırılmıştır. Atmosfer bileşeninin dinamik çekirdeği revize edilmiş, RRTM (Rapid Radiation Transfer Model)'e dayalı yeni bir uzun dalga radyasyon şeması kullanılmış, ozonun yanı sıra troposferik ve stratosferik spreyler için yapılan işlemler daha fazla geliştirilmiştir. Diğer bir deyişle CNRM-CM5.1 modeli ile önceki sürüm olan CNRM-CM3'de bulunan önemli eksikliklerin giderilmesi amaçlanmıştır.

3.3.2 İklim Senaryoları

Geleceğin iklimini modelleyebilmek için gelecekte atmosferde ne kadar sera gazı olacağını tahmin etmek gerekmektedir. İklim modellerinin tahminini etkileyen en önemli unsur budur. Bu nedenle, "Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli" (IPCC) önderliğinde bilim insanları yaklaşık her on senede bir geleceğe yönelik yeni sera gazı tahmin setleri yayınlamaktadırlar. Bu tahmin setleri olası en iyi ve en kötü senaryoları içerecek şekilde tasarlanmaktadır. Bu nedenle de bu tahmin setlerine sera gazı senaryoları denilmektedir.

Hükümetlerce karbon salınımını azaltmak amacıyla imzalanan anlaşmalar, gelecekteki insan kaynaklı sera gazı salımlarını etkileyebilir. IPCC'nin 5. Değerlendirme Raporunda iklim modellerinin çıktıları "Temsili Konsantrasyon Yolu" (RCP) adı verilen yeni senaryo setlerinden faydalanılarak elde edilmiştir. RCP'ler RCP2.6, RCP4.5, RCP6 ve RCP8.5 olmak üzere dört temel senaryo setinden oluşmaktadır. RCP4.5 ve RCP8.5 senaryoları için 3 yer sistem modeli de Türkiye üzerinde ortalama sıcaklıkların (2°C-3,5°C ve 4°C-6°C) artacağını öngörmektedir.



Şekil 3.4: İklim Simülasyonları

HadGEM2-ES ve MPI-ESM-MR modellerinin (RCP8.5 senaryosu) tarafından geleceğe (2015-2099) dönük olarak üretilmiş olan yağış ve terleme-buharlaşma değerleri Hidrolojik Modelleme çalışmalarında girdi olarak kullanılmıştır.

İklim tahmin modelleri gelecekteki aylık toplam yağış miktarlarını ve aylık ortalama sıcaklık değerlerini 10,651 km'lik aralıklarda olmak üzere 262 adet nokta için üretmiştir. Terleme-buharlaşma, zemin nemi ve akış miktarları ise 165 adet "*alt-alan*" için üretilmiştir.

MPI-ESM-MR iklim modelleme (RCP8.5 senaryosu için) çalışmaları ile 262 ağ noktası için üretilmiş olan aylık toplam yağış miktarlarının 2015-2099 yıllarına ait ortalama aylık ve yıllık değerleri ve sıcaklık değerleri elde edilmiştir. Model tarafından ayrıca 139 adet alt-alan için 2015-2099 yıllarına ait aylık toplam akış ve aylık toplam terleme-buharlaşma değerleri üretilmiştir.

Hidrolojik modele girilecek olan veriler AGİ yağış alanlarına ait aylık toplam yağış ve aylık terleme-buharlaşma değerleridir. Bunun için öncelikle, 262 adet ağ noktasına göre Thiessen çokgenleri çizilmiştir. Her bir ağ noktası merkezde kalacak şekilde 113 km²'lik dörtgenler

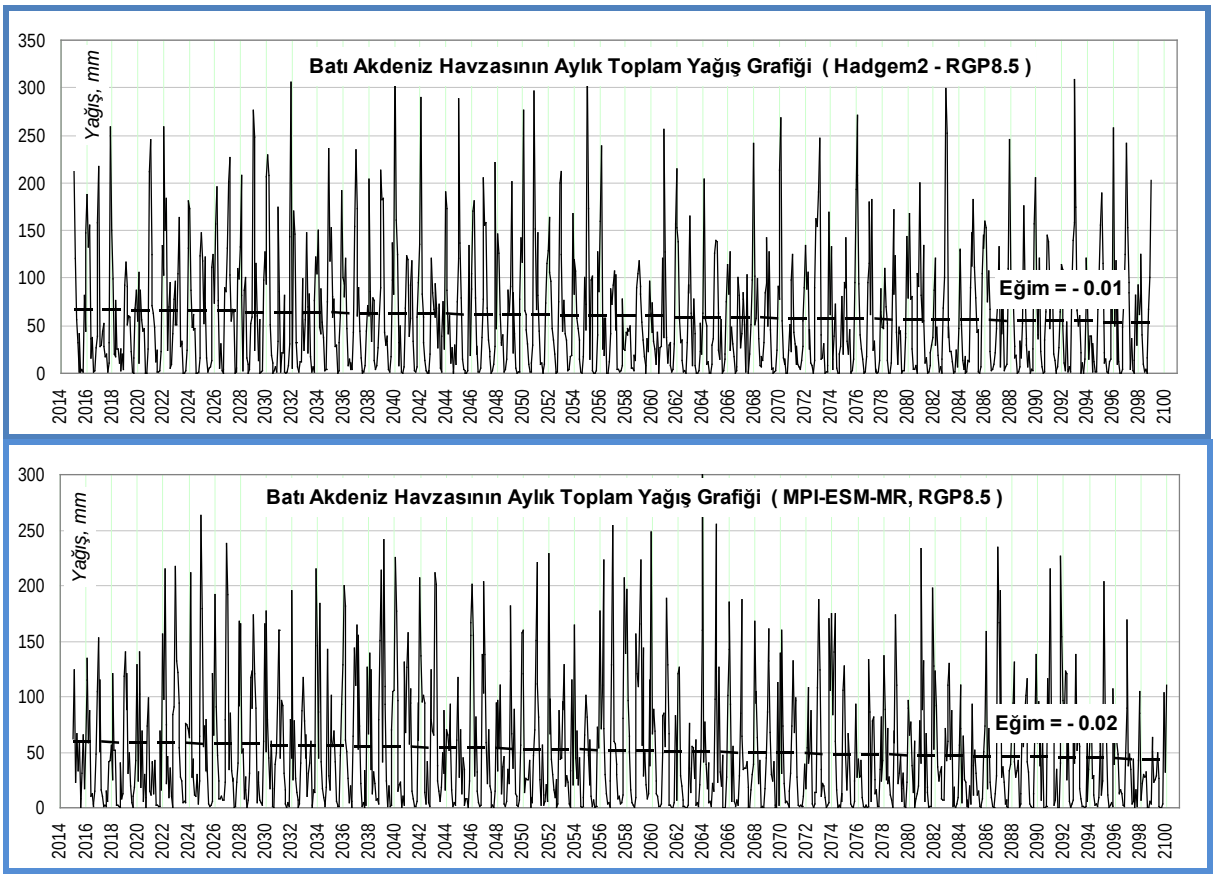
oluşturulmuştur. Daha sonra 17 adet AGİ ve 5 adet alt havzanın bu ağ alanları tarafından temsil edilme oranları hesaplanmıştır.

Hidrolojik Modelin bir diğer girdisi olan terleme-buharlaşma değerleri de iklim modeli tarafından üretilmiştir. Üç adet İklim Modeli ve iki adet projeksiyon için Yağış, Sıcaklık, Terleme-Buharlaşma, Debi, Akım, Akış ve Yağış-Akış katsayıları ayrı ayrı hesaplanmıştır.

3.3.3 Projeksiyon Trend Analizleri

Batı Akdeniz Havzası için uygulanan İklim projeksiyonlarından HadGEM2 ve MPI-ESM-MR projeksiyonlarının RCP8.5 senaryoları için üretilmiş olan zaman serilerinden yağış ve akış serileri havzalara göre (Havza geneli ve her bir alt havza için) incelenmiş ve belirgin bir trendin olup olmadığı trend analiz çalışması ile araştırılmıştır. Trend analizi sonucunda alt havzalara ait 2015-2099 dönemine ait yağış ve akış grafikleri elde edilmiştir.

Aşağıda, Batı Akdeniz Havzası için elde edilen yağış grafikleri verilmektedir.



Şekil 3.5: Havzanın HadGEM2-RCP8.5 ve MPI-ESM-RCP8.5 İklim Simülasyonlarına Göre Yağış Trend Analizleri

Alt havzalar ve Batı Akdeniz Havzası geneli için yağış trend analizlerinin sonucunda elde edilen gelecek yıllara göre aylık toplam yağış grafikleri incelendiğinde; Havza genelinde yağışlarda %1 - %2 arasında bir azalma olduğu görülmekle birlikte belirgin bir trendin olmadığı söylenebilir. Dolayısıyla alt havzalar arasında da belirgin bir farklılaşma görülmemektedir.

Yağış analizlerine benzer şekilde iklim tahmini model sonuçlarından elde edilen AGİ yağış alanlarına ait aylık toplam akış yükseklik değerlerinin de grafikleri çizilmiştir. Aşağıda Batı Akdeniz Havzası için elde edilen yağış grafiği verilmektedir.

Tablo 3.8: Batı Akdeniz Havzası Yıllık Yağış, Sıcaklık, Terleme-Buharlaşma ve Akım Değerleri (Gelecek Durum)

Alt Havza	Yağış Alanı (km²)	Gözlem Tipi	YILLIK DEĞERLER			
			HADGEM 2		MPI-ESM-MR	
			RCP4.5	RCP8.5	RCP4.5	RCP8.5
Namnam Çayı Alt Havzası	3.187	Yağış (mm)	1070,7	1025,9	889,1	840,8
		Akış / Yağış	0,10	0,08	0,10	0,10
		Sıcaklık (°C)	20,3	21,2	19,2	20,1
		Ter-Buhar (mm)	98,3	95,9	67,5	64,5
		Debi (m³/s)	11,08	8,47	9,15	8,91
		Akım (hm³)	347,3	266,0	286,6	279,6
		Akış (mm)	109,0	83,4	89,9	87,7
Dalaman Çayı Alt Havzası	5.357	Yağış (mm)	586,4	552,3	525,7	495,3
		Akış / Yağış	0,12	0,11	0,12	0,12
		Sıcaklık (°C)	16,2	17,2	15,2	16,2
		Ter-Buhar (mm)	176,9	173,3	146,0	134,6
		Debi (m³/s)	11,96	10,59	10,44	10,38
		Akım (hm³)	374,9	332,0	326,4	325,3
		Akış (mm)	70,0	62,0	60,9	60,7
Eşen Çayı Alt Havzası	3.777	Yağış (mm)	837,3	790,8	709,0	689,2
		Akış / Yağış	0,16	0,13	0,16	0,17
		Sıcaklık (°C)	18,8	19,8	17,8	18,8
		Ter-Buhar (mm)	161,1	155,4	116,5	110,8
		Debi (m³/s)	16,42	12,46	13,72	14,10
		Akım (hm³)	514,2	390,6	429,8	443,0
		Akış (mm)	136,1	103,4	113,8	117,3
Milas-Bodrum Alt Havzası	2.841	Yağış (mm)	879,3	838,6	760,2	718,6
		Akış / Yağış	0,09	0,05	0,08	0,09
		Sıcaklık (°C)	20,0	20,9	19,1	19,9
		Ter-Buhar (mm)	73,0	68,3	50,1	47,7
		Debi (m³/s)	6,82	3,75	5,84	5,69
		Akım (hm³)	213,2	117,8	182,7	178,2
		Akış (mm)	75,1	41,5	64,3	62,7
Demre-Alakır-Akçay Alt Havzası	5.844	Yağış (mm)	686,5	627,8	570,0	531,8
		Akış / Yağış	0,20	0,17	0,20	0,21
		Sıcaklık (°C)	18,2	19,2	17,2	18,2
		Ter-Buhar (mm)	221,3	217,4	163,0	152,0
		Debi (m³/s)	25,76	19,74	21,38	20,67
		Akım (hm³)	806,8	618,6	669,7	648,7
		Akış (mm)	138,1	105,9	114,6	111,0
BATI AKDENİZ HAVZASI	21.006	Yağış (mm)	768,3	722,6	654,4	619,4
		Akış / Yağış	0,14	0,11	0,14	0,14
		Sıcaklık (°C)	18,3	19,3	17,3	18,3
		Ter-Buhar (mm)	160,4	156,4	120,6	112,8
		Debi (m³/s)	72,01	54,99	60,52	59,74
		Akım (hm³)	2255,3	1724,6	1894,8	1874,4
		Akış (mm)	107,4	82,1	90,2	89,2

3.4 SU POTANSİYELİ (GELECEK DURUM)

3.4.1 YÜS Potansiyeli (Gelecek Durum)

Gelecek durum YÜS potansiyelinin belirlenmesi için 2015-2100 yıllarını kapsayacak şekilde iklim modeli yağış, sıcaklık, terleme-buharlaşma benzeşim verileri ve havzayı temsil eden AGİ'ler arasında yağış-akış ilişkisi kullanılmıştır. Bu verilerle HEC-HMS yazılımı kullanılarak yağış-akış ilişkisi modellenmiş ve ilk önce AGİ'ler, sonra alt havzalar sonra havza bazında su potansiyeli belirlenmiştir. Yağış akış modellemeleri mevcut durum için su potansiyelinin belirlenmesi çalışmalarında kullanılan 17 adet AGİ verileri kullanılarak yapılmıştır.

Gelecek durum için yapılan hidrolojik modelleme çalışmalarında Su Yönetimi Genel Müdürlüğü (SYGM) tarafından temin edilen altı grup benzeşim veri seti değerlendirilmiştir. Bunlar 2015-2100 yıllarını kapsayan:

1) HadGEM2-ES RCP 4.5,

2) HadGEM2-ES RCP 8.5,

3) MPI-ESM-MR RCP 4.5,

4) MPI-ESM-MR RCP 8.5,

5) CNRM-CM 5.1 RCP 4.5,

6) CNRM-CM 5050>-6<0050>-6<008 0 TCTc 0 Tw 4.1.002R RCP 8.5,

Gelecek durum YÜS (doğal akım) potansiyeli açısından en olumlu sonuç veren HadGEM2-ES RCP8.5 ile en olumsuz sonucu veren MPI-ESM-MR RCP8.5 iklim benzeşimlerinden elde edilen meteorolojik parametreler ile HEC-HMS hidrolojik modelleme sonucunda 2015-2100 yılları arası için bulunan Gelecek Durum Ortalama YÜS Potansiyelleri aşağıdaki tablolarda özetlenmiştir.

Tablo 3.9: HadGEM2-ES RCP 8.5 Benzeşimine Göre Havza'nın Ortalama YÜS Potansiyeli (Gelecek Durum - 2015-2100 Yılları Arası)

Alt Havza	Aylar												Toplam (hm^3/yıl)
	Ekim	Kas.	Ara.	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	May.	Haz.	Tem.	Ağs.	Eyl.	
Milas-Bodrum	16,8	50,8	82,5	117,6	97,6	67,4	32,2	17,9	10,5	3,4	2,0	4,3	**503**
Namnam Çayı	60,3	129,2	218,5	265,4	237,8	201,8	134,9	77,3	41,1	18,4	13,0	17,9	**1.416**
Dalaman Çayı	45,7	75,8	142,0	172,9	154,0	150,3	117,4	46,6	55,2	41,8	34,1	30,3	**1.096**
Eşen Çayı	101,9	146,6	214,1	253,9	230,0	214,9	179,3	133,5	96,0	70,3	62,2	65,0	**1.768**
Demre-Akçay-Alakır	38,3	72,2	133,7	180,4	168,8	148,3	101,0	72,3	45,9	29,3	22,9	23,0	**1.036**
B. Akdeniz Havzası	**263**	**475**	**791**	**990**	**888**	**783**	**565**	**348**	**249**	**163**	**134**	**141**	**5.789**

Tablodan da görüldüğü gibi, Gelecek Durumda Batı Akdeniz Havzası YÜS potansiyeli HadGEM2-ES RCP 8.5 benzeşimi sonuçlarına göre **5.789 hm^3/yıl** olmaktadır. Alt havzalar arasında; Gelecek Durum YÜS potansiyelleri açısından en zengin olanı 1.768 hm^3/yıl ile Eşen Çayı Alt Havzası iken en kritik YÜS potansiyeli 503 hm^3/yıl ile Milas-Bodrum Alt Havzası'dır.

Tablo 3.10: MPI-ESM-MR RCP 8.5 Benzeşimine Göre Havza'nın Ortalama YÜS Potansiyeli (Gelecek Durum - 2015-2100 Yılları Arası)

Alt Havza	Aylar												Toplam (hm^3/yıl)
	Ekim	Kas.	Ara.	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	May.	Haz.	Tem.	Ağs.	Eyl.	
Milas-Bodrum	16,6	42,5	88,0	85,5	83,9	62,8	29,6	15,5	6,8	3,3	2,1	4,4	**441**
Namnam Çayı	47,9	100,9	188,1	196,4	190,5	166,7	111,9	64,3	29,1	16,0	11,7	16,8	**1.140**
Dalaman Çayı	47,5	67,7	129,8	150,6	138,5	137,8	105,9	69,8	49,1	39,5	31,7	28,3	**996**
Eşen Çayı	110,5	143,1	213,5	234,5	220,8	212,8	176,5	132,2	93,5	71,2	62,6	65,1	**1.736**
Demre-Akçay-Alakır	38,9	63,1	119,2	152,3	146,3	130,7	88,5	60,5	36,6	25,3	20,1	19,7	**901**
B. Akdeniz Havzası	**261**	**417**	**739**	**819**	**780**	**711**	**512**	**342**	**215**	**155**	**128**	**134**	**5.215**

Gelecek Durumda Batı Akdeniz Havzası YÜS potansiyeli MPI-ESM-MR RCP 8.5 benzeşimi sonuçlarına göre **5.215 hm^3/yıl** olmaktadır. Alt havzalar arasında; Gelecek Durum YÜS potansiyelleri açısından en zengin olanı 1.736 hm^3/yıl ile yine Eşen Çayı Alt Havzası iken en kritik YÜS potansiyeli 441 hm^3/yıl ile Milas-Bodrum Alt Havzası'dır.

Bu sonuçların elde edilmesinden sonra "Mevcut Durum" sonucu hesaplanan su potansiyeli yaklaşık **6.736 hm^3/yıl** olduğuna göre, "Gelecek Durum" doğal akımlarında:

HadGEM2-ES RCP 8.5 benzeşimi sonuçlarına göre (5.789 hm^3/yıl) yaklaşık **% 14 azalma**, MPI-ESM-MR RCP 8.5 benzeşimi sonuçlarına göre (5.215 hm^3/yıl) yaklaşık **% 22 azalma** söz konusu olabilecektir.

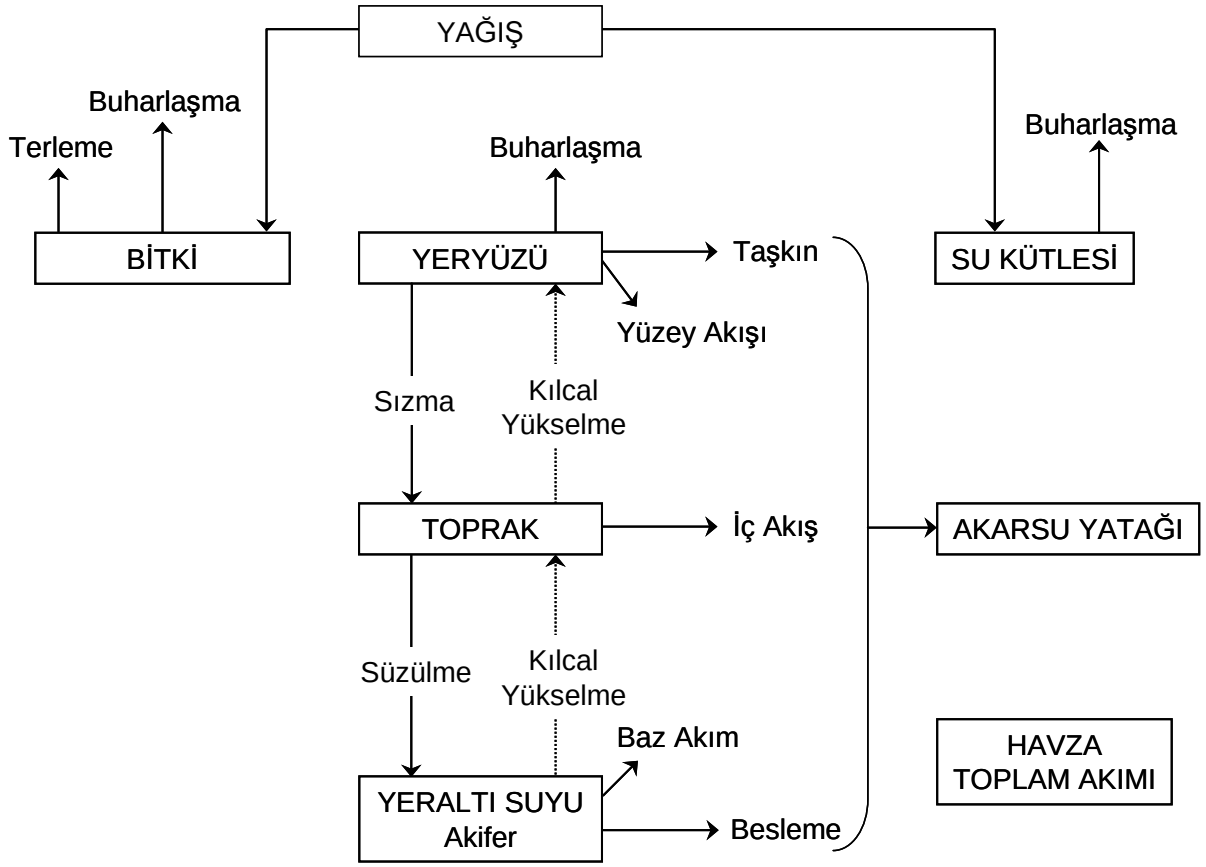
3.4.1.1 Hidrolojik Modelleme (HEC-HMS Yazılımı)

Hidrolojik Modelleme Yazılımı (HEC-HMS) ABD Kara Kuvvetleri Mühendisleri Birliği-Hidrolojik Mühendislik Merkezi tarafından geliştirilen bir yazılımdır. HEC-HMS çeşitli havza sistemlerinin tüm hidrolojik süreçlerini taklit etmek için tasarlanmıştır (HEC-HMS, 2013).

Yazılım, hidrolojik yönlendirme, birim hidrograflar ve yer altına sızma gibi birçok geleneksel hidrolojik analiz yöntemlerinden oluşur. Model ayrıca, toprak nemi denge hesabı, kar erimesi ve buharlaşma-terleme de dahil olmak üzere benzeşim için gerekli tüm yöntemleri içermektedir. Kullanılan HEC-HMS modeli; akış tahmini, model optimizasyonu, derinlik alanı azaltma, su kalitesi, tortu nakliyesi ve erozyonu tahmin etme ve model belirsizliğini değerlendirmek için ek analiz araçları sağlamaktadır.

HEC-HMS modeli; alt havzaları, ulaşımları, dere birleşim noktaları ve rezervuarları oluşturma ve havza içindeki su düzeni veya kaynaklar gibi geniş bir parametre yelpazesini benzeştirme yeteneğine sahiptir. Yüzey akışı, aşırı miktardaki yağış ve taban akımı birleşimi ile modellenebilir ve alt havzanın çıkışını taklit eder. Modelleyici başlangıç ve bitiş tarihlerini ve zamanlarını, ayrıca zaman aralıklarını ve gerekli olan meteorolojik döngüleri (buharlaşma, yağış) kontrol edebilir. Aşağıdaki şekil modeldeki akış süreçlerini göstermektedir.

HEC-HMS modeli; veri giriş parametrelerinin geniş kapsamlı olması, çeşitli alt havza tiplerinde verimli şekilde çalışması, yağış-akış ilişkisini belirlemekte iyi sonuçlar vermesi ve çalışma alanlarının geniş olması sebebi ile tercih edilmiştir.

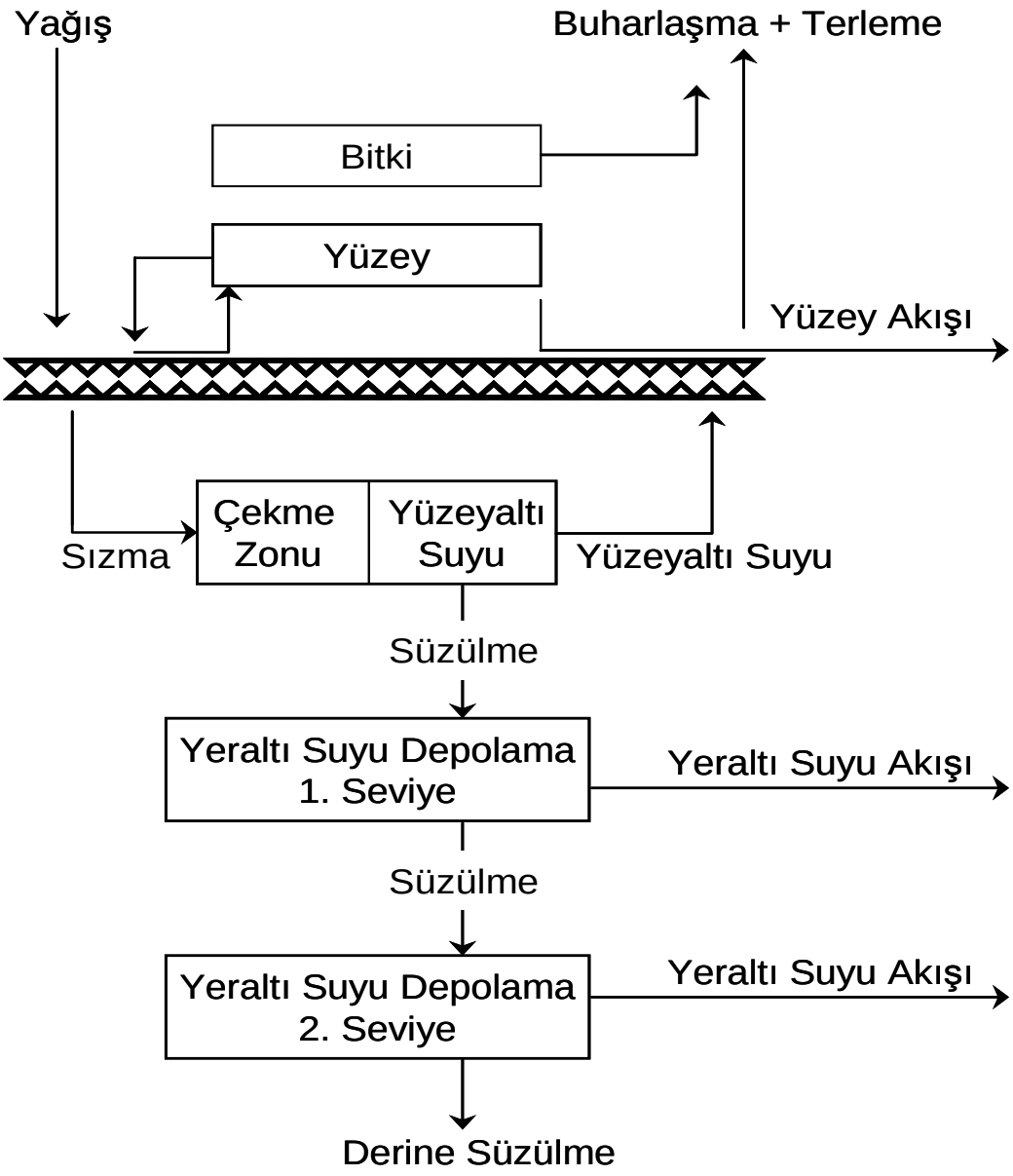


Şekil 3.9: HEC-HMS Modeli Çalışma Şeması (HEC-HMS, 2000)

3.4.1.2 Kalibrasyon ve Doğrulama Çalışmaları

HEC-HMS modeline bitki yüzeyi su tutma kapasitesi, toprak su tutma kapasitesi, sızma kapasitesi, baz akım ve iletim şekli parametreleri girilerek hesaplamalar yapıldı. Kalibrasyon çalışmalarında yukarıda önceki bölümlerde bahsedilen akım gözlem istasyonlarının havzalarını temsil eden yağış verileri, terleme-buharlaşma verileri ilgili AGİ periyotları için modele girilerek gözlenen doğal akımlara en yakın sonuçları elde edene kadar modelin diğer parametreleri havza özelliklerine uygun olarak değiştirilmiştir.

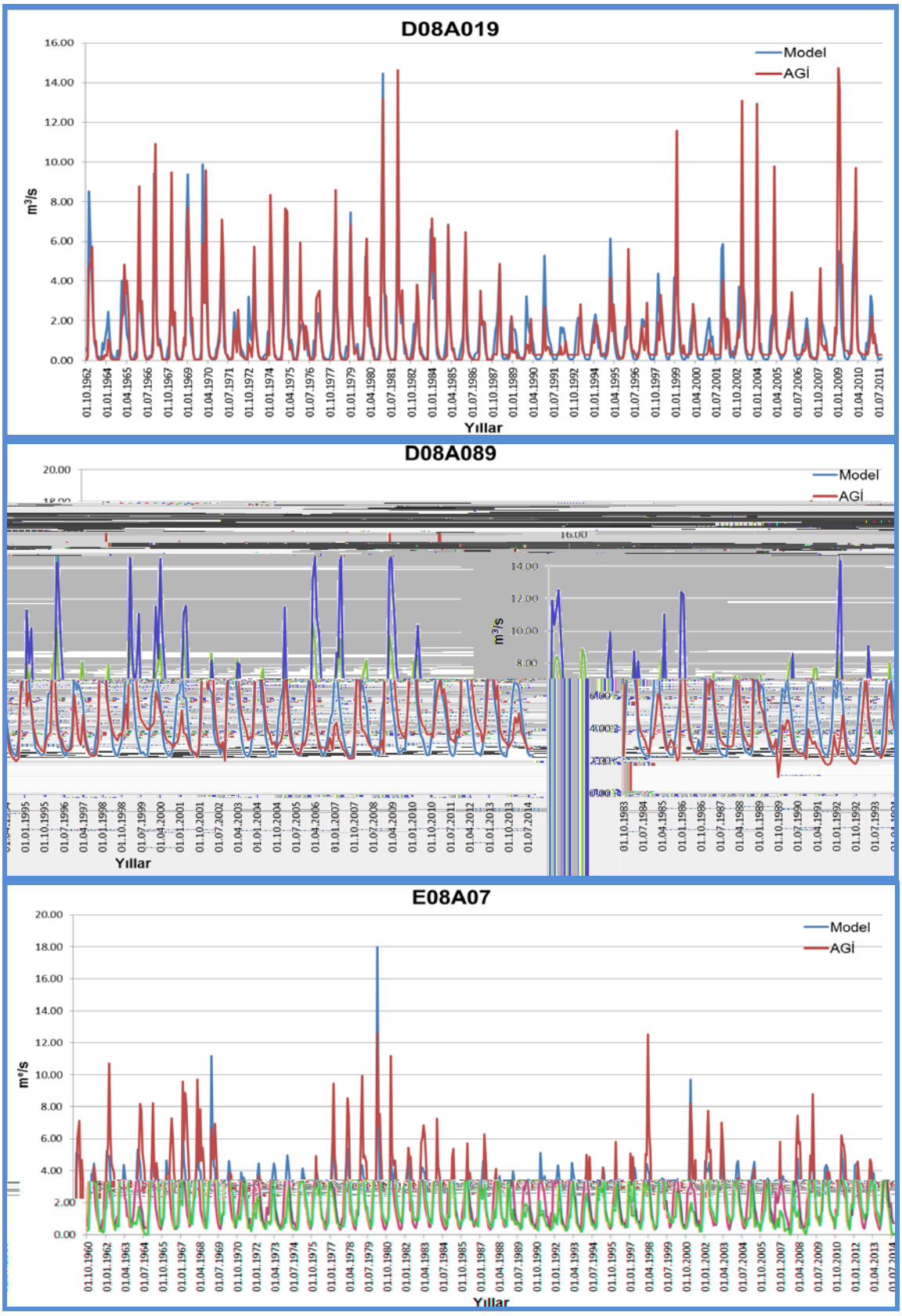
HEC-HMS modelinin içinde "soil moisture accounting" (SMA) parametresi kullanılarak toprak su tutma kapasitesi, sızma ve süzülme değerleri model tarafından hesaplanır. Parametrenin çalışma algoritması aşağıdaki şekilde gösterilmiştir.



Şekil 3.10: HEC-HMS Modeli SMA (Soil Moisture Accounting) Algoritması

3.4.1.3 Havza Yağış-Akış İlişkisinin Değerlendirilmesi

HEC-HMS hidrolojik modelleme yazılımı, model ölçümlemesi (kalibrasyonu) ve model sonucu elde edilen yağış-akış ilişkisi değerlendirilmiştir. Bu çerçevede, çalışmalar sonucunda gözlenmiş yıllık ortalama akım değerleri ile modellenmiş yıllık ortalama akım değerleri arasındaki fark karşılaştırılmıştır. Hidrolojik model ile elde edilen akım değerlerinin gözlenmiş akım değerleri ile karşılaştırmalı grafiklerinden bazı örnekler aşağıda verilmektedir.



Şekil 3.11: Bazı AGİ'lerin Aylık Toplam Yağış Verileri ve Modelleme Sonuçlarının Karşılaştırılması (üstte D08A019, ortada D08A089, altta E08A007)

Grafikler incelendiğinde, Modelleme sonucu elde edilen akım değerleri ile gözlenmiş yıllık ortalama akım değerleri arasında büyük bir fark olmadığı görülmüştür. Çeşitli kriterlere göre test edilen hidrolojik model sonuçlarının havza şartlarına göre uygun olduğu tespit edilmiştir.

3.4.2 YAS Potansiyeli (Gelecek Durum)

Batı Akdeniz Havzası'nda yer alan pekişmemiş veya pekişmiş jeolojik birimler, önceki çalışmalara ve arazi çalışmalarındaki gözlemlere dayanarak birbirlerine göre beslenme, yeraltı suyu depolama kapasitesi, gözeneklilik, yeraltı suyu akımı, iletimliliği ve yeraltı suyu dolaşımı özelliklerine göre değerlendirilmiştir. Bu değerlendirme sonucunda jeolojik birimler, yeraltı suyu bakımından aşağıda gösterildiği gibi gruplandırılmıştır (DSİ, 1970). Bu gruplandırma her bir alt havza için yapılmıştır.

Çalışma alanının çok büyük bir kısmının karstik arazi olması ve matematiksel model yapılabilmesi için gerekli hidrojeolojik verilerin yeterli olmamasından dolayı model çalışması yapılamamıştır. Hidrojeolojik bütçe hesaplamaları "Batı Akdeniz Havzası Master Planı" çerçevesinde sunulan alt havzalara ait hidrojeoloji raporlarından alınmıştır (DSİ, Nisan 2017).

Gelecek durum (2015-2100) yeraltı suyu bütçe tahminlerinde ayrıca yukarıda verilen yerüstü suyu potansiyeli sonuçları ile Batı Akdeniz Havzası'nda alt havzalar bazında yapılan nüfus projeksiyon hesaplarından da yararlanılmıştır. Nüfus projeksiyon hesaplarında, nüfusun tüm alt havzalarda artış eğiliminde olduğu görülmektedir.

İleriki bölümlerde daha geniş bir özeti sunulan nüfus projeksiyonu hesaplarına göre nüfusun 2050 yılında sabitleneceği kabul edildiğinden 2050 yılı için tahmin edilen nüfuslar 2100 yılı için de kullanılmıştır. Buna göre, güncel (2015 yılı) nüfusları ile gelecekte (2050-2100 yılları) olması tahmin edilen nüfuslar alt havzalara göre aşağıdaki tabloda verilmektedir.

Tablo 3.11: Alt Havzalara Göre Nüfus Değişimi

YIILAR ALT HAVZA	2015	2050-2100	Nüfus Artışı (%)
Milas-Bodrum	293.112	1.057.495	261
Namnam Çayı	266.746	656.527	146
Dalaman Çayı	167.498	283.641	69
Eşen Çayı	267.651	531.015	98
Demre-Akçay-Alakır	254.590	426.214	67
TOPLAM	**1.249.597**	**2.954.892**	**136**

Hidrojeolojik bütçe tahminlerinde nüfustaki değişim suni çekim ile ilişkilendirilmiştir. Nüfustaki artış yüzdesi kadar suni çekime artış eklenmiştir. Aynı zamanda nüfusun artması ile sulama alanlarının belirli bir kısmının imara açılacağı düşünülerek elde edilen sonuçlar 1/3 oranında azaltılmıştır. Ancak mevcut durumda dahi bütün alt havzalarda yeraltı suyundan emniyetli çekilebilir suyun üzerinde suni çekimler yapılmaktadır. Dolayısıyla, gelecek yıllarda iklim parametrelerinin meteorolojik model sonuçlarına göre değiştiği; YAS çekimlerinin bugünkü durumuna göre değişmediği varsayılan senaryoya göre yapılan kabuller doğrultusunda tahmin edilen gelecek durum YAS potansiyeli Havza genelinde aşağıdaki tabloda özetlenmektedir.

Tablo 3.12: Havzanın YAS Potansiyeli (Gelecek Durum)

YAS Beslenimi	hm^3/yıl	YAS Boşalımı	hm^3/yıl
Yağıştan ve Kaynaktan Beslenim	396,07	Suni Çekim	351,60
Yüzeysel Akıştan Süzülme	223,51	Buharlaşma + Terleme	108,14
		Denize Boşalım	474,37
TOPLAM	**620**	**TOPLAM**	**934**

Tablodaki değerler; mevcut durum Havza YAS beslenimleri ile karşılaştırıldığında yaklaşık 22 hm^3/yıl gibi bir azalma tahmin edilmektedir (642-620= 22 hm^3/yıl). Havza'nın YAS boşalımları sabit kabul edildiğinde gelecek durum YAS potansiyelinde yaklaşık **314 hm^3/yıl** azalma olacağı beklenmektedir. Buna rağmen, gelecek durumda yaklaşık 620 hm^3/yıl olan YAS

toplam beslenimi, yaklaşık 460 (351,60+108,14) hm^3/yıl olan toplam YAS kullanımı ve kaybını karşıladığı halde (620-460= 160 hm^3/yıl artış) denize boşalımlar (474 hm^3/yıl) nedeniyle Havza'nın YAS toplam potansiyelinde azalmanın devam edeceği görülmektedir.

Havza'nın gelecek durum YAS potansiyeli alt havzalara göre aşağıdaki tabloda özetlenmiştir. Tablodan da görüldüğü üzere, Batı Akdeniz Havzası genelinde yılda toplam **314 hm^3** olan YAS potansiyelindeki azalmanın çok önemli bir kısmı (157 hm^3/yıl) Dalaman Çayı Alt Havzası'ndan kaynaklanmaktadır. Bu da Havza genelinde YAS potansiyelindeki azalmanın yaklaşık %50'sini oluşturmaktadır.

Tablo 3.13

3.5 SU KULLANIMLARI (MEVCUT DURUM)

3.5.1 Su İhtiyacının Sınıflandırılması

Havzadaki su ihtiyaçları ve kullanımları şu şekilde sınıflandırılmıştır.

- İçme-Kullanma Suyu Tüketimi (evsel tüketim)
- Tarım Sektöründeki Su Tüketimi (Tarımsal Sulama Suyu)
- Turizm Sektörünün Su Tüketimi
- Diğer Tüketimler (Sanayi, Enerji, Ekosistem, Hayvancılık, vb.)

Batı Akdeniz Havzası sınırları içinde kalan yerleşimlerin su ihtiyaçları hesaplanırken, yerleşimler "İçme Suyu Temin Projelerinde Nüfus ve İçme Suyu İhtiyaç Tahmin Esasları" genelgesi gereği,

- Son Nüfus Sayımına Göre Nüfusu 25.000 Kişiden Büyük olan Belediyeler
- Son Nüfus Sayımına Göre Nüfusu 25.000 ile 5.000 Kişi Arasında olan Belediyeler

olmak üzere 2 grupta değerlendirilmiştir.

a) Son Nüfus Sayımına Göre Nüfusu 25.000 Kişiden Büyük olan Belediyeler

Nüfusu 25.000 kişinin üzerinde olan belediyelerin su ihtiyaçları hesaplanırken, yerleşimin son iki yıla ait tahakkuk bilgileri esas alınmıştır. Bu verilere bağlı olarak 2015 ve 2016 yılı kişi başı net su tüketim değerleri bulunmuştur.

b) Son Nüfus Sayımına Göre Nüfusu 25 000 ile 5 000 Kişi Arasında olan Belediyeler

Nüfusu 25.000 ile 5.000 kişi arasında olan belediyelerde, 2016 yılı için kişi başı brüt su ihtiyacının 170 l/k/gün değerinden başlayarak zaman içerisinde artacağı ve 2050 yılında 200 l/k/gün değerine ulaşacağı ve sonrasında proje hedef yılı olan 2100 yılına kadar sabit kalacağı kabul edilmiştir. 2016-2050 yılları arasında kalan yıllar için kişi başı brüt su tüketim değerleri ara değerlendirme ile hesaplanmıştır.

Büyükbaş hayvanlar (BB) için günde 50 l/gün, küçükbaş hayvanlar (KB) için de 15 l/gün su tüketimi esas alınmıştır.

3.5.2 İçme-Kullanma Suyu Kullanımları (Mevcut Durum)

Batı Akdeniz Havzası Kuraklık Yönetim Planı Hazırlanması Projesi kapsamında yapılan saha çalışmaları sırasında; DSİ İçme suyu Dairesi Başkanlığı, İçmesuyu Planlama Şube Müdürlüğü'nün "İçmesuyu Temin Projelerinde Nüfus ve İçmesuyu İhtiyaç Tahmin Esasları" Madde 3.1'de belirtildiği üzere nüfusu 25.000 kişiden büyük olan yerleşim yerlerinin ilgili belediye kurumlarından son 2 yıla ait tahakkuk verileri elde edilmiş, bu veriler ile birlikte yerleşimlerin içme-kullanma suyu kayıp-kaçak oranları da tespit edilmiştir.

Mevcut (güncel) içme-kullanma suyu tüketimleri 2016 yılı tüketimleri esas alınarak alt havzalar ölçeğinde hesaplanmış ve Havza toplamı ile beraber aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 3.14: Havzanın İçme-Kullanma Suyu İhtiyaçları (Mevcut Durum)

Alt Havza / Yıl	Milas-Bodrum	Namnam Çayı	Dalaman Çayı	Eşen Çayı	Demre-Akçay-Alakır	TOPLAM (hm^3/yıl)
2016	42	32	21	25	56	**176**

3.5.3 Tarımsal Sulama Suyu Kullanımı (Mevcut Durum)

Batı Akdeniz Havzası'nın mevcut durumda tarımsal su kullanımları; yapılan saha çalışmalarında ilgili kurumlar ve sulama birliklerine gerçekleştirilen ziyaretler sonucunda elde edilen bilgiler ile Havza belediyeleri ve sulama birliklerinden anket geri dönüşleriyle toplanan bilgilere dayandırılarak ve ayrıca "Batı Akdeniz Havzası Master Planı, Tarımsal Ekonomi Nihai Raporu"nda yer alan tespitler ışığında değerlendirilmiştir. Aşağıda bu konuların özet bir değerlendirmesine yer verilmiştir.

Batı Akdeniz Havzası'ndaki Yüzeysel Sulamalar:

- İşletme-Bakım Değerlendirme (İBD) Yayınlarında olan DSİ Sulamaları,
- İşletme-Bakım Değerlendirme (İBD) Yayınlarında olmayan DSİ Sulamaları,
- Diğer Kuruluşlar Gölet Sulamaları,
- Diğer Kuruluşlar Yüzeysel Sulamaları (YÜS) ve
- Halk Sulamaları

başlıkları altında incelenmiş ve 2015 yılına ait alan ve bitki deseni verileri bağlamında mevcut ve planlanan (mutasavver veya projeli) su tüketimleri Blaney-Criddle metoduyla hesaplanmıştır. Tüketim değerleri il-ilçe ölçeğinde hesaplanmış, aşağıda alt havzalara göre düzenlenerek özetlenmiştir.

Sulama suyu ihtiyaçları, mevcut şartlar için ilgili kaynaklardan tespit edilen fiilen sulanan sahalar ve bu sahalarda yetiştirilen ürünler ile iletim sistemleri ve sulama yöntemleri dikkate alınarak hesaplanmıştır.

Batı Akdeniz Havzası'nın sulanan alanları ve aylık su kullanımları; YÜS sulamalarına ait sulamalara, il ve ilçelere ve nihayetinde alt havzalara göre yukarıda beş kategori halinde verilmiş olan her bir sulama sınıfı için ayrıntılı bir şekilde incelenmiş ve sonuçlar kategorik bir şekilde verilmiştir.

Havza'daki YAS sulama suyu ihtiyaçları da benzer şekilde, YAS sulamalarına ait sulanan alanlar ve bu alanların aylık su kullanımları şeklinde alt havzalara göre incelenmiştir. Sonuç olarak Havza'daki YÜS ve YAS toplam sulama suyu ihtiyaçları alt havzalara göre derlenerek aşağıdaki tabloda özetlenmiştir.

Tablo 3.15: Havzanın YÜS ve YAS Toplam Sulama Suyu Kullanımları (Mevcut Durum)

Alt Havzalar	Milas-Bodrum	Namnam Çayı	Dalaman Çayı	Eşen Çayı	Demre-Akçay-Alakır	TOPLAM (hm^3/yıl)
Sulanan Alan (ha)	4.800	1.580	44.890	17.991	25.016	
Toplam (hm^3/yıl)	57,10	15,56	355,15	158,48	203,52	**790**
(%) Dağılımı	8	2	45	20	26	**100**

Tablodan da görüldüğü gibi, toplam sulama suyunun alt havzalara göre su kullanımları değerlendirildiğinde; ilk sırayı %45'lik bir oranla tarımsal faaliyetlerin yoğun olarak yapıldığı Dalaman Çayı Alt Havzası'nın aldığı, bunu %26 ve %20'lik oranlarla sırasıyla Demre-Akçay-Alakır ve Eşen Çayı alt havzalarının izlediği görülmektedir

3.5.4 Turizm Suyu Kullanımı (Mevcut Durum)

Havza'da ekonomik açıdan tarımdan sonra ikinci önemli sektör turizmdir. Turizm faaliyetleri nedeniyle özellikle yaz aylarında su kaynakları oldukça yoğun bir şekilde kullanılmaktadır.

Batı Akdeniz Havzası içerisinde kalan yerleşim yerlerinde turizm amaçlı su kullanımları nüfus hareketlerine (otel doluluk oranları, vb) bağlı olarak yine 2016 yılı esas alınarak hesaplanmıştır.

Havza'nın turizm sektörü su kullanımları alt havzalara göre aşağıdaki tabloda özetlenmektedir.

Tablo 3.16: Havzanın Turizm Sektörü Su Kullanımları (Mevcut Durum)

Alt Havzalar	Milas-Bodrum	Namnam Çayı	Dalaman Çayı	Eşen Çayı	Demre-Akçay-Alakır	TOPLAM (hm^3/yıl)
2016 Yılı Toplam (hm^3/yıl)	1,33	0,96	0,08	0,84	1,76	**4,97**
(%) Dağılımı	27	19	1,6	17	35	**100**

Tablodan da görüldüğü gibi, Batı Akdeniz Havzası turizm sektörü toplam su kullanımının alt havzalara göre dağılımları değerlendirildiğinde; ilk sırayı %35'lik bir oranla turizm alanlarının yoğun olduğu Demre-Akçay-Alakır Alt Havzası'nın aldığı, bunu %27, %19 ve %17'lik oranlarla yine Havza'nın turizm potansiyelinin yüksek olduğu sırasıyla Milas-Bodrum, Namnam Çayı ve Eşen Çayı alt havzalarının izlediği görülmektedir.

3.5.5 Sanayi Suyu Kullanımı (Mevcut Durum)

Batı Akdeniz Havzası genelinde daha ziyade küçük sanayi siteleri bulunmaktadır. Sanayi suyu tüketimi Havza'daki orta ve büyük işletmeler ve çalışan sayıları göz önünde bulundurularak hesaplanmıştır. Havza'da su tüketimi açısından en öne çıkan sanayi tesisi Dalaman Çayı alt havzasında bulunan ve suyunu bu çaydan alan Mopak selüloz-kâğıt-karton entegre tesisleri olup yaklaşık su tüketimi 1,8 hm^3/yıl olarak tahmin edilmektedir.

Tablo 3.17: Havzanın Sanayi Sektörü Su Kullanımları (Mevcut Durum)

Alt Havzalar	Milas-Bodrum	Namnam Çayı	Dalaman Çayı	Eşen Çayı	Demre-Akçay-Alakır	TOPLAM (hm^3/yıl)
2016 Yılı Toplam (hm^3/yıl)	0,221	0,051	1,915	0,074	0,079	**2,34**
(%) Dağılımı	9,4	2,2	81,8	3,2	3,4	**100**

Batı Akdeniz Havzası sanayi sektörü toplam su kullanımının alt havzalara göre dağılımları değerlendirildiğinde; ilk sırayı yaklaşık %82'lik bir oranla sanayi tesislerinin diğer alt havzalara göre daha yoğun bulunduğu Dalaman Çayı Alt Havzası'nın aldığı, bunu yaklaşık %9'luk bir oranla Milas-Bodrum Alt Havzası'nın izlediği görülmektedir.

3.5.6 Enerji Sektörü Su Kullanımları (Mevcut Durum)

Batı Akdeniz Havzası'nda çok sayıda hidroelektrik santral ve rüzgâr enerji santralleri vardır. Bunların yanı sıra, Havza'da görece az sayıda da olsa güneş enerjisi santralleri de bulunmaktadır. Bunlar yenilenebilir enerji kaynakları olduğundan su tüketimleri olmayan tesislerdir. Enerji sektörü su tüketimleri sadece termik santrallerle sınırlıdır ve sadece Milas-

Bodrum Alt Havzası'nda iki adet termik santral bulunmaktadır. Yeniköy ve soğutma suyu denizden karşılanan Kemerköy termik santrallerinin toplam su tüketimleri 10 hm^3/yıl olarak tahmin edilmektedir.

3.6 SU KULLANIMLARI (GELECEK DURUM)

3.6.1.1 Nüfus Projeksiyonu

Batı Akdeniz Havzası gelecek durum su kullanımlarının tahmin edilebilmesi için öncelikle nüfus projeksiyonu hesapları yapılmıştır. Havza; Muğla, Antalya, Denizli ve Burdur illerini kapsamaktadır. Nüfus projeksiyonu 2016 yılı nüfusu 25.000 kişiden büyük olan Antalya İli'nin; Demre, Elmalı, Finike, Kaş, Kemer, Kumluca ilçeleri, Denizli-Acıpayam, Muğla İli'nin Bodrum, Dalaman, Fethiye, Köyceğiz, Marmaris, Menteşe, Milas, Ortaca, Seydikemer ilçeleri ve nüfusu 25.000 ile 5.000 kişi arasında olan Antalya-Korkuteli, Denizli-Çameli, Denizli-Serinhisar, Burdur İli'nin Altınyayla, Çavdır, Gölhisar ilçeleri, Muğla İli'nin Datça ve Ula ilçeleri ile nüfusu 5000 kişiden küçük olan Burdur'un Tefenni ve Yeşilova yerleşim yerleri için yapılmıştır. Nüfus projeksiyonu hesaplama yöntemleri aşağıda listelenen dört yöntemle de yukarıda anlatılan yerleşimlerin tamamı için yapılmıştır.

a) Aritmetik Artış Yöntemi
b) İller Bankası Yöntemi
c) Lojistik Eğri Yöntemi
d) Birleşmiş Milletler Artış Katsayısı Yöntemi

Batı Akdeniz Havzası Kuraklık Yönetim Planı çalışmaları kapsamında yapılan nüfus projeksiyonu hesaplarında, her bir ilçe için nüfus artış veya azalış eğilimlerine göre Havza'da; **"Aritmetik Artış Yöntemi Sabit Artış veya Kademeli Artış Katsayısı"** veya **"İller Bankası Sabit veya Kademeli Çoğalma Katsayısı"** ile yapılan hesap yöntemleri uygun görülmüştür. Bu yöntemlere göre ilçeler ölçeğinde ayrıntılı bir şekilde yapılan nüfus projeksiyonu hesaplarının özeti Batı Akdeniz Havzası alt havzalarına göre aşağıdaki tabloda verilmektedir. Projeksiyon hesaplarında 2050 yılında nüfusun sabitleneceği varsayılmıştır.

Tablo 3.18: Alt Havzalara Göre Gelecek Yıllar Nüfus Tahminleri

Alt Havza Yıl	Milas-Bodrum	Namnam Çayı	Dalaman Çayı	Eşen Çayı	Demre-Akçay-Alakır	TOPLAM
1965	95.219	97.967	136.379	90.396	106.110	526.071
1970	102.605	110.858	150.624	98.030	118.590	580.707
1975	109.920	116.117	157.847	111.367	129.269	624.520
1980	116.166	130.312	169.640	120.454	140.041	676.613
1985	131.834	132.928	169.965	154.880	158.677	748.284
1990	158.772	159.750	183.746	170.027	183.410	855.705
2000	212.089	214.617	180.018	201.312	249.517	1.057.553
2007	213.293	230.346	168.599	223.971	234.741	1.070.950
2008	224.269	232.939	168.654	233.488	240.599	1.099.949
2009	228.626	236.375	168.985	237.042	241.082	1.112.110
2010	236.356	237.755	167.785	242.722	241.973	1.126.591
2011	243.627	245.371	167.212	248.295	245.373	1.149.878
2012	249.587	249.139	166.992	250.835	248.716	1.165.269
2013	273.946	253.862	168.688	256.769	251.925	1.205.190
2014	289.238	261.117	167.510	261.790	252.776	1.232.431
2015	293.112	266.746	167.498	267.651	254.590	1.249.597
2016	**299.844**	**271.140**	**167.654**	**270.794**	**254.895**	**1.264.327**
2020	327.252	286.595	170.653	276.431	269.201	1.330.132
2025	362.544	306.361	174.717	284.207	279.333	1.407.162
2030	398.968	326.574	179.101	292.757	289.438	1.486.838
2035	436.563	347.234	183.808	302.117	299.512	1.569.234
2040	475.377	368.342	188.849	312.330	309.550	1.654.448
2045	515.457	389.897	194.234	323.447	319.549	1.742.584
2050	**556.855**	**411.899**	**199.979**	**335.527**	**329.505**	**1.833.765**

3.6.1.2 Su Kayıp ve Kaçakları

Gelecek durum su ihtiyacı hesaplarında su kayıp-kaçakları, yani ölçülemeyen kullanımlar da göz önünde bulundurulmaktadır.

Şebekede tüketilen ancak ölçülemeyen bu kullanımlar aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir;

- Tahsil edilemeyen ve görünen şebeke kaçakları,
- Sayaçların hassasiyetinin yeterli olmaması nedeniyle yapılan eksik ölçümler,
- Kaçak bağlantılarla yapılan tüketimler.

İçme-kullanma suyu şebeke sisteminde şebekeye verilen su miktarından, tüketiciye faturalı olarak ulaşan su miktarı çıkarılarak toplam su kaybı yani kayıp-kaçak miktarı bulunmaktadır.

Su Kayıpları:

Su kayıpları aşağıdaki başlıklar altında değerlendirilebilir.

1. Faturalandırılmayan (ölçülmüş veya ölçülmemiş) resmi tüketim kayıpları,
2. Görülen (kanun dışı tüketim veya sayaç hataları, vb) kayıplar
3. Fiziksel (şebeke veya depo tanlarından sızmalar) kayıplar

3.6.2 İçme-Kullanma Suyu Kullanımları (Gelecek Durum)

İçme-kullanma suyu tüketimlerinin gelecek durum hesaplamalarında; mevcut durum için hesaplanan ve Bölüm 3.5.2'de verilen kişi başı net su tüketimi değerlerinin zaman içerisinde artacağı, 2050 yılında 140 ila 150 l/k/gün aralığında olacağı ve sonrasında proje hedef yılı olan 2100 yılına kadar sabit kalacağı kabul edilmiştir. Buna göre, 2016-2050 yılları arası için kişi başı net su tüketim değerleri ara değerlendirme ile hesaplanmıştır.

Büyükbaş hayvanlar (BB) için günde 50 l/gün, küçükbaş hayvanlar (KB) için de 15 l/gün su tüketimi esas alınmıştır.

Nüfusu 100.000 kişiden büyük belediyelerde aylara göre su tüketim deseni ve su ihtiyaç tahminleri hesaplanmıştır. Su tahakkuk verilerine göre pik (ay) katsayısı hesaplanmış, daha sonra "Nüfus ve İçme Suyu İhtiyaç Tahmin Esasları" doğrultusunda pik (gün) katsayısı belirlenmiştir. Pik ay katsayısı, aylara göre su tüketim deseni hesaplandıktan sonra en yüksek tüketimin olduğu ayın deseninin 1,2 ile çarpılması sonucu bulunan değerdir. Pik (ay) katsayısının 1,3'den küçük olması halinde pik gün katsayısı 1,3 ve 1,5'den büyük olması halinde ise pik gün katsayısı 1,5 olarak alınmıştır.

Nüfusu 100.000 ila 5.000 kişi arasında olan belediyelerin ise pik (gün) katsayısı 1,5 kabul edilmiştir. Bu yerleşimler için "İçme Suyu Temin Projelerinde Nüfus ve İçme Suyu İhtiyaç Tahmin Esasları" Ek-16 "Aylara Göre Su Tüketim Deseni" katsayıları ile "Aylara Göre Su İhtiyaç Tahmin Hesaplama Tabloları" oluşturulmuştur.

Nüfusu 25.000 ila 5.000 kişi arasında olan belediyelerin maksimum günlük su ihtiyacını belirlemek amacıyla kullanılan pik (gün) katsayısı 1,5'dir. Bu yerleşimler için yine aynı esaslara göre "Aylara Göre Su İhtiyaç Tahmin Hesaplama Tabloları" oluşturulmuştur.

Havza'da su temin eden belediyelerin tahakkuk kayıtlarından elde edilen kamu ve ticaret tüketimleri ve üretilen su ile tüketilen su oranından bulunan kayıp-kaçak yüzdeleri hesaplara yansıtılmıştır. Hesaplanan kayıp-kaçak oranlarının, 2050 yılında %25 seviyesine ineceği ve sonrasında proje hedef yılı olan 2100 yılına kadar sabit kalacağı kabul edilmiştir.

Yukarıda özetlenen nüfus projeksiyonu hesapları ve içme-kullanma suyu hesap esasları doğrultusunda gelecek durumda her ilçe için hesaplanan su ihtiyaç tahminleri alt havzalara göre aşağıdaki tabloda özetlenmektedir.

Tablo 3.19: Havzanın İçme-Kullanma Suyu İhtiyaçları (Gelecek Durum)

Alt Havza Yıl	Milas-Bodrum (hm^3/yıl)	Namnam Çayı (hm^3/yıl)	Dalaman Çayı (hm^3/yıl)	Eşen Çayı (hm^3/yıl)	Demre-Akçay-Alakır (hm^3/yıl)	TOPLAM (hm^3/yıl)
2016						

Tablo 3.21: Havzanın Turizm Sektörü Su İhtiyaçları (Gelecek Durum)

Alt Havza Yıl	Milas-Bodrum (hm^3/yıl)	Namnam Çayı (hm^3/yıl)	Dalaman Çayı (hm^3/yıl)	Eşen Çayı (hm^3/yıl)	Demre-Akçay-Alakır (hm^3/yıl)	TOPLAM (hm^3/yıl)
2016	**1,33**	**0,96**	**0,08**	**0,84**	**1,76**	**4,97**
2020	1,38	1,00	0,08	0,87	1,83	**5,16**
2025	1,45	1,05	0,09	0,92	1,92	**5,43**
2030	1,53	1,10	0,09	0,96	2,02	**5,70**
2035	1,61	1,16	0,10	1,01	2,12	**6,00**
2040	1,69	1,21	0,10	1,06	2,23	**6,29**
2045	1,77	1,28	0,11	1,12	2,35	**6,63**
2050	1,86	1,34	0,11	1,18	2,46	**6,95**
2055	1,96	1,41	0,12	1,24	2,59	**7,32**
2060	2,06	1,48	0,12	1,30	2,72	**7,68**
2065	2,16	1,57	0,13	1,36	2,86	**8,08**
2070	2,27	1,64	0,14	1,43	3,01	**8,49**
2075	2,39	1,72	0,14	1,51	3,16	**8,92**
2080	2,51	1,81	0,15	1,58	3,32	**9,37**
2085	2,64	1,90	0,16	1,66	3,49	**9,85**
2090	2,77	2,00	0,17	1,75	3,67	**10,36**
2095	2,91	2,10	0,18	1,84	3,86	**10,89**
2100	**3,06**	**2,21**	**0,18**	**1,93**	**4,05**	**11,43**
(%) Dağılımı	27	19	2	17	35	**100**

Tablodan da görüldüğü gibi, Batı Akdeniz Havzası'nın gelecek durum için turizm sektörü toplam su kullanımının alt havzalara göre dağılımları değerlendirildiğinde; havzalar arası dağılım oranlarının mevcut durumla aynı kaldığı görülmektedir. Bu da turizm bölgelerinde gelecekteki nüfusun güncel nüfus farklarını koruyarak artmasından ve mevcut durumdaki turizm merkezlerinin gelecekte de önemini koruyacak olmasından kaynaklanmaktadır.

3.6.5 Sektörlere Göre Su İhtiyaçlarının Değerlendirilmesi

Batı Akdeniz Havzası Kuraklık Yönetim Planı kapsamında hesaplanan sektörlere göre mevcut ve gelecek dönemlere ait su ihtiyaç değerleri, gelecek durum tahminleri 25 yıllık dönemlere ayrılarak aşağıdaki tabloda özetlenmiştir. Bu tabloda, sanayi sektörü için gelecek durum su tüketimleri Cilt-III'de verilen "Sektörel Etkilenebilirlik" aşaması kapsamında çalışılan "Uyum Kapasitesini Arttırıcı Önlemler" başlığı altında anlatılan gerekçelere göre tahmin edilmiştir.

Tarım sektörü için gelecek dönemlere ait tahminler aşağıdaki kabullere göre yapılarak mevcut sulama suyu miktarına eklenmiştir.

2018-2049 Yılları Arası (Yakın Vade Gelecek): Havza genelinde, mevcut tesislerle planlanan sulama suyu ihtiyacının (867 - 790= 77 hm^3/yıl) %75'inin (57,75 hm^3/yıl) bu dönemde gerçekleşeceği,

2050-2074 Yılları Arası (Orta Vade Gelecek): 77 hm^3/yıl ihtiyacın geriye kalan %25'i ile (19,25 hm^3/yıl) gelecekte hizmete girecek olan yeni tesislerle yeni sulama sahalarının su ihtiyacı olan 83,74 hm^3/yıl değerinin %50'sinin bu dönemde gerçekleşeceği ve

2075-2099 Yılları Arası (Uzun Vade Gelecek): Yukarıda verilen yeni sulama sahalarının su ihtiyacı olan 83,74 hm^3/yıl miktarın kalan %50'sinin ise bu dönemde gerçekleşeceği kabul edilmiştir.

Tablo 3.22: Havzanın Gelecek Dönem Sektörel Su İhtiyacı Tahminlerinin Zaman Dilimlerine Göre Dağılımı

Alt Havzalar / Sektörler	Dönemler	Milas-Bodrum Alt Havzası	Namnam Çayı Alt Havzası	Dalaman Çayı Alt Havzası	Eşen Çayı Alt Havzası	Demre-Alakır-Akçay Alt Havzası	BATI AKDENİZ HAVZASI TOPLAMI (hm³/yıl)
İçme-Kullanma Suyu İhtiyacı (hm³/yıl)	Mevcut Durum	42	32	21	25	56	**176**
	2018-2049	45	36	18	28	49	**177**
	2050-2074	50	42	19	31	47	**189**
	2075-2099	50	42	19	31	47	**189**
Tarımsal Sulama Suyu İhtiyacı (hm³/yıl)	Mevcut Durum	57,1	15,5	355,2	158,5	203,5	**790**
	2018-2049	63,1	17,5	352,5	186,9	227,7	**848**
	2050-2074	66,6	18,5	357,1	208,8	257,7	**909**
	2075-2099	68,2	18,9	362,6	221,3	279,7	**951**
Turizm Suyu İhtiyacı (hm³/yıl)	Mevcut Durum	1,33	0,96	0,08	0,84	1,76	**4,97**
	2018-2049	1,57	1,13	0,10	0,99	2,08	**5,87**
	2050-2074	2,06	1,49	0,12	1,30	2,73	**7,70**
	2075-2099	2,64	1,91	0,16	1,67	3,50	**9,88**
Sanayi Suyu İhtiyacı (hm³/yıl)	Mevcut Durum	0,221	0,051	1,915	0,074	0,079	**2,34**
	2018-2049	0,285	0,066	2,464	0,095	0,101	**3,01**
	2050-2074	0,389	0,090	3,360	0,130	0,138	**4,11**
	2075-2099	0,530	0,122	4,581	0,276	0,188	**5,70**

KAYNAKLAR

Cattiaux, J., H. Douville, ve Y. Peings. «European temperatures in CMIP5: origins of present-day biases and future uncertainties» Climate Dynamics Vol. 41, 2013: 2889-2907.

Collins, ve diğ. «Collins, W.J.; Bellouin, N.; Doutriaux-Boucher, M.; Gedney, N.; Hinton, T.; Jones, C. D.; Liddicoat, S. Martin,G.; O'Connor, F.; Rae, J.; Senior, C.; Totterdell, I.; WoodwEvaluation of the HadGEM2 model. Met Office Hadley Centre Technical Note no. HCTN 74» available from Met Office. 2008. http://www.metoffice.gov.uk/publications/HCTN/index.html.

Elizabeth A., Sterling P.E., ve Schoenfelder P.E., 2010, Lake Samish Comprehensive Stormwater Plan Hydroligic Modeling-Summary of Result and Recommendation, Wilson Survey Engineering

Flato, G. *Earth system models: an overview.* John Wiley and Sons, 2011.

Giorgi, F., and L.O. Mearns. "Regional climate modeling revisited. An introduction to the special issue" J. Geophys. Res. 104 (1999b): 6335–6352.

Hydrolic Modeling System HEC-HMS, 2013, User's Manual Version 4

Hydrologic Engineering Center (HEC), (2000) , " Hydrologic modeling system HEC – HMS: Technical reference manual " , U.S. Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center , Davis, Calif.

IPCC. Climate Change 2014: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to Jong & diğ. «Jong, MF; Drijfhout, SS; Hazeleger, W; Aken, HM; Severjins, CA. Simulations of hydrographic properties in the northwestern North Atlantic Ocean in Coupled Climate Models. J.» Climate Dynamics Vol, 22 (Climate Dynamics), 2009: 1767-1786.

Leavesley, G.H., Markstrom, S.L., Viger, R.J., and Hay, L.E., 2005, USGS Modular Modeling System (MMS) - Precipitation-Runoff Modeling System (PRMS) MMS-PRMS, in Singh, V., and Frevert, D., eds., Watershed Models: Boca Raton, FL, CRC Press, p. 159-177.

Martin, G. M., ve diğerleri. «The HadGEM2 family of Met Office Unified Model Climate configurations, Geoscientific Model Development, 4.» 2011: 723–757.

Nash JE, Sutcliffe JV. 1970. River flow forecasting through concep-tual models: Part 1- A discussion of principles.Journal of Hydrology 10: 282–290.

Ouedraogo I., Sang K.J., Parick G., 2017, HEC-HMS Model for Runoff Simulation in Ruiru Reservoir Watershed, American Jourmnal of Engineering Research (AJER)

Önsöz B., (2015) Ölçüm Olmayan Havzalarda Akım Tahmin Yöntemleri, Türkiye Ulusal Hidroloji Toplantısı İstanbul

Rajib, M.A., ve M.M Rahman. «A Comprehensive Modeling Study on Regional Climate Model (RCM) Application-Regional Warming Projections in Monthly Resolutions Under IPCC A1B Scenario.» Atmosphere, 2012: 557-572.

Steven L. Markstrom, R. Steven Regan, Lauren E. Hay, Roland J. Viger, Richard M. T. Webb, Robert A. Payn, and Jacob H. LaFontaine (2015) PRMS-IV, the Precipitation-Runoff Modeling System, Version 4, USGS

The Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, England and New York, USA: Cambridge University Press, 2014.

Voldoire, & diğ. «The CNRM-CM5.1 global climate model: description and basic evaluation, Climate Dynamics, Vol 40, Sf. 91-2121.» Voldoire, A., E. Sanchez-Gomez, D. Salas Mélia, B. Decharme, C. Cassou, S.Sénési, S. Valcke, I. Beau, A. Alias, M. Chevallier, M. Déqué, J. Deshayes, H. Douville, E. Fernandez, G. Madec, E. Maisonnave , M.-P. Moine, S. Planton, D.Saint-Martin, S. Szopa,, 2013: S. Tyteca, R. Alkama, S. Belamari, A. Braun, L. Coquart, F. Chauvin.

WHS Quality and Enviromental Management System, 2016, The Revitalised Flood Hydrograph Model RefH 2.2: Tecnical Guidance