



T.C. ORMAN VE SU İŞLERİ BAKANLIĞI

SU YÖNETİMİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ

**İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN SU
KAYNAKLARINA ETKİSİ PROJESİ**

Proje Nihai Raporu

Haziran 2016

İş bu rapor, Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü tarafından Yüklenici **Akar-Su Mühendislik Müşavirlik Ltd. Şti.** ve Alt Yüklenici **io Çevre Çözümleri Ar-Ge Ltd. Şti.** firmasına hazırlattırılmıştır.

SU YÖNETİMİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ

GENEL MÜDÜR

Prof. Dr. Cumali KINACI

GENEL MÜDÜR YARDIMCISI

Hüseyin AKBAŞ

DAİRE BAŞKANI

Maruf ARAS

Ayşe YILDIRIM COŞGUN	Şube Müdürü
Hülya SİLKİN	Uzman
Mehmet AŞKINER	Uzman
Seçil KARABAY	Uzman
Tansel TEMUR	Uzman Yardımcısı

ANAHTAR TEKNİK PERSONEL

Özcan ÇIRAK	İnş. Müh. (Proje Müdürü)	Güler GÜL	Met. Müh.
Ayşe DİKİCİ	İnş. Müh.	Muhsin KARAMAN	Harita Müh.
Amaç Bülent YAZICIOĞLU	Çevre Müh.	Gökhan UZUNGENÇ	İnş. Müh.
Erdoğan Gül	İnş. Müh.		

TEKNİK PERSONEL

PROJE DANIŞMANLARI

Emine GİRGİN	Çev. Yük. Müh.	Prof. Dr. Selahattin İNCECİK	İklim Projeksiyonları Çalışma Grubu
S. Seda ABAT	Çev. Müh.	Prof. Dr. Yurdanur ÜNAL	
Ceren EROPAK	Çev. Yük. Müh.	Prof. Dr. İzzet ÖZTÜRK	Hidroloji Çalışma Grubu
Doç. Dr. Asude HANEDAR	Çev. Yük. Müh.	Prof. Dr. Ayşegül TANIK	
Prof. Dr. Erdem GÖRGÜN	Çev. Yük. Müh.	Doç. Dr. Ali ERTÜRK	
Evrin ATALAS	İnş.-Çev. Müh.	Doç. Dr. Alpaslan EKDAL	Hidrojeoloji Çalışma Grubu
Dr. Bertan BAŞAK	Çev. Yük. Müh.	Yük. Müh. Aslı ÖZABALI SABUNCUGİL	
Gamze KIRIM	Çev. Yük. Müh.	Prof. Dr. Turgut ÖZTAŞ	Hidrolik Çalışma Grubu
Merve AÇAR	Met. Yük. Müh.	Doç. Dr. Oral YAĞCI	
Kurtuluş KONDU	İnş. Müh.	Yrd. Doç. Dr. Ahmet Özgür DOĞRU	CBS Çalışma Grubu
Ferat ÇAĞLAR	Met. Müh.	Yrd. Doç. Dr. Caner GÜNEY	
Salim YAYKIRAN	Çev. Yük. Müh.		
Mehmet KALFAZADE	Çev. Yük. Müh.		

- Projenin İklim Su Veri Tabanı Uygulaması geliştirilmesi işleri alt yüklenici olan EXPERTEAM firması tarafından yapılmıştır.

İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER.....	I
TABLO LİSTESİ	V
ŞEKİL LİSTESİ.....	VIII
EK LİSTESİ.....	XXVIII
KISALTMALAR.....	XXIX
1. GİRİŞ	1
1.1 Projenin Amacı	1
1.2 Projenin Kapsamı	2
2. ÇALIŞMA METODOLOJİSİ	5
2.1 İklim Değişikliği Projeksiyon Çalışmalarına İlişkin Metodoloji	5
2.1.1 Temsili Konsantrasyon Rotaları (RCP)	5
2.1.2 Modelleme Metodolojisi	6
2.1.3 Yer Sistem Modelleri	8
2.1.4 Bölgesel İklim Modeli – RegCM4.3	9
2.1.5 Model Sonuçlarının Enterpole Edilmiş Ortalama Gözlemlerle Karşılaştırılması, Sonuçlar Üzerinde Yanlılık Düzeltmesi.....	12
2.2 Hidrolojik Projeksiyon Çalışmalarına İlişkin Metodoloji.....	13
2.2.1 Hidrolojik Modelin Seçimi	14
2.2.2 Hidrolojik Model Bileşenleri	14
2.2.3 Hidrolojik Modelleme Çalışma Adımları	15
2.2.4 Hidrolojik Modelin Kalibrasyonu ve Doğrulanması	16
2.2.5 Havzalarda Su Bütçelerinin Belirlenmesi Çalışması	17
2.3 Hidrojeolojik Projeksiyon Çalışmalarına İlişkin Metodoloji.....	18
2.3.1 Hidrojeolojik Çalışmanın Temel Esasları	18
2.3.2 Hidrojeolojik Çalışmanın Gerçekleştirilme Aşamaları.....	20
2.4 Hidrolik Projeksiyon Çalışmalarına İlişkin Metodoloji	21
2.4.1 Hidrolik Modelin Seçimi	21
2.4.2 Hidrolik Modelleme Çalışma Adımları	22
2.5 Sektörel Etkilenebilirlik Analizi Metodolojisi.....	23
2.6 Uyum Faaliyetleri.....	25
3. TÜRKİYE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ PROJEKSİYONLARI	27
3.1 Referans Dönem Analizi	27
3.1.1 Ortalama Sıcaklık Simülasyonlarının Gözlem Verileri ile Karşılaştırılması ...	27

3.1.2 Yağış Simülasyonlarının Gözlem Verileri ile Karşılaştırılması	32
3.1.3 İklim İndisleri Simülasyonlarının Gözlem Verileri ile Karşılaştırılması.....	36
3.2 Gelecek Dönem İklim Projeksiyonları	39
3.2.1 Sıcaklık Projeksiyonları	39
3.2.2 Toplam Yağış Projeksiyonları	53
3.2.3 İklim İndisleri	70
4. TÜRKİYE SU KAYNAKLARI VE PROJEKSİYONLARI	79
4.1 Su Kaynakları	79
4.2 Havzalarının Morfolojik Yapısı	95
4.2.1 I. Grup Havzalar	97
4.2.2 II. Grup Havzalar	98
4.2.3 III. Grup Havzalar	98
4.2.4 Havzaların Morfometrik Açından Değerlendirilmesi	98
4.3 Hidrolojik Projeksiyonlar	102
4.3.1 Türkiye için Toplam Su Bütçesi Hesaplamaları.....	102
4.3.2 İklim Değişikliği Projeksiyonlarına göre Havzadaki Temel Hidrolojik Eğilim Analizi.....	108
4.3.3 İklim Değişikliği Projeksiyonlarının Türkiye'nin Su Kaynakları Üzerindeki Olası Etkilerinin Analizi ve Senaryoların Mukayesesi.....	116
4.3.4 İklim Değişikliği Projeksiyonlarının Havza Toplam Brüt ve Net Su Potansiyellerine Olası Etkilerinin Analizi	122
4.4 Türkiye Geneli için Su Bütçesi Değerlendirmesi	124
4.4.1 Toplam Su Bütçesi Değerlendirmesi.....	124
4.4.2 Havza Bazlı Su Bütçesi Değerlendirmeleri	130
4.5 Hidrojeolojik Projeksiyonlar.....	154
4.5.1 İlk Aşama Hidrojeoloji Çalışmaları ve Türkiye Genelinde Değerlendirilmesi	155
4.5.2 İkinci Aşama Hidrojeoloji Çalışmaları ve Türkiye Genelinde Değerlendirilmesi	168
5. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN SU KAYNAKLARINA ETKİSİNİN HAVZA BAZINDA DEĞERLENDİRİLMESİ	175
5.1 Meriç-Ergene Havzası	175
5.2 Marmara Havzası	183
5.3 Susurluk Havzası	188
5.4 Kuzey Ege Havzası	195
5.5 Gediz Havzası	200
5.6 Küçük Menderes Havzası.....	206

5.7	Büyük Menderes Havzası.....	213
5.8	Batı Akdeniz Havzası	218
5.9	Antalya Havzası	223
5.10	Burdur Havzası.....	229
5.11	Akarçay Havzası	235
5.12	Sakarya Havzası	241
5.13	Batı Karadeniz Havzası	247
5.14	Yeşilirmak Havzası.....	253
5.15	Kızılırmak Havzası.....	259
5.16	Konya Kapalı Havzası	266
5.17	Doğu Akdeniz Havzası	271
5.18	Seyhan Havzası	277
5.19	Asi Havzası	283
5.20	Ceyhan Havzası	289
5.21	Fırat-Dicle Havzası.....	295
5.22	Doğu Karadeniz Havzası.....	304
5.23	Çoruh Havzası.....	309
5.24	Aras Havzası	315
5.25	Van Gölü Havzası	321
6.	SEKTÖREL ETKİ ANALİZİ.....	328
6.1	Sektörel Analiz Havza Verileri	328
6.2	Sektörel Etkilenebilirlik Analiz Yöntemi	329
6.2.1	İçme-Kullanma Suyu	330
6.2.2	Tarım.....	331
6.2.3	Sanayi	331
6.2.4	Ekosistem.....	332
6.2.5	Turizm	333
6.2.6	Enerji.....	334
6.2.7	Sanayi Alt Sektörü – Tekstil Ürünleri İmalatı.....	335
6.2.8	Sektörel Etkilenebilirlik Analizi Sonuçları	336
6.2.9	Büyük Menderes Havzası Sektörel Etkilenebilirlik Analizi Sonuçları	339
6.2.10	Ceyhan Havzası Sektörel Etkilenebilirlik Analizi Sonuçları	341
6.2.11	Meriç-Ergene Havzası Sektörel Etkilenebilirlik Analizi Sonuçları	342
7.	UYUM FAALİYETLERİ.....	345
7.1	Sektörel Politikalar ve Uyum Seçenekleri	346

7.2	Türkiye için Sektör Bazlı Uyum Faaliyetleri.....	346
7.2.1	İçme ve Kullanma Suyu.....	347
7.2.2	Tarım.....	348
7.2.3	Sanayi.....	348
7.3	Pilot Havzalar (BMN, MEN, CEN) için Uyum Önerileri ve Muhtemel Uyum Önerileri için Ön Maliyet Analizleri.....	348
7.3.1	Teknik Gezilerde Elde Edilen Bilgilere göre Pilot Havzalar için Uyum Önerileri.....	348
7.3.2	Önerilen Uyum Faaliyetleri için Ön Maliyet Analizleri.....	352
7.4	Uyum Faaliyetleri Açısından Havzaların Gruplandırılması.....	354
7.4.1	Sektörel Analiz için Sektör Önerileri.....	356
7.4.2	Uyum Faaliyetleri Önerileri.....	357
8.	İKLİM SU VERİ TABANI.....	364
8.1	İklim Su Veri Tabanı Uygulaması Çalışmaları.....	364
8.2	İklim Su Veri Tabanı Web CBS Arayüzü Çalışmaları.....	367
9.	SONUÇ VE DEĞERLENDİRME.....	369
9.1	Öneriler.....	372
	KAYNAKÇA.....	376

TABLO LİSTESİ

Tablo 2.1 Sanayi Devrimi Seviyeleri Üzerinde Medyan Sıcaklık Anomalisi ve En Yakın Sıcaklık Anomalisine Göre SRES Kıyaslamaları (Rogelj & diğ., 2012).	6
Tablo 2.2 Hidrojeolojik Gruplar	20
Tablo 2.3 Sektörlerin Etkilenme Seviyeleri.....	25
Tablo 3.1 1971-2000 referans dönemi için gözlem ve üç küresel model ile elde edilen ortalama sıcaklık anomalilerinin mevsimsel ve yıllık ortalamalarının yanlılık değerleri (°C)	29
Tablo 3.2 1971-2000 referans dönemi için gözlem ve üç küresel model ile elde edilen yağışların mevsimsel ve yıllık ortalama değerleri (mm/gün)	33
Tablo 3.3 1971-2000 referans dönemi için gözlem ve üç küresel model ile elde edilen yağış anomalilerinin mevsimsel ve yıllık ortalamalarının yanlılık değerleri (mm/gün)	34
Tablo 3.4 RCP4.5 Senaryosuna Göre HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR ve CNRM-CM5.1 Modellerine Dayalı Türkiye Ortalama Sıcaklık Anomali Değerleri (°C).....	51
Tablo 3.5 RCP8.5 Senaryosuna Göre HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR ve CNRM-CM5.1 Modellerine Dayalı Türkiye Ortalama Sıcaklık Anomali Değerleri (°C).....	52
Tablo 3.6 RCP4.5 Senaryosuna Göre HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR ve CNRM-CM5.1 Modellerine Dayalı Türkiye Toplam Yağış Anomali Değerleri (mm).....	69
Tablo 3.7 RCP8.5 Senaryosuna Göre HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR ve CNRM-CM5.1 Modellerine Dayalı Türkiye Toplam Yağış Anomali Değerleri (mm).....	69
Tablo 3.8 Ekstrem Hava Olaylarına Ait İklim İndisleri	71
Tablo 4.1. Türkiye Nehir Havzaları Hakkında Genel Bilgi (Ormancılık ve Su Şurası, 2013) ..	80
Tablo 4.2. Türkiye Havzaları Su Potansiyelleri Dağılımı – Mevcut Durum.....	85
Tablo 4.3. DSİ Bölge Müdürlükleri Fiili Su Kullanımlarının Derlenmesi (DSİ, 2014)	88
Tablo 4.4. Farklı Kaynaklara göre Türkiye'nin Net Su Potansiyeli ve Sektörel Su Tahsisleri Kıyaslaması	90
Tablo 4.5. Türkiye Geneli Nüfus Projeksiyonu (2015*-2100)	93
Tablo 4.6. Türkiye'nin Yıllık İçme ve Kullanma Suyu İhtiyacı Projeksiyonu	94
Tablo 4.7. Türkiye'nin Yıllık Sanayi Suyu İhtiyacı Projeksiyonu	95

Tablo 4.8. Türkiye'nin Yıllık Sulama Suyu İhtiyacı Projeksiyonu	95
Tablo 4.9 Çalışma Kapsamında Türkiye Havzalarının Gruplandırılması	96
Tablo 4.10 Havza Morfometri Parametre Değerleri.....	99
Tablo 4.11. Türkiye Geneli Yıllık Toplam Su İhtiyacı Projeksiyonları.....	105
Tablo 4.12. Türkiye Geneli için Hidrolojik Model Tahminlerinin Mevcut Referans Dönemi Verileri ile Mukayesesi	111
Tablo 4.13. Havza Bazlı Hidrolojik Model Tahminlerinin Mevcut Referans Dönemi Verileri ile Mukayesesi.....	111
Tablo 4.14. Türkiye Geneli için Temel Hidrolojik Değişkenlerin İklim Projeksiyonları RCP4.5 Senaryoları Bazında Mukayesesi.....	112
Tablo 4.15. Türkiye Geneli için Temel Hidrolojik Değişkenlerin İklim Projeksiyonları RCP8.5 Senaryoları Bazında Mukayesesi.....	112
Tablo 4.16. Türkiye Geneli için İklim Projeksiyonlarına göre Hidrolojik Modellemeyle Üretilen Brüt Su Potansiyellerinin Görülme Olasılıkları	127
Tablo 4.17. Türkiye Geneli için İklim Projeksiyonlarına göre Hidrolojik Modellemeyle Üretilen Brüt Su Potansiyellerinin Medyan Değerleri* ve Referans Dönemi Değerlerinden Sapmaları	127
Tablo 4.18. Havza Bazlı Brüt Su Potansiyellerinin Referans Dönemlerine Göre Yüzde Farkları.....	131
Tablo 4.19. Havzalarda Net Su Açığı/Fazlası Durumu.....	142
Tablo 4.20 Türkiye Hidrojeolojik Ortamlarının Genel Karakteri ve Sayısal Dağılımı.	157
Tablo 4.21 Türkiye Hidrojeolojik Ortamlarının (Yeraltısuyu Depolama Ortamlarının) Türlerine ve Niteliklerine Göre Havzalar Bazında Dağılımı	158
Tablo 4.22 Türkiye Akarsu Havzalarındaki Hidrojeolojik Ortamların Toplam Dinamik Rezervi	162
Tablo 4.23 Türkiye Akarsu Havzalarındaki Hidrojeolojik Ortamların Toplam Statik Rezervi	162
Tablo 4.24 Türkiye Akarsu Havzalarındaki Hidrojeolojik Ortamların Toplam Hidrojeolojik Rezervi.....	163
Tablo 4.25 Türkiye Akarsu Havzalarındaki Hidrojeolojik Ortamların Toplam Mümkün Rezervi	164

Tablo 4.26 Türkiye Akarsu Havzaları Yeraltısuyu Rezervleri ve Havza Verimlilikleri	165
Tablo 4.27 İklim Modelleri – Senaryolarına Göre Türkiye Akarsu Havzalarında Mevcut Yeraltısuyu Mümkün Rezervinin Değişen Miktarları ve Değişim Oranları	170
Tablo 6.1 Pilot Havzalar Maruziyet Etki Değerleri	330
Tablo 6.2 İçme ve Kullanma Suyu İndisleri	330
Tablo 6.3 Tarım Sektörü İndisleri	331
Tablo 6.4 Sanayi Sektörü İndisleri	332
Tablo 6.5 Ekosistem Hizmetleri İndisleri	333
Tablo 6.6 Turizm Sektörü İndisleri	334
Tablo 6.7 Enerji Sektörü İndisleri	335
Tablo 6.8 Tekstil Alt Sektörü Ekonomik Değer İndisleri	336
Tablo 6.9 Büyük Menderes Havzası RCP4.5 ve RCP8.5 Senaryolarına göre Sektörel Etkilenebilirlik Analizi Sonuçları	337
Tablo 7.1 İçme ve Kullanma Suyu Sektörü için Önerilen Uyum Faaliyetlerinin Uygulanması ile Elde Edilecek Faydanın Tahmini	352
Tablo 7.2 Tarım Sektörü için Verimli Sulama Tekniklerinin Kullanılması Uyum Faaliyetinin Uygulanması için Gerekli Maliyetler	353
Tablo 7.3 Sanayi Sektörü için MET Kullanılması Uyum Faaliyetinin Uygulanması ile Elde Edilecek Faydanın Tahmini	353
Tablo 7.4 Kıyı Havzaları ve İç Havzalar	355
Tablo 8.1 Veri Grupları ve Parametreler	366
Tablo 8.2 Veri Tabanı Veri Hacmi Analizi	367
Tablo 8.3 Verilerin Mekansal ve Zamansal Çözünürlükleri	367

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1.1 Proje Kapsamında Yürütülen Çalışmalar	2
Şekil 2.1 Bölgesel Model Çalışma Alanları ve Topoğrafya (dıştaki alan 50 km çözünürlüğe ve içteki alan 10 km çözünürlüğe karşılık gelmektedir)	8
Şekil 2.2 Hidrolojik Modelin Alansal Bileşenleri.....	15
Şekil 2.3 Sektörel Etkilenebilirlik Metodolojisi Bileşenleri	23
Şekil 2.4 Sektörel Etkilenebilirlik Analizi Şematik Gösterimi	24
Şekil 3.1 Türkiye Geneli 1971-2000 Dönemi Gözlem ve Modellerin Ortalama Sıcaklık Mevsimsel Karşılaştırması (°C).....	28
Şekil 3.2 Türkiye Genelinde 1971-2000 Ortalama Sıcaklık 3 Model ve Gözlem Değerlerinin Referans Dönemi Mevsimsel Taylor Analizi	31
Şekil 3.3 Türkiye Geneli 1971-2000 Dönemi Gözlem ve Modellerin Toplam Yağış Mevsimsel Karşılaştırması	32
Şekil 3.4 Türkiye Geneli 1971-2000 Dönemi Gözlem ve Modellerin Toplam Yağış Anomali Mevsimsel Karşılaştırması	34
Şekil 3.5 Türkiye Genelinde 1971-2000 Toplam Yağış 3 Model ve Gözlem Referans Dönem Mevsimsel Taylor Analizi.....	36
Şekil 3.6 Referans Dönemi FD0, SU25 ve TX35 İndisleri için Gözlem ve Model Sonuçlarının Karşılaştırılması	38
Şekil 3.7 Referans Dönemi RX1,RX5, CDD, R25 ve R10 İndisleri için Gözlem Ve Model Sonuçlarının Karşılaştırılması	38
Şekil 3.8 Ortalama Sıcaklık Anomali Değerlerinin HadGEM2-ES Modeli RCP4.5 Senaryosu için 10'ar Yıllık Dönemlerde ve Mevsimlik Değişimi	40
Şekil 3.9 Ortalama Sıcaklık Anomali Değerlerinin MPI-ESM-MR Modeli RCP4.5 Senaryosu için 10'ar Yıllık Dönemlerde ve Mevsimlik Değişimi	41
Şekil 3.10 Ortalama Sıcaklık Anomali Değerlerinin CNRM-CM5.1 Modeli RCP4.5 Senaryosu için 10'ar Yıllık Dönemlerde ve Mevsimlik Değişimi	42
Şekil 3.11 Ortalama Sıcaklık Anomali Değerlerinin HadGEM2-ES Modeli RCP8.5 Senaryosu için 10'ar Yıllık Dönemlerde ve Mevsimlik Değişimi	43

Şekil 3.12 Ortalama Sıcaklık Anomali Değerlerinin MPI-ESM-MR Modeli RCP8.5 Senaryosu için 10'ar Yıllık Dönemlerde ve Mevsimlik Değişimi	44
Şekil 3.13 Ortalama Sıcaklık Anomali Değerlerinin CNRM-CM5.1 Modeli RCP8.5 Senaryosu için 10'ar Yıllık Dönemlerde ve Mevsimlik Değişimi	45
Şekil 3.14 Türkiye Genelinde Havzalar Üzerinde HadGEM2-ES Modeli Ortalama Sıcaklık Anomali Değerlerinin 30 Yıllık Ortalamaları	48
Şekil 3.15 Türkiye Genelinde Havzalar Üzerinde MPI-ESM-MR Modeli Ortalama Sıcaklık Anomali Değerlerinin 30 Yıllık Ortalamaları	49
Şekil 3.16 Türkiye Genelinde Havzalar Üzerinde CNRM-CM5.1 Modeli Ortalama Sıcaklık Anomali Değerlerinin 30 Yıllık Ortalamaları	50
Şekil 3.17 Toplam Yağış Anomali Değerlerinin HadGEM2-ES Modeli RCP4.5 Senaryosu için 10'ar Yıllık Dönemlerde ve Mevsimlik Değişimi	55
Şekil 3.18 Toplam Yağış Anomali Değerlerinin MPI-ESM-MR Modeli RCP4.5 Senaryosu için 10'ar Yıllık Dönemlerde ve Mevsimlik Değişimi	56
Şekil 3.19 Toplam Yağış Anomali Değerlerinin CNRM-CM5.1 Modeli RCP4.5 Senaryosu için 10'ar Yıllık Dönemlerde ve Mevsimlik Değişimi	57
Şekil 3.20 Toplam Yağış Anomali Değerlerinin HadGEM2-ES Modeli RCP8.5 Senaryosu için 10'ar Yıllık Dönemlerde ve Mevsimlik Değişimi	58
Şekil 3.21 Toplam Yağış Anomali Değerlerinin MPI-ESM-MR Modeli RCP8.5 Senaryosu için 10'ar Yıllık Dönemlerde ve Mevsimlik Değişimi	59
Şekil 3.22 Toplam Yağış Anomali Değerlerinin CNRM-CM5.1 Modeli RCP8.5 Senaryosu için 10'ar Yıllık Dönemlerde ve Mevsimlik Değişimi	60
Şekil 3.23 Türkiye Genelinde Havzalar Üzerinde HadGEM2-ES Modeli Toplam Yağış Anomali Değerlerinin 30 Yıllık Ortalamaları	65
Şekil 3.24 Türkiye Genelinde Havzalar Üzerinde MPI-ESM-MR Modeli Toplam Yağış Anomali Değerlerinin 30 Yıllık Ortalamaları	66
Şekil 3.25 Türkiye Genelinde Havzalar Üzerinde CNRM-CM5.1 Modeli Toplam Yağış Anomali Değerlerinin 30 Yıllık Ortalamaları	67
Şekil 3.26 HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR ve CNRM-CM5.1 Modelleri Don olan Günler (FD0) İklim İndisi Karşılaştırması (gün)	73

Şekil 3.27 HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR ve CNRM-CM5.1 Modelleri Yaz Günleri (SU25) İklim İndisi Karşılaştırması.....	74
Şekil 3.28 HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR ve CNRM-CM5.1 Modelleri Sıcak Hava Dalgası (WSDI) İklim İndisi Karşılaştırması	75
Şekil 3.29 HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR ve CNRM-CM5.1 Modelleri RX5 Maksimum Yağış ve RX1 Maksimum Yağış İklim İndisleri Karşılaştırması	76
Şekil 3.30 HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR ve CNRM-CM5.1 R20 Çok Şiddetli Yağışlı Gün Sayısı İklim İndisi Karşılaştırması.....	77
Şekil 3.31 HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR ve CNRM-CM5.1 Modelleri Ardışık Kurak Gün Sayısı (CDD) İklim İndisi Karşılaştırması	78
Şekil 4.1. Türkiye’de Nehir Havzaları.....	79
Şekil 4.2 Türkiye'nin Su Potansiyeli ve Dağılımı (İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisi ve Uyum Çalışma Grubu Raporu, 2013)	81
Şekil 4.3 Tüm Su Kullanımlarının Yıllara Göre Değişimi	86
Şekil 4.4. Sektörel Su Tüketimleri (Havza Yönetimi ve Su Bilgi Sistemi Çalışma Grubu Raporu, 2013)	87
Şekil 4.5. Sektörel Su Kullanımlarının Yıllara Göre Dağılım Öngörüsü	91
Şekil 4.6. Sektörel Su Kullanımlarının Yıllara Göre Değişim Tahminleri.....	91
Şekil 4.7 Türkiye Geneli Sabit Nüfus Projeksiyonları (Kış Nüfusu).....	93
Şekil 4.8 Türkiye Haritası Üzerinde Havza Gruplarının Gösterilmesi	97
Şekil 4.9 Havza/Althavza Alanı ile Anakol Uzunluğu İlişkisi	100
Şekil 4.10 Havza Alanı ile Havza Eğimi İlişkisi.....	101
Şekil 4.11 İklim Değişikliği Projeksiyonları RCP4.5 Senaryosuna göre Su Fazlası/Açığının Değişimi	106
Şekil 4.12 İklim Değişikliği Projeksiyonları RCP8.5 Senaryosuna göre Su Fazlası/Açığının Değişimi	107
Şekil 4.13 Hidrolojik Model Şeması	109
Şekil 4.14 Hidrolojik Proseslerin Modellenmesi Akış Diyagramı.....	110

Şekil 4.15 Türkiye Geneli için İklim Değişikliği Projeksiyonlarına göre Tahmin Edilen Mavi Suyun (Toplam Akış) 30 Yıllık Ortalamaları.....	115
Şekil 4.16 Türkiye Geneli için İklim Değişikliği Projeksiyonlarına göre Tahmin Edilen Yeşil Suyun (Zemin Nemi) 30 Yıllık Ortalamaları	116
Şekil 4.17. Türkiye Geneli Toplam Su Potansiyelinin İklim Değişikliği Projeksiyonlarına göre Yıllar içinde Değişimi.....	118
Şekil 4.18. Türkiye Geneli Yüzeysel Su Potansiyelinin İklim Değişikliği Projeksiyonlarına göre Yıllar içinde Değişimi.....	119
Şekil 4.19. Türkiye Geneli YAS Potansiyelinin İklim Değişikliği Projeksiyonlarına göre Yıllar içinde Değişimi.....	120
Şekil 4.20 Türkiye Geneli için İklim Projeksiyonları Senaryolarına göre Brüt ve Net Su Potansiyellerinin 30'ar Yıllık Karşılaştırılması	123
Şekil 4.21 Türkiye Geneli için İklim Projeksiyonları Senaryolarına göre Brüt Su Potansiyelinin Eklenik Olasılık Dağılım Fonksiyonlarını Gösteren S Eğrileri (2015-2040)	125
Şekil 4.22 Türkiye Geneli için İklim Projeksiyonları Senaryolarına göre Brüt Su Potansiyelinin Eklenik Olasılık Dağılım Fonksiyonlarını Gösteren S Eğrileri (2041-2070)	125
Şekil 4.23 Türkiye Geneli için İklim Projeksiyonları Senaryolarına göre Brüt Su Potansiyelinin Eklenik Olasılık Dağılım Fonksiyonlarını Gösteren S Eğrileri (2071-2100)	126
Şekil 4.24 Türkiye Geneli için İklim Projeksiyonları Senaryolarına göre 30'ar Yıllık Brüt Su Potansiyeli Haritası	129
Şekil 4.25 Türkiye Geneli için İklim Projeksiyonları HadGEM2-ES RCP4.5 Senaryolarına göre Havza Bazlı Brüt Su Potansiyellerinin Referans Dönemlerine Göre Yüzde Farklarını Gösteren Tematik Harita (2015-2040)	132
Şekil 4.26 Türkiye Geneli için İklim Projeksiyonları HadGEM2-ES RCP4.5 Senaryolarına göre Havza Bazlı Brüt Su Potansiyellerinin Referans Dönemlerine Göre Yüzde Farklarını Gösterir Tematik Harita (2041-2070).....	132
Şekil 4.27 Türkiye Geneli için İklim Projeksiyonları HadGEM2-ES RCP4.5 Senaryolarına göre Havza Bazlı Brüt Su Potansiyellerinin Referans Dönemlerine Göre Yüzde Farklarını Gösterir Tematik Harita (2071-2100).....	133

Şekil 4.28 Türkiye Geneli için İklim Projeksiyonları HadGEM2-ES RCP8.5 Senaryolarına göre Havza Bazlı Brüt Su Potansiyellerinin Referans Dönemlerine Göre Yüzde Farklarını Gösterir Tematik Harita (2015-2040).....	133
Şekil 4.29 Türkiye Geneli için İklim Projeksiyonları HadGEM2-ES RCP8.5 Senaryolarına göre Havza Bazlı Brüt Su Potansiyellerinin Referans Dönemlerine Göre Yüzde Farklarını Gösterir Tematik Harita (2041-2070).....	134
Şekil 4.30 Türkiye Geneli için İklim Projeksiyonları HadGEM2-ES RCP8.5 Senaryolarına göre Havza Bazlı Brüt Su Potansiyellerinin Referans Dönemlerine Göre Yüzde Farklarını Gösterir Tematik Harita (2071-2100).....	134
Şekil 4.31 Türkiye Geneli için İklim Projeksiyonları MPI-ESM-MR RCP4.5 Senaryolarına göre Havza Bazlı Brüt Su Potansiyellerinin Referans Dönemlerine Göre Yüzde Farklarını Gösterir Tematik Harita (2015-2040).....	136
Şekil 4.32 Türkiye Geneli için İklim Projeksiyonları MPI-ESM-MR RCP4.5 Senaryolarına göre Havza Bazlı Brüt Su Potansiyellerinin Referans Dönemlerine Göre Yüzde Farklarını Gösterir Tematik Harita (2041-2070).....	136
Şekil 4.33 Türkiye Geneli için İklim Projeksiyonları MPI-ESM-MR RCP4.5 Senaryolarına göre Havza Bazlı Brüt Su Potansiyellerinin Referans Dönemlerine Göre Yüzde Farklarını Gösterir Tematik Harita (2071-2100).....	137
Şekil 4.34 Türkiye Geneli için İklim Projeksiyonları MPI-ESM-MR RCP8.5 Senaryolarına göre Havza Bazlı Brüt Su Potansiyellerinin Referans Dönemlerine Göre Yüzde Farklarını Gösterir Tematik Harita (2015-2040).....	137
Şekil 4.35 Türkiye Geneli için İklim Projeksiyonları MPI-ESM-MR RCP8.5 Senaryolarına göre Havza Bazlı Brüt Su Potansiyellerinin Referans Dönemlerine Göre Yüzde Farklarını Gösterir Tematik Harita (2041-2070).....	138
Şekil 4.36 Türkiye Geneli için İklim Projeksiyonları MPI-ESM-MR RCP8.5 Senaryolarına göre Havza Bazlı Brüt Su Potansiyellerinin Referans Dönemlerine Göre Yüzde Farklarını Gösterir Tematik Harita (2071-2100).....	138
Şekil 4.37 Türkiye Geneli için İklim Projeksiyonları CNRM-CM5.1 RCP4.5 Senaryolarına göre Havza Bazlı Brüt Su Potansiyellerinin Referans Dönemlerine Göre Yüzde Farklarını Gösterir Tematik Harita (2015-2040).....	139

Şekil 4.38 Türkiye Geneli için İklim Projeksiyonları CNRM-CM5.1 RCP4.5 Senaryolarına göre Havza Bazlı Brüt Su Potansiyellerinin Referans Dönemlerine Göre Yüzde Farklarını Gösterir Tematik Harita (2041-2070)	139
Şekil 4.39 Türkiye Geneli için İklim Projeksiyonları CNRM-CM5.1 RCP4.5 Senaryolarına göre Havza Bazlı Brüt Su Potansiyellerinin Referans Dönemlerine Göre Yüzde Farklarını Gösterir Tematik Harita (2071-2100)	140
Şekil 4.40 Türkiye Geneli için İklim Projeksiyonları CNRM-CM5.1 RCP8.5 Senaryolarına göre Havza Bazlı Brüt Su Potansiyellerinin Referans Dönemlerine Göre Yüzde Farklarını Gösterir Tematik Harita (2015-2040)	140
Şekil 4.41 Türkiye Geneli için İklim Projeksiyonları CNRM-CM5.1 RCP8.5 Senaryolarına göre Havza Bazlı Brüt Su Potansiyellerinin Referans Dönemlerine Göre Yüzde Farklarını Gösterir Tematik Harita (2041-2070)	141
Şekil 4.42 Türkiye Geneli için İklim Projeksiyonları CNRM-CM5.1 RCP8.5 Senaryolarına göre Havza Bazlı Brüt Su Potansiyellerinin Referans Dönemlerine Göre Yüzde Farklarını Gösterir Tematik Harita (2071-2100)	141
Şekil 4.43 Türkiye Geneli için İklim Projeksiyonları HadGEM2-ES RCP4.5 Senaryolarına göre Havza Bazlı Su Fazlası/Açığı GÖsterir Tematik Harita (2015-2040)	145
Şekil 4.44 Türkiye Geneli için İklim Projeksiyonları HadGEM2-ES RCP4.5 Senaryolarına göre Havza Bazlı Su Fazlası/Açığı GÖsterir Tematik Harita (2041-2070)	146
Şekil 4.45 Türkiye Geneli için İklim Projeksiyonları HadGEM2-ES RCP4.5 Senaryolarına göre Havza Bazlı Su Fazlası/Açığı GÖsterir Tematik Harita (2071-2100)	146
Şekil 4.46 Türkiye Geneli için İklim Projeksiyonları HadGEM2-ES RCP8.5 Senaryolarına göre Havza Bazlı Su Fazlası/Açığı GÖsterir Tematik Harita (2015-2040)	146
Şekil 4.47 Türkiye Geneli için İklim Projeksiyonları HadGEM2-ES RCP8.5 Senaryolarına göre Havza Bazlı Su Fazlası/Açığı GÖsterir Tematik Harita (2041-2070)	147
Şekil 4.48 Türkiye Geneli için İklim Projeksiyonları HadGEM2-ES RCP8.5 Senaryolarına göre Havza Bazlı Su Fazlası/Açığı GÖsterir Tematik Harita (2071-2100)	147
Şekil 4.49 Türkiye Geneli için İklim Projeksiyonları MPI-ESM-MR RCP4.5 Senaryolarına göre Havza Bazlı Su Fazlası/Açığı GÖsterir Tematik Harita (2015-2040)	148
Şekil 4.50 Türkiye Geneli için İklim Projeksiyonları MPI-ESM-MR RCP4.5 Senaryolarına 300	149

Şekil 4.51 Türkiye Geneli için İklim Projeksiyonları MPI-ESM-MR RCP4.5 Senaryolarına göre Havza Bazlı Su Fazlası/Açığı GÖsterir Tematik Harita (2071-2100)	149
Şekil 4.52 Türkiye Geneli için İklim Projeksiyonları MPI-ESM-MR RCP8.5 Senaryolarına göre Havza Bazlı Su Fazlası/Açığı GÖsterir Tematik Harita (2015-2040)	150
Şekil 4.53 Türkiye Geneli için İklim Projeksiyonları MPI-ESM-MR RCP8.5 Senaryolarına göre Havza Bazlı Su Fazlası/Açığı GÖsterir Tematik Harita (2041-2070)	150
Şekil 4.54 Türkiye Geneli için İklim Projeksiyonları MPI-ESM-MR RCP8.5 Senaryolarına göre Havza Bazlı Su Fazlası/Açığı GÖsterir Tematik Harita (2071-2100)	151
Şekil 4.55 Türkiye Geneli için İklim Projeksiyonları CNRM-CM5.1 RCP4.5 Senaryolarına göre Havza Bazlı Su Fazlası/Açığı GÖsterir Tematik Harita (2015-2040)	151
Şekil 4.56 Türkiye Geneli için İklim Projeksiyonları CNRM-CM5.1 RCP4.5 Senaryolarına göre Havza Bazlı Su Fazlası/Açığı GÖsterir Tematik Harita (2041-2070)	152
Şekil 4.57 Türkiye Geneli için İklim Projeksiyonları CNRM-CM5.1 RCP4.5 Senaryolarına göre Havza Bazlı Su Fazlası/Açığı GÖsterir Tematik Harita (2071-2100)	152
Şekil 4.58 Türkiye Geneli için İklim Projeksiyonları CNRM-CM5.1 RCP8.5 Senaryolarına göre Havza Bazlı Su Fazlası/Açığı GÖsterir Tematik Harita (2015-2040)	153
Şekil 4.59 Türkiye Geneli için İklim Projeksiyonları CNRM-CM5.1 RCP8.5 Senaryolarına göre Havza Bazlı Su Fazlası/Açığı GÖsterir Tematik Harita (2041-2070)	153
Şekil 4.60 Türkiye Geneli için İklim Projeksiyonları CNRM-CM5.1 RCP8.5 Senaryolarına göre Havza Bazlı Su Fazlası/Açığı GÖsterir Tematik Harita (2071-2100)	154
Şekil 4.61 Proje Kapsamında Esas Alınan Ana Kaynak Niteliğindeki 1974 Tarihli 1/500.000 Ölçekli DSİ Türkiye Hidrojeoloji Haritası	155
Şekil 4.62 “Serbest ± Basıncılı” Nitelikteki Taneli Ortam Sutaşlıları (TS, Tb ; Akifer) ve Yarısutaşlılarının (ts, tb ; Akitard) Türkiye’deki Yayılımı.	159
Şekil 4.63 “Serbest ± Basıncılı” Nitelikteki Kaya Ortam Sutaşlıları (KS, KB ; Akifer) ve Yarısutaşlılarının (ks, kb ; Akitard) Türkiye’deki Yayılımı.	159
Şekil 4.64 “Serbest ± Basıncılı” Nitelikteki Taneli ve Kaya Ortam Sutaşlıları (TS, TB, KS, KB ; Akifer) ile Yarısutaşlılarının (ts, tb, ks, kb ; Akitard) Türkiye’deki Yayılımı.	160
Şekil 4.65 Türkiye Akarsu Havzaları Yeraltısuyu Potansiyelinin “Dinamik, Statik, Hidrojeolojik, Mümkün Rezervler” Türünde Dağılımı	166

Şekil 4.66 Türkiye Akarsu Havzaları Yeraltısuyu Potansiyelinin “Havza Hidrojeolojik Ortam Verimlilik Oranı” Dağılımı ve “Yeraltısuyu Hidrojeolojik ve Mümkün Rezerv” Durumu	167
Şekil 4.67 Türkiye Akarsu Havzalarının Mümkün Rezerv ve Havza Verimliliği Karşılaştırması	167
Şekil 4.68 İklim Modellerine – Senaryolarına Göre Türkiye Yeraltısuyu Hidrojeolojik Rezervinde Öngörülen Değişim Eğilimi	169
Şekil 4.69 HadGEM2-ES Küresel İklim Modeli’ne Göre Türkiye Yeraltısuyu Mümkün Rezervi’nin Havzalar Bazında İklimsel Değişim Oranı	172
Şekil 4.70 MPI-ESM-MR Küresel İklim Modeli’ne Göre Türkiye Yeraltısuyu Mümkün Rezervi’nin Havzalar Bazında İklimsel Değişim Oranı	173
Şekil 4.71 CNRM-CM5.1 Küresel İklim Modeli’ne Göre Türkiye Yeraltısuyu Mümkün Rezervi’nin Havzalar Bazında İklimsel Değişim Etkisi Oranı.....	174
Şekil 5.1 RCP4.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Sıcaklık Anomali Değerleri-Meriç-Ergene Havzası	177
Şekil 5.2 RCP8.5 Senaryosuna Göre Modeller Bazında Sıcaklık Anomali Değerleri-Meriç-Ergene Havzası	177
Şekil 5.3 RCP4.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Yağış Anomali Değerleri-Meriç-Ergene Havzası	178
Şekil 5.4 RCP8.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Yağış Anomali Değerleri-Meriç-Ergene Havzası	178
Şekil 5.5 Meriç-Ergene Havzası için İklim Projeksiyonları RCP4.5 Senaryosuna göre Brüt ve Net Su Potansiyellerinin Karşılaştırılması.....	180
Şekil 5.6 Meriç-Ergene Havzası için İklim Projeksiyonları RCP8.5 Senaryosuna göre Brüt ve Net Su Potansiyellerinin Karşılaştırılması.....	180
Şekil 5.7 Ergene Nehri Mansabı 30’ar Yıllık Projeksiyon Dönemleri için Elde Edilen Ortalama Debi Değerleri.....	182
Şekil 5.8 RCP4.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Sıcaklık Anomali Değerleri - Marmara Havzası.....	184
Şekil 5.9 RCP8.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Sıcaklık Anomali Değerleri - Marmara Havzası.....	184

Şekil 5.10 RCP4.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Yağış Anomali Değerleri - Marmara Havzası.....	185
Şekil 5.11 RCP8.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Yağış Anomali Değerleri - Marmara Havzası.....	185
Şekil 5.12 Marmara Havzası için İklim Projeksiyonları RCP4.5 Senaryosuna göre Brüt ve Net Su Potansiyellerinin Karşılaştırılması	186
Şekil 5.13 Marmara Havzası için İklim Projeksiyonları RCP8.5 Senaryosuna göre Brüt ve Net Su Potansiyellerinin Karşılaştırılması	187
Şekil 5.14 RCP4.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Sıcaklık Anomali Değerleri-Susurluk Havzası.....	190
Şekil 5.15 RCP8.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Sıcaklık Anomali Değerleri-Susurluk Havzası.....	190
Şekil 5.16 RCP4.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Yağış Anomali Değerleri-Susurluk Havzası.....	191
Şekil 5.17 RCP8.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Yağış Anomali Değerleri-Susurluk Havzası.....	191
Şekil 5.18 Susurluk Havzası için İklim Projeksiyonları RCP4.5 Senaryosuna göre Brüt ve Net Su Potansiyellerinin Karşılaştırılması	192
Şekil 5.19 Susurluk Havzası için İklim Projeksiyonları RCP8.5 Senaryosuna göre Brüt ve Net Su Potansiyellerinin Karşılaştırılması	193
Şekil 5.20 Kocasu Mansabı 30'ar Yıllık Projeksiyon Dönemleri için Elde Edilen Ortalama Debi Değerleri	194
Şekil 5.21 RCP4.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Sıcaklık Anomali Değerleri -Kuzey Ege Havzası	196
Şekil 5.22 RCP8.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Sıcaklık Anomali Değerleri -Kuzey Ege Havzası	196
Şekil 5.23 RCP4.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Yağış Anomali Değerleri - Kuzey Ege Havzası	197
Şekil 5.24 RCP8.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Yağış Anomali Değerleri - Kuzey Ege Havzası	197

Şekil 5.25 Kuzey Ege Havzası için İklim Projeksiyonları RCP4.5 Senaryosuna göre Brüt ve Net Su Potansiyellerinin Karşılaştırılması.....	198
Şekil 5.26 Kuzey Ege Havzası için İklim Projeksiyonları RCP8.5 Senaryosuna göre Brüt ve Net Su Potansiyellerinin Karşılaştırılması.....	199
Şekil 5.27 RCP4.5 Senaryosuna Göre Modeller Bazında Sıcaklık Anomali Değerleri -Gediz Havzası.....	201
Şekil 5.28 RCP8.5 Senaryosuna Göre Modeller Bazında Sıcaklık Anomali Değerleri -Gediz Havzası.....	202
Şekil 5.29 RCP4.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Yağış Anomali Değerleri- Gediz Havzası.....	202
Şekil 5.30 RCP8.5 Senaryosuna Göre Modeller Bazında Yağış Anomali Değerleri- Gediz Havzası.....	203
Şekil 5.31 Gediz Havzası için İklim Projeksiyonları RCP4.5 Senaryosuna göre Brüt ve Net Su Potansiyellerinin Karşılaştırılması.....	204
Şekil 5.32 Gediz Havzası için İklim Projeksiyonları RCP8.5 Senaryosuna göre Brüt ve Net Su Potansiyellerinin Karşılaştırılması.....	204
Şekil 5.33 Gediz Nehri Mansabı 30'ar Yıllık Projeksiyon Dönemleri için Elde Edilen Ortalama Debi Değerleri.....	205
Şekil 5.34 RCP4.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Sıcaklık Anomali Değerleri-Küçük Menderes Havzası	207
Şekil 5.35 RCP8.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Sıcaklık Anomali Değerleri -Küçük Menderes Havzası	208
Şekil 5.36 RCP4.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Yağış Anomali Değerleri- Küçük Menderes Havzası	208
Şekil 5.37 RCP8.5 Senaryosuna Göre Modeller Bazında Yağış Anomali Değerleri - Küçük Menderes Havzası	209
Şekil 5.38 Küçük Menderes Havzası için İklim Projeksiyonları RCP4.5 Senaryosuna göre Brüt ve Net Su Potansiyellerinin Karşılaştırılması.....	210
Şekil 5.39 Küçük Menderes Havzası için İklim Projeksiyonları RCP8.5 Senaryosuna göre Brüt ve Net Su Potansiyellerinin Karşılaştırılması.....	210

Şekil 5.40 Küçük Menderes Nehri Mansabı 30'ar Yıllık Projeksiyon Dönemleri için Elde Edilen Ortalama Debi Değerleri.....	212
Şekil 5.41 RCP4.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Sıcaklık Anomali Değerleri- Büyük Menderes Havzası	214
Şekil 5.42 RCP8.5 Senaryosuna Göre Modeller Bazında Sıcaklık Anomali Değerleri - Büyük Menderes Havzası	214
Şekil 5.43 RCP4.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Yağış Anomali Değerleri- Büyük Menderes Havzası	215
Şekil 5.44 RCP8.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Yağış Anomali Değerleri- Büyük Menderes Havzası	215
Şekil 5.45 Büyük Menderes Havzası için İklim Projeksiyonları RCP4.5 Senaryosuna göre Brüt ve Net Su Potansiyellerinin Karşılaştırılması.....	216
Şekil 5.46 Büyük Menderes Havzası için İklim Projeksiyonları RCP8.5 Senaryosuna göre Brüt ve Net Su Potansiyellerinin Karşılaştırılması.....	217
Şekil 5.47 Aşağı Büyük Menderes Nehri Mansabı 30'ar Yıllık Projeksiyon Dönemleri için Elde Edilen Ortalama Debi Değerleri.....	218
Şekil 5.48 RCP4.5 Senaryosuna Göre Modeller Bazında Sıcaklık Anomali Değerleri - Batı Akdeniz Havzası	220
Şekil 5.49 RCP8.5 Senaryosuna Göre Modeller Bazında Sıcaklık Anomali Değerleri - Batı Akdeniz Havzası	220
Şekil 5.50 RCP4.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Yağış Anomali Değerleri - Batı Akdeniz Havzası	221
Şekil 5.51 RCP8.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Yağış Anomali Değerleri - Batı Akdeniz Havzası	221
Şekil 5.52 Batı Akdeniz Havzası için İklim Projeksiyonları RCP4.5 Senaryosuna göre Brüt ve Net Su Potansiyellerinin Karşılaştırılması.....	222
Şekil 5.53 Batı Akdeniz Havzası için İklim Projeksiyonları RCP8.5 Senaryosuna göre Brüt ve Net Su Potansiyellerinin Karşılaştırılması.....	222
Şekil 5.54 RCP4.5 Senaryosuna Göre Modeller Bazında Sıcaklık Anomali Değerleri - Antalya Havzası.....	225

Şekil 5.55 RCP8.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Sıcaklık Anomali Değerleri - Antalya Havzası.....	225
Şekil 5.56 RCP4.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Yağış Anomali Değerleri - Antalya Havzası.....	226
Şekil 5.57 RCP8.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Yağış Anomali Değerleri- Antalya Havzası.....	226
Şekil 5.58 Antalya Havzası için İklim Projeksiyonları RCP4.5 Senaryosuna göre Brüt ve Net Su Potansiyellerinin Karşılaştırılması	227
Şekil 5.59 Antalya Havzası için İklim Projeksiyonları RCP8.5 Senaryosuna göre Brüt ve Net Su Potansiyellerinin Karşılaştırılması	228
Şekil 5.60 RCP4.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Sıcaklık Anomali Değerleri - Burdur Havzası.....	231
Şekil 5.61 RCP8.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Sıcaklık Anomali Değerleri- Burdur Havzası.....	231
Şekil 5.62 RCP4.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Yağış Anomali Değerleri - Burdur Havzası.....	231
Şekil 5.63 RCP8.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Yağış Anomali Değerleri- Burdur Havzası.....	232
Şekil 5.64 Burdur Havzası için İklim Projeksiyonları RCP4.5 Senaryosuna göre Brüt ve Net Su Potansiyellerinin Karşılaştırılması	233
Şekil 5.65 Burdur Havzası için İklim Projeksiyonları RCP8.5 Senaryosuna göre Brüt ve Net Su Potansiyellerinin Karşılaştırılması	233
Şekil 5.66 RCP4.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Sıcaklık Anomali Değerleri - Akarçay Havzası.....	237
Şekil 5.67 RCP8.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Sıcaklık Anomali Değerleri -Akarçay Havzası.....	237
Şekil 5.68 RCP4.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Yağış Anomali Değerleri - Akarçay Havzası.....	238
Şekil 5.69 RCP8.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Yağış Anomali Değerleri -Akarçay Havzası.....	238

Şekil 5.70 Akarçay Havzası için İklim Projeksiyonları RCP4.5 Senaryosuna göre Brüt ve Net Su Potansiyellerinin Karşılaştırılması	239
Şekil 5.71 Akarçay Havzası için İklim Projeksiyonları RCP8.5 Senaryosuna göre Brüt ve Net Su Potansiyellerinin Karşılaştırılması	240
Şekil 5.72 Akarçay Deresi Mansabı 30'ar Yıllık Projeksiyon Dönemleri için Elde Edilen Ortalama Debi Değerleri	241
Şekil 5.73 RCP4.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Sıcaklık Anomali Değerleri-Sakarya Havzası.....	243
Şekil 5.74 RCP8.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Sıcaklık Anomali Değerleri-Sakarya Havzası.....	244
Şekil 5.75 RCP4.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Yağış Anomali Değerleri - Sakarya Havzası.....	244
Şekil 5.76 RCP8.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Yağış Anomali Değerleri - Sakarya Havzası.....	244
Şekil 5.77 Sakarya Havzası için İklim Projeksiyonları RCP4.5 Senaryosuna göre Brüt ve Net Su Potansiyellerinin Karşılaştırılması	245
Şekil 5.78 Sakarya Havzası için İklim Projeksiyonları RCP8.5 Senaryosuna göre Brüt ve Net Su Potansiyellerinin Karşılaştırılması	246
Şekil 5.79 Sakarya Nehri Mansabı 30'ar Yıllık Projeksiyon Dönemleri için Elde Edilen Ortalama Debi Değerleri	247
Şekil 5.80 RCP4.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Sıcaklık Anomali Değerleri - Batı Karadeniz Havzası.....	249
Şekil 5.81 RCP8.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Sıcaklık Anomali Değerleri- Batı Karadeniz Havzası.....	249
Şekil 5.82 RCP4.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Yağış Anomali Değerleri - Batı Karadeniz Havzası.....	250
Şekil 5.83 RCP8.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Yağış Anomali Değerleri - Batı Karadeniz Havzası.....	250
Şekil 5.84 Batı Karadeniz Havzası için İklim Projeksiyonları RCP4.5 Senaryosuna göre Brüt ve Net Su Potansiyellerinin Karşılaştırılması	251

Şekil 5.85 Batı Karadeniz Havzası için İklim Projeksiyonları RCP8.5 Senaryosuna göre Brüt ve Net Su Potansiyellerinin Karşılaştırılması	251
Şekil 5.86 Filyos Çayı Mansabı 30'ar Yıllık Projeksiyon Dönemleri için Elde Edilen Ortalama Debi Değerleri	253
Şekil 5.87 RCP4.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Sıcaklık Anomali Değerleri- Yeşilirmak Havzası	255
Şekil 5.88 RCP8.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Sıcaklık Anomali Değerleri- Yeşilirmak Havzası	255
Şekil 5.89 RCP4.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Yağış Anomali Değerleri - Yeşilirmak Havzası	256
Şekil 5.90 RCP8.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Yağış Anomali Değerleri - Yeşilirmak Havzası	256
Şekil 5.91 Yeşilirmak Havzası için İklim Projeksiyonları RCP4.5 Senaryosuna göre Brüt ve Net Su Potansiyellerinin Karşılaştırılması	258
Şekil 5.92 Yeşilirmak Havzası için İklim Projeksiyonları RCP8.5 Senaryosuna göre Brüt ve Net Su Potansiyellerinin Karşılaştırılması	258
Şekil 5.93 Yeşilirmak Nehri Mansabı 30'ar Yıllık Projeksiyon Dönemleri için Elde Edilen Ortalama Debi Değerleri	259
Şekil 5.94 RCP4.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Sıcaklık Anomali Değerleri- Kızılırmak Havzası	261
Şekil 5.95 RCP8.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Sıcaklık Anomali Değerleri- Kızılırmak Havzası	261
Şekil 5.96 RCP4.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Yağış Anomali Değerleri - Kızılırmak Havzası	262
Şekil 5.97 RCP8.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Yağış Anomali Değerleri- Kızılırmak Havzası	262
Şekil 5.98 Kızılırmak Havzası için İklim Projeksiyonları RCP4.5 Senaryosuna göre Brüt ve Net Su Potansiyellerinin Karşılaştırılması	264
Şekil 5.99 Kızılırmak Havzası için İklim Projeksiyonları RCP8.5 Senaryosuna göre Brüt ve Net Su Potansiyellerinin Karşılaştırılması	264

Şekil 5.100 Kızılırmak Nehri Mansabı 30'ar Yıllık Projeksiyon Dönemleri için Elde Edilen Ortalama Debi Değerleri	265
Şekil 5.101 RCP4.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Sıcaklık Anomali Değerleri- Konya Kapalı Havzası.....	267
Şekil 5.102 RCP8.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Sıcaklık Anomali Değerleri- Konya Kapalı Havzası.....	267
Şekil 5.103 RCP4.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Yağış Anomali Değerleri- Konya Kapalı Havzası.....	268
Şekil 5.104 RCP8.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Yağış Anomali Değerleri- Konya Kapalı Havzası.....	268
Şekil 5.105 Konya Kapalı Havzası için İklim Projeksiyonları RCP4.5 Senaryosuna göre Brüt ve Net Su Potansiyellerinin Karşılaştırılması	269
Şekil 5.106 Konya Kapalı Havzası için İklim Projeksiyonları RCP8.5 Senaryosuna göre Brüt ve Net Su Potansiyellerinin Karşılaştırılması	270
Şekil 5.107 RCP4.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Sıcaklık Anomali Değerleri - Doğu Akdeniz Havzası	273
Şekil 5.108 RCP8.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Sıcaklık Anomali Değerleri - Doğu Akdeniz Havzası	273
Şekil 5.109 RCP4.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Yağış Anomali Değerleri - Doğu Akdeniz Havzası	274
Şekil 5.110 RCP8.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Yağış Anomali Değerleri- Doğu Akdeniz Havzası	274
Şekil 5.111 Doğu Akdeniz Havzası için İklim Projeksiyonları RCP4.5 Senaryosuna göre Brüt ve Net Su Potansiyellerinin Karşılaştırılması	275
Şekil 5.112 Doğu Akdeniz Havzası için İklim Projeksiyonları RCP8.5 Senaryosuna göre Brüt ve Net Su Potansiyellerinin Karşılaştırılması	276
Şekil 5.113 Göksu Nehri Mansabı 30'ar Yıllık Projeksiyon Dönemleri için Elde Edilen Ortalama Debi Değerleri	277
Şekil 5.114 RCP4.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Sıcaklık Anomali Değerleri - Seyhan Havzası.....	279

Şekil 5.115 RCP8.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Sıcaklık Anomali Değerleri - Seyhan Havzası.....	280
Şekil 5.116 RCP4.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Yağış Anomali Değerleri - Seyhan Havzası.....	280
Şekil 5.117 RCP8.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Yağış Anomali Değerleri - Seyhan Havzası.....	280
Şekil 5.118 Seyhan Havzası için İklim Projeksiyonları RCP4.5 Senaryosuna göre Brüt ve Net Su Potansiyellerinin Karşılaştırılması	281
Şekil 5.119 Seyhan Havzası için İklim Projeksiyonları RCP8.5 Senaryosuna göre Brüt ve Net Su Potansiyellerinin Karşılaştırılması	282
Şekil 5.120 Karaçay Mansabı 30'ar Yıllık Projeksiyon Dönemleri için Elde Edilen Ortalama Debi Değerleri.....	283
Şekil 5.121 RCP4.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Sıcaklık Anomali Değerleri- Asi Havzası.....	285
Şekil 5.122 RCP8.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Sıcaklık Anomali Değerleri- Asi Havzası.....	285
Şekil 5.123 RCP4.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Yağış Anomali Değerleri- Asi Havzası.....	286
Şekil 5.124 RCP8.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Yağış Anomali Değerleri- Asi Havzası.....	286
Şekil 5.125 Asi Havzası için İklim Projeksiyonları RCP4.5 Senaryosuna göre Brüt ve Net Su Potansiyellerinin Karşılaştırılması.....	287
Şekil 5.126 Asi Havzası için İklim Projeksiyonları RCP8.5 Senaryosuna göre Brüt ve Net Su Potansiyellerinin Karşılaştırılması.....	288
Şekil 5.127 Asi Nehri Mansabı 30'ar Yıllık Projeksiyon Dönemleri için Elde Edilen Ortalama Debi Değerleri.....	289
Şekil 5.128 RCP4.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Sıcaklık Anomali Değerleri- Ceyhan Havzası.....	291
Şekil 5.129 RCP8.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Sıcaklık Anomali Değerleri- Ceyhan Havzası.....	291

Şekil 5.130 RCP4.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Yağış Anomali Değerleri- Ceyhan Havzası.....	292
Şekil 5.131 RCP8.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Yağış Anomali Değerleri- Ceyhan Havzası.....	292
Şekil 5.132 Ceyhan Havzası için İklim Projeksiyonları RCP4.5 Senaryosuna göre Brüt ve Net Su Potansiyellerinin Karşılaştırılması	293
Şekil 5.133 Ceyhan Havzası için İklim Projeksiyonları RCP8.5 Senaryosuna göre Brüt ve Net Su Potansiyellerinin Karşılaştırılması	294
Şekil 5.134 Ceyhan Nehri Mansabı 30'ar Yıllık Projeksiyon Dönemleri için Elde Edilen Ortalama Debi Değerleri	295
Şekil 5.135 RCP4.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Sıcaklık Anomali Değerleri- Fırat-Dicle Havzası	297
Şekil 5.136 RCP8.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Sıcaklık Anomali Değerleri- Fırat-Dicle Havzası	297
Şekil 5.137 RCP4.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Yağış Anomali Değerleri- Fırat-Dicle Havzası	298
Şekil 5.138 RCP8.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Yağış Anomali Değerleri- Fırat-Dicle Havzası	298
Şekil 5.139. Fırat- Havzası için İklim Projeksiyonları RCP4.5 Senaryosuna göre Brüt ve Net Su Potansiyellerinin Karşılaştırılması	299
Şekil 5.140. Fırat Havzası için İklim Projeksiyonları RCP8.5 Senaryosuna göre Brüt ve Net Su Potansiyellerinin Karşılaştırılması	300
Şekil 5.141. Dicle Havzası için İklim Projeksiyonları RCP4.5 Senaryosuna göre Brüt ve Net Su Potansiyellerinin Karşılaştırılması	300
Şekil 5.142. Dicle Havzası için İklim Projeksiyonları RCP8.5 Senaryosuna göre Brüt ve Net Su Potansiyellerinin Karşılaştırılması	301
Şekil 5.143 Fırat Nehri Mansabı 30'ar Yıllık Projeksiyon Dönemleri için Elde Edilen Ortalama Debi Değerleri.....	303
Şekil 5.144 Dicle Nehri Mansabı 30'ar Yıllık Projeksiyon Dönemleri için Elde Edilen Ortalama Debi Değerleri.....	303

Şekil 5.145 RCP4.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Sıcaklık Anomali Değerleri- Doğu Karadeniz Havzası	305
Şekil 5.146 RCP8.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Sıcaklık Anomali Değerleri- Doğu Karadeniz Havzası	306
Şekil 5.147 RCP4.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Yağış Anomali Değerleri- Doğu Karadeniz Havzası	306
Şekil 5.148 RCP8.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Yağış Anomali Değerleri- Doğu Karadeniz Havzası	307
Şekil 5.149 Doğu Karadeniz Havzası için İklim Projeksiyonları RCP4.5 Senaryosuna göre Brüt ve Net Su Potansiyellerinin Karşılaştırılması	308
Şekil 5.150 Doğu Karadeniz Havzası için İklim Projeksiyonları RCP8.5 Senaryosuna göre Brüt ve Net Su Potansiyellerinin Karşılaştırılması	308
Şekil 5.151 RCP4.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Sıcaklık Anomali Değerleri- Çoruh Havzası	311
Şekil 5.152 RCP8.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Sıcaklık Anomali Değerleri- Çoruh Havzası	311
Şekil 5.153 RCP4.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Yağış Anomali Değerleri- Çoruh Havzası	312
Şekil 5.154 RCP8.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Yağış Anomali Değerleri- Çoruh Havzası	312
Şekil 5.155 Çoruh Havzası için İklim Projeksiyonları RCP4.5 Senaryosuna göre Brüt ve Net Su Potansiyellerinin Karşılaştırılması	313
Şekil 5.156 Çoruh Havzası için İklim Projeksiyonları RCP8.5 Senaryosuna göre Brüt ve Net Su Potansiyellerinin Karşılaştırılması	313
Şekil 5.157 Çoruh Nehri Mansabı 30'ar Yıllık Projeksiyon Dönemleri için Elde Edilen Ortalama Debi Değerleri	315
Şekil 5.158 RCP4.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Sıcaklık Anomali Değerleri- Aras Havzası	317
Şekil 5.159 RCP8.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Sıcaklık Anomali Değerleri- Aras Havzası	317

Şekil 5.160 RCP4.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Yağış Anomali Değerleri- Aras Havzası.....	318
Şekil 5.161 RCP8.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Yağış Anomali Değerleri- Aras Havzası.....	318
Şekil 5.162 Aras Havzası için İklim Projeksiyonları RCP4.5 Senaryosuna göre Brüt ve Net Su Potansiyellerinin Karşılaştırılması.....	319
Şekil 5.163 Aras Havzası için İklim Projeksiyonları RCP8.5 Senaryosuna göre Brüt ve Net Su Potansiyellerinin Karşılaştırılması.....	320
Şekil 5.164 Aras Nehri Mansabı 30'ar Yıllık Projeksiyon Dönemleri için Elde Edilen Ortalama Debi Değerler.....	321
Şekil 5.165 RCP4.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Sıcaklık Anomali Değerleri- Van Gölü Havzası	323
Şekil 5.166 RCP8.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Sıcaklık Anomali Değerleri - Van Gölü Havzası	323
Şekil 5.167 RCP4.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Yağış Anomali Değerleri - Van Gölü Havzası	324
Şekil 5.168 RCP8.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Yağış Anomali Değerleri - Van Gölü Havzası	324
Şekil 5.169 Van Gölü Havzası için İklim Projeksiyonları RCP4.5 Senaryosuna göre Brüt ve Net Su Potansiyellerinin Karşılaştırılması.....	325
Şekil 5.170 Van Gölü Havzası için İklim Projeksiyonları RCP8.5 Senaryosuna göre Brüt ve Net Su Potansiyellerinin Karşılaştırılması.....	326
Şekil 6.1 RCP4.5 Senaryosuna göre Tarım Sektörü Etkilenebilirlik Seviyeleri	338
Şekil 6.2 RCP8.5 Senaryosuna göre Sanayi Sektörü Etkilenebilirlik Seviyeleri.....	338
Şekil 6.3 Büyük Menderes Havzası RCP4.5 Senaryosuna göre Sektörlerin Etkilenebilirlik Seviyelerinin Karşılaştırılması	340
Şekil 6.4 Büyük Menderes Havzası RCP8.5 Senaryosuna göre Sektörlerin Etkilenebilirlik Seviyelerinin Karşılaştırılması	340
Şekil 6.5 Ceyhan Havzası RCP4.5 Senaryosuna göre Sektörlerin Etkilenebilirlik Seviyelerinin Karşılaştırılması	342

Şekil 6.6 Ceyhan Havzası RCP8.5 Senaryosuna göre Sektörlerin Etkilenebilirlik Seviyelerinin Karşılaştırılması	342
Şekil 6.7 Meriç-Ergene Havzası RCP4.5 Senaryosuna göre Sektörlerin Etkilenebilirlik Seviyelerinin Karşılaştırılması	343
Şekil 6.8 Meriç-Ergene Havzası RCP8.5 Senaryosuna göre Sektörlerin Etkilenebilirlik Seviyelerinin Karşılaştırılması	344
Şekil 7.1 Türkiye'nin Kıyı ve İç Havzaları	355
Şekil 8.1. İklim Su Veri Tabanı Sistem Mimarisi	368

EK LİSTESİ

EK 1	:Çalışma Metodolojisi
EK 2	:Türkiye İklim Değişikliği Projeksiyonları
EK 3	:Meriç-Ergene Havzası
EK 4	:Marmara Havzası
EK 5	:Susurluk Havzası
EK 6	:Kuzey Ege Havzası
EK 7	:Gediz Havzası
EK 8	:Küçük Menderes Havzası
EK 9	:Büyük Menderes Havzası
EK 10	:Batı Akdeniz Havzası
EK 11	:Antalya Havzası
EK 12	:Burdur Havzası
EK 13	:Akarçay Havzası
EK 14	:Sakarya Havzası
EK 15	:Batı Karadeniz Havzası
EK 16	:Yeşilirmak Havzası
EK 17	:Kızılırmak Havzası
EK 18	:Konya Kapalı Havzası
EK 19	:Doğu Akdeniz Havzası
EK 20	:Seyhan Havzası
EK 21	:Asi Havzası
EK 22	:Ceyhan Havzası
EK 23	:Fırat-Dicle Havzası
EK 24	:Doğu Karadeniz Havzası
EK 25	:Çoruh Havzası
EK 26	:Aras Havzası
EK 27	:Van Gölü Havzası
EK 28	:Suyun Sektörlere Etkisi
EK 29	:Uyum Faaliyetleri
EK 30	:İklim Su Veri Tabanı

KISALTMALAR

AGİ	: Akım Gözlem İstasyonu
BATS	: Biyosfer Atmosfer Transfer Şeması
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemi
CMIP5	: Coupled Model Intercomparison Project Phase 5 (Birleşik Model Karşılaştırma Projesi)
CNRM-CM5.1	: Centre National de Recherches Météorologiques-Model Version 5.1
DEM	: Dijital Elevation Model (Dijital Yükseklik Modeli)
DSİ	: Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü
ECMWF	: European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (Avrupa Orta Vade Hava Tahmin Merkezi)
ED50	: Avrupa Datumu 1950
GIS	: Geospatial Information System
GLCC	: Global Land Cover Characterization (Küresel Arazi Kullanımı Karakterizasyonu)
HADGEM2-ES	: Hadley Centre Global Environment Model Version 2 (Hadley Merkez Küresel Çevre Modeli 2.Versiyon)
HEC-RAS	: Hydrologic Engineering Centers River Analysis System
HKEP	: Havza Koruma Eylem Planları
ICTP	: International Centre for Theoretical Physics (Uluslararası Teorik Fizik Merkezi)
IPCC	: International Panel on Climate Change (Hükümetlerarası İklim Değişikliği Panel)
IPSL	: L'Institut Pierre Simon Laplace
IQR	: Interquartile Range (Çeyrek Değerler Aralığı)
İTÜ	: İstanbul Teknik Üniversitesi
İVT	: İklim Su Veri Tabanı
MGM	: Meteoroloji Genel Müdürlüğü
MPI-ESM	: Max Planck Institute – Earth System Model
MSE	: Ortalama Karekök Hataları
MTA	: Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü
NCAR	: National Center for Atmospheric Research
NCAR CCM3	: National Center for Atmospheric Research Community Climate Model 3
OYF	: Olasılık Yoğunluk Fonksiyonu
PRISM	: Parameter-Elevation Relationships on Independent Slopes Model (Parametre Yükseklik İlişkisi Bağımsız Eğim Modeli)
RCP	: Representative Concentration Pathways (Temsili Konsantrasyon Rotaları)
RegCM	: Regional Climate Model (Bölgesel İklim Modeli)
SRES	: The Special Report on Emissions Scenarios (Emisyon Senaryoları Üzerine Özel Rapor)
SWAT	: Soil and Water Assessment Tool
TEFER	: Türkiye Sel ve Deprem Acil Yardım Projesi
TÜBİTAK MAM	: Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu Marmara Araştırma Merkez
USGS	: United States Geological Survey (Amerika Birleşik Devletleri Jeolojik Tetkik)
UTM	: Universal Transverse Mercator
WEAP	: Water Evaluation and Planning System
WRF	: Weather Research and Forecasting Model
YAS	: Yeraltı Suyu

1. GİRİŞ

1.1 Projenin Amacı

İklim değışikliği; uzun süreli hava olaylarında meydana gelen ani, şiddetli ve önemli değışimlerdir ve insan kaynaklı faaliyetlerdeki artışa bağlı olarak, günümüzde daha yoğun bir şekilde hissedilmektedir. Hükümetlerarası İklim Değişimi Paneli (IPCC) Beşinci Değerlendirme Raporuna göre 20. yüzyılın ortalarından itibaren atmosferde meydana gelen ısınmanın büyük bir bölümü insan faaliyetlerine dayalı olarak sera gazı konsantrasyonlarında gözlenen artıştan kaynaklanmıştır (IPCC, 2014). Bunun neticesi olarak küresel sıcaklık son 150 yıl içerisinde yaklaşık 0,8°C yükselmiş ve yükselmeye de devam etmektedir. Artan sera gazı emisyonları sebebiyle küresel ısınma dünyanın pek çok bölgesinde su kaynaklarının dağılımında değışikliklere yol açmış, küresel ve bölgesel hidrolojik döngüler iklim değışikliğinden büyük ölçüde etkilenmiştir (Brutsaert & Parlange, 1998; Solomon, ve diğerleri, 2007; Hagemann, ve diğerleri, 2013; Dufresne, ve diğerleri, 2013). Sanayileşme öncesine göre sıcaklıklarda 2°C'lik artışın aşılması küresel ölçekte insan ve doğa sistemleri için tehlikeli riskleri giderek arttırmaktadır.

Türkiye üzerinde iklim değışimi çeşitli yönleri ile pek çok farklı çalışmada da değendirilmiştir. Gerek yapılan analizler gerekse geleceğe yönelik tahmin çalışmalarının büyük çoğunluğu en önemli iklim parametreleri olan sıcaklık, yağış ve ekstrem olaylar üzerine odaklanmıştır. (Kadioğlu, 1997; Şen Z. , 1997; Türkeş, 1998; Türkeş, 1999; Önal & diğ., 2006; Önal & Semazzi, 2009) (Bozkurt & diğ., 2011; Demir, 2011; Önal, 2012; Ünal & diğ., 2012; Toros, 2012; Şen & diğ., 2013; Kurnaz, 2014). (Karaca & diğ., 2000; Tan & Ünal, 2003; Önal & Ünal, 2003; Ünal Y. , 2006; Ünal & Menten, 2006; Ünal & diğ., 2010) (Ünal & diğ., 2013). İklim projeksiyonları sıcaklık artışlarının içinde bulunduğumuz yüzyılın sonuna kadar çok daha yükseleceğini ortaya koymaktadır. Bu projeksiyonların tamamına yakın kısmı Güney Avrupa ve Akdeniz Havzasında yağışların gelecekte önemli oranlarda azalacağını da işaret etmektedir. Bu nedenle Güneydoğu Avrupa ve Doğu Akdeniz bölgesinde yer alan Türkiye'nin iklim değışikliğinin su kaynaklarına etkisinin değendirilmesi açısından, geleceğe yönelik projeksiyonların sofistike modellerle gerçekleştirilerek hassas sonuçların elde edilmesi büyük önem arz etmektedir.

İklim değışikliği öncelikli olarak sıcaklıklardaki artış ve küresel ısınma olarak düşünülse de, iklim değışikliği kaynaklı etkilerin en önemlileri yağış rejiminin değışmesi nedeniyle gerçekleşecek etkilerdir. Hidrolojik sistem dünyadaki iklim koşullarından doğrudan ve dolaylı

olarak etkilenmektedir. Sıcaklıklardaki değişiklik evapotranspirasyon hızını, bulut karakteristiğini, toprak nemini, fırtına şiddetini ve kar yağış ve erime rejimlerini etkilemektedir.

Aynı zamanda yağışlardaki değişimler taşkın ve kuraklık olaylarının zaman ve şiddetinde ve yüzeysel akış rejimi, yeraltına sızan su miktarı, bitki deseni ve büyüme hızlarında değişikliğe yol açmaktadır (Ragab & Prudhomme, 2002).

Türkiye 25 hidrolojik havzaya bölünmüş olup bu havzalara temel teşkil eden su, hayati ve toplumsal öneme sahip bir kaynaktır. Su açısından dünyanın yarı-kurak bir bölgesinde bulunan Türkiye'nin yağış rejimi, mevsimlere ve bölgelere göre büyük farklılıklar göstermekte olup, bazı akarsu havzalarında su ihtiyaçlarının, kaynakların potansiyelini aşmış durumda olduğu görülmektedir. Bununla birlikte Türkiye'de iklim değişikliğinden kaynaklanan yaz sıcaklıklarının artması, kış yağışlarının azalması (özellikle batı illerinde), yüzey sularının kaybı, kuraklıkların sıklaşması, toprağın bozulması, kıyılarda erozyon, taşkın ve su baskınları gibi etkiler doğrudan su kaynaklarının varlığını tehdit etmektedir (T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2011). Bu nedenle Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, Taşkın ve Kuraklık Yönetimi Dairesi Başkanlığı, "İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisi Projesi" ile iklim değişikliğinin yüzeysel ve yeraltı sularına su havzaları bazında etkisinin tespitini ve uyum faaliyetlerinin belirlenmesini amaçlamıştır.

1.2 Projenin Kapsamı

Projenin uygulama alanı tüm Türkiye'yi kapsayan 25 nehir havzası olup, projeksiyon dönemi 2015 ve 2100 yılları arasındadır. Proje kapsamında gerçekleştirilen çalışmalar Şekil 1.1 ile listelenmiştir.



Şekil 1.1 Proje Kapsamında Yürütülen Çalışmalar

Projeksiyon çalışmalarının ilk aşaması olan iklim projeksiyonları kapsamında, Tüm Türkiye'yi kapsayacak şekilde, Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC)'nin 5. Değerlendirme Raporu'nun tabanını oluşturan CMIP5 arşivinden seçilmiş üç küresel modelin çıktıları ve RCP4.5 ve RCP8.5 salım senaryoları ile RegCM4.3 bölgesel iklim modeli çalıştırılmıştır. Model simülasyonları aracılığı ile toplam 11 parametre ve ekstrem durumları temsil eden 17 iklim indisine ait projeksiyonlar tüm havzalar ölçeğinde oluşturulmuş, incelenen parametrelerin 1971-2000 yılı simülasyonları olarak kabul edilen referans dönemine göre 2100 yılına kadar farkları 10'ar ve 30'ar yıllık dönemler için mevsimlik ve yıllık ortalamalar halinde hesaplanmıştır. İlk kez bu projede Türkiye için 10x10 km çözünürlükte 3 küresel iklim modeli sonuçları elde edilmiştir.

Projeksiyon çalışmalarının ikinci aşaması olan hidrolojik projeksiyonlar kapsamında, Türkiye'de ilk kez tüm havzaların su potansiyellerinin ortak hidrolojik model ile hesaplanması sağlanmıştır. İklim modellerinin çıktılarıyla hidrolojik modeller çalıştırılarak, yağış değerleri akış değerlerine çevrilmiş, tüm havzalarda yüzey ve yer altı su kaynaklarının mevcut durumu ve projekte edilen dönemler için tahmin edilen durumu dikkate alınarak su potansiyeli modelleme/hesaplama çalışması gerçekleştirilmiştir.

Hidrojeolojik çalışmalar kapsamında havza bazında akifer ortamları jeolojik ve hidrojeolojik olarak tanımlanmış, yeraltı su seviyesi gözlemleri, mevcut ve planlanan kuyu bilgileri gibi özellikler havza ölçeğinde değerlendirilerek mevcut yer altı suyu potansiyeli hesaplanmıştır. Mevcut yeraltı su potansiyeli verileri ile iklim değişikliği projeksiyonları sonucunda değişen yağış, buharlaşma ve sıcaklık verileri eklenerek projeksiyon dönemi için havzalar özelinde yeraltı su potansiyeli miktarları hesaplanmıştır. Türkiye'nin statik yeraltı suyu rezervi ilk defa bu proje kapsamında hesaplanmıştır. Dinamik ve statik rezervin birlikte değerlendirilmesi ile yeraltı su seviyesindeki olası değişimler öngörülebilmektedir.

Projeksiyon çalışmalarının son aşamasında hidrolik modelleme yaklaşımı kullanılarak akış değerleri havzadaki belirleyici nehir sistemi boyunca ve yan kollarındaki su seviyesi değerlerine çevrilmiştir. Bunu takiben havzadaki belirleyici nehir sistemi boyunca ve yan kollarındaki yüzey su kapasitesi belirlenmiştir.

Sektörel etki analizi çalışmaları kapsamında Türkiye'de iklim değişikliğinin içmesuyu, tarım, sanayi, ekosistem, turizm ve enerji ana sektörleri üzerinde etkilerinin analizi için metodoloji geliştirilmiştir. Sektörler için etkilenme seviyelerinin sayısallaştırılmasını sağlayan bir değerlendirme sistematiği oluşturulmuştur. Pilot havza olarak seçilen üç havza özelinde iklim değişikliği projeksiyonları dikkate alınarak suyun sektörlere etkisi analiz uygulanmış olup,

havzaların her sektörden etkilenme şiddeti “az etki, orta etki, yüksek etki, çok yüksek etki” kategorileri dikkate alınarak tespit edilmiştir.

Uyum faaliyetlerinin belirlenmesi çalışmasında tüm havzalar göz önünde bulundurularak iklim değişikliğinin su kaynaklarına olumsuz etkilerinin bertarafı için yağmur suyu hasadı, su fiyatlandırması, kapalı sulama sistemleri vb. çeşitli uyum faaliyetleri önerileri geliştirilmiştir. Bu kapsamda toplam 138 uyum faaliyeti incelenmiş olup, içme ve kullanma suyu, tarım, sanayi ana sektörlerinin her biri için en az üç faaliyet detaylı olarak değerlendirilmiştir.

Proje kapsamında üretilen tüm sonuçlar CBS uygulamasına sahip web tabanlı İklim-Su Veri Tabanına işlenmiştir. Böylece proje çıktılarının sürdürülebilirliği ve benzer projelerde değerlendirilebilmesi sağlanmıştır.

İklim değişikliği projeksiyonlarının, ülkemizin 2100 yılına kadar olan iklim projeksiyonuna ve havzaların su potansiyellerine çeşitli parametreler bazında etkilerinin değerlendirildiği Proje Nihai Raporu tek cilt ve 30 ekten oluşmakta ve 930 günlük proje süresince üretilen veri ve değerlendirme çalışmalarının tümünü kapsamaktadır. Proje süresince elde edilen tüm sonuçlar ve yapılan değerlendirmeler işbu Nihai Rapor ile özetlenmekte, proje kapsamında üretilen tüm raporlar ek ciltler halinde sunulmaktadır.

2. ÇALIŞMA METODOLOJİSİ

2.1 İklim Değişikliği Projeksiyon Çalışmalarına İlişkin Metodoloji

Proje kapsamında yapılan model simülasyonları 10'ar ve 30'ar yıllık dönemler halinde ortalama sıcaklık ve toplam yağış parametrelerinden oluşmaktadır. Bölgesel modelin bileşenlerinin dengeye ulaşması için gereken simülasyon zamanı dikkate alınarak 1971-2000 yılı simülasyonları referans dönemi olarak alınmıştır. MPI-ESM-MR dışındaki yer sistem model kupleleri 1960 yılından başlayarak yapılmıştır. RCP4.5 ve RCP8.5 temsili konsantrasyon rotaları için elde edilen gelecek iklim simülasyonları 1971-2000 referans dönemine göre değerlendirilmiştir. İncelenen parametrelerin referans dönemine göre 2100 yılına kadar farkları 10'ar yıllık dönemler için mevsimlik ve yıllık ortalamalar (yağış için yıllık toplam) halinde hesaplanmıştır. Bu kapsamda, RegCM4.3 bölgesel iklim modelinin başlangıç ve sınır koşullarını oluşturan HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR ve CNRM-CM5.1 yer sistem modellerinin günümüz koşullarına tekabül eden simülasyonları referans dönemindeki 30 yıllık periyot için ve gelecek simülasyonları ise her 10 yıllık periyot bazında tüm Türkiye için ve rapor kapsamındaki 25 havza için değerlendirilmiştir.

Öncelikle referans periyodu için CMIP5 veri tabanındaki üç yer sistem modelinden elde edilen başlangıç ve sınır koşulları kullanılarak önce 50 km, daha sonra 10 km için iklim simülasyonları gerçekleştirilmiştir. Kullanılan metodolojiye ait ayrıntılı adımlar aşağıdaki bölümlerde verilmiştir.

2.1.1 Temsili Konsantrasyon Rotaları (RCP)

Temsili konsantrasyon rotaları (RCP) 5. Değerlendirme Raporu (AR5) için IPCC tarafından adapte edilen dört sera gazına ait konsantrasyon yörüngeleridir. Diğer bir deyişle temsili konsantrasyon rotaları, yeryüzünün radyasyon dengesini bozan emisyonlara ait konsantrasyon yörüngeleri için oluşturulan senaryolardır. Radyatif zorlama seviyeleri ve rotalarına göre dört tip RCP tanımlanmıştır. Bu senaryolar aynı zamanda IPCC'nin 5. Değerlendirme Raporu için adapte edilen dört sera gazının konsantrasyon rotalarıdır (Moss & diğ., 2010). Bu dört senaryo 2100 yılında ne kadar sera gazının yayılacağını göz önüne alarak gelecek iklimi açıklar. Söz konusu dört RCP senaryosu 2100 yılında sanayi devrimi öncesine göre radyatif zorlanmanın olası değerlerini göz önüne alan +2,6, +4,5, +6,0, ve +8,5 W/m² referanslı RCP2.6, RCP4.5, RCP6 ve RCP8.5'dan oluşur. RCP8.5, RCP6 ve RCP4.5 senaryoları 2100 yılında ulaşılacak radyatif zorlamayı ifade etmektedir. Örneğin RCP2.6

senaryosu 2100 yılı öncesinde 3 W/m²'lik ve 2100 yılında ise 2,6 W/m²'lik bir radyatif zorlamaya karşı gelir.

Tablo 2.1 sanayi devrimi seviyeleri üzerinde medyan sıcaklık anomalisi ve en yakın sıcaklık anomalisine göre SRES kıyaslamalarını göstermektedir (Rogelj & diğ., 2012). Buna göre 2150 yılı için RCP4.5 senaryosu, CO₂ seviyesi olarak 650 ppm'e, 2,4°C sıcaklık anomalisine ve böylece SRES B1 senaryosuna karşı gelmektedir. RCP8.5 senaryosu ise CO₂ seviyesi olarak 1370 ppm'e, 4,9°C sıcaklık anomalisine ve SRES A1F1 senaryosuna karşı gelmektedir.

Proje kapsamında, iki farklı gelecek senaryosu olan RCP4.5 ve RCP8.5 kullanılmıştır. RCP2.6 günümüz sera gazı miktarları baz alındığında gerçekleşmesi mümkün olmayan bir senaryodur. Diğer senaryolar arasında RCP4.5 en iyimser senaryo olarak görülmektedir. Senaryolar içerisinde ekstrem durumu ise RCP8.5 temsil etmektedir.

Tablo 2.1 Sanayi Devrimi Seviyeleri Üzerinde Medyan Sıcaklık Anomalisi ve En Yakın Sıcaklık Anomalisine Göre SRES Kıyaslamaları (Rogelj & diğ., 2012).

İsim	Radyatif Zorlama (W/m ²)	CO ₂ Eşdeğeri (ppm)	Sıcaklık Anomalisi (°C)	Rota	SRES Sıcaklık Anomalisi Eşdeğeri
RCP8.5	8,5	1370	4,9	Yükselişte	SRES A1F1
RCP6.0	6	850	3,0	Stabilizasyon	SRES B2
RCP4.5	4,5	650	2,4	Stabilizasyon	SRES B1
RCP2.6	3 ve 2,6	490	1,5	Pik değerler ve iniş	

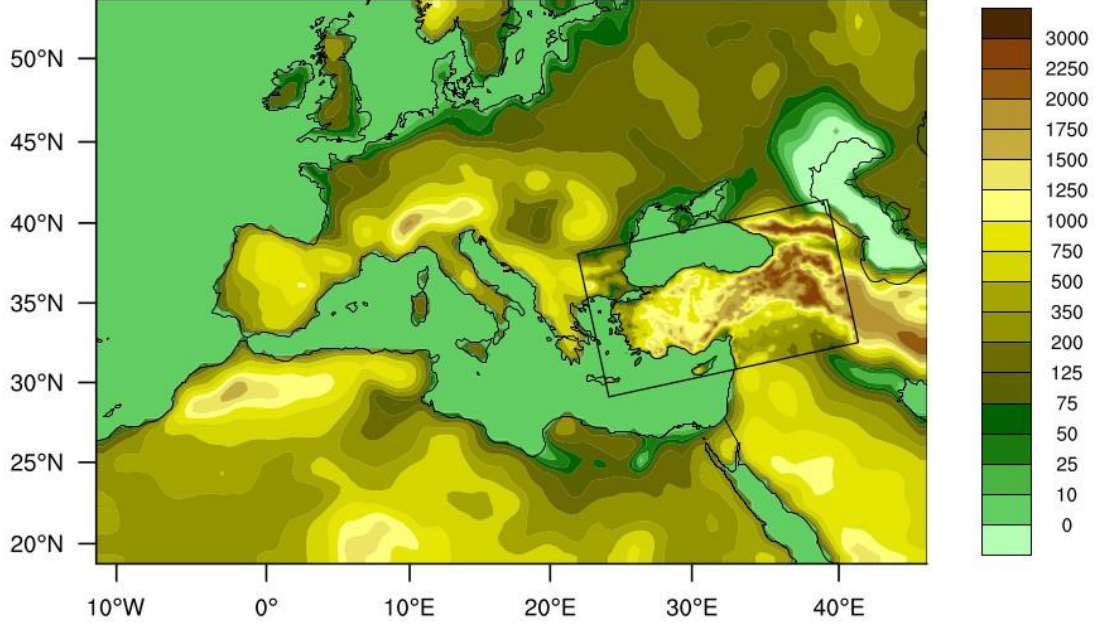
2.1.2 Modelleme Metodolojisi

Küresel model çıktılarının lokal etki çalışmaları için kullanılması küçük atmosferik süreçlerin temsil edilememesi nedeniyle mümkün değildir. Çünkü küresel iklim/yer sistemleri modellerinde çözünürlüğün yüzlerce kilometreyi bulması bu model çıktılarında belirsizlikleri de beraberinde getirir. Bu sorun, bölge iklim senaryosunu daha hassas yapıda oluşturan iklim değerlendirmelerine imkan vermek üzere ölçek küçültülerek aşılabilir. Ölçek küçültme, bir bölgesel iklim modelinin yardımıyla (dinamik ölçek küçültme) ya da istatistiki bir model yoluyla (istatistiki ölçek küçültme) küresel modellerdeki geniş ölçekli bilgilerin istasyon verilerine ilişkilendirilmesi ile yapılabilir. İstatistik ve dinamik ölçek küçültmeye yönelik ayrıntılar EK 1 Bölüm 1.1 içinde yer almaktadır.

Küresel iklim modelleri tek başına kullanıldıklarında lokal iklim değişimlerini değerlendirmede yeterli bulunmamaktadırlar (Giorgi & Mearns, 1999), (Aldrian & diğ., 2004). Mezoölçek zorlamanın önem kazandığı karmaşık alanlarda, birkaç yüz kilometre çözünürlüklü küresel model simülasyonlarının daha yüksek çözünürlüğe sahip bölgesel iklim modellerini besleyerek lokal iklim değişimlerini ayrıntılı bir şekilde değerlendirme imkanı bulunabilmektedir. Özellikle etki çalışmaları için bu tip bir yaklaşıma ihtiyaç vardır. Bu anlamda proje kapsamında, 10 km gibi yüksek çözünürlükte iklim benzeşimlerinin yapılabilmesi için, önce 50 km çözünürlükteki simülasyon sonuçları elde edilmiş ve bu sonuçlar başlangıç ve sınır koşulları olarak alınıp 10 km'lik çözünürlükte çözümler üretilmiştir. Bu çalışmada, bölgesel iklim modeli RegCM4.3 kullanılmıştır. Türkiye ve civarı için RegCM modeli ile yapılan geçmiş çalışmalar göz önüne alınarak model fizik opsiyonları seçilmiştir.

Proje kapsamında öncelikle referans periyodu için CMIP5 veri tabanından seçilen HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR ve CNRM-CM5.1 yer sistem modellerinin 10x10 km çözünürlüğe sahip referans dönemi iklim simülasyonları gerçekleştirilmiştir. Küresel modelin referans dönemi simülasyonları gözlem verileri kullanılarak yapılan simülasyonlarla karşılaştırılarak, küresel modelin iklim simülasyonlarındaki yanlılığı araştırılmıştır. Küresel İklim Modellerinin 2100 yılında $4,5 \text{ W/m}^2$ ve $8,5 \text{ W/m}^2$ iklim zorlamalarına karşı gelen RCP4.5 ve RCP8.5 temsili konsantrasyon rotalarına dayanan simülasyonlarıyla kuple edilen RegCM4.3 bölgesel iklim modeli ile 2015-2100 yılları arasında gelecek iklim simülasyonları elde edilmiştir.

Hem 50 km hem de 10 km çözünürlükteki model alanları, bölge üzerinde sınırdan gelen küresel sirkülasyonlarla yerel etkileşimlerin olmasını sağlayacak genişlikte seçilmiştir. Ayrıca model etki alanlarının (50 km ve 10 km) sınırları, denizler ve ya sert topoğrafik değişimlerin olmadığı bölgeler üzerinden geçecek şekilde tasarlanmıştır. Şekil 2.1 ile 50 km için dıştaki, 10 km için içteki olmak üzere seçilen alanlar gösterilmektedir. Tasarlanan çalışma alanı üzerindeki gridlere ait yükselti bilgileri USGS (Amerika Birleşik Devletleri Jeolojik Tetkik) ve arazi kullanımı/bitki örtüsü GLCC (Küresel Arazi Kullanımı Karakterizasyonu) veri seti kullanılarak belirlenmiştir. Topoğrafik yükseklik verileri 60, 30, 10, 5, 3, 2 dakika çözünürlüğe sahip olup, tasarlanan model çözünürlüğüne bağlı olarak uygun topoğrafya ve arazi kullanım verisi atanmıştır.



Şekil 2.1 Bölgesel Model Çalışma Alanları ve Topoğrafya (dıştaki alan 50 km çözünürlüğe ve içteki alan 10 km çözünürlüğe karşılık gelmektedir)

2.1.3 Yer Sistem Modelleri

Dinamik bitki örtüsü, okyanus biyolojisi ve atmosfer kimyası süreçlerini içeren yer sistem modelleri, fiziksel iklim ile etkileşimde bulunan biyokimyasal süreçleri temsil eden ve bu nedenle insan kaynaklı sera gazı emisyonları ile ilişkili olan zorlama ile etkileşebilen küresel iklim modelleridir (Flato, 2011). Başlangıçta enerji dengesi ve radyatif transferin matematik modelleri yardımıyla basit analog modeller gibi kavramsal modeller ile ortaya çıkan iklim modelleri, 1990'lı yıllardan itibaren başlayarak tüm iklim sisteminin giderek daha kapsamlı bir şekilde içerildiği birleşik model anlayışına doğru geliştirilmektedirler. Günümüzde bir yer sistem modelinin herhangi bir fiziksel bileşenini değerlendirmesi giderek daha kapsamlı ve sofistike hale gelmektedir. 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 model bulunmaktadır.

Gelecek iklim senaryosunun gerçekleştirilmesinde, çok sayıda küresel iklim modeli arasından bir kaçını 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 iyi bir konsensüs oluşturması bakımından yapılır. Proje kapsamında CMIP5 arşivinden seçilmiş üç küresel modelin çıktılarıyla bir bölgesel iklim modelinin çalıştırılmıştır. Proje kapsamında kullanılan yer sistem modelleri HadGEM2-ES (Hadley Center Global Environment Model), MPI-ESM-

MR (Max Planck Institute – Earth System Model) ve CNRM-CM5.1 (Centre National de Recherches Météorologiques-Model Version 5.1) (Voldoire, & diğ., 2013) olarak belirlenmiştir. HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR ve CNRM-CM5.1 yer sistem modelleri ile ilgili bilgi ve değerlendirmelere Ek 1 Bölüm 1.1’de yer verilmiştir.

2.1.4 Bölgesel İklim Modeli – RegCM4.3

Mezoölçek zorlamanın önemli olduğu bölgelerde, birkaç yüz kilometre çözünürlüklü küresel model simülasyonlarının yüksek çözünürlüğe sahip bölgesel iklim modelleri ile desteklenerek lokal iklim değişimleri detaylı bir şekilde değerlendirilebilmektedir.

Proje kapsamında ICTP (International Centre for Theoretical Physics) tarafından geliştirilmesi halen sürdürülen bölgesel iklim modeli RegCM4.3 kullanılmıştır. ICTP Regional Climate Model RegCM hidrostatik, sıkıştırılabilir ve arazi takip eden σ -koordinat sistemine yer verir. Başlangıçta NCAR Atmosferik Araştırmalar Ulusal Merkezi’nde geliştirilen RegCM bölgesel iklim modeli (Giorgi; diğ., 1993a; Giorgi & diğ., 1993b) daha sonra ICTP ESP Yer Sistem Fiziği bölümünde oluşturulmuştur. Arazinin düz olduğu bölgelerde iklim modellerinin çözünürlüğü çok sorun yaratmaz, ancak Türkiye gibi karmaşık topoğrafyanın hakim olduğu bölgelerde çözünürlük son derece önem kazanır.

RegCM modelinde göz önüne alınan sınır tabaka türbülans etkileri ve bununla ilgili düşey taşınım (Holtslag & diğ., 1990) tarafından geliştirilmiştir. RegCM4.3 radyasyon şeması olarak NCAR CCM3, Community Climate Model 3 (Kiehl & diğ., 1996) kullanır. Konvektif yağış modülü (Grell, 1993) tarafından geliştirilmiştir (ICTP, 2014). Türkiye ve civarı için RegCM modeli ile yapılan geçmiş çalışmalar göz önüne alınarak model fizik opsiyonları ve konfigürasyonları seçilmiştir.

İklim değişikliği projeksiyonlarının doğrulanması, çeşitli istatistiksel yöntemler kullanılarak referans yıllarına ait sonuçların meteorolojik gözlemler ile karşılaştırılması yoluyla yapılmıştır. Bu sorgulamalarda hem meteorolojik istasyon gözlemleri hem de 10x10 km çözünürlüğe interpolate edilen gözlemler kullanılmıştır. Aşağıdaki bölümlerde, söz konusu gözlem verilerinin istasyonlara göre doluluk oranları, sınıflandırılması, gözlem sıklığı vb. bulguların değerlendirilmesi, model grid alanlarına taşınımı ve enterpolasyonu ve enterpole edilmiş veriler üzerinden yapılan mevsimsel değerlendirmelere yer verilmiştir.

2.1.4.1 Gözlem Verileri ve İstasyon Verilerinin Doluluk Oranları

Proje kapsamında yapılan modelleme çalışmasının başlangıç aşamasında, modellerin referans yılları için 10 km yatay çözünürlükteki iklim simülasyonları Meteoroloji Genel Müdürlüğü gözlem ağı içerisinde yer alan meteoroloji istasyon gözlemleriyle

karşılaştırılmıştır. Bu veriler doğrulama işlemlerinde kullanılmadan önce süreklilik ve gerçekleşen gözlem sayısı bakımından değerlendirmeye tabi tutulmuştur. Bu işlemler sonucunda her bir parametrenin farklı gözlem sıklığı ve sayısına sahip olduğu görülmüştür. Ortaya çıkan farklılıklar öncelikle gözlem yapılan istasyonların günlük klima, sinoptik ve otomatik gözlem istasyonu olmak üzere farklı türde oluşu ve buna paralel olarak da her istasyonda her parametrenin ölçülmemesinden kaynaklanmaktadır.

2007 yılında başlayan Türkiye Sel ve Deprem Acil Yardım Projesi (TEFER) projesi kapsamında MGM meteoroloji gözlem ağına eklenen istasyonlar ile toplam istasyon sayısı ve ölçümlerin dağılımı Türkiye'yi bir bütün olarak daha iyi temsil eder duruma gelmiştir. Toplam olarak 276 farklı istasyon belirlenirken, meteoroloji değişkenlerin ölçüldüğü istasyon sayılarında farklılıklar bulunmaktadır. Örneğin ortalama sıcaklık, minimum ve maksimum sıcaklık, yağış ve kar su eşdeğeri 276 istasyonun tamamında gözlenirken, basınç 252, rüzgar 231, kar kalınlığı 266 ve radyasyon ölçümleri 164 istasyonda gerçekleştirilmiştir. Veri boşluklarının 1961-2013 dönemi için belirlenmesi esnasında seçilen istasyonların faal olup olmadıkları dikkate alınmamış, sadece o zaman döneminde veri sağlayıp sağlamadığı dikkate alınmıştır.

Türkiye genelinde günlük meteorolojik gözlem sayılarının 1960-2013 periyodu içerisindeki değişiminde dikkati çeken en önemli durum, 1970 öncesi gözlem sayılarının son derece düşük olmasıdır. Gözlem istasyon sayısındaki değişkenlik otomatik gözlem istasyonlarının sisteme entegrasyonu sürecinden dolayıdır. Bu değişimden Türkiye'de otomatik gözlem istasyonlarının son yıllarda giderek genel gözlem ağı içerisindeki ağırlığının artmakta olduğu da anlaşılmaktadır. Doğrulama çalışmaları sırasında istasyon verilerinin model gridlerine enterpolasyonu ve grid bazında testlerin yapılması amaçlanmıştır. Bu işlemlerin en doğru şekilde yapılabilmesi için istasyon koordinatlarının grid noktalarından çok uzağa düşmemesi ve veri sürekliliğinin yüksek olması gerekmektedir. Aksi takdirde enterpolasyon nümerik olarak mümkün olsa dahi yüzlerce kilometre uzaktaki bir istasyonun farklı irtifa, karasallık, kara-deniz etkileşimleri gibi özellikleri taşınması mümkün olmadığından temsili olmamıştır.

Küresel modellerin günümüz koşulları simülasyonlarının doğruluk analizleri için gözlem ağı büyük önem arz etmektedir. Teknik Şartname'de Referans Dönemi olarak 1961-1990 dönemi belirtilmiştir. Ancak son 10 yıl içerisinde bilimsel yazında ve iklim değişimi çalışmalarında referans dönemi 1971-2000 yılları olarak seçilmektedir. Bu durum hem gözlemlerin ve hem de model simülasyonlarının güvenilirliği arttırmaktadır. Enterpolasyon için istasyonda ölçülen verinin %80'inin referans periyodu içerisinde var olması şartı aranmıştır. Gözlemlerdeki eksiklikler, özellikle Güneydoğu Anadolu Bölgesi'ndeki istasyonlarda yoğunlaşmaktadır.

Ayrıca dağlık veya yerleşimin az olduğu bölgelerde istasyonların bulunmaması temsiliyet problemi yaratmaktadır. Dolayısıyla istasyon verilerinin gözlem sıklığı, yapılan enterpolasyon sonuçlarına da yansımaktadır. Tüm parametrelerin değerlendirilmesi EK 1 Bölüm 1.1 ile sunulmuştur.

2.1.4.2 Gözlem Verilerinin 10 km'lik Gridlere Taşınması ve Doğrulaması

Ulusal Meteoroloji Servislerine ait meteoroloji İstasyonları düzensiz bir şekilde kurulurlar. Ancak özellikle model amaçlı iklim araştırmalarında bu istasyonlardan sağlanan gözlem verilerinin doğrudan kullanımı çeşitli sorunlara yol açar. Bu nedenle meteorolojik gözlem verilerinin ölçüldüğü istasyonlardan, bunların grid noktalarına taşınması sağlanır. Bu gerekli ve önemli bir işlemdir. Böylece gridlenmiş veri setleri gözlem istasyonlarından uzak bölgelerde dahi iklim değişkenlerinin en iyi şekilde belirlenmesine imkan verir (Besselaar & diğ., 2011). Gözlem verilerinin grid noktalarına taşınmasında uygulanan çeşitli yöntemler bulunmaktadır. Gözlem verilerinin enterpolasyonunda kullanılan bölgenin karmaşık yapısını dikkate alan PRISM (Parameter-elevation Relationships on Independent Slopes Model- Parametre Yükseklik İlişkisi Bağımsız Eğim Modeli) modeli iyi bir örnektir (Daly; diğ., 2008).

PRISM yaklaşımı kullanılarak yapılan işlemde, hedef grid hüccesine enterpole edilecek istasyonları doğru bir şekilde ağırlıklandırmak oldukça önemlidir. Bu suretle istasyonlar birbirlerinden uzaklığına, yüksekliğine, bakılarına, denize olan mesafesine, ve topoğrafik özelliklerine dayalı olarak ağırlıklandırılmıştır (Daly & diğ., 2002).

PRISM yaklaşımının temel özelliği oldukça gerçekçi meteorolojik veri üretebilmektir. Bu yaklaşımın dezavantajı ise enterpolasyon yapılmak istenen nokta belli bir yarıçap içerisindeki istasyonların yatay veya düşey sınırlarının dışına çıktığında gözlenir. Seçilen nokta yarıçap içindeki tüm istasyonlardan yüksekteyse herhangi bir ekstrapolasyon gerçekleştirmediğinden büyük olasılıkla PRISM gerçek durumdan daha yüksek sıcaklıklar üretecektir. Benzer olarak dağlar üzerinde enterpole edilen yağış toplamlarının gerçekten daha az olduğu beklenmelidir. PRISM yönteminin gerçekliği civar istasyonların dağılımıyla doğrudan ilişkilidir. Enterpole edilen gözlemler Türkiye politik sınırları içerisinde ve kara alanları üzerinde yer aldığından sınırlar yakınındaki ve kıyasal zondaki grid noktalarındaki değişkenlerin enterpolasyonunda, 100 km (Daly, Taylor, & Gibson, 1997) yarıçaplı bir alanın Türkiye kara alanları ile örtüştüğü alanlardaki veriler kullanılmıştır. Bu durum nedeniyle bu alanlardaki enterpolasyon hatalarının daha yüksek olması kaçınılmazdır.

Günlük istasyon verileri 1960-2013 yılları arası için RegCM4.3 model gridlerine enterpole edilmiştir. Model grid uzaklıkları sabit olup orta enlemler için en iyi sonuçları veren "Lambert

Conformal” projeksiyon tipi kullanılmıştır. Kullanılan enterpolasyon yaklaşımının parametre bazında belirsizlikleri, gözlemin mevcut olduğu istasyon noktalarına aynı metodoloji kullanılarak diğer gözlemlerin enterpolasyonu ile araştırılmıştır.

Her parametre için enterpole veri ile gözlem verisi arasındaki korelasyon katsayıları (Spearman rank korelasyonu) ve ortalama kare kök hataları hesaplanmış ve sonuçlar değerlendirilmiştir. Sıcaklık parametresi için hesaplanan korelasyon katsayıları oldukça yüksektir ve istasyonların %99’unda 0.95 ve üzerindedir.

Yağışın günlük yersel değişkenliğinin sıcaklığa göre daha fazla olmasından dolayı günlük korelasyonlar 11 istasyon dışında 0,6’nın üzerindedir. Tüm parametrelerin enterpolasyonuna yönelik detaylı analizler EK 2 ile sunulmuştur.

Enterpole edilen günlük ortalama sıcaklık ve günlük toplam yağışın uç değerlerinin istasyon gözlemleri ile uyumluluğunun analizi için seçili iklim indisleri üzerinden hesaplamalar yapılmıştır. Gridlenmiş verilerden hesaplanan indis değerleri ile istasyon verilerinden hesaplanan indis değerleri karşılaştırılmıştır. Gridlenmiş sıcaklık verileri ile istasyonların uzun dönem ortalama ve uç değerlerinin karşılaştırmaları 10 km çözünürlükte gridlenmiş sıcaklık verilerinin istasyon verilerini temsil ettiğini ve model karşılaştırmalarında güvenle kullanılabileceğini göstermektedir.

Grid noktalarına interpole edilen günlük yağış verileri ardışık kurak ve yağışlı geçen günler açısından istasyon gözlemlerini oldukça iyi temsil etmektedir.

2.1.5 Model Sonuçlarının Enterpole Edilmiş Ortalama Gözlemlerle Karşılaştırılması, Sonuçlar Üzerinde Yanlılık Düzeltmesi

Modeller sınırlı yersel ve zamansal çözünürlüğe, fiziksel ve termodinamik süreçlerdeki basitleştirmelere, kullanılan sayısal yöntemlere ve iklim sistemindeki süreçlerin henüz tam olarak bilinmemesine bağlı olarak sistematik hatalar barındırır. Yanlılık düzeltmesinin başarısı gözlem veri tabanının kalitesi, doğruluğu ve bölgeyi yeterince iyi temsil etmesi ile doğru orantılıdır. Yanlılık düzeltmesi için kullanılan yöntemler model çözümlerindeki yanlılığın zamanla değişmediğini kabul eder. Dinamik ölçek küçültme de çözünürlüğü artırarak uzaysal çözünürlük nedeniyle ortaya çıkan yanlılığı ortadan kaldırmaya çalışır. Bununla birlikte çok yüksek çözünürlüğe sahip iklim modellerinin ürettiği günümüz iklim simülasyonları dahi gözlemlere göre belirli bir yanlılığa sahip olabilmektedir. Genelde bölgesel iklim modelinin doğruluğu mevsimsel ve bölgesel farklılıklar gösterir. Küresel ve bölgesel modellerdeki bu yanlılığın mevcudiyeti, bilim insanlarının bu modellerin çıktılarını doğrudan hidrolojik etkilerin hesaplanması gibi çalışmalarda kullanmasını zorlaştırmaktadır. Bu nedenle

son bir kaç on yıl içerisinde bilimsel yazında en basitinden en karmaşığına farklı yanlılık düzeltme metodolojileri geliştirilmiştir (Lafon & diğ., 2013; Bordoy & Burlando, 2012; Perkins & diğ., 2007; Chen & diğ., 2011). Bunların amacı, iklim model çıktılarının yanlılığını aynı dönemdeki gözlemlerin istatistiksel özelliklerini dikkate alarak düzeltmektir. Özellikle iklim değişiminin su kaynaklarına etkisi irdelenirken yanlılık düzeltmesi önem arz etmektedir. Bu çalışmada gridlenmiş gözlem noktalarındaki aylık ortalama değerler baz alınarak model simülasyonlarının yanlılık azaltılmıştır. Model yanlılığının azaltılması, yağışta ortalama değer yaklaşımı (Month based Mean Value Bias Correction) kullanılarak ve diğer parametrelerde ise model yıllık döngüsü gridlenmiş gözlem verisi olarak alınarak gerçekleştirilmiştir (Ballı, 2014).

2.2 Hidrolojik Projeksiyon Çalışmalarına İlişkin Metodoloji

Bu bölümde hidrolojik projeksiyon çalışmaları metodolojisi özetlenmiş olup, çalışma metodolojisi tüm ayrıntıları ile Ek 1 Metodoloji Cildi ile sunulmaktadır.

Hidrolojik modelin amacı, havza genelinde ve havzalardaki su kütleleri dikkate alınarak, su bütçesi ile ilgili hidrolojik süreçlerin zamana ve dolayısıyla iklim değişikliğinin etkilerine göre değişimlerinin ortaya konulmasıdır.

Hidrolojik modelleme çalışmasının kapsamı ise, Türkiye'nin 25 havzası için hidrolojik modellerin yapılandırılarak bölgesel iklim modeli projeksiyonları ile beslenmesi, hidrolojik model çıktılarının hidrodinamik modelleme ve Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) gibi diğer proje bileşenlerine aktarılması, havza bazında mevcut ve iklim değişikliği etkisi altındaki su potansiyellerinin belirlenerek su bütçelerinin hesaplanmasıdır.

Havza bazlı su potansiyellerinin hesaplanması, İş Teknik Şartnamesi'nde tanımlandığı üzere hidrolojik model ile yapılmış olup model kullanımı, işgücü, insan ve zaman tasarrufu, gelecekle ilgili farklı senaryoların müşterek analizi, iteratif (döngüsel) çalışmaların daha doğru bir şekilde yapılabilmesi gibi avantajlar sağlar. Bugüne kadar Türkiye geneli için su potansiyeli hesaplamaları model kullanılmaksızın yapılmış olup bu proje tüm havzaların ortak hidrolojik model ile çözülmüş olması sebebiyle bir ilk niteliğindedir.

Bu çalışma kapsamında Türkiye'nin brüt ve net su potansiyelleri mevcut durum için, DSI'den havza bazlı edinilen veriler ışığında yeniden derlenerek hesaplanmıştır. Su potansiyelinin gelecek dönem projeksiyonları ise, aşağıdaki detaylı şekilde aktarılan doğal hidrolojik döngü bileşenleri kullanılarak gerçekleştirilir. Söz konusu bileşenler arası ilişkiler, hidroloji biliminde kullanılan temel fiziksel süreçleri (sızma, yüzeysel akış, buharlaşma, evapotranspirasyon vb.) içeren matematiksel denklemlerle çözülmektedir. Burada hidrolojik modeller arasındaki

farklılıklar, temel hidrolojik süreçlerden kaynaklanmaz; modellerin farklı kullanım amaçlarına uygun olarak (tarımsal su tüketimi vb.), literatürden farklı eşitlikler ve katsayıların seçiminden kaynaklanır. Ancak bu düzenlemelerin hidrolojik modeller arasında ciddi ölçekli mertebeye farkları oluşturmadığının altı çizilmelidir.

2.2.1 Hidrolojik Modelin Seçimi

Çalışmanın kapsamı, çalışılan alanların büyüklükleri ve Türkiye'nin mevcut veri altyapısı dikkate alındığında, yağış ile akış ilişkilerinin, havzanın fiziksel özellikleri ile ilişkilendiren parametrik havza modelleri ile ortaya konulması uygundur.

Proje kapsamında, hidrolojik modelin seçim ölçütleri aşağıda sıralanmaktadır:

- Modelin ücretsiz ve kamuya açık kaynak kodlu olması
- Modelin iyi belgelenmiş olması
- Model girdi-çıkı düzeninin, dış müdahaleye izin vermesi
- Modelin hızlı çalışması

Buna göre, yukarıda sıralanan tüm ölçütleri sağlayan bir model olan *Soil and Water Assessment Tool / - SWAT Modeli*'nin kullanılması İdare'nin onayına sunulmuştur. Gerek seçim kriterlerini sağlaması, gerekse mukayese tablosundaki avantajlar dolayısıyla, proje kapsamında hidrolojik modelleme çalışmasında SWAT Modeli'nin kullanılmasına ve gerektiğinde muadili modeller ile desteklenmesine karar verilmiştir. Ayrıca SWAT Modelinde tanımlanmayan göl, gölet ve baraj göllerinin hidrolojik modelleme sürecine dahil edilebilmesi ve hidrolojik modelin iyileştirilmesi amacıyla WEAP Modelinden faydalanılmıştır.

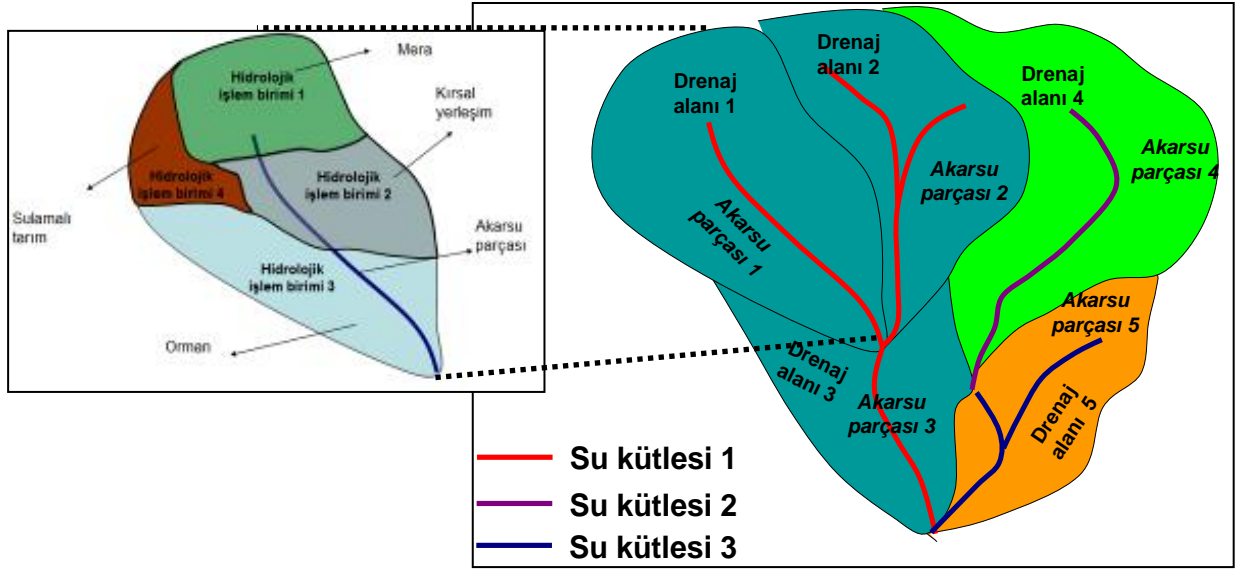
2.2.2 Hidrolojik Model Bileşenleri

Hidrolojik model aşağıdaki bileşenlerden oluşur:

- **Drenaj alanı (Subwatershed):** Akarsu ağının bilinen bir parçasına kendi boyunca drene olan alandır. Aşağı yukarı mikro-havzalara karşı gelmektedir.
- **Akarsu parçası (Reach):** Kaynaktan kavşağa ya da iki kavşak arasında tanımlanan nispeten düz şekilli akarsu kısmı olarak tanımlanmıştır. Her akarsu parçası, kendi drenaj alanı ile ilişkilendirilmiştir. Bir ya da birden çok akarsu parçası, bir su kütleini oluşturabilmektedir.
- **Hidrolojik işlem birimi (Hydrological response unit):** Bir drenaj alanı içinde, doğal ve fiziksel özellikleri açısından homojen olduğu varsayılan alandır.

Bu terimler, Şekil 2.2 ile verilen örnek üzerinden anlatılmaktadır. Şekilden görüldüğü üzere; üç su kütleinden birincisinin toplam drenaj alanı, üç SWAT drenaj alanından (ve su

kütlesinin kendisi üç SWAT akarsu parçasından), diğer ikisinin drenaj alanları ise birer SWAT drenaj alanından (ve kendileri birer SWAT akarsu parçasından) oluşacak şekilde tanımlanmıştır.



Şekil 2.2 Hidrolojik Modelin Alansal Bileşenleri

2.2.3 Hidrolojik Modelleme Çalışma Adımları

Proje kapsamında yürütülmüş çalışma adımları aşağıda sıralanmıştır:

- **Adım 1:** Su kütlelerinden ve su kütlelerinin drenaj alanlarından oluşan model iskeletleri tanımlanmıştır.
- **Adım 2:** Havzadaki temel arazi kullanımı ve özellikleri, SWAT drenaj alanları, birbirleri ile karşılaştırılarak her drenaj alanı içinde tekil olan kombinasyonlar ve bu kombinasyonlara karşı gelen alanlar ortaya çıkarılmıştır.
- **Adım 3:** Modellerin, temel parametrelendirilmelerinin yapılması ve aşağıdaki veri setleri kullanılarak modelin havzadaki doğal ve yapay su hareketlerini daha doğru olarak ele alması sağlanmıştır:
 - Tüm akım rasat istasyonlarında günlük akım rasatları (zaman serileri)
 - Mevcut baraj, göl ve göletlerden işletmeye alınma tarihinden günümüze kadarki akarsu yatağına aylık bırakılan su miktarları
 - Mevcut ve planlanan baraj, göl ve göletlerin maksimum ve minimum işletme kotları (dip savak ve dolu savak kotları)
 - Mevcut su yapılarının işletme verileri ile planlanan ana su yapıları ile ilgili temel bilgiler (etki alanı, işletmeye alınacağı yıl, öngörülen işletme kuralları vb.)

- Türkiye Hidrojeoloji Haritası
- **Adım 4:** Hidrolojik modellerden elde edilen akışlar, WEAP modelinde oluşturulan şebekeye verilmiş ve akım rasat istasyonları (debi) verileriyle doğrulanmıştır.
- **Adım 5:** Yeterli doğruluğa ulaşmış, aşağıdaki hidrolojik model çıktıları, hidrodinamik modelin tarihsel verilerle kalibrasyonuna başlanabilmesi için uygun biçimde ve veri düzeninde Hidrolik Modelleme Grubuna teslim edilmiştir:
 - Akarsu kanalının membaından giren debi
 - Akarsu kanalının mansabından çıkan debi
 - Doğal ve yapay göllerdeki su hacmi
 - Doğal ve yapay göllere giren debi
 - Doğal ve yapay göllerden çıkan debi
- **Adım 6:** Doğrulanmış hidrolojik model, İklim Projeksiyonları Grubu tarafından üretilen bölgesel iklim modeli çıktılarından oluşan meteorolojik zaman serileri ile çalıştırılarak, Adım 5'teki veriler her senaryo için nihai olarak Hidrolik Modelleme Grubu'na sağlanmıştır.

2.2.4 Hidrolojik Modelin Kalibrasyonu ve Doğrulanması

Proje Teknik Şartnamesi'ne göre, gerek hidrolojik gerekse hidrolik modeller, son 40 yıllık tarihsel verilerle çalıştırılmalıdır. Tarihsel veri setleri ile kalibrasyon ve doğrulama, İdare tarafından onaylanan 3 pilot havza yerine tüm Türkiye'de toplam akış (yüzey suyu potansiyeli) ve dinamik rezerv (yeraltı suyu potansiyeli) için %90 doğruluk sağlanarak gerçekleştirilmiştir.

Hidrolojik modelin kalibrasyonu ve doğrulanması aşamasında, tarihsel iklim verileri kullanılmakta olup iklim değişikliğinin su kaynaklarına etkisinin belirlenmesi (projeksiyon) aşamasında ise, proje kapsamında yer alan iklim modellerinin çıktıları kullanılmaktadır. Hidrolojik model ile üretilen sonuçlar, MS Excel bazlı bir hesaplama modülü aracılığıyla da tahkik edilmekte olup aşağıda adı geçen daha önce tamamlanmış 3 temel çalışmanın sonuçları ile de ayrıca mukayese edilmiştir:

- Havza Koruma Eylem Planları'nda Türkiye'deki 25 havzada AGİ istasyonlarında ölçülen 1970-2006 dönemi uzun dönem ortalamaları esas alınarak, tüm havzalar için 2012-2040 yılları arası su bütçeleri çıkarılmıştır (Havza Koruma Eylem Planları, 2010; Havza Koruma Eylem Planları, 2014)
- Meteoroloji Genel Müdürlüğü tarafından Yeni Senaryolarla Türkiye için İklim Değişikliği Projeksiyonları (TR2013-CC), tarihsel gözlem verilerine dayanarak detaylı

çalışılmış olup 2100 yılına dek 20x20 km'lik gridlerde havza bazında analiz edilmiştir. Söz konusu proje büyük ölçüde tamamlanmıştır (Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 2013).

- Küresel veriseti kullanılarak ayrı bir hidrolojik modelleme çalışması yürütülmüş olup gerek Türkiye geneli, gerek havza bazlı uzun yıllar ortalama su potansiyelleri ve su bütçeleri çıkarılmış ve 2100 yılına kadar 10'ar yıllık periyotlarda iklim değişikliğinin su kaynaklarına etkisi (muhtemel sıcaklık ve buharlaşma (ET) artışları ile yağış değişimleri dikkate alınarak) incelenmiştir (Öztürk & diğ., 2013).

2.2.5 Havzalarda Su Bütçelerinin Belirlenmesi Çalışması

Projenin temel çıktılarından biri; tüm iklim, hidrolojik ve hidrolik modelleme sonuçlarından faydalanılarak, havzalarda suyun sektörlere tahsisinde temel bir altlık teşkil edecek havza bazlı su bütçelerinin ortaya konmasıdır.

Ülkemiz genelinde bugüne dek havza bazlı su bütçesi hesaplamaları, yağıştan akışa geçen su miktarı baz alınarak, modelleme yapılmaksızın basit hesaplama yöntemiyle yürütülmüştür. Bu proje kapsamında ise bir hidrolojik modelleme çalışması aracılığıyla, öncelikle havza bazlı ardından ülke geneli (toplamı) için su potansiyelleri belirlenmiştir.

Türkiye'nin iklim değişikliği etkileri altında su potansiyelinin 10'ar yıllık süreçlerde tahmin edilmesinin ardından, havza bazında yüzeysel ve yeraltı su potansiyelleri belirlenmiştir. Havza özelinde gerek yüzeysel sular, gerekse yeraltı suları için yıllara göre değişen oranlarda uygun tahmin ve kabuller yapılarak, ana sektörlere özgü ortalama kullanılabilir su oranlarına (veya miktarlarına) geçilmiştir.

Kullanılabilir su potansiyelinin hesaplanmasının ardından, her havzadaki suyu tüketecek olan temel sektörler ortaya konmuştur. Söz konusu su potansiyeli, 4 ana sektör arasında (1-içme ve kullanma suyu, 2-sanayi suyu, 3-sulama suyu ve 4-ekosistem) dağıtılmıştır. Buna göre, havzalar özelindeki nüfus, endüstri ve tarım faaliyetlerinin yanı sıra ekosistem hizmetleri ihtiyaçlarının da 2100 yılına kadarki değişimleri öngörülmüştür.

Suyun esas sektörler dağılımı, yukarıda özetlenen ana etkenler göz önüne alınarak, 2100 yılına dek makro ölçekte ve her bir havza özelinde tahmin edilmiştir. 10'ar yıllık zaman aralıklarında (2015-2020, 2020-2030, ..., 2090-2100) dağılım tahminleri yüzdelik dağılımlarla yapılmıştır. Ayrıca, uzun yıllara dayanan tahminlerde önemli bir bileşen olan arazi kullanımı ve dağılımı irdelenmemiş olup, arazi kullanımlarının büyük oranda değişmeyeceği kabulü yapılmıştır.

Neticede her havza için 10'ar yıllık periyotlarla aşağıdaki çıktılar hesaplanmıştır:

- Toplam Su Potansiyeli
- Hesaplanan Toplam Kullanılabilir Su Rezervi
- Havzalararası Su Aktarım Durumu
- Su Aktarımı Sonrası Kullanılabilir Su Rezervi
- Sulama için Tahsis Edilebilir Su Miktarı
- İçme ve Kullanma, Endüstri ve Ekosistem Sektörleri için Tahsis Edilebilir Su Miktarı
- İçme ve Kullanma Suyu Temin ve Dağıtım Şebekelerindeki Faturalanmamış Su (Kayıp/Kaçak) Miktarları
- Belediye AAT Çıktılarının Yeniden Kullanımı Yoluyla Kazanılabilecek Su Miktarı
- İhtiyaç Dışı Kaynak

2.3 Hidrojeolojik Projeksiyon Çalışmalarına İlişkin Metodoloji

Hidrojeolojik projeksiyon çalışmalarının amacı, havza bazında yeraltı suyu ortamlarının jeolojik ve hidrojeolojik tanımlamasını yaparak havzalardaki yeraltı suyu potansiyelini ortaya koymak ve iklim projeksiyonlarının belirlediği değişen meteorolojik koşulları göz önünde bulundurarak projekte edilen dönemler için havzalar özelinde yeraltı su potansiyelindeki değişimleri saptamaktır. Bu kapsamda ilk aşamada havzalar içinde yer alan tüm yeraltı su potansiyelindeki ortamlarının konum ve yayılımlarını ortaya çıkararak olası kalınlıklarından hareketle ortamsal hacimleri öngörülmekte, ikinci aşamada Türkiye genelinde homojenize edilmiş ortalama değerler kullanılarak önce jeohidrolik ve hidrojeolojik ortam nitelikleri tanımlanmakta ve yeraltı suyu potansiyelleri saptanmakta, son aşamada ise iklim değişimi etkisi altında gelecekteki durumları irdelenmektedir.

2.3.1 Hidrojeolojik Çalışmanın Temel Esasları

“İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisi Projesi” kapsamında gerçekleştirilen tüm hidrojeolojik değerlendirmeler için, konusunda Türkiye genelini kapsayan tek homojen çalışma olması nedeniyle 1974 yayım tarihli 1/500.000 ölçekli Türkiye Hidrojeoloji Haritası, çalışmaların ana dayanağı olmuştur. Bu haritanın hazırlanmasında esas alınan 1964 yayım tarihli 1/500.000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası, 1/25.000 ölçekli jeolojik harita paftalarına dayanılarak hazırlanmış olan 2002 yayım tarihli 1/500.000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası’yla ve 1/100.000 ölçekli güncel jeolojik haritalarla zaman zaman desteklenmiştir. Yeraltı sularına ve yeraltı suyu ortamlarına ilişkin verilerin değerlendirilmesi süresince kamu kurumlarındaki mevcut bilgi ve veri birikimi ile özellikle yeraltı suyu depolama ortamlarının yüzeysuyu-akarsu havzalarıyla ilişkilendirilmesinde ve ilişkilerini değerlendirme çalışmalarında küçük ölçekli topoğrafik harita paftalarından da yer yer yararlanılmıştır.

Yeraltısu ortamlarının, kendi jeohidrolik koşullarında ve ana jeohidrolik parametrelerinin boyutlarında görülen farklılıklar çerçevesinde gruplandırılması sonunda tanımlanan “jeohidrolik ortam türleri”nin adlandırılması ve kullanılmakta olan yaklaşık karşılıkları ile jeohidrolik koşullarına ve jeohidrolik parametrelerine ilişkin karakteristiklerin kabul edilebilir ortalama sayısal sınır değerleri belirlenmiştir.

Jeohidrolik ortam özelliklerinin bir bütün halinde göz önüne alınmasıyla, herhangi bir formasyonun veya onu meydana getiren litolojik birimlerin, jeohidrolik ortam niteliklerindeki yani yeraltısu geçirebilme ve iletibilme özelliklerindeki (boşluk varlığı, boşluk boyutları, boşluklararası ilişki varlığı ve derecesi) farklılıkları göz önünde bulundurularak yapılan bir gruplandırma sonunda geçirimsiz ortam (Gz), yarıgeçirimsiz ortam (gz), yarıgeçirimli ortam (gç) ve geçirimli ortam (Gç) olmak üzere 4 farklı ana jeohidrolik ortam türü tanımlanmıştır.

Tanımlanan jeohidrolik ortam türlerinin birbirleriyle nasıl bir konumsal ilişki içerisinde olduğundan hareketle yeraltısu depolayabilme karakterleri incelenmiş ve hidrojeolojik ortam olarak adlandırılan bu yeraltısu depolama ortamlarının, nerelerde serbest ve nerelerde basınçlı ortam özelliği barındıran bir sutaşır (akifer) ya da bir yarisutaşır (akitard) şekillendirdiği belirlenmiştir. Yeraltısu depolama ortamlarını şekillendiren sutaşır (akifer) ve yarisutaşır (akitard) türündeki hidrojeolojik ortamların oluştukları litolojik birimlerin niteliği, meydana geldikleri kayaç türünden bağımsız olarak “gözenekli taneli” veya “çatlaklı kaya” türündedir.

1974 Türkiye Hidrojeoloji Haritası’nda tanımlanmış bulunan yeraltısu depolayabilme niteliği farklı hidrojeolojik ortamlar gruplandırılmış ve her bir hidrojeolojik grup 3 değişik rengin (kahve, yeşil, mavi) açık ve koyu tonları ile temsil edilmiştir. Böylece yeraltısu depolayabilme kapasitesi farklı 6 grup tanımlanmıştır. Geçmişte yapılan ve günümüz gereksinimlerine artık çözüm üretemeyen 1974 Türkiye Hidrojeoloji Haritası’ndaki hidrojeolojik gruplara, hidrojeolojik ilke ve tanımlar çerçevesinde izlenen yeni bir yaklaşımla eşleştirmeler yapılarak farklı bir anlam kazandırılmıştır (Tablo 2.2).

Hidrojeolojik gruplarla ilgili olarak yapılan diğer bir çalışma, DSİ ova raporunda kabul edilen yeraltına süzülme değerleriyle ilgili olmuştur. Yapılan çalışmada tüm raporlar incelenmiş ve farklı jeolojik birimler için verilmiş olan süzülme değerleri gruplandırılmıştır.

Tablo 2.2 Hidrojeolojik Gruplar

1974 Tarihli 1/500.000 Ölçekli Türkiye Hidrojeoloji Haritası'nda Mevcut "Hidrojeolojik Gruplar"	Yeraltısuyu İhtiva Eden Formasyonlar				Yeraltısuyu İhtiva Etmeyen Formasyonlar	
	Pekişmemiş Formasyonlar		Pekişmiş Formasyonlar		Pekişmemiş + Pekişmiş Formasyonlar	
	Yaygın ve Zengin Akiferler	Mezli ve İrtibatsız Akiferler	Yaygın ve Zengin Akiferler	Mezli ve İrtibatsız Akiferler	Mezli Yeraltısuyu İhtiva Eden Formasyonlar	Yeraltısuyu İhtiva Etmeyen Formasyonlar
Haritadaki Hidrojeolojik Gruplarla Eşleştirilen Jeohidrolik Ortam Türlerinin Proje Kapsamında Yapılan Yeni Adlandırması	Geçirimli Taneli Ortam Gçt	Yarıgeçirimli Taneli Ortam gçt	Geçirimli Kaya Ortam Gçk	Yarıgeçirimli Kaya Ortam gçk	Yarıgeçirimsiz Ortam gz	Geçirimsiz Ortam Gz
Proje Kapsamında Tanımlanan Hidrojeolojik Ortamın Adı Türleri	Sutaşır (Akifer)	Yarısutaşır (Akitard)	Sutaşır (Akifer)	Yarısutaşır (Akitard)	Yarısutaşımaz (Akiklöd)	Sutaşımaz (Akifüj)

2.3.2 Hidrojeolojik Çalışmanın Gerçekleştirilme Aşamaları

Proje kapsamında gerçekleştirilen hidrojeolojik çalışmaların aşamaları aşağıda özetlenmektedir.

- 1. Hidrojeolojik Veri Derleme ve İşleme Aşaması:** Türkiye hidrojeoloji haritası (1974 tarihli, 1/500.000 ölçekli), Türkiye jeoloji haritası (1964 tarihli, 1/500.000 ölçekli), Türkiye jeoloji haritası (2002 tarihli, 1/500.000 ölçekli), Türkiye ovaları hidrojeolojik etüt raporları, su sondajı kuyularının logları, önemli su kaynaklarının teknik-idari bilgi listesi verileri düzenlenmiş ve amaca uygun olarak işlenmiştir.
- 2. Hidrojeolojik Grupların Hidrojeolojik Ortam Türlerine Uyarlanması ve Haritalanması Aşaması:** Statik rezerv hesaplamalarına esas olacak yüzölçüm değerlerinin hesaplanmış, her akarsu havzası içinde tanımlanan sutaşır (akifer) ve yarısutaşır (akitard) türündeki tüm hidrojeolojik ortamların "taneli serbest ve basınçlı" olanlarıyla "kaya serbest ve basınçlı" olanlarını gösteren havza bazlı hidrojeolojik ortam haritaları ile "taneli ve kaya nitelikli serbest ve basınçlı tüm hidrojeolojik ortamları" haritalarının oluşturulmuş ve hidrojeolojik ortamlara ilişkin olarak elde edilen hidrojeolojik ve jeohidrolik bilgiler düzenlenmiştir.
- 3. Hidrojeolojik Ortamların Maksimum Kapasiteleriyle Havza Bazlı Yeraltısuyu Referans Rezervlerinin Hesaplanması Aşaması:** Havzalar içinde ayrılan hidrojeolojik ortamların boyutsal ve jeohidrolik özelliklerinden yararlanılarak depolayabilecekleri maksimum yeraltısuyu hacmini öngörecektir şekilde değişik rezerv türleri için ve her bir hidrojeolojik ortam için ayrı ayrı olmak üzere hesaplama yapılmıştır. Sözü edilen yeraltısuyu rezerv türleri hidrojeolojik rezerv, dinamik rezerv, statik rezerv ve mümkün rezervdir.

4. Hidrojeolojik Ortamların İklim Değişimi Etkisi Altında Farklı Türdeki Yeraltı Su Rezervlerinde ve Düzeylerinde Olası Dönemsel Değişimlerin Hesaplanması Aşamaları: Bu aşamada, havzalar içinde ayrılan hidrojeolojik ortamların 2015-2100 yılları arasındaki iklim değişimi etkisi göz önünde bulundurularak her bir dönem için “dönemsel yeraltısuyu beslenimleri” ve “dönemsel yeraltısuyu boşalmaları” hesaplanmıştır. Bulunan değerlerin farkları, ilgili dönem için o hidrojeolojik ortamın “dönemsel yeraltısuyu dinamik rezervi” olarak tanımlanmış ve söz konusu dönem için ilgili hidrojeolojik ortamın “dönem itibariyle tüm hidrojeolojik, statik ve mümkün rezerv değerleri” de bundan hareketle yeniden belirlenmiştir. Havzadaki hidrojeolojik ortamların belirtilen zaman dilimleri içerisindeki “dönem itibariyle tüm yeraltısuyu dinamik rezerv değerlerine” dayanarak yapılan “dönemsel serbest/basınçlı yeraltı su düzeyi (dinamik düzey) değişimleri” öngörülmüştür.

2.4 Hidrolik Projeksiyon Çalışmalarına İlişkin Metodoloji

Hidrolik modelleme çalışmasının amacı, Türkiye'nin 25 nehir havzası için, havza ölçeğinde HEC-RAS modeli kullanılarak iklim değişiminin etkisindeki debi-su seviyeleri arasındaki ilişkiyi hesaplamak ve yüksek akımları belirlemektir. Proje Teknik Şartnamesi'nde tanımlandığı üzere havzadaki belirleyici nehir sistemi boyunca (n) ve yan kollarındaki (n-1) yüzey su seviyesi değerleri belirlenmiştir. Hidrolik modelleme çalışması;

1. Tarihsel veri setleri yardımıyla ve hidrolojik modelleme aracılığıyla elde edilen akış değerlerinin karşılaştırma çalışmaları,
2. Gelecek iklim simülasyonları ve hidrolojik model sonuçlarından elde edilecek akış değerleri kullanılarak belirlenen akarsu kollarındaki enkesitlerde gelecek 85 yıl (2015-2100 dönemi) için debi ve su seviyelerinin hesaplanması,
3. Sonuçların değerlendirilerek analiz edilmesi ve model çıktılarının Coğrafi Bilgi Sistemleri Çalışma Grubu'na aktarılmasını kapsamaktadır.

2.4.1 Hidrolik Modelin Seçimi

Hidrolik problemlerin çözümünde, uluslararası kabul görmüş ve literatürde doğruluğu sıklıkla ispatlanmış olan HEC-RAS modelinin kullanılması kararlaştırılmıştır. Hidrolik modelin seçim ölçütleri aşağıda sıralanmaktadır:

- Modelin ücretsiz ve kamuya açık kaynak kodlu olması
- Modelin iyi belgelenmiş olması
- Model girdi-çıkı düzeninin dış müdahaleye izin vermesi

- Modelin hızlı çalışması

2.4.2 Hidrolik Modelleme Çalışma Adımları

Proje kapsamında hidrolik model için yürütülen çalışmalar 4 ana başlık altında özetlenmiştir.

1. Model İskeletinin Oluşturulması

Model iskeletinin oluşturulması çalışmaları kapsamında havzadaki belirleyici nehir sistemi boyunca ve yan kollarındaki (akarsuların n ve n-1. kollarındaki), talveg hatları, akarsu kıyı şeritleri/çizgileri, taşkın yatakları ve enkesitlerin tanımlanması gerçekleştirilmiştir.

Model iskeletinin gerçek yüzey koşullarını içermesi ve akarsu yatağının geometrik kot özelliklerine dayanması hedeflenmiştir. Akarsu yataklarının coğrafi özelliklerine dayanarak akarsuların talveg hattı, akarsu ana yatağının sağ ve sol şev tepe noktaları ile sel/taşkın yayılma sınırları 1/25.000'lik ölçekli sayısal topoğrafik haritalar kullanılarak oluşturulmuştur. Talveg hattına 500 m sağ ve sol olmak üzere 1000 m genişliğinde 1 km aralıklarla enkesitler oluşturulmuştur.

2. Model Değişkenlerinin Tanımlanması ve Modele Entegrasyonu

Hidrolik modele manning katsayıları, köprüler, baraj ve göller değişken olarak tanımlanmış ve belirli kriterlere göre modele dahil edilmek üzere belirlenmiştir.

Manning katsayıları Google Earth üzerinde akarsu kolları dört farklı sınıfa ayrılmış ve bu sınıflar için uygun katsayılar Strum (2010), Chow (2010) ve Philips & Tadayon (2007)'den faydalanılarak belirlenmiş ve modele dahil edilmiştir. Proje kapsamında değerlerin mevsimsel ve yıldan yıla değişmeyeceği kabulü yapılmıştır. Google Earth ile konumu belirlenen köprülerin uzunluk ve eni ilgili program kullanılarak ölçülmüş olup genel olarak 40 m'den daha kısa olan köprüler modele dahil edilmemiştir. DSİ Su Veritabanı'nda verisi bulunan ve seçilen akarsu kolları üzerinde yer alan göl ve barajların hacim kot eğrileri modele dahil edilmiştir.

3. Modelin Çalıştırılması

Hidrolojik çalışmalar sonucu elde edilen akış verileri ve modelin sınır koşulları ile projeksiyonlardan gelen başlangıç koşulları kullanılarak çalıştırılmıştır.

4. Model Sonuçlarının Analizi

Hidrolik modelin sonuçlarının değerlendirilmesi için her havza için kritik sayılabilecek belirli AGİ noktalarında bu çıktılarının analizinin yapılması ve sunulması hedeflenmiştir. Rapor dahilinde bu noktalar kontrol noktası olarak adlandırılmaktadır. Genel olarak kontrol

noktalarının sayısının, havzanın büyüklüğüne ve karmaşıklığına bağlı olarak seçilmesinin sonuçların etkin bir şekilde analiz edilmesi bakımından optimal olacağı düşünülmüştür. Kontrol noktaları seçilirken havzanın birbirinden farklı karakter gösteren bölgelerinin ifade edilmesine özen gösterilmiş olup 25 havzada toplam 77 kontrol noktası seçilmiştir. Ayrıca proje kapsamında tek çıkışlı olarak tanımlanan havzalar için mansap noktalarındaki enkesitler havza genel değerlendirilmesi yapılmak üzere göz önünde bulundurulmuştur.

Hidrolik model sonuçları debi ve seviye süreklilik çizgileri ile değerlendirilmiştir. Debi süreklilik çizgileri hem model sonuçlarla gözlem verilerinin tutarlılığının bir göstergesi olarak ele alınmakta hem de projeksiyon yılları boyunca akımların referans dönemine nasıl değişeceğini tartışmaya olanak sağlamaktadır.

2.5 Sektörel Etkilenebilirlik Analizi Metodolojisi

Sektörel etkilenebilirlik analizi çalışmasında kullanılan metodolojinin bileşenleri Şekil 2.3 ile gösterilmektedir.

Exposure M - Maruziyet	Sensitivity D - Duyarlılık	Benefit / Hazard ED - Ekonomik Değer	Adaptive Capacity UK - Uyum Kapasitesi
Impact E - Etki			
R - Risk			
Vulnerability ET - Etkilenebilirlik			

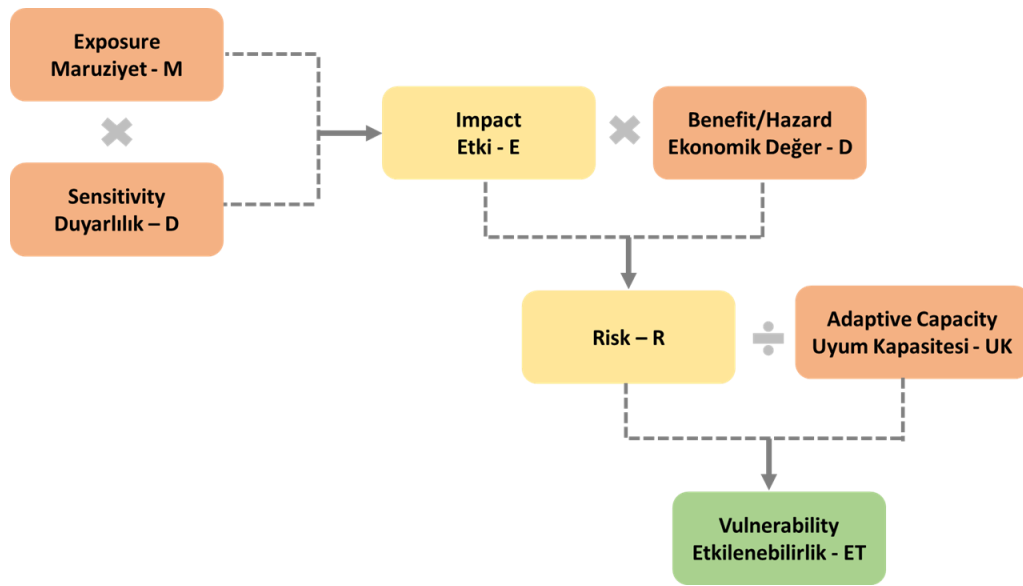
Şekil 2.3 Sektörel Etkilenebilirlik Metodolojisi Bileşenleri

Metodoloji kapsamında kullanılan bileşenlerin tanımları aşağıda sunulmaktadır.

- **Maruziyet (M)** : Sistem içerisindeki tek değişkendir. 10'ar yıllık projeksiyon dönemlerinde %50 olasılıkla ortalamayı yansıtan modelin RCP4.5 ve RCP8.5 senaryoları sonuçlarına göre hesaplanmıştır.
- **Duyarlılık (D)** : Sektörel etkilenebilirlik analizi yapılan her bir sektör için (içme kullanma suyu, tarım, sanayi, ekosistem ve turizm) mevcut durumu yansıtır nitelikte hesaplanır. Ulaşılabilir en güncel veriler hesaplamada kullanılmıştır.
- **Etki (E)** : Maruziyet (M) x Duyarlılık (D)

- **Ekonomik Değer (ED)** : Sektörel etkilenebilirlik analizi yapılan her bir sektör için (içme kullanma suyu, tarım, sanayi, ekosistem ve turizm) mevcut durumu yansıtır nitelikte hesaplanır. Ulaşılabilir en güncel veriler hesaplamada kullanılmıştır.
- **Risk (R)** : Etki (E) x Ekonomik Değer (ED)
- **Uyum Kapasitesi (UK)** : Sektörel etkilenebilirlik analizi yapılan her bir sektör için (içme kullanma suyu, tarım, sanayi, ekosistem ve turizm) mevcut durumu yansıtır nitelikte hesaplanır. Ulaşılabilir en güncel veriler hesaplamada kullanılmıştır.
- **Etkilenebilirlik (ET)** : Risk (R) / Uyum Kapasitesi (UK)

Sektörel Etkilenebilirlik Analizi metodolojisinin şematik gösterimi Şekil 2.4 ile verilmektedir.



Şekil 2.4 Sektörel Etkilenebilirlik Analizi Şematik Gösterimi

Analizi yapılan 4 ana sektör içme kullanma suyu, tarım, sanayi ve ekosistemdir. Şartname gereği ana sektörler haricinde 3 pilot havza için kritik önem taşıyan ilave sektörler de çalışmaya dahil edilmiştir. Büyük Menderes Havzası için turizm sektörü, Ceyhan Havzası için enerji ve Meriç-Ergene Havzası için de sanayi alt sektörü olarak tekstil ürünleri imalatının etkilenebilirlikleri incelenmiştir. Tüm sektörler için etkilenebilirlik seviyelerinin sayısallaştırmasını sağlayan bir değerlendirme sistematığı oluşturulmuştur. Bu sistematik, havzanın her sektörden etkilenebilirlik şiddetini 4 sınıfta değerlendirecek şekilde sonuç verecektir. Bu sınıflandırma Tablo 2.3 ile gösterilmektedir.

Tablo 2.3 Sektörlerin Etkilenme Seviyeleri

Etkilenme Şiddeti	Etkilenme Sınıfı
Az etki	1
Orta etki	2
Yüksek etki	3
Çok yüksek etki	4

Benzer şekilde indis değerleri de azdan çoğa doğru (1-4) sınıflandırılmıştır. Suyun Sektörlere Etkisi Raporu'nda etki değerlendirmesi yapılan sektörlerin etkilenebilirlik analizi kapsamında kullanılan etki oranları uzman görüşü ile belirlenmiştir.

Bu çalışma kapsamındaki sektörler için Duyarlılık (D), Ekonomik Değer (D) ve Uyum Kapasitesi (UK) parametreleri ağırlıklı indis değerleri mevcut duruma göre belirlenmiştir. Bu parametreler için belirlenen indis değerlerinin projeksiyon dönemi boyunca değişmeyeceği kabulü yapılmıştır. Söz konusu parametreler için her bir indis değeri ve ilgili uzman görüşü dikkate alınarak belirlenmiş etki oranları çarpılarak ağırlıklı indis değerleri hesaplanmaktadır.

indis değeri x etki oranı = ağırlıklı indis değeri

Daha sonra her bir indis değeri için oluşturulan ağırlıklı indis değerlerinin ortalaması alınarak parametrelerin değerleri oluşturulmaktadır.

Havza özeli için en güncel verilerle hesaplanmış duyarlılık, ekonomik değer ve uyum kapasitesi değerlerinin gelişmekte olan bir ülke konumundaki Türkiye'de 6 yılda bir güncellenerek indis değerlerinin yeniden hesaplanması geliştirilen metodolojinin en önemli unsurlarından birini teşkil etmektedir.

2.6 Uyum Faaliyetleri

İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisi Projesi'nin amacı, iklim değişikliğinin yüzeysel sular ve yeraltı sularına su havzaları bazında etkisinin tespiti ve uyum faaliyetlerinin belirlenmesidir. Gelişmiş ve gelişmekte olan çeşitli ülkelerde uygulanan ve/veya stratejik planlarında uygulanması planlanan pek çok uyum faaliyeti dikkate alınmış ve uyum faaliyetlerinin belirlenmesi çalışmasında öncelikli olarak, farklı ülke örneklerinden derlenen uyum faaliyetleri esas alınarak mukayeseli şekilde incelenmiştir. Ülkemizde iklim değişikliğine uyumda gelinen aşama (mevcut durum) özetlenmiştir. Gelişmiş ülkeleri temsilen AB stratejileri ve üye ülke planlamaları ile ABD stratejileri ile bazı eyalet çalışmaları ve

gelişmekte olan ülkeleri temsilen Afrika kıtası uyum faaliyetleri çalışmalarını detaylı olarak incelenmiştir.

Söz konusu literatür bazlı ve kaynak gösterilen kapsamlı bilgi akışını takiben, teknik, ekonomik ve yerel olarak uygulanabilir uyum faaliyetleri özellikle dikkate alınarak, Türkiye’de iklim değişikliğine karşı izlenen yol, planlamalar ve stratejiler ile birlikte alınan önlemler ve gelinen nokta aktarılmıştır. Avrupa, Amerika ve Afrika kıtası ülkelerinin çalışmalarından ortaya konulan 100’u aşkın uyum faaliyeti sıralanmış ve ülkemizde sudan etkilenebilecek 3 ana hassas sektör için (içme ve kullanma, tarım, sanayi) seçilen uyum faaliyetleri ile bu faaliyetlerin uygulama bazında avantaj, dezavantaj maliyet vb. hususlarına mümkün olduğunca detaylı yer verilmiştir.

Ayrıca, Büyük Menderes, Meriç-Ergene ve Ceyhan Havzalarında yürütülen sektörel etki analizi çalışması kapsamında 2015-2100 dönemindeki 10’ar yıllık bazda sektörel etkilenebilirlik sonuçlarına ve söz konusu havzalara yapılan teknik gezi ziyaretlerine göre sektörler bazında kısa ve uzun vadede uygulanması gereken uyum faaliyetleri belirlenmiştir. Bu çalışma özellikle Ar-Ge çalışması gerektiren, gelişime açık uyum faaliyeti alanlarının belirlenmesini de kapsadığından, yerel ve merkezi yönetime hitap edebilecek uyum faaliyetleri planlama önerileri de sunulmaktadır.

3. TÜRKİYE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ PROJEKSİYONLARI

Proje kapsamında iklim değışikliğı projeksiyonları çalışmalarının yanında model başarılarının anlaşılması için ortalama sıcaklık ve yağış değışkenlerinin model sonuçlarının, referans dönemi iklimi benzeşim yeteneğı de analiz edilmiştir. Bu kapsamda aşağıdaki bölümlerde sırasıyla Referans Dönem Analizi ve Türkiye İklim Değışikliğı Projeksiyonları sonuçlarının özetleri sunulmuştur.

Üç küresel iklim modeline dayalı sonuçlar arasındaki farklar için çeşitli muhtemel sebepler bulunmaktadır. Bunlar içerisinde en öne çıkanı model entegrasyonunda kullanılan fizik opsiyonlarıdır. Örneğın, kümölüs konveksiyon şemasına dayalı kütle-akı yapısı potansiyel bir etken olabilmektedir. Bunun yanı sıra radyatif transferin, yüzey albedosunun, aerosollerin temsilindeki farklılıklar, model sonuçları üzerinde etkili olabilmektedir (Dosio, Panitz, Frisius, & Lüthi D., 2015; Zhao, Y., & J.-B., 2013; Smith, J.I., L., & S.J., 2013; Hamdi, P., & P., 2011). Örneğın yüzey sıcaklığı ve mevsimsel yağış sınır şartlarından fazlaca etkilenmektedir (Dosio, Panitz, Frisius, & Lüthi D., 2015). Bu nedenle, RegCM4.3 bölgesel modelini süren küresel iklim modeli bu etkiyi ortaya çıkarabilmektedir. Bu ve buna benzer muhtemel sebepler model uygulamalarında halen tartışılan konulardır.

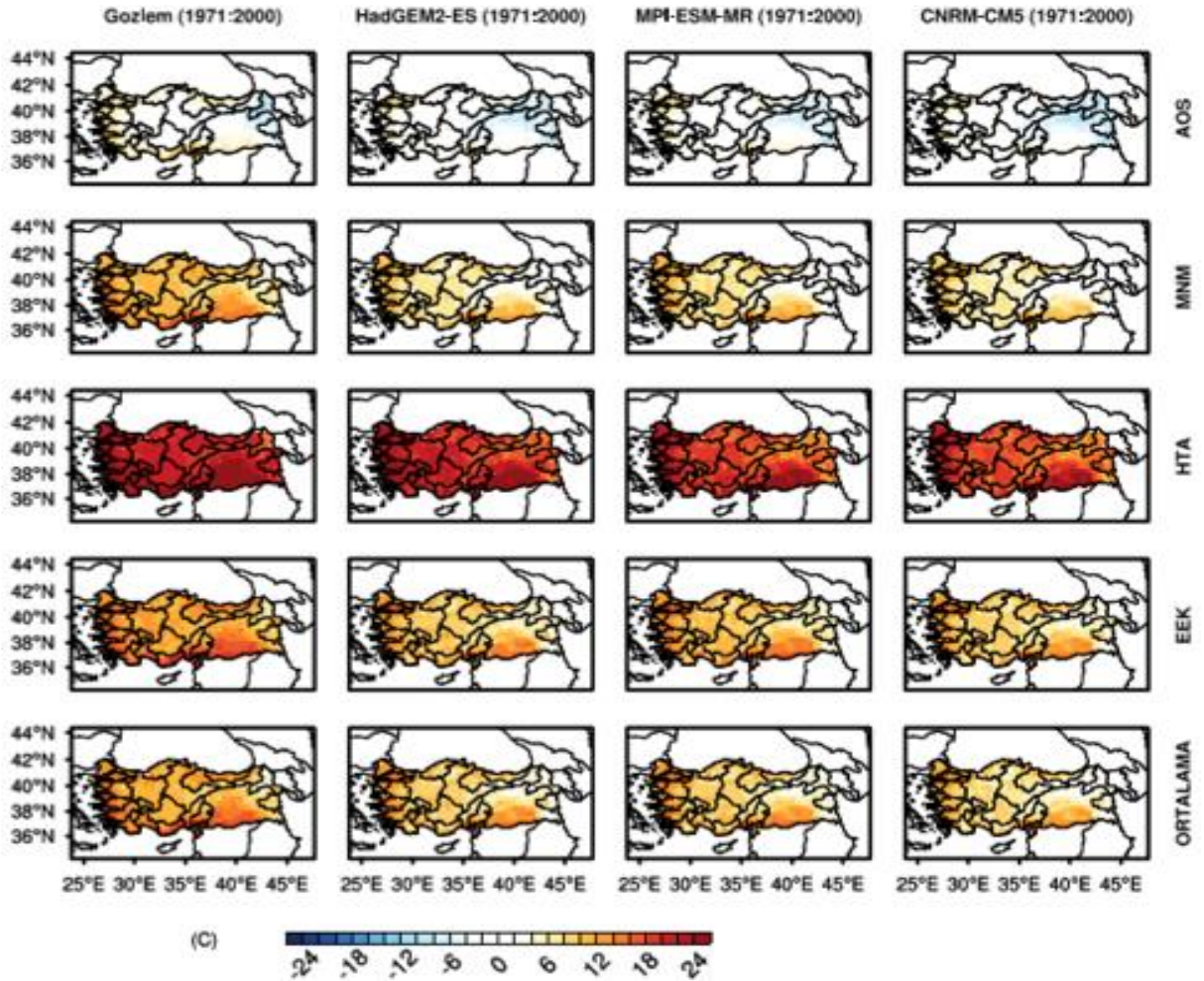
3.1 Referans Dönem Analizi

Proje kapsamında, ortalama sıcaklık ve yağış değışkenlerinin HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR ve CNRM-5.1 küresel iklim modelleriyle kuple edilen RegCM4.3 bölgesel iklim modelinin Türkiye genelinde 1971-2000 referans dönemi iklimi benzeşim yeteneğı analiz edilmiştir. Bu analizler için dört mevsime ait model simölasyonları referans dönemine ait RegCM4.3 modelinin grid noktalarında gridlenmiş gözlem verileri ile kıyaslanmıştır. Referans dönemine ait Türkiye genelinde meydana gelen ortalama sıcaklık ve toplam yağış değışimleri ile aynı döneme ait HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR ve CNRM-CM5.1 model sonuçlarının mevsimsel ve bölgesel analizi model başarılarının anlaşılmasına ışık tutacaktır. Bu kapsamda yürütölen çalışmalar ayrıntılı olarak EK 2 Türkiye İklim Projeksiyonları Cildinde verilmiştir.

3.1.1 Ortalama Sıcaklık Simölasyonlarının Gözlem Verileri ile Karşılaştırılması

Türkiye genelinde 1971-2000 dönemi için dört mevsime ait gözlenen ortalama sıcaklıkların değışimleri ve üç yer sistem modeli HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR ve CNRM-CM5.1 kullanılarak dinamik ölçek küçöltme ile elde edilen ortalama sıcaklık simölasyon sonuçları şekil 3.1 ile gösterilmiştir. Her üç model ile kuple edilen RegCM4.3 modeli Türkiye üzerindeki

sıcaklık kontrastı gözlemler ile uygunluk içerisindedir. Kış mevsiminde Türkiye'nin doğusunda yer alan Çoruh, Aras, Van Gölü ve yukarı Fırat-Dicle Havzaları'ndaki sıcaklıklar ile Türkiye'nin batı kıyıları boyunca yer alan Kuzey Ege, Gediz, Küçük Menderes ve Büyük Menderes Havzaları'ndaki sıcaklıklar doğu-batı yönünde sıcaklık kontrastı yaratmaktadır ve tüm modeller kara-deniz ve topoğrafya etkisi desenini gözlemlere paralel olarak sergilemektedir. Yaz aylarındaki doğu-batı sıcaklık kontrastı, tüm modellerce daha güçlü olarak simüle edilmiştir. Her ne kadar genel sıcaklık paterni tüm mevsimlerde modellerce ortaya koyulmuşsa da, üç modelin ortalama sıcaklıkları gözlem değerlerinin altında kalmaktadır. Modeller gözlemlere göre daha soğuk bir iklime sahiptir. Bu durum seçilen üç küresel iklim modeli özelliklerinden ve RegCM4.3 modelinin soğuk yanlı bir model olmasından da kaynaklanmaktadır (Rajib & Rahman, 2012).



Şekil 3.1 Türkiye Geneli 1971-2000 Dönemi Gözlem ve Modellerin Ortalama Sıcaklık Mevsimsel Karşılaştırması (°C)

Mevsimsel olarak ortalama sıcaklık klimatolojisinin en düşük CNRM-CM5.1 ile en yakın ise MPI-ESM-MR ve HadGEM2-ES modelleri ile gerçekleştirildiği görülmektedir. Türkiye genelinde kış, ilkbahar ve sonbahar mevsimlerinde MPI-ESM-MR modeli; yaz mevsiminde ise HadGEM2-ES modeli daha başarılı sonuçlar vermektedir. Örneğin kış mevsiminde Türkiye genelinde gözlenen sıcaklık değerlerinin ortalaması 1°C iken HadGEM2-ES modeli ile -0,8°C; MPI-ESM-MR modeli ile -0,1°C ile ve CNRM-CM5.1 ile -1,3°C tahmin edilmiştir. MPI-ESM-MR ile kuple edilen RegCM4.3 modeli kış, ilkbahar ve sonbahar mevsimleri sıcaklıklarını gözlemlere en iyi benzeştiren model kuplesidir (Tablo 3.1).

Üç yer sistem modelinin başlangıç ve sınır koşullarını oluşturduğu RegCM4.3 simülasyonlarında, mevsimsel sıcaklık yanlılıkları farklı büyüklükler olsa dahi benzer bir dağılım göstermektedir. Örneğin Aras Havzası'nda tüm modeller kış sıcaklıklarını gözlemlerin üzerinde simüle etmiştir. Fakat en büyük farklar MPI-ESM-MR ile kuple edilen RegCM4.3 sonuçlarına aittir. Benzer olarak İç Anadolu Bölgesi'nde, Sakarya, Kızılırmak ve Konya Kapalı Havzaları'nda tüm modellerin kış mevsimi ortalama sıcaklık yanlılıkları $\pm 1^\circ\text{C}$ arasındadır.

Tüm modellerde en büyük negatif sıcaklık yanlılıkları ilkbahar mevsiminde elde edilmiştir. Özellikle Palandöken Dağları ve civarında, Batı Akdeniz ve Doğu Akdeniz Havzaları'nda -5°C'yi aşan yanlılıklar mevcuttur. Benzer yanlılıklar geçiş mevsimi olan sonbaharda da görülmektedir. Yaz ortalama sıcaklıklarında HadGEM2-ES modeli Ege ve İç Anadolu Bölgesi'nde diğer bölgelere kıyasla 2°C'lere ulaşan pozitif yanlılıklar göstermektedir. Yıllık ortalama yanlılıklar bakımından HadGEM2-ES ve MPI-ESM-MR modelleri oldukça benzer sonuçlar üretmiştir. Yıllık sıcaklık yanlılıkları Batı Karadeniz, Kızılırmak, Sakarya, Susurluk, Gediz, Konya Kapalı, Aras Havzaları'nda ve Fırat-Dicle Havzası'nın Güney Doğu Anadolu Bölgesi içindeki alanlarında -2°C ile 1°C arasındadır.

Tablo 3.1 1971-2000 referans dönemi için gözlem ve üç küresel model ile elde edilen ortalama sıcaklık anomalilerinin mevsimsel ve yıllık ortalamalarının yanlılık değerleri (°C)

Modeller / Mevsimler	Kış	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	Yıllık
HadGEM2-ES	-2.5	-4.15	-1.69	-3.65	-2.99
MPI-ESM-MR	-1.83	-3.56	-3.35	-2.90	-2.91
CNRM-CM5.1	-3.06	-5.11	-4.30	-4.33	-4.20

Bu durum dört mevsim için araştırıldığında mevsimlik anomali sonuçları da yaz mevsimi dışında MPI-ESM-MR modelinin diğer modellere göre daha doğru sonuçlar verdiğini göstermektedir. Model yanlılığının mevsimsel incelemesinde ise ortalama sıcaklık için en

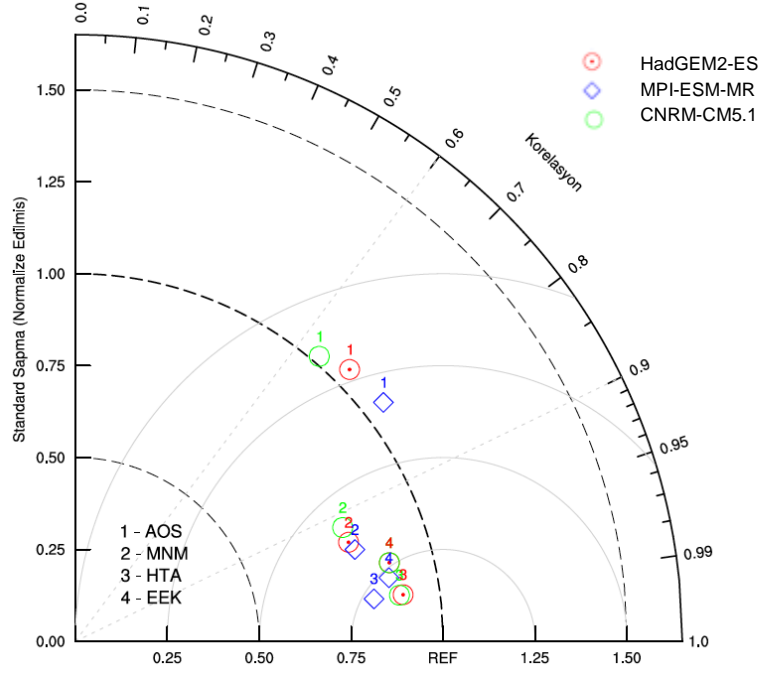
düşük yanlılık -1.69°C ile HadGEM2-ES modelinde ve yazın oluşmaktadır. Ancak yaz mevsiminde HadGEM2-ES modelinin daha başarılı sonuç vermesi, bu modelin sıcak yanlılığı olmasından kaynaklanmaktadır. HadGEM2-ES modelinin sistematik hatalarını en iyi şekilde irdeleyen makalede (Martin, ve diğerleri, 2011) açıklandığı gibi, HadGEM1 modeli üzerinde yapılan iyileştirmeler sonucunda HadGEM2 modeline geçildiğinde yeni modelin sıcak yanlılığının azalarak da olsa devam ettiği belirtilmiştir.

Tablo 3.1 ile görüldüğü üzere HadGEM2-ES modelinin dışında kalan iki modelin en düşük yanlılığı kış mevsiminde meydana gelmektedir. Burada en büyük hata ise CNRM-CM5.1 modelinde ortaya çıkmaktadır. Benzer sonuçlar (Collins & diğ., 2008) tarafından da irdelenmiştir. Bu nedenle HadGEM2-ES modelinin düşük de olsa sıcak yanlı sonuçlar vermesi sürpriz değildir. Ancak bu sonuçlar küresel iklim modellerine kuple edilerek çalıştırılan RegCM4.3 bölgesel iklim modeli ve sınır şartları ile de değişkenlik göstermektedir. Örneğin (Dosio, Panitz, Frisius, & Lüthi D., 2015), 2015 Kuzey Afrika için yüzey sıcaklıkların MPI-ESM-MR, HadGEM2-ES, CNRM-CM5, ve EC-Earth küresel iklim modelleri ile kuple edilen bölgesel iklim model simülasyonlarında yüksek negatif yanlılık bulmuştur. Orta ve Güney Afrika'da ise soğuk yanlılığın azaldığı gözlenmiştir. Vietnam üzerinde genel sirkülasyon modellerine kuple yapılarak çalıştırılan RegCM bölgesel modelinin 2 metre sıcaklıkların öngörülerini gözlemlere göre daima düşük sıcaklıklara sahiptir (Van, ve diğerleri, 2014). Batı ABD üzerinde yapılan benzer küresel iklim modeline dayalı RegCM model uygulaması da benzer sonuçları vermiştir (Duffy, ve diğerleri, 2006). Benzer sonuçlar Batı Afrika üzerindeki çalışmada atmosfer-okyanus genel sirkülasyon modeline dayalı RegCM3 ile de elde edilmiştir (Sylla, Gaye, Pal, & Jenkins, 2009).

Bunun yanı sıra üç yer sistem modeline dayalı RegCM4.3 bölgesel modelin performansı referans Taylor diyagramı ile de incelenmiştir. Taylor diyagramı iklim değişkenlerine ait referans alanı ile patern korelasyonlarını sağlayan, model başarısının görsel olarak ortaya konulmasında kullanılan bir grafik yöntemidir (Taylor, 2011). Şekil 3.2 ile üç farklı yer sistem modeli ile kuple edilmiş bölgesel model RegCM4.3'ün sıcaklık simülasyonlarının dört mevsim için gözlemler ile benzeşimini göstermektedir. Bu gösterimde üç farklı model farklı renklerde kullanılan şekillerle, mevsimler ise sayılarla temsil edilmiştir.

Her üç modelde de ortalama sıcaklık projeksiyonları için patern korelasyonlar kış mevsimi dışında çok yüksektir ($r > 0,9$). Kış mevsimi sıcaklıklarının normalize edilen varyansları ise referans dönemine diğer mevsimlere göre en yakındır. İlkbahar ve yaz mevsimlerinde modellerdeki yıllar arası çalkantılar gözlemlere oranla daha düşüktür. Kış mevsiminde ortalama sıcaklık için en düşük korelasyon katsayısı CNRM-CM5.1 ve RegCM4.3 model

kuplesiyle elde edilen sıcaklıklar ile gözlemler arasında 0,65 olarak hesaplanmıştır ve ilişki %95 anlamlılık seviyesinin üzerindedir. Özellikle yaz mevsiminde patern korelasyonların her üç model için de 0,99 olarak belirlenmesi, referans alanına bağlı olarak bu küresel iklim modellerine dayalı sonuçların gözlenen paternlere çok yakın bulunduğunu da doğrulamaktadır.



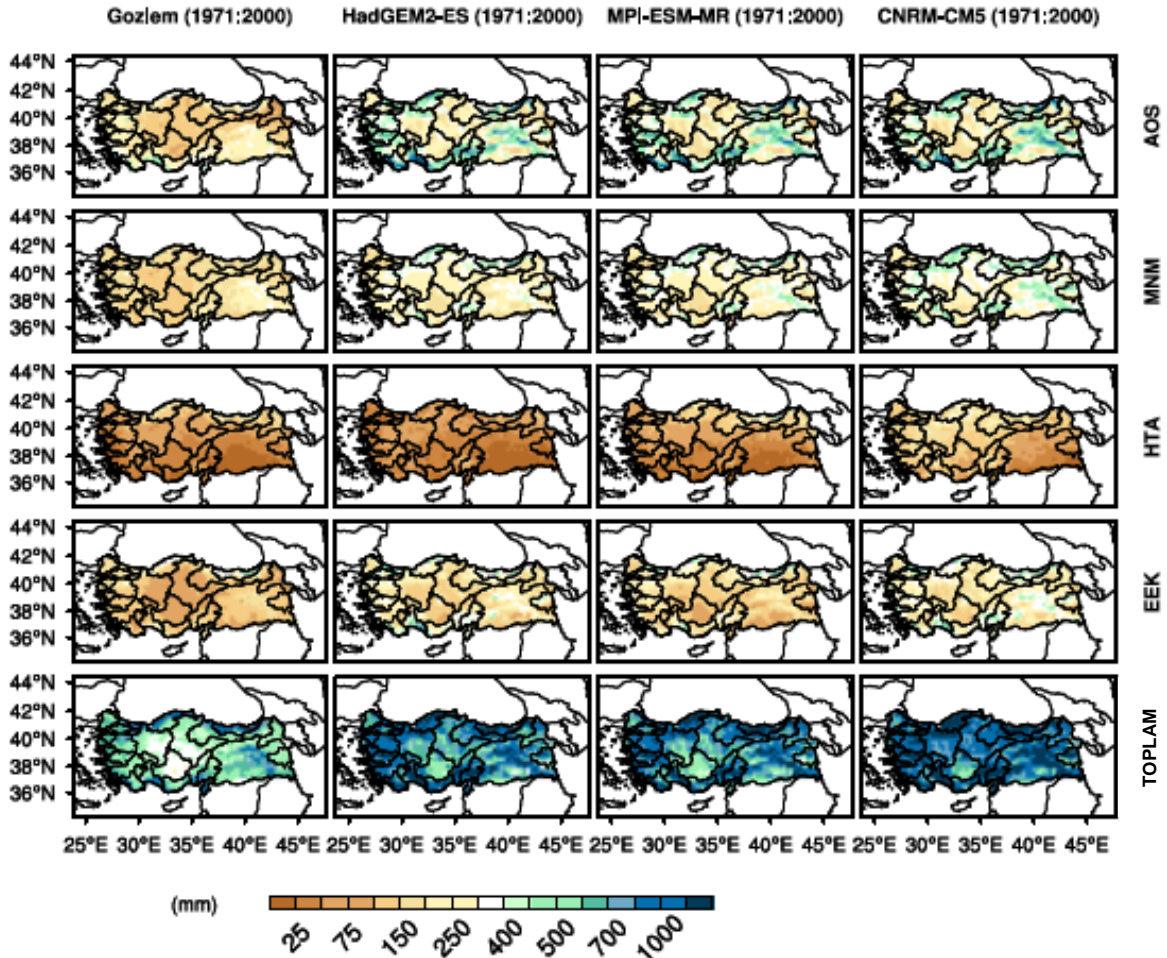
Şekil 3.2 Türkiye Genelinde 1971-2000 Ortalama Sıcaklık 3 Model ve Gözlem Değerlerinin Referans Dönemi Mevsimsel Taylor Analizi

Patern korelasyonları için buna benzer yüksek değerler pek çok çalışmada da bulunmuştur. Örneğin Afrika için yapılan CORDEX-AFRICA çalışmasında küresel modeller olarak HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR, CNRM-CM5 ve EC-Earth kullanılmış ve patern korelasyonlar 0.90'ın üzerinde bulunmuştur (Dosio, Panitz, Frisius, & Lüthi D., 2015). İki küresel iklim modeli ile bunlara kuple edilmiş dört bölgesel iklim modelinin ABD'nin batısında yüzey sıcaklıklarının patern değişimlerine uygulanan Taylor diyagramları için benzer şekilde yüksek patern korelasyon (0.90-0.99 arasında) katsayıları bulmuştur (Duffy, ve diğerleri, 2006).

Sonuç olarak Türkiye genelinde ortalama sıcaklıkların MPI-ESM-MR küresel iklim modeline kuple edilen RegCM4.3 bölgesel iklim modeli ile HadGEM2-ES ve CNRM-CM5.1 modellerine göre daha başarılı şekilde tahmin edildiği görülmüştür. Model sonuçlarının doğruluğu sıralamasında MPI-ESM-MR küresel iklim modeline en yakın sonuçlar HadGEM2-ES ile elde edilmiştir.

3.1.2 Yağış Simülasyonlarının Gözlem Verileri ile Karşılaştırılması

Şekil 3.3 ile Türkiye genelinde 1971-2000 dönemi için dört mevsime ait gözlenen toplam yağış değişimleri ve HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR ve CNRM-CM5.1 modelleri kullanılarak elde edilen toplam yağış simülasyon sonuçları verilmektedir. Her üç model kuplesinin kış ve ilkbahar mevsimi yağışları gözlemlerin üzerindedir. Özellikle yükseltinin fazla olduğu bölgeler üzerinde modeller gözlemlere göre daha fazla yağış üretmektedir. Meteoroloji istasyonlarının dağılımları topoğrafyanın yüksek olduğu kesimlerde ya çok seyrek ya da mevcut değildir. Bu nedenle bu kesimlerdeki model yağış fazlalıklarının bir kısmı gözlemlerin bu kesimleri iyi temsil etmemesinden kaynaklanmaktadır.



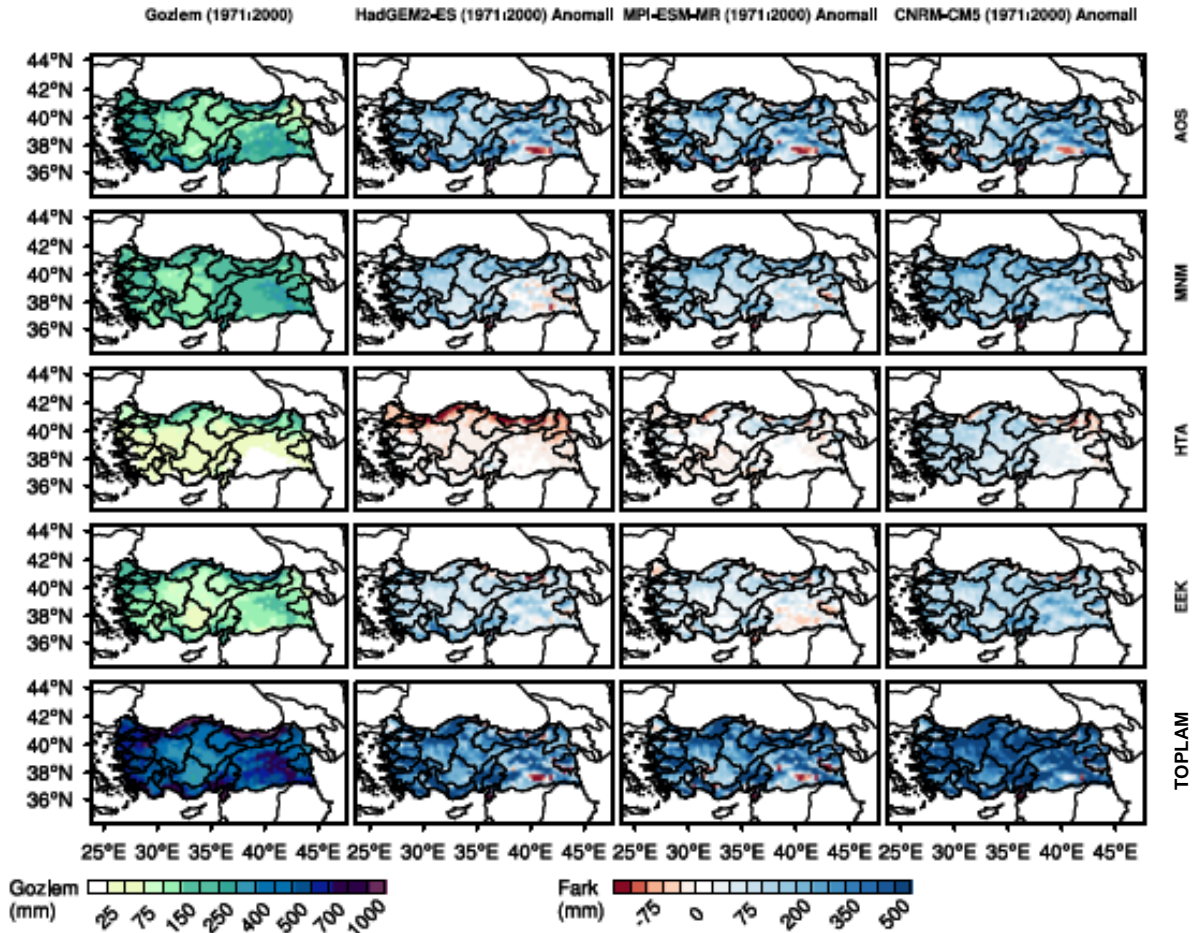
Şekil 3.3 Türkiye Genelinde 1971-2000 Dönemi Gözlem ve Modellerin Toplam Yağış Mevsimsel Karşılaştırması

Tablo 3.2 ise bu sonuçların mm/gün olarak sayısal değerlendirilmesini göstermektedir. Türkiye genelinde gridlenmiş yağış verilerinden yıllık toplam yağış 1.56 mm/gün olarak hesaplanırken, MPI-ESM-MR modeli 2.52; HadGEM2-ES modeli 2.60 mm/gün ve CNRM-

CM5.1 ise 3.1 mm/gün olarak öngörmüştür. Bu sonuçlara göre gözlem değerlerine en yakın model sonuçları MPI-ESM-MR ve bunu takiben de HadGEM2-ES modeli ile elde edilmiştir. MPI-ESM-MR modeli iklim modelleri içerisinde yıllık toplam yağış tahmininde en az hata barındıran sonuçlar vermektedir. CNRM-CM5.1 model sonuçları ise yıllık 3.01 mm/gün ile gözlemlere en uzak değerleri vermektedir. Tablo 3.3 yanlılık düzeltmesi sonucu elde edilen model yanlılık sonuçlarını vermektedir. Yağışlarda uygulanan ortalama değer yanlılık düzeltmesi sonrasında yağış hızlarındaki mevsimsel hatalar genel olarak %5'in altında kalmaktadır (Tablo 3.2). En büyük bağıl hatalar tüm mevsimlerde CNRM-CM5.1 modeline aittir. Türkiye üzerinde gridlenmiş verilerin yıllık toplamlarının 1971-2000 yılları ortalaması 570 mm iken HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR ve CNRM-CM5.1 sırasıyla 575 mm, 586 mm ve 604 mm olmaktadır.

Tablo 3.2 1971-2000 referans dönemi için gözlem ve üç küresel model ile elde edilen yağışların mevsimsel ve yıllık ortalama değerleri (mm/gün)

Küresel Model	Mevsim	Kış	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	Yıllık
Gözlem		2,24	1,93	0,67	1,47	1,56
Yanlılık Düzeltmesi Öncesi	HadGEM2-ES	4,24	3,12	0,51	2,64	2,6
	MPI-ESM-MR	4,12	3,18	0,82	2,08	2,52
	CNRM-CM5,1	4,09	3,74	1,39	2,96	3,01
Yanlılık Düzeltmesi	HadGEM2-ES	2,36	1,94	0,57	1,51	1,58
	MPI-ESM-MR	2,38	1,96	0,68	1,49	1,61
	CNRM-CM5,1	2,34	2,01	0,77	1,57	1,65



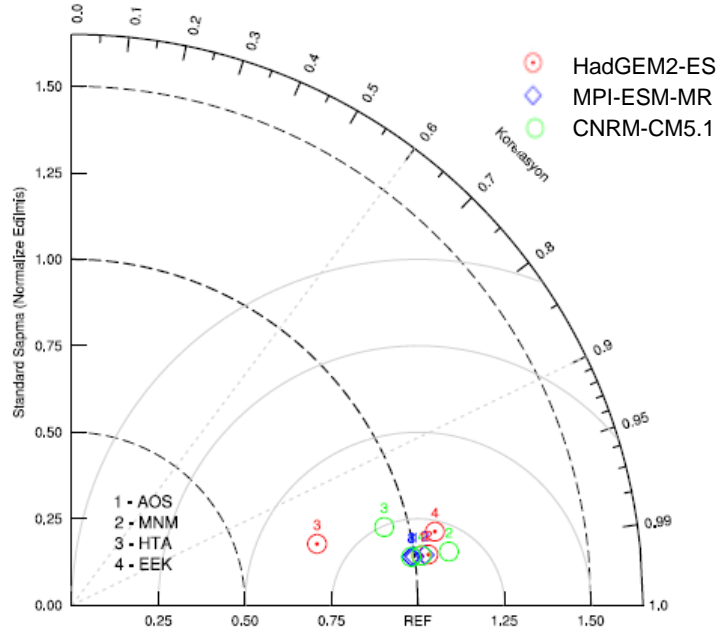
Şekil 3.4 Türkiye Geneli 1971-2000 Dönemi Gözlem ve Modellerin Toplam Yağış Anomali Mevsimsel Karşılaştırması

Tablo 3.3 1971-2000 referans dönemi için gözlem ve üç küresel model ile elde edilen yağış anomalilerinin mevsimsel ve yıllık ortalamalarının yanlılık değerleri (mm/gün)

Küresel Model		Mevsim	Kış	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	Yıllık
Yanlılık Düzeltmesi Öncesi	HadGEM2-ES		2,0	1,18	-0,16	1,18	1,05
	MPI-ESM-MR		1,87	1,24	0,14	0,61	0,96
	CNRM-CM5.1		1,83	1,81	0,71	1,48	1,44
Yanlılık Düzeltmesi	HadGEM2-ES		0,11	0,01	-0,11	0,04	0,01
	MPI-ESM-MR		0,13	0,02	0,00	0,02	0,04
	CNRM-CM5.1		0,10	0,08	0,09	0,10	0,09

Mevsimsel olarak yanlılık değerleri incelendiğinde ise yaz, ilkbahar ve sonbaharda HadGEM2-ES ve MPI-ESM-MR modellerinin, kış mevsiminde ise CNRM-CM5.1 ve MPI-ESM-MR modellerinin daha az yanlı olduğu anlaşılmaktadır. Tüm model kupleleri kış, ilkbahar ve sonbahar mevsimlerinde, kıyı şeridi boyunca ve dağlık alanlarda gözlemlerden daha fazla yağış üretmektedir. Her üç model sonucuna göre en düşük yanlılık yaz mevsimine aittir. Bu sonuç düşük yağış miktarları nedeniyle son derece doğaldır. Ayrıca Tablo 3.3 ile görüldüğü gibi sadece yaz mevsiminde HadGEM2-ES modeli ile negatif yağış yanlılık elde edilmiştir. CNRM-CM5.1 ise yaz aylarında diğer modellere göre daha yağışlıdır. Daha sıcak atmosfer koşullarında konvektif yağış üretme potansiyeli HadGEM2-ES modelinde az olurken, CNRM-CM5.1 yaz aylarında gözlemlerin iki katı konvektif yağış üretmektedir. Bu durum sıcak koşullarda her iki modelin sonuçlarının ayrışacağı işaretlerini vermektedir. Bunların dışında tüm mevsimlerde her üç model de pozitif yağış yanlılığı göstermektedir. Kış mevsiminde ise en yüksek pozitif yanlılık her üç model için de elde edilmiştir. Benzer şekilde küresel iklim modeline kuple edilen RegCM2 modelinin kış mevsiminde pozitif yağış yanlılığa sahip olduğu gösterilmiştir (Duffy, ve diğerleri, 2006).

Dört mevsime ait yağışlar için referans alanına dayalı HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR ve CNRM-CM5.1 model simülasyon ve gözlemleri ile oluşturulan Taylor diyagramı Şekil 3.5 ile gösterilmiştir. Her üç modelde de dört mevsime ait yağış projeksiyonları için patern korelasyonlar değerleri çok yüksektir (0.97-0.99). Model kuple sistemleri Türkiye üzerinde her ne kadar aşırı yağış üretse dahi mevsimsel yağış klimatolojisi paternlerini oldukça iyi ortaya koymaktadır. Diğer bir deyişle Doğu ve Batı Karadeniz Havzaları, Batı Akdeniz, Antalya ve Asi Havzaları'ndaki yağış miktarları Sakarya, Kızılırmak, Konya Kapalı Havzaları veya Türkiye sınırları içerisinde kalan Fırat-Dicle Havzası'nın güney kesimlerine göre yüksektir. Referans dönemi mevsimsel veya yıllık toplam yağışlar tüm modellerde gözlemin neredeyse 2 katı olmasına karşın Taylor diyagramı genel iklimsel paternleri oldukça iyi benzeştirdiğini ortaya koymaktadır. Model yağış simülasyonlarının gözlemlere göre normalize edilen varyansları referans dönemi varyanslarına oldukça yakındır. Yalnızca HadGEM2-ES modelinin yaz yağışları paterninin gözlem paternine göre değişimi büyüktür. HadGEM2-ES modeli diğer modellerden farklı olarak yazın Karadeniz sahil şeridi boyunca 75 mm'lere ulaşan miktarlarda az yağış üretmektedir.



Şekil 3.5 Türkiye Genelinde 1971-2000 Toplam Yağış 3 Model ve Gözlem Referans Dönem Mevsimsel Taylor Analizi

Sonuç olarak referans dönemi içerisinde HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR ve CNRM-CM5.1 küresel model çıktılarıyla koşturulan RegCM4.3 bölgesel iklim model sonuçlarının Türkiye genelinde gözlenen toplam yağışlara (mm/gün) göre daha yağışlı bir durum önerdiği görülmektedir. Bu durum ortalama değer yanlışlık düzeltmesi yöntemiyle azaltılmıştır. Gözlem değerlerine en yakın tahminleri HadGEM2-ES ve MPI-ESM-MR küresel iklim modellerinin sağladığı görülmüştür.

3.1.3 İklim İndisleri Simülasyonlarının Gözlem Verileri ile Karşılaştırılması

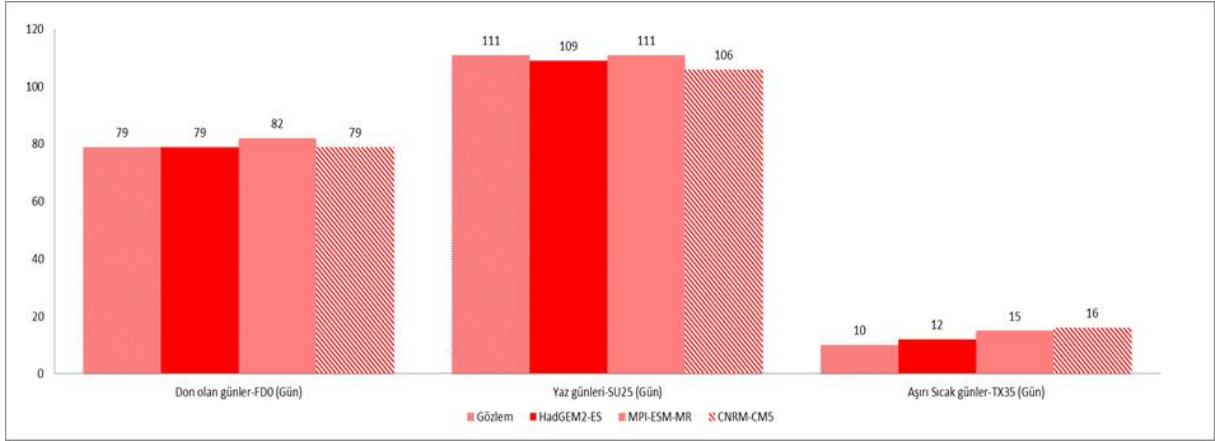
İklim indisleri pek çok disiplinde yaygın olarak kullanılan ve özellikle ekstrem (aşırı) olaylar göz önüne alındığında iklim değişim çalışmalarının en önemli etki parametresidir (Alexander, ve diğerleri, 2006; Fischer ve diğerleri, 2013; Sillmann & diğ., 2013a; Sillmann & diğ., 2013b; Mahlstein & diğ., 2015). İklim değişiminin en önemli etkilerinden biri olan ekstrem hava olaylarının şiddet ve sıklığında ortaya çıkan değişimler nedeniyle bu projede iklim indislerine yer verilmiştir. Zira ekstrem hava ve iklim olaylarındaki değişikliklerin çok önemli etkileri olup bunlar değişen iklim ile mücadelede yaşadığımız dönemde toplumun en ciddi sorunları arasında yer almaktadır. Nitekim, 21. yüzyıl içerisinde bazı ekstrem olayların sıklığı, yaygınlaştığı ve şiddetlerinin de arttığı görülmüştür (Klein Tank ve diğerleri, 2009). Özel olarak, gıda, su, enerji, barınma ve ulaşım için gerekli alt yapılar meteorolojik değişkenlerin yüksek ve düşük değerlerine karşı son derece duyarlıdır. Bundan dolayı yaşam koşulları

ve ekonomik kalkınmanın sürdürülebilirliği ekstrem hava olayları ile ilgili risklerin yönetilebilme kabiliyetine bağlı bir duruma gelmiştir. Pek çok problem iklim ekstrem değerlerine ait bilgiye ihtiyaç duyduğu için iklim ekstrem değerleri hakkındaki bilgiye olan talep giderek artmaktadır. Örneğin, yüksek yağış miktarları ve bunun sonucunda oluşan akışlar kanalizasyon sistemlerini, barajları, rezervuarları ve köprüleri etkiler. Bu aşırı hava olayların analizlerinin yapılma sebebi, bir yandan çok pahalı olan yüksek güvenlik standartların benimsenmesi diğer taraftan da bu altyapının kullanım ömrü boyunca ortaya çıkması muhtemel aşırı olaylardan ekipman ve yapılara olan zararların önlenmesi arasında optimum dengeyi bulmaktır (WMO, 1983). Aşırı olayların analizinde ender olayların sıklık ve şiddetinin güvenilir şekilde belirlenmesinde en az bir günlük zaman çözünürlüğü ve en az da 20 yıllık gözlem süresinin gerekli olduğunu göstermiştir (Brunet, ve diğerleri, 2008). Mutlak indisler, örneğin bir yılın en sıcak ya da en soğuk gününü, aşılma indisleri ise sabit bir sıcaklık ya da yağış değerinin geçildiği günlerin sayısını açıklamaktadır (Klein Tank ve diğerleri, 2009). Süre indisleri ise bir olayın oluşma uzunluğunu açıklar. İklim değişikliğinin su kaynaklarına etkisi projesi kapsamında Türkiye ölçeğinde ekstrem olayların sıklıklarındaki beklentileri ifade eden 17 adet iklim indisi hesaplanmıştır. Ancak bu raporda yüksek öneme sahip bir kaç indise ait sonuçlar irdelenmektedir. Diğer indisler ile ilgili değerlendirmeler Ek 2 Türkiye İklim Projeksiyonları Raporu ve Ek 3 – 27 havza raporlarında detaylı olarak sunulmaktadır.

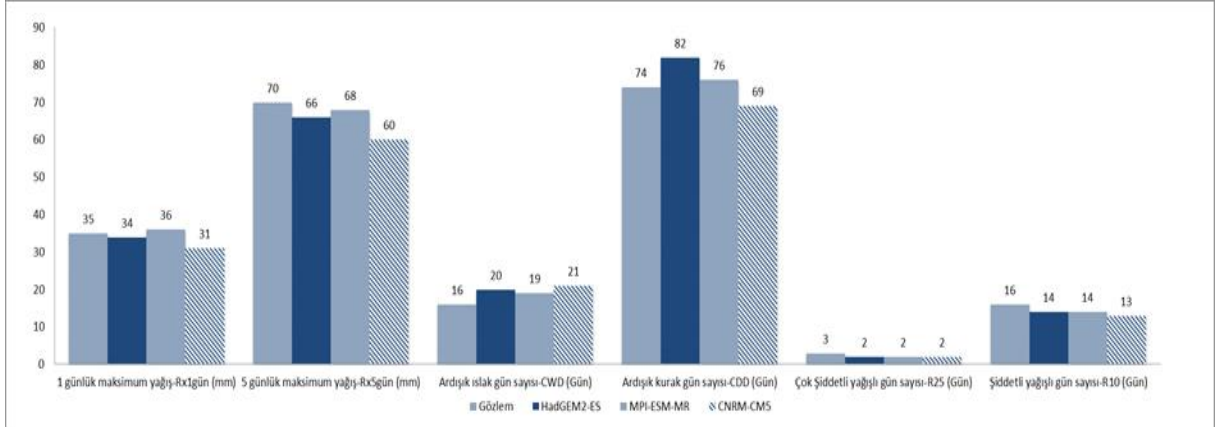
Öncelikle yukarıda belirtilen indislerin Türkiye üzerindeki dağılım tutarlılığı irdelenmiştir. Referans dönemi ekstrem sıcak hava koşullarının sıklığını ifade etmek için seçilen TX35, SU25 ve FD0 indislerinin Türkiye üzerinde dağılımı modellerce gözlemlere uygun olarak simüle edilmiştir. Sıcak indislerde Güney Ege ve Güney Doğu Anadolu'daki 35°C ve 25°C'den yüksek sıcaklığa sahip gün sayıları ortalamaları diğer bölgelere göre daha fazladır. Benzer olarak don olan günlerin (FD0) İç Anadolu ve Doğu Anadolu üzerinde sıklıkla olduğu hem gözlemlerde hem de simülasyonlarda görülmektedir. Genel olarak sıcaklık ekstremlerinin oluşma sıklıklarının klimatolojisi modellerce başarı ile öngörülmüştür (Şekil 3.6).

Yağışlardaki ekstremlerin modellerce temsiliyeti 3 kategoriye ayrılan iklim indislerince analiz edilmiştir. Referans periyod için ardışık kurak ve yağışlı geçen günlerin maksimumlarının (CDD ve CWD) referans dönemi ortalaması, yağış miktarındaki ekstremler 10 mm ve 25 mm'den fazla yağış alan günlerin sayısı (R10 ve R25) ve ayrıca 1 günlük ve ardışık 5 günlük yağış miktarı maksimumları (RX1 ve RX5) için karşılaştırmalar Şekil 3.7 ile verilmektedir. Tüm modellerde ardışık kurak geçen günlerin ortalama süresi benzer olmasına karşın, ardışık yağışlı geçen günlerde HadGEM2-ES ve CNRM-CM5.1 modellerinin tüm Türkiye

üzerinde öngördüğü periyot gözlemlerden daha uzundur. MPI-ESM-MR kuple sisteminin toplam yağışları HadGEM2-ES'den fazla olmasına karşın HadGEM2-ES'te sinoptik sistem geçişlerindeki ardışık yağışlı günler daha sürekli. Nitekim HadGEM2-ES modelinde RX1 ve RX5'in dağılımı model kuple sisteminin 1 günde çok fazla yağış üretmek yerine diğer modellere nispeten yağışın günlerce devam ettiğini göstermektedir. 10 mm'den fazla yağış alan gün sayıları tüm modellerde gözlemlerle uyum içerisindeyken, 25 mm üzerindeki ekstrem yağışları her ne kadar dağılımsal olarak başarılı olsa da HadGEM2-ES modelinde gözlemlerin altında kalmaktadır. Yağışların 25 mm'yi aştığı günler klimatolojisi MPI-ESM-MR modelinde gözleme en yakındır.



Şekil 3.6 Referans Dönemi FD0, SU25 ve TX35 İndisleri için Gözlem ve Model Sonuçlarının Karşılaştırılması



Şekil 3.7 Referans Dönemi RX1,RX5, CDD, R25 ve R10 İndisleri için Gözlem Ve Model Sonuçlarının Karşılaştırılması

Sonuç olarak incelenen 9 ekstrem indis göz önüne alınarak referans dönemi içerisinde bu indislerin gözlem değerlerine ait sonuçları ile HadGEM2-ES RF, MPI-ESM-MR RF ve CNRM-CM5.1 RF küresel iklim modellerine dayalı bölgesel iklim model çözümleri karşılaştırıldığında MPI-ESM-MR modelinin özellikle yağış değişkenine ait indisler için yüksek doğrulukta

sonuçlar verdiği anlaşılmaktadır. Sadece don olan günler için HadGEM2-ES ve CNRM-CM5.1 modelleri gözlemler ile MPI-ESM-MR' den daha uyumludur.

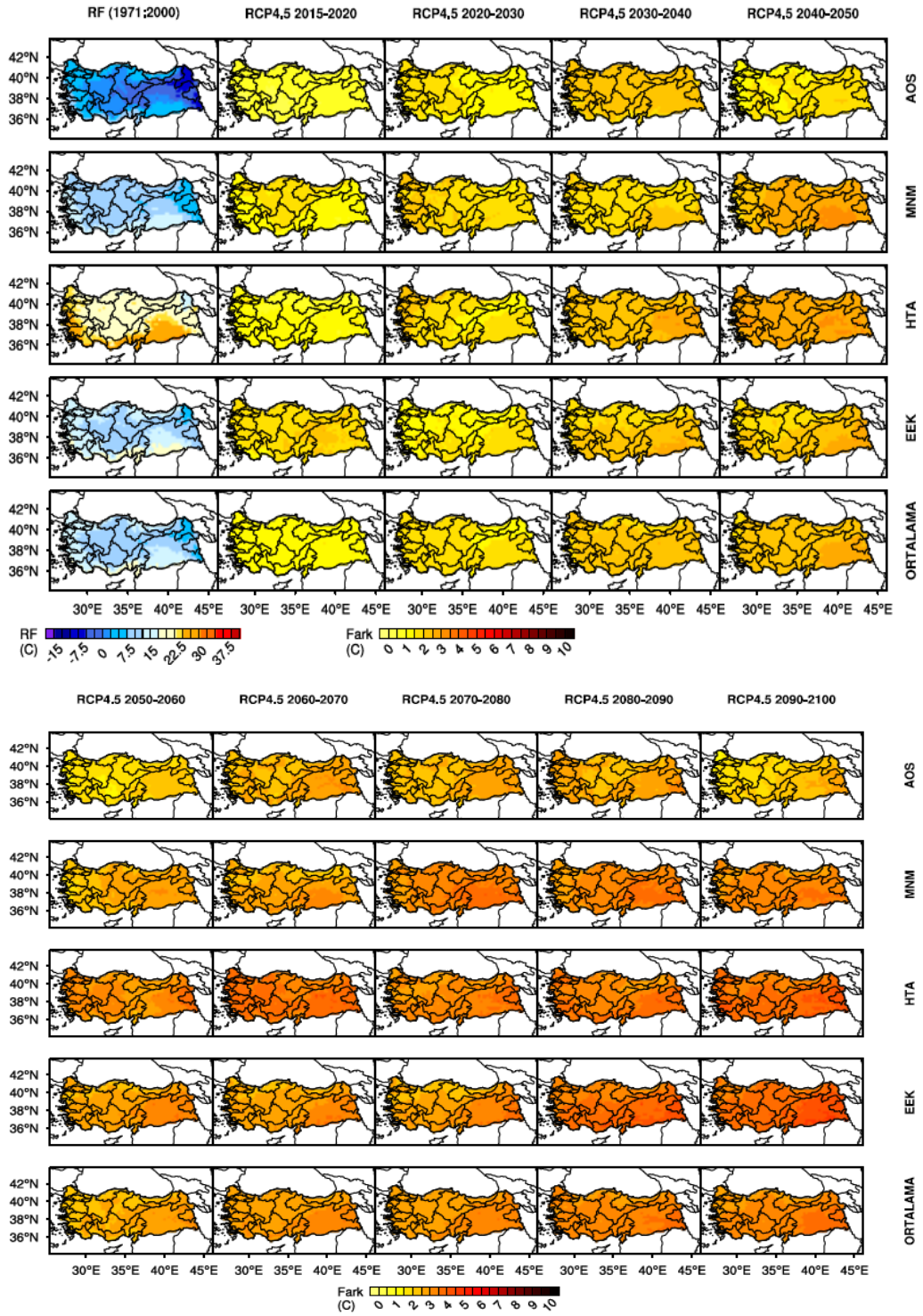
3.2 Gelecek Dönem İklım Projeksiyonları

Proje kapsamında Türkiye için dört mevsim dikkate alınarak yapılan model simülasyonları 10'ar ve 30'ar yıllık dönemler halinde ortalama sıcaklık, toplam yağış, bağıl nem, kar, yüzey basıncı, toplam radyasyon parametreleri ve iklim indislerinden oluşmaktadır. Aşağıdaki bölümlerde sıcaklık ve yağış projeksiyonlarının zet değerlendirmeleri sunulmuş, diğer parametreler ve ayrıntılı değerlendirmeler Ek 2 Türkiye İklım Değişikliği Projeksiyonları cildinde verilmiştir.

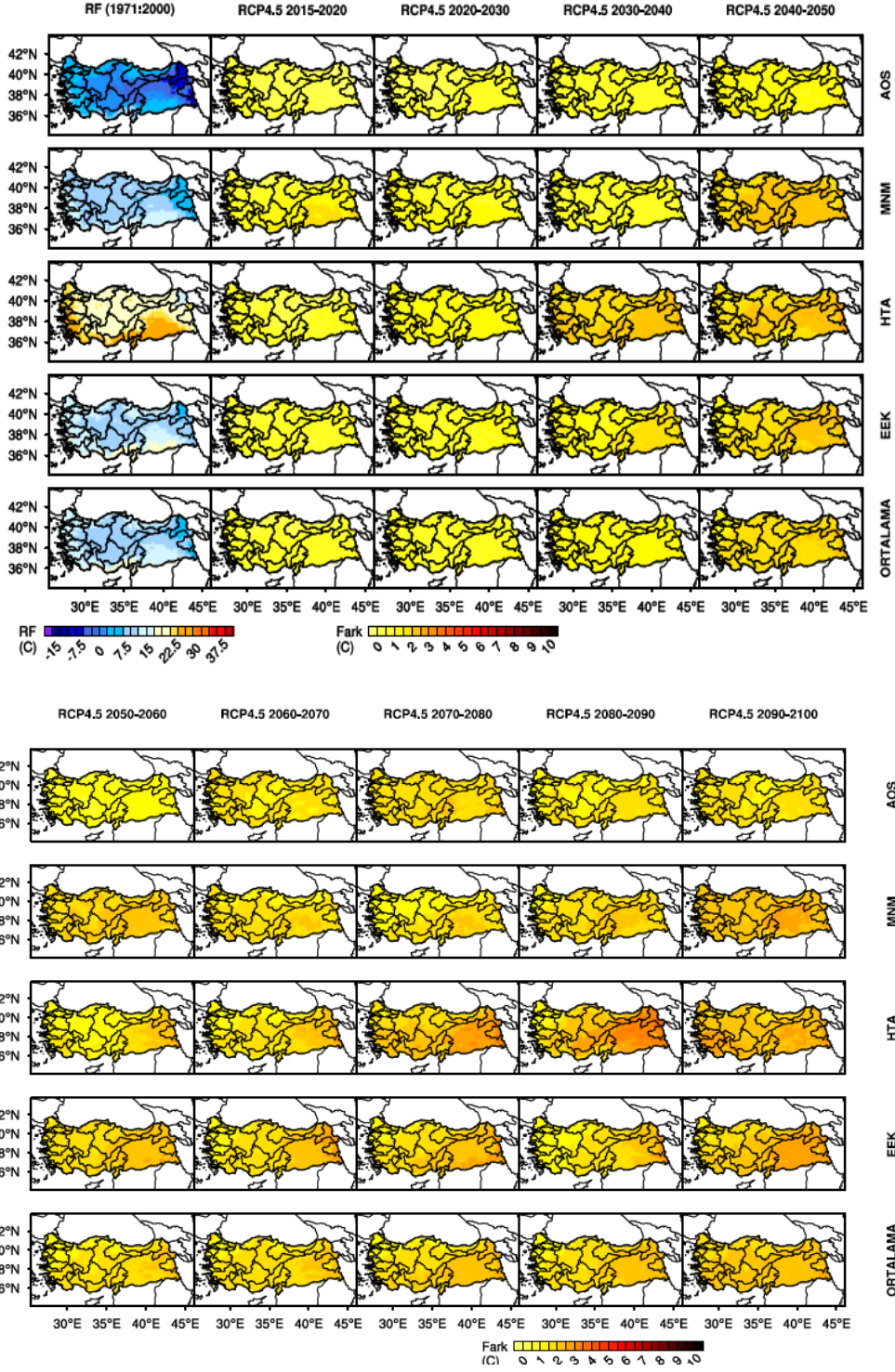
3.2.1 Sıcaklık Projeksiyonları

Türkiye genelinde RCP4.5 ve RCP8.5 senaryoları için HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR ve CNRM-CM5.1 modellerine dayalı RegCM4.3 bölgesel iklim model zmlerinin dört mevsime ait 10 ar yıllık sonuçları Şekil 3.8-Şekil 3.13 ile gösterilmiştir. Buna göre projeksiyon dönemi boyunca (2015-2100) RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarına göre her üç modele ait ortalama sıcaklık anomali değerleri dört mevsim için de referans dönemine göre pozitif sonuçlar vermektedir.

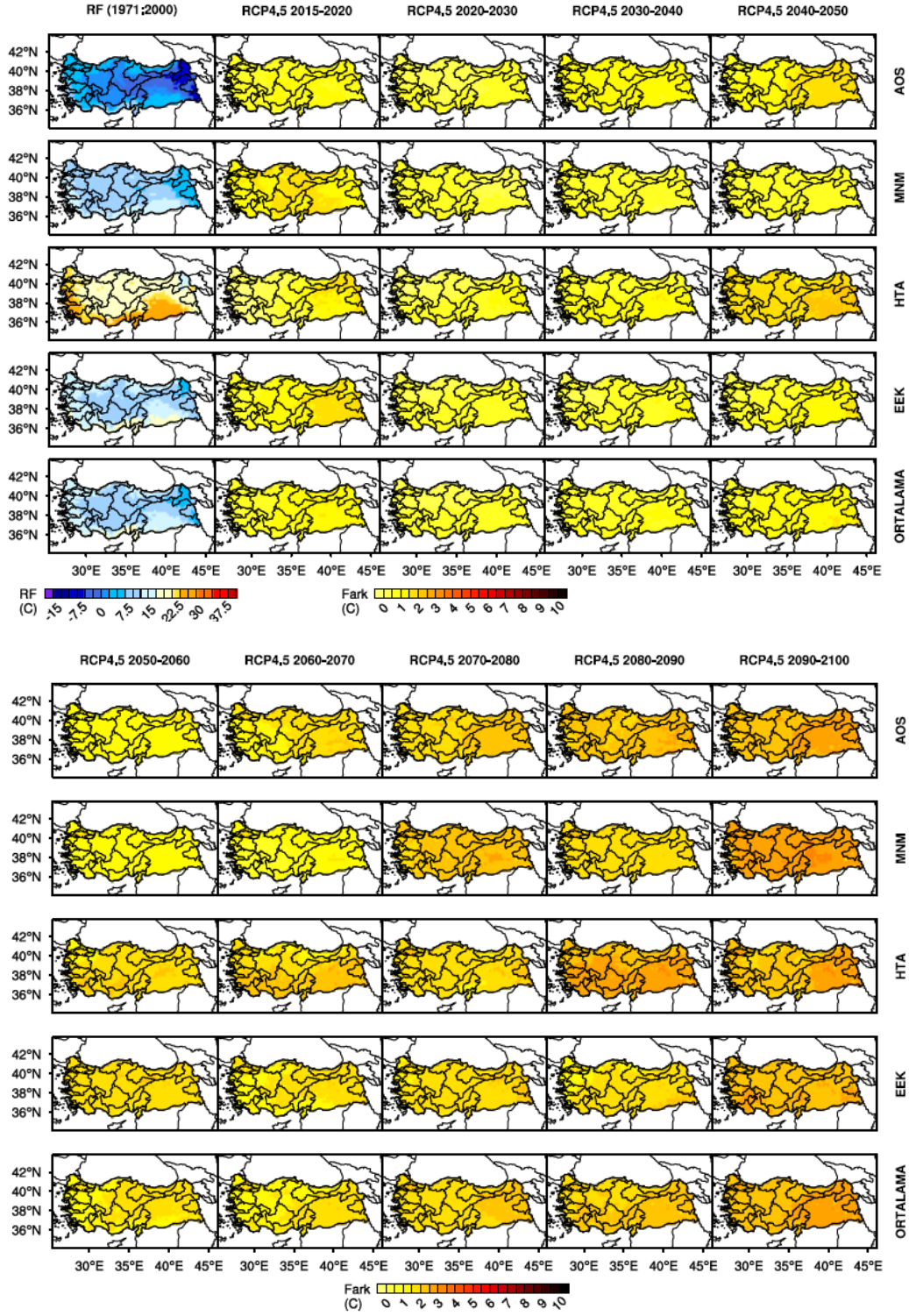
Her modelin alt limitleri 2015-2020 periyodunun kiş mevsimlerinde meydana gelirken st limitler yüzyılın son on yılında yaz mevsimindedir. En yüksek sıcaklık artışının her iki RCP4.5 ve RCP8.5 senaryoda da yaz mevsiminde meydana geldiği görülmektedir. Projeksiyon döneminin son on yılı içerisinde HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR ve CNRM-CM5.1 modelleri kiş mevsiminde sıcaklık artışlarını sırası ile 4,4°C, 3,6°C, 3,8°C ve yaz mevsiminde ise 7,1°C, 4,9°C ve 5,4°C ngrmektedir. Her iki senaryo durumunda da kiş mevsimi sıcaklıklarının 2050 yıllarından sonra 1970-2000 dönemine nazaran en az 1°C fazla seyredeceği her üç model tarafından da öngörülmektedir. RCP4.5 senaryosunda sıcaklık artışlarında kiş ve yaz mevsimleri arasındaki farklar en fazla 1,3°C'ye ulaşırken, RCP8.5 senaryosunda yaz ve kiş mevsimi sıcaklık eğilimleri önemli farklılıklar göstermekte ve 2,7°C'ye ulaşmaktadır. Tüm modellerdeki kiş mevsimi sıcaklıkları yaz mevsimine göre daha az artış göstermekte ve son on yıllık dönemde mevsimler arasındaki fark 1,0-2,5°C arasında olmaktadır. 2015-2100 periyodunun ilk yıllarında bazı bölgelerde çok daha küçük sıcaklık değişimleri ve hatta bazı yıllarda soğumalar görülmekle birlikte ilerleyen yıllarda sera gazlarındaki artışın yarattığı iklim zorlamaları bölgesel iklim değişkenliğinden daha baskın Şekilde sıcaklıkların artışını hızlandırmaktadır. Toprak neminin azalması akabinde buharlaşmanın azalması toprak sıcaklıklarının özellikle yaz aylarında daha yüksek seyretmesini sağlamaktadır.



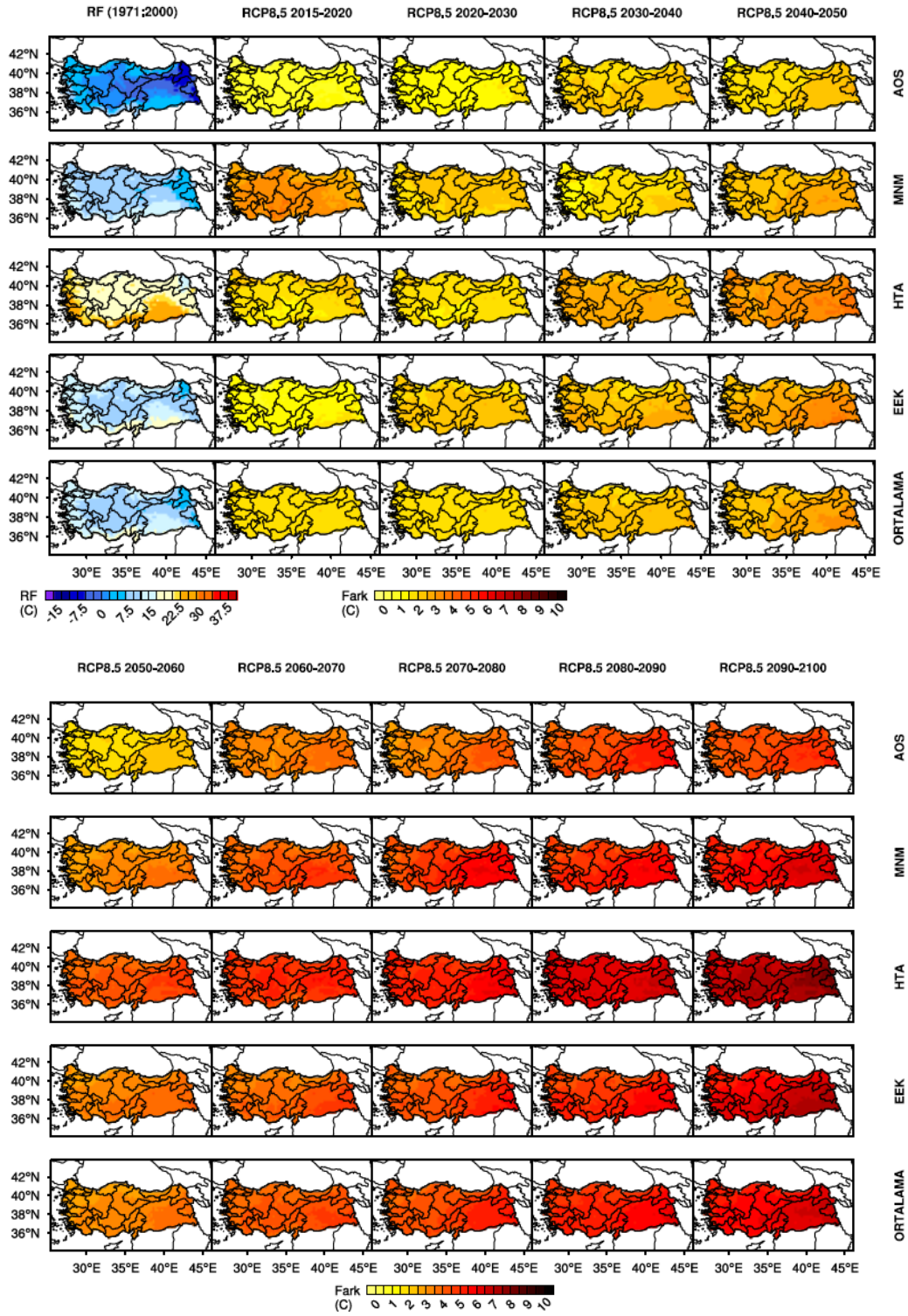
Şekil 3.8 Ortalama Sıcaklık Anomali Değerlerinin HadGEM2-ES Modeli RCP4.5 Senaryosu için 10'ar Yıllık Dönemlerde ve Mevsimlik Değişimi



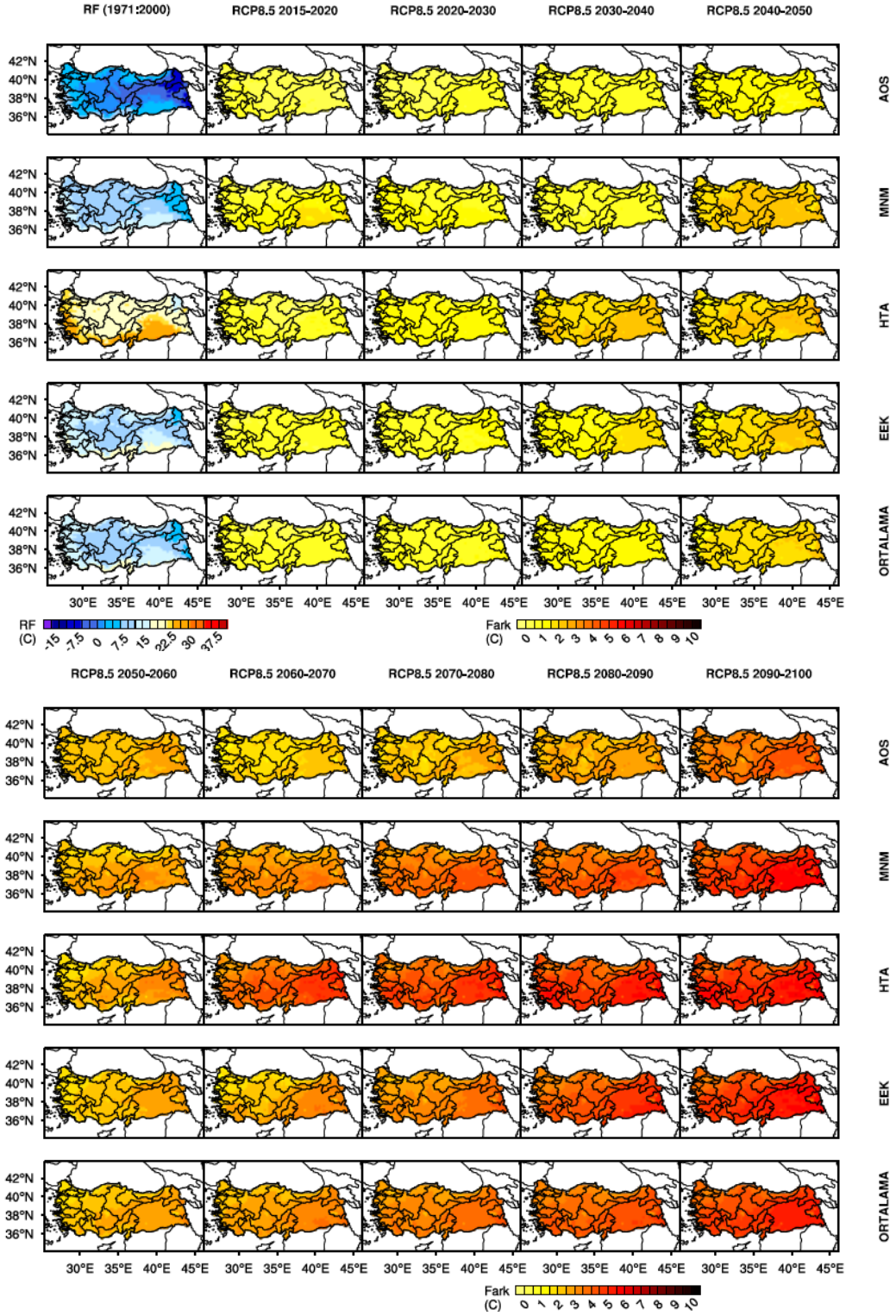
Şekil 3.9 Ortalama Sıcaklık Anomali Değerlerinin MPI-ESM-MR Modeli RCP4.5 Senaryosu için 10'ar Yıllık Dönemlerde ve Mevsimlik Değişimi



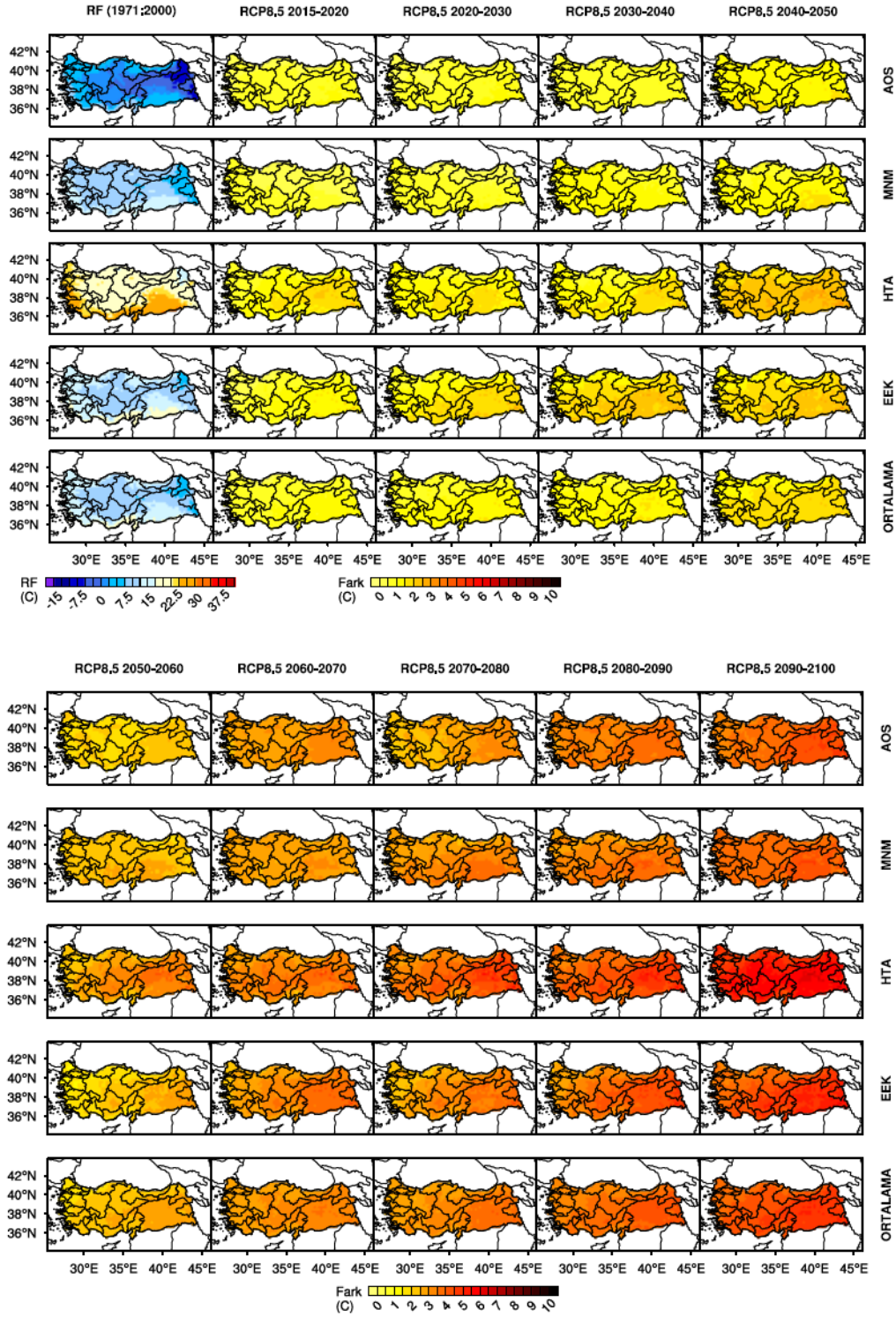
Şekil 3.10 Ortalama Sıcaklık Anomali Değerlerinin CNRM-CM5.1 Modeli RCP4.5 Senaryosu için 10'ar Yıllık Dönemlerde ve Mevsimlik Değişimi



Şekil 3.11 Ortalama Sıcaklık Anomali Değerlerinin HadGEM2-ES Modeli RCP8.5 Senaryosu için 10'ar Yıllık Dönemlerde ve Mevsimlik Değişimi



Şekil 3.12 Ortalama Sıcaklık Anomali Değerlerinin MPI-ESM-MR Modeli RCP8.5 Senaryosu için 10'ar Yıllık Dönemlerde ve Mevsimlik Değişimi



Şekil 3.13 Ortalama Sıcaklık Anomali Değerlerinin CNRM-CM5.1 Modeli RCP8.5 Senaryosu için 10'ar Yıllık Dönemlerde ve Mevsimlik Değişimi

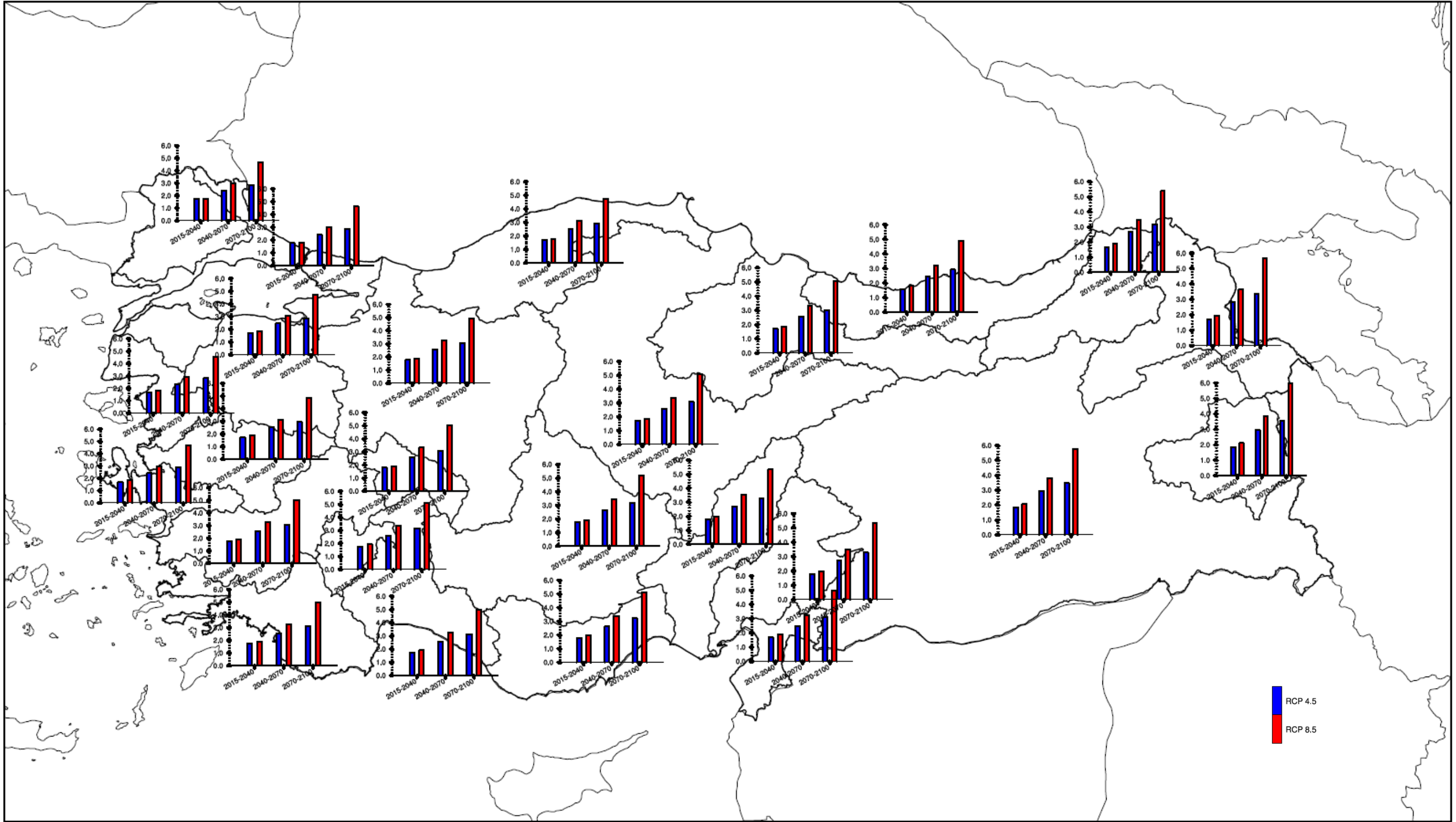
Her üç model için 25 havzada ortalama sıcaklıkların 30 yıllık değişimleri Şekil 3.14, Şekil 3.15 ve Şekil 3.16 ile gösterilmiştir. RCP4.5 senaryosunda dört mevsim sıcaklık anomali değerlerinin onar yıllık periyotlardaki Türkiye ortalaması HadGEM2-ES modeli (Şekil 3.14)

simülasyonlarında 1,2 ile 3,4°C; MPI-ESM-MR modelinde (Şekil 3.15) 0,4-2,0°C; ve CNRM-CM5.1 modelinde (Şekil 3.16) ise 1,0-2,5°C arasında değişmektedir. RCP8.5 senaryosu durumunda ise HadGEM2-ES modeli (Şekil 3.14) için dört mevsim sıcaklık anomali değerleri 1,7 ile 5,9°C; MPI-ESM-MR modeli (Şekil 3.15) 0,6-4,5°C ve CNRM-CM5.1 modeli (Şekil 3.16) ise 0,8-4,3°C arasında değerler almıştır.

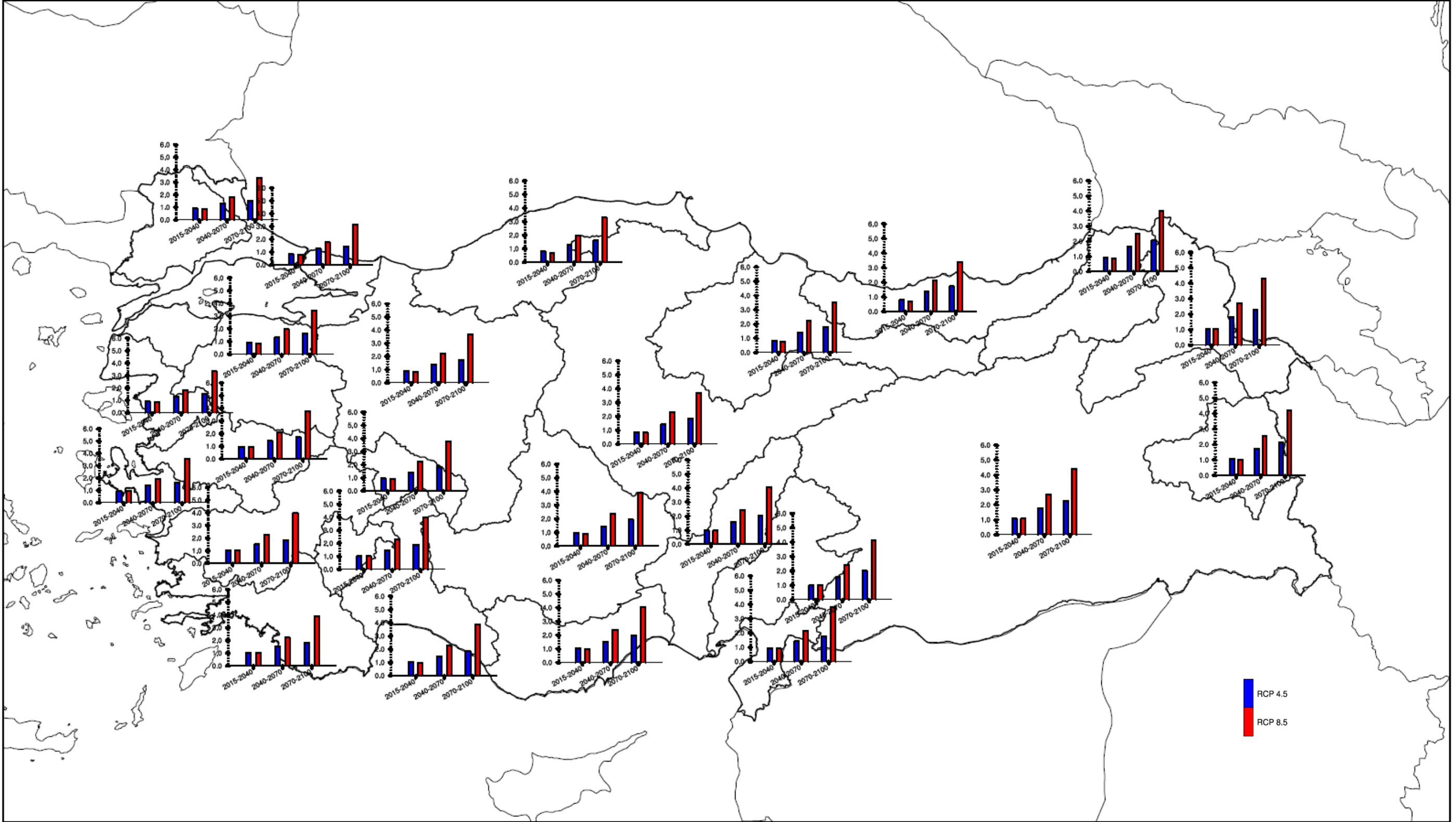
RCP4.5 senaryosuna göre HadGEM2-ES ve MPI-ESM-MR modelleri sıcaklık artış hızının 2071-2100 periyodunda 2041-2070 periyoduna göre daha düşük olacağı öngörülmektedir (Şekil 3.14, Şekil 3.15). Buna karşın CNRM-CM5.1 modelinde son 30 yıldaki sıcaklık artış hızı bir önceki 30 yıldan yüksektir (Şekil 3.16). Her ne kadar HadGEM2-ES modeli sıcaklık artışları projeksiyon dönemi sonuna doğru MPI-ESM-MR model kuple sisteminin 1°C civarı üzerinde olsa da bölgesel olarak ısınma eğilimleri 30 yıllık zaman dilimleri dikkate alındığında benzerlik göstermektedir. Örneğin 2015-2040 periyodunda Karadeniz Bölgesi ve Kuzey Marmara'nın Türkiye'nin diğer kesimlerinden daha az sıcaklık artışına maruz kalacağı ve son otuz yılda ise Türkiye'nin batı bölgelerindeki artışların güneyinden, İç Anadolu ve doğu bölgelerinden daha düşük olacağı öngörülmektedir. Türkiye genelinde RCP4.5 senaryosunda tüm modeller ilk otuz yıllık periyot içerisinde sıcaklık artış hızının sonraki dönemlerine göre daha yüksek olabileceğini ortaya koymaktadır. Bunun yanı sıra RCP8.5 senaryosu için elde edilen sonuçlar ilk 30 yıllık periyot içerisinde tüm modellerin sıcaklık artışlarının RCP4.5 senaryosundaki sıcaklık artışına benzer olduğunu göstermektedir. RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarındaki ayrışma sonraki 30 yıllık dönemlerde açık bir şekilde belirginleşmektedir. Örneğin, RCP8.5 senaryosuna göre HadGEM2-ES model sonuçları 2015-2040 arasında Türkiye genelinde sıcaklıkların referans dönemine göre 1,9°C daha yüksek olacağını, 2041-2070 ve 2071-2100 arasındaki periyotlarda ise 3,3°C ve 5,1°C olacağını öngörürken, sıcaklık değişim hızı 2041-2070 arasında bir önceki 30 yıla göre 1,5°C ve 2071-2100 arasında bir önceki 30 yıla göre 1,8°C olmaktadır. Tüm model simülasyonlarına göre sıcaklık artışları yüzyılın ikinci yarısında Türkiye'nin batısında ve Karadeniz kıyı şeridi boyunca düşük ve özellikle Doğu ve Güney Doğu Anadolu bölgelerinde yüksek olan bir coğrafi dağılıma sahiptir (Şekil 3.14, Şekil 3.15 ve Şekil 3.16). CNRM-CM5.1 modeli sıcaklık anomalileri büyüklük olarak MPI-ESM-MR modeli mertebelerindedir. Tüm modeller en büyük sıcaklık artışlarının Van, Fırat-Dicle, Aras, Seyhan, Ceyhan ve Konya Kapalı Havzaları'nda ve en düşük sıcaklık artışlarının ise Meriç Ergene, Marmara, Kuzey Ege ve Batı Karadeniz Havzaları'nda olacağını öngörmektedir. HadGEM2-ES modeli RCP8.5 senaryosuna göre son 30 yıllık periyot için Karadeniz kıyı şeridi ve Türkiye'nin batısı dışında sıcaklıkların referans döneminin en az 5°C üzerinde olması öngörülmektedir. HadGEM2-ES modelinin diğer iki modele göre daha yüksek sıcaklık değerleri vermesi bu modelin sıcak yanlılığa sahip olması nedeniyledir.

Diğer modeller ise Van Gölü, Fırat-Dicle, Asi, Seyhan ve Ceyhan Havzaları'nda 4°C'lere ulaşan sıcaklık artışları öngörmektedir. Havzalar bazında 2015-2100 periyodundaki sıcaklık artışları incelendiğinde HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR ve CNRM-CM5.1 modelleri RCP8.5 ve RCP4.5 senaryoları dahilinde en yüksek sıcaklık artışlarının Van Gölü Havzası, Türkiye sınırları içerisindeki Fırat-Dicle Havzası, Aras, Ceyhan ve Seyhan Havzaları'nda olacağı görülmektedir. Bu havzalar yükseltinin fazla olduğu ve kar yağışlarının sıklıkla görüldüğü bölgelerdir. Bu suretle kar örtüsü erimeksizin bahar aylarına kadar kalmakta ve yükselti bu havzalarda doğal rezervuar işlevi görmektedir. Bununla birlikte artan sıcaklıklar kışın yağışın karakterini sıklıkla kardan yağmura dönüştürerek yağın kar miktarının azalmasına neden olur. Ayrıca yüzeydeki kar örtüsü, yüksek albedosu (yansıtma özelliği) nedeniyle gelen güneş ışınımının yüzey tarafından soğurulmasını azaltır. Daha az kar yağışı ve kar örtüsünün erken kalkması yüzey tarafından daha fazla güneş ışınımının soğurulmasını sağlayarak sıcaklıkların artışında pozitif bir geri besleme yaratmaktadır. Bu nedenle özellikle yüzyılın ikinci yarısına doğru artan sera gazı zorlamaları tüm model kuple sistemlerinde daha hızlı sıcaklık artışlarının oluşmasına neden olmaktadır. Artan sıcaklıklar nedeniyle karın erken erimesi, yağışın karakterinin değişimi ve buharlaşmanın artışı bahar ve yaz aylarında su stresi yaratabilir. Ayrıca artan sıcaklıklar nedeniyle yağış miktarlarında değişim olmazsa dahi kış mevsiminde yüzey akışının artabileceği ve ilkbahar aylarında azalabileceği beklenmelidir. Zira artan sıcaklıklar kışın daha az kar birikmesine ve mevcut karın da ilkbahar aylarında daha erken erimesine sağlayarak yüzey akışlarını değiştirmektedir.

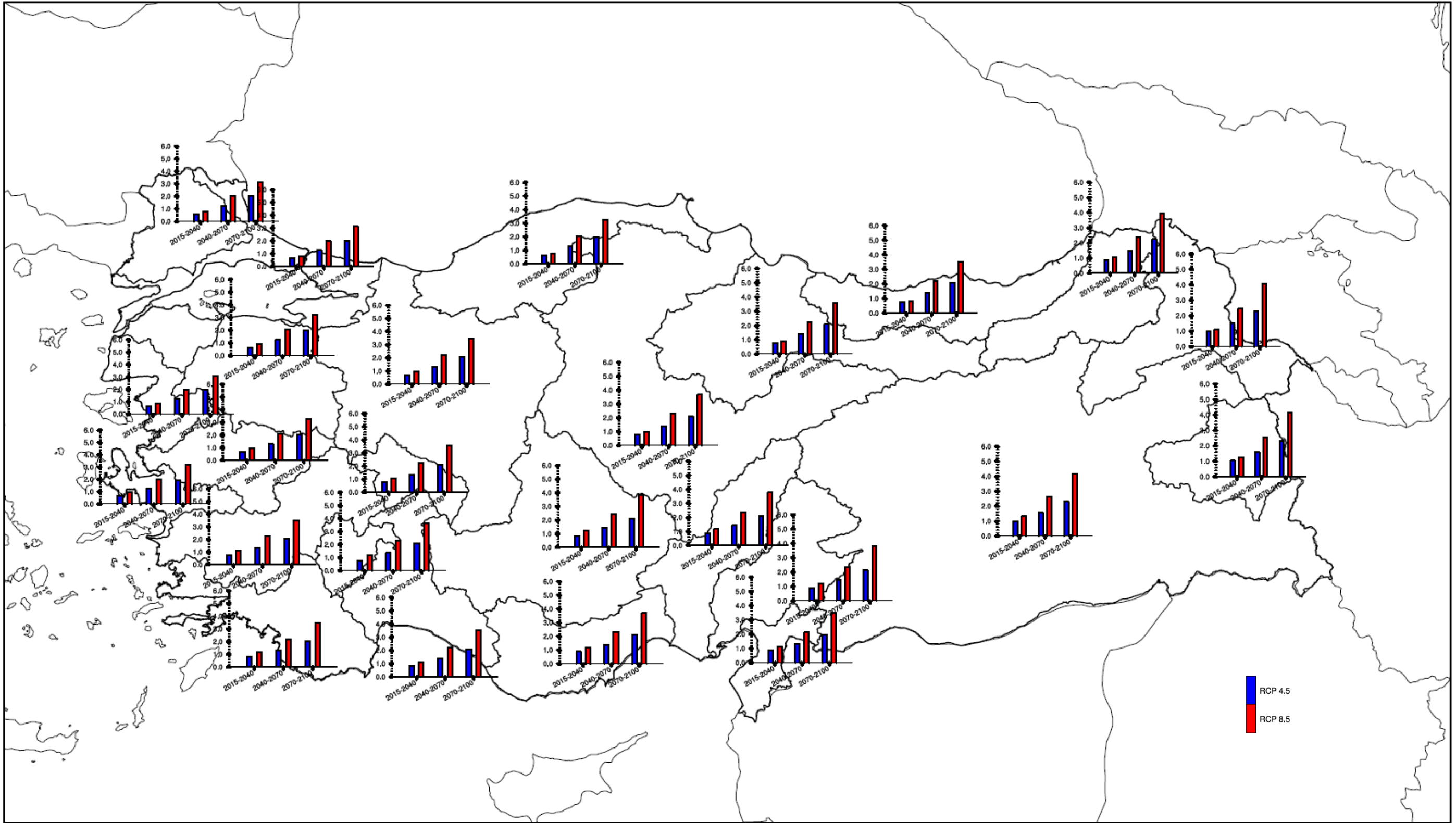
HadGEM2-ES ve MPI-ESM-MR modelleri her otuz yıllık dönem ortalamaları sonuçları iki senaryo için de Türkiye'nin batısında ve kuzeyinde yer alan havzalarda örneğin Meriç-Ergene, Marmara, Kuzey Ege, Batı Karadeniz, Yeşilirmak, Susurluk ve Küçük Menderes Havzaları'nda Türkiye ortalamasına göre sıcaklıkların diğer havzalardan daha düşük olacağını göstermektedir. CNRM-CM5.1 model sonuçlarında ise RCP8.5 senaryosunda havza sıcaklık değişimlerinin HadGEM2-ES ve MPI-ESM-MR modelleri ile benzerlik gösterdiği anlaşılmaktadır. Bununla beraber RCP4.5 senaryosunda diğer modellerin davranışından en büyük farklılık Kızılırmak, Doğu Karadeniz ve Yeşilirmak Havzaları'nda meydana gelmektedir. Bu havzalardaki sıcaklık artışlarının Çoruh ve Aras Havzaları'na benzer olacağı da öngörülmektedir.



Şekil 3.14 Türkiye Geneline Havzalar Üzerinde HadGEM2-ES Modeli Ortalama Sıcaklık Anomali Değerlerinin 30 Yıllık Ortalamaları



Şekil 3.15 Türkiye Genelinde Havzalar Üzerinde MPI-ESM-MR Modeli Ortalama Sıcaklık Anomali Değerlerinin 30 Yıllık Ortalamaları



Şekil 3.16 Türkiye Genelinde Havzalar Üzerinde CNRM-CM5.1 Modeli Ortalama Sıcaklık Anomali Değerlerinin 30 Yıllık Ortalamaları

Ayrıca RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarına göre üç küresel iklim modelinin Türkiye ortalama sıcaklık anomali değerleri de Tablo 3.4 ve Tablo 3.5 ile sunulmaktadır. Her iki tablodan da görüleceği gibi tüm model sonuçları her iki senaryo için de referans dönemine göre projeksiyon dönemi boyunca daha sıcak bir Türkiye'yi işaret etmektedir. RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarına dayalı üç modele ait 10'ar yıllık dönemler için sıcaklık anomali değerlerinin ortalamaları da 2015 yılından itibaren giderek artış göstermektedir. Örneğin Tablo 3.4 ve Tablo 3.5 ile görüldüğü gibi birinci projeksiyon dönemi olan 2015-2020'de 5 yıllık sıcaklık anomali değerlerine göre RCP4.5 için sıcaklık 0,9°C (0,5-1,2°C arasında modele göre değişen değerlerde) seviyesinde artış gösterirken, RCP8.5 için ortalama 1°C (0,6-1,7°C arasında modele göre değişen değerlerde) artış göstermektedir. 2021-2030 yılları arasında ise pozitif anomali değerleri ortalama sıcaklığın RCP4.5 için 0,6-1,7°C, RCP8.5 için ise 0,9-1,7°C aralığında artışlar göstereceğini işaret etmektedir.

RCP4.5 için pozitif anomali değeri 2091-2100 döneminde 2-3,3°C'ye arasında meydana gelirken RCP8.5 durumunda pozitif sıcaklık anomali aynı dönemde 4,2-5,7°C'ye yükselmektedir. Bu durum RCP8.5 için 2050-2100 dönemlerini içine alan sürede yüksek sera gazı emisyon zorlamasının sonucu olarak değerlendirilebilir. Sıcaklık projeksiyonlarından görüleceği üzere her iki senaryo için de en yüksek sıcaklık ortalama değeri HadGEM2-ES modeline dayalı RegCM4.3 bölgesel iklim model sonuçlarında ortaya çıkmaktadır. Bu durumun HadGEM2-ES modelinin diğer modellere göre daha sıcak yanlı bir model olmasından kaynaklandığı söylenebilir. MPI-ESM-MR ve CNRM-CM5.1 modelleri on yıllık dilimlerdeki sıcaklık değişimleri RCP4.5 için birbirine benzerdir. Yalnızca CNRM-CM5.1 2070'lerden sonra daha hızlı sıcaklık artışı önermektedir. Buna karşın RCP8.5 senaryosunda ise 2070'lerden sonra daha yavaş sıcaklık artış beklentisi mevcuttur.

Tablo 3.4 RCP4.5 Senaryosuna Göre HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR ve CNRM-CM5.1 Modellerine Dayalı Türkiye Ortalama Sıcaklık Anomali Değerleri (°C)

Dönem	HadGEM2-ES	MPI-ESM-MR	CNRM-CM5.1
2015-2020	1,2	0,4	1,0
2021-2030	1,7	0,9	0,6
2031-2040	2,1	1,3	0,9
2041-2050	2,3	1,2	1,1
2051-2060	2,6	1,6	1,5
2061-2070	3,0	1,7	1,5
2071-2080	2,9	1,8	1,9
2081-2090	3,1	1,8	2,0
2091-2100	3,4	2,0	2,5

Tablo 3.5 RCP8.5 Senaryosuna Göre HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR ve CNRM-CM5.1 Modellerine Dayalı Türkiye Ortalama Sıcaklık Anomali Değerleri (°C)

Dönem	HadGEM2-ES	MPI-ESM-MR	CNRM-CM5.1
2015-2020	1,7	0,6	0,8
2021-2030	1,7	0,8	1,0
2031-2040	2,2	1,1	1,2
2041-2050	2,7	1,7	1,5
2051-2060	3,2	2,4	2,3
2061-2070	4,1	2,8	3,0
2071-2080	4,5	3,3	3,1
2081-2090	5,3	3,8	3,6
2091-2100	5,9	4,5	4,3

Sıcaklık projeksiyonlarının genel değerlendirilmesi yapıldığında, üç küresel iklim modeline ve her iki emisyon senaryosuna dayalı simülasyonların tamamının 2015-2100 projeksiyon döneminde mevsimsel ve yıllık ölçeklerde Türkiye üzerinde önemli bir ısınmayı işaret ettiği görülmektedir. Türkiye üzerinde özellikle 2091-2100 yılları arasında RCP4.5 senaryosunda sıcaklık artışları HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR ve CNRM-CM5.1 modelleri ile kuple edilen RegCM4.3 için sırasıyla 3,4°C, 2°C ve 2,5°C olarak bulunmuştur. Daha yüksek emisyon senaryosu olan RCP8.5 de ise bu sıcaklık artış değerleri sırasıyla 5,9°C, 4,5°C ve 4,3°C'dir. Türkiye genelinde sıcaklık artışları RCP8.5 senaryosunda 2050'li yıllara kadar RCP4.5 senaryosunun biraz üzerinde seyretmesine karşın 2050'li yıllardan sonra ayrışma giderek artmaktadır. Sıcaklık artışları yaz ve ilkbahar mevsimlerinde kış ve sonbahar mevsimlerinden daha yüksektir. Bir başka ilginç sonuç da her iki senaryo için de sıcaklık artışlarının 2015-2100 boyunca Türkiye'nin güney enlemlerinden başlayarak kuzeye doğru genişleyerek meydana gelmesidir. Örneğin en yüksek sıcaklık artışlarının Türkiye'nin Güney Doğusunda ve Akdeniz boyunca meydana geldiği görülmektedir. Özellikle yüksekliğin hakim olduğu topoğrafya içerisinde Fırat Dicle Havzası üzerinde yaz aylarındaki beklenen sıcaklık artışları diğer mevsimlere göre daha yüksek ve diğer bölgelere göre ise daha hızlıdır. Sıcaklık artışlarının 2100'lere doğru, özellikle Türkiye'nin doğu ve güneydoğusunda 4-6°C'ye ulaşacağı beklenmektedir. Artan sıcaklıklar nedeniyle kış aylarında yağış tipinin daha sık olarak kardan yağmura dönmesi karla kaplı alanların azalmasına ve ilkbahar aylarında ise karın daha erken erimesine sebep olmaktadır. Karla kaplı yüzeylerdeki azalma yüzeyin albedosunun azalmasını ve dolayısıyla yüzey tarafından soğurulan güneş radyasyon miktarının artmasını sağlayarak sıcaklıkları diğer bölgelerden daha hızlı yükseltmektedir.

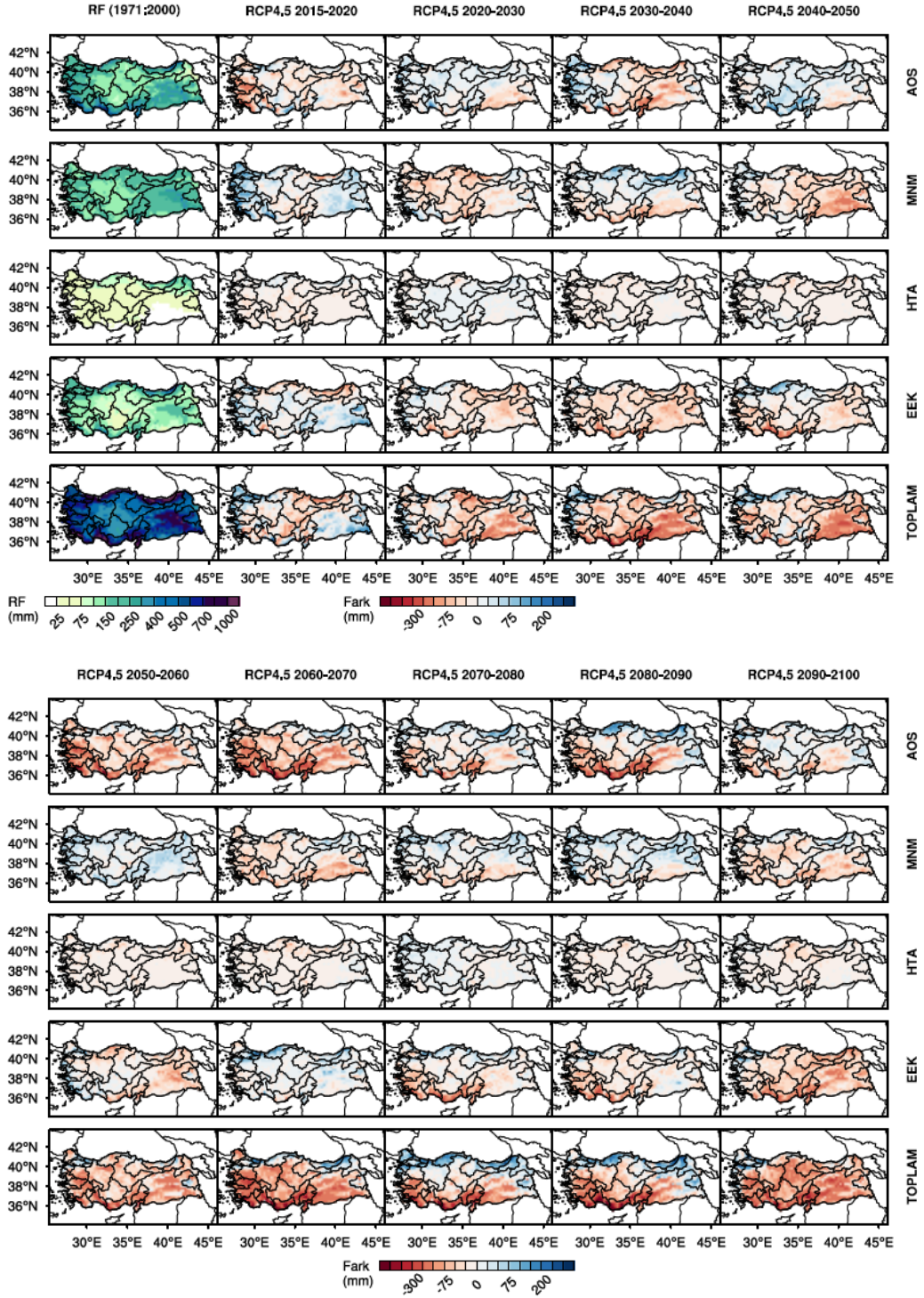
3.2.2 Toplam Yağış Projeksiyonları

Türkiye genelinde ve 25 havza için yağışın bölgesel, mevsimsel ve yıllık değişimlerinin HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR ve CNRM-CM5.1 modellerine dayalı RegCM4.3 bölgesel iklim model çözümlerinin RCP4.5 ve RCP8.5 senaryoları altında 2100 yılına kadar gösterdiği davranışlar incelenmiştir. Buna göre Türkiye genelinde RCP4.5 ve RCP8.5 senaryoları için HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR ve CNRM-CM5.1 modellerine ait yağış projeksiyonları yer sistem modellerine bağlı olarak projeksiyon dönemi boyunca (2015-2100) bölgesel olarak yağış artış ve azalışlarının meydana geleceğini göstermektedir. Yağışta meydana gelen bu değişimler, göz önüne alınan dönemler ve RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarına bağlı olarak birbirinden önemli farklılıklar da gösterebilmektedir.

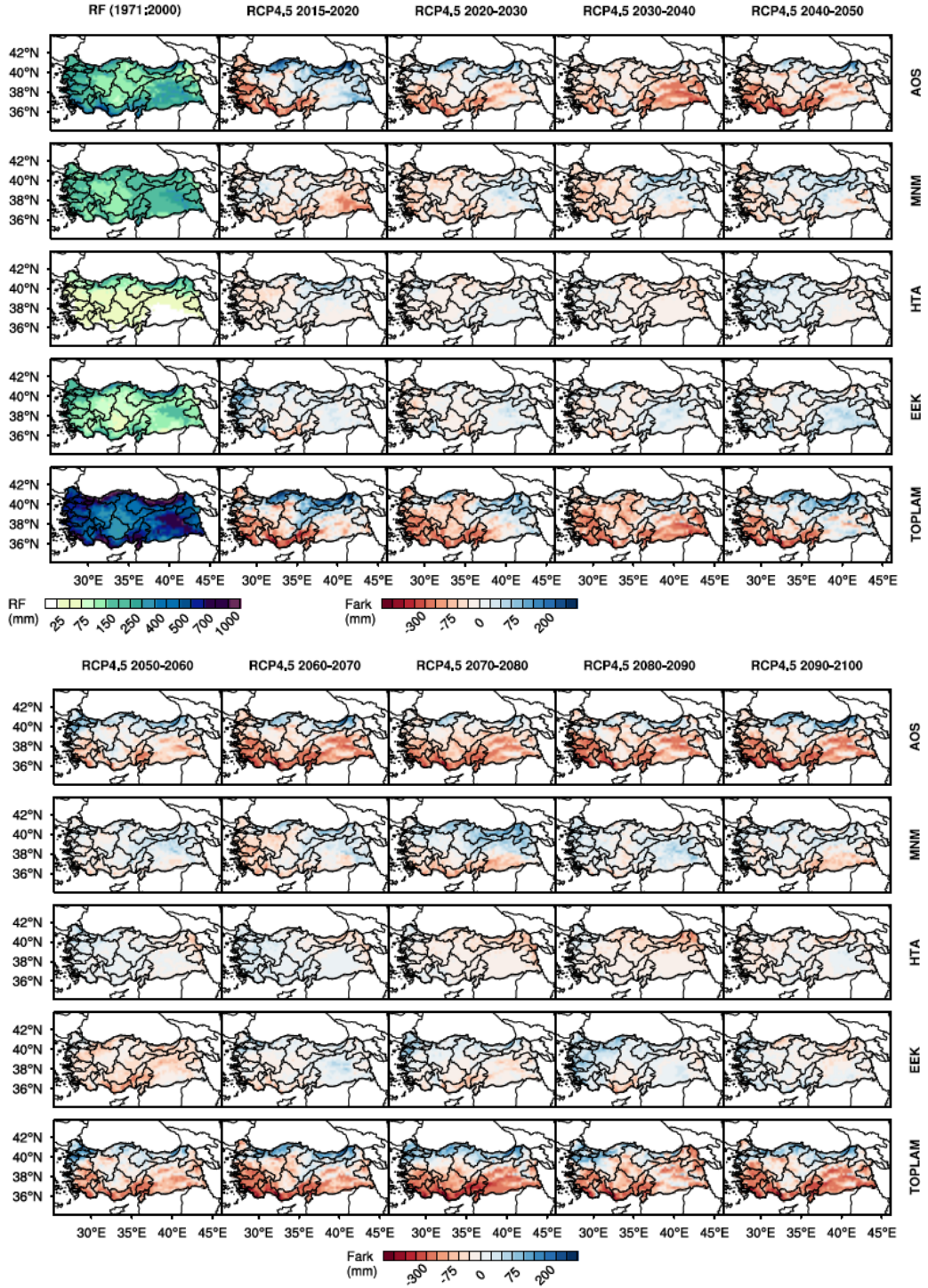
Genel olarak RCP4.5 senaryosu için projeksiyon dönemi boyunca on yıllık Türkiye yağış anomalilerinin ortalamaları -50 mm ile 40 mm arasında değişmektedir. Yağış eksikliklerinin en fazla hissedildiği mevsim kış mevsimidir. Yağışlarda öngörülen azalma Türkiye'nin güney enlemlerinde tüm projeksiyon dönemi boyunca oluşmakta ve bölgesel olarak yıllık 300 mm'lere ulaşmaktadır. Bununla birlikte, Karadeniz kıyı şeridi boyunca kış mevsiminde 150 mm'lere ulaşan daha fazla yağışın olabileceği öngörülmektedir. RCP4.5 salım senaryosu dahilinde yağış rejimindeki bu değişim, Türkiye üzerindeki ortalama yıllık toplam yağış salınımlarının daha sınırlı olmasına yol açmıştır. Bu suretle, Türkiye genelinde sadece kış mevsiminde yağış artışı ortaya çıkarken, ilkbahar, yaz ve sonbahar mevsimlerinde yağışta düşüşler olacağı beklenmektedir (Şekil 3.17- Şekil 3.19). Örneğin RCP4.5 senaryosunda HadGEM2-ES modeli kış mevsiminde projeksiyonların ilk periyodu için İç Anadolu Bölgesi'nin normalden fazla yağış alacağını öngörürken, sonraki on yıllık periyotta normaller civarında, bir sonrakinde ise yine yağışlı bir dönemi öngörmektedir. Benzer durum Güney Doğu Anadolu Bölgesi yağışlarında da göze çarpmaktadır. MPI-ESM-MR modeli için yağış anomali değerleri HadGEM2-ES modeline göre daha düşüktür. Kışın Karadeniz kıyı şeridi haricinde önemli yağış azalmaları meydana gelirken, yazın bölgesel olarak artış ve azalışlar oluşabilmektedir. İlkbahar ve sonbahar mevsimlerinde Karadeniz, Doğu Anadolu ve Güney Doğu Anadolu'da bölgesel olarak 100 mm'lere ulaşan artışlar öngörülmektedir. CNRM-CM5.1 modeli yüzyılın ilk yarısında kışın Karadeniz kıyı şeridi, Doğu ve Güney Doğu Anadolu'da yağışların artacağını; ikinci yarısında ise yağışların özellikle onar yıllık periyotlarda azalacağını öngörmektedir. Bu modelde yağışta meydana gelen mevsimsel değişimler, HadGEM2-ES kadar kuvvetli bölgesel farklılıklar göstermemektedir. Yaz mevsiminde ise hemen hemen tüm periyotlarda yağış eksiklikleri ortaya çıkmaktadır. RCP4.5 senaryosunda CNRM-CM5.1 ile kuple edilen RegCM4.3 modelinin işaret ettiği yağış rejimi,

HadGEM2-ES ve MPI-ESM-MR'dan farklıdır. Yüzyılın sonuna doğru diğer modellere benzer olarak Türkiye'nin güney enlemlerinde yağış eksiklikleri elde edilmiştir.

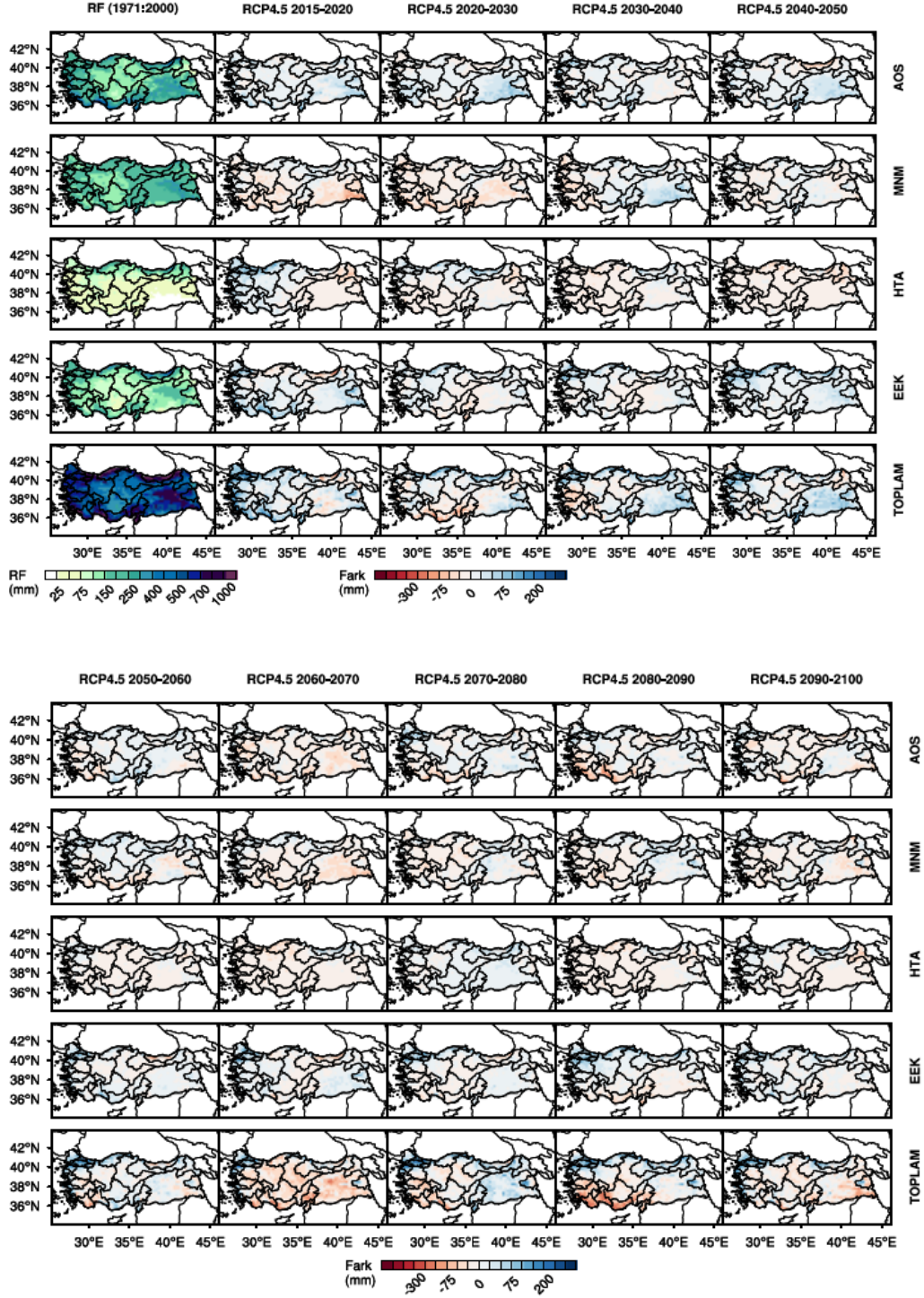
RCP8.5 senaryosuna göre ise HadGEM2-ES modeli mevsimsel bazda Türkiye üzerinde on yıllık mevsimsel yağış ortalamalarında -60 mm ile 20 mm arasında değişimler öngörmektedir. Türkiye'nin batısında ve güneyindeki yağıştaki azalmalar yüzyılın sonuna doğru şiddetlenmektedir. Karadeniz sahil şeridinde Türkiye'nin doğusuna doğru özellikle kış ve ilkbahar yağışlarında en fazla 100 mm civarında artışlar elde edilmiştir. Son iki 10 ar yıllık periyot içerisinde kışın Türkiye'nin doğusunda ortaya çıkan pozitif yağış anomalileri dikkate değerdir. Buna karşın, aynı dönemlerde sonbahar mevsimi yağışlarında ciddi azalmalar mevcuttur. Türkiye ortalaması dikkate alındığında yağışta en az azalma ilkbahar mevsiminde beklenirken, en fazla azalmanın sonbahar ve yazın olduğu görülmektedir (Şekil 3.20- Şekil 3.22). HadGEM2-ES modelinin RCP8.5 konsantrasyon rotası dahilindeki Türkiye yağış rejimi RCP4.5 senaryosuna benzemekle birlikte, iklimsel çalkantılar daha şiddetlidir. MPI-ESM-MR modeli, HadGEM2-ES'e göre daha yağışlı Karadeniz kıyıları öngörmektedir. Özellikle kış ve ilkbahar mevsimlerinde, yüzyılın sonuna doğru yağış anomalileri ilk 30 yıllık periyoda kıyasla yaklaşık %50 oranında artmaktadır ve RCP4.5 senaryosunun tam tersi yönde bir yağış eğilimi söz konusudur. Bunun yanı sıra, Fırat-Dicle Havzası'nın içerisinde bulunduğu Doğu ve Güney Doğu Anadolu'da kış ve ilkbahar aylarında yağışlarda azalma, sonbahar aylarında yüzyılın sonuna doğru tüm on yıllık periyotlarda artma öngörülmektedir. Yıllık olarak ise bölgede kuraklığın artacağı ve dağlık bölgelerde 250-300 mm'ler civarında azalmanın olabileceği tahmin edilmektedir.



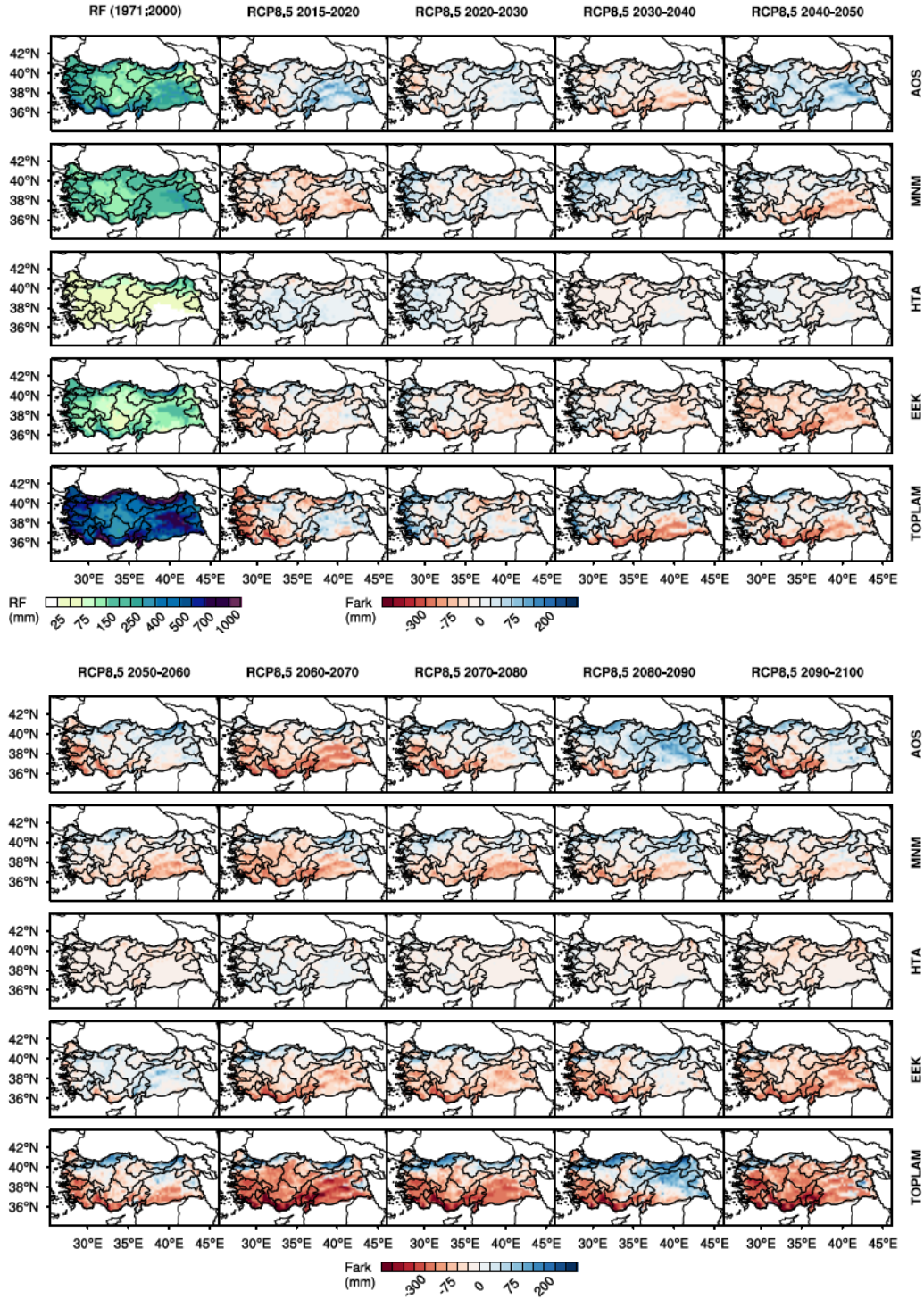
Şekil 3.17 Toplam Yağış Anomali Değerlerinin HadGEM2-ES Modeli RCP4.5 Senaryosu için 10'ar Yıllık Dönemlerde ve Mevsimlik Değişimi



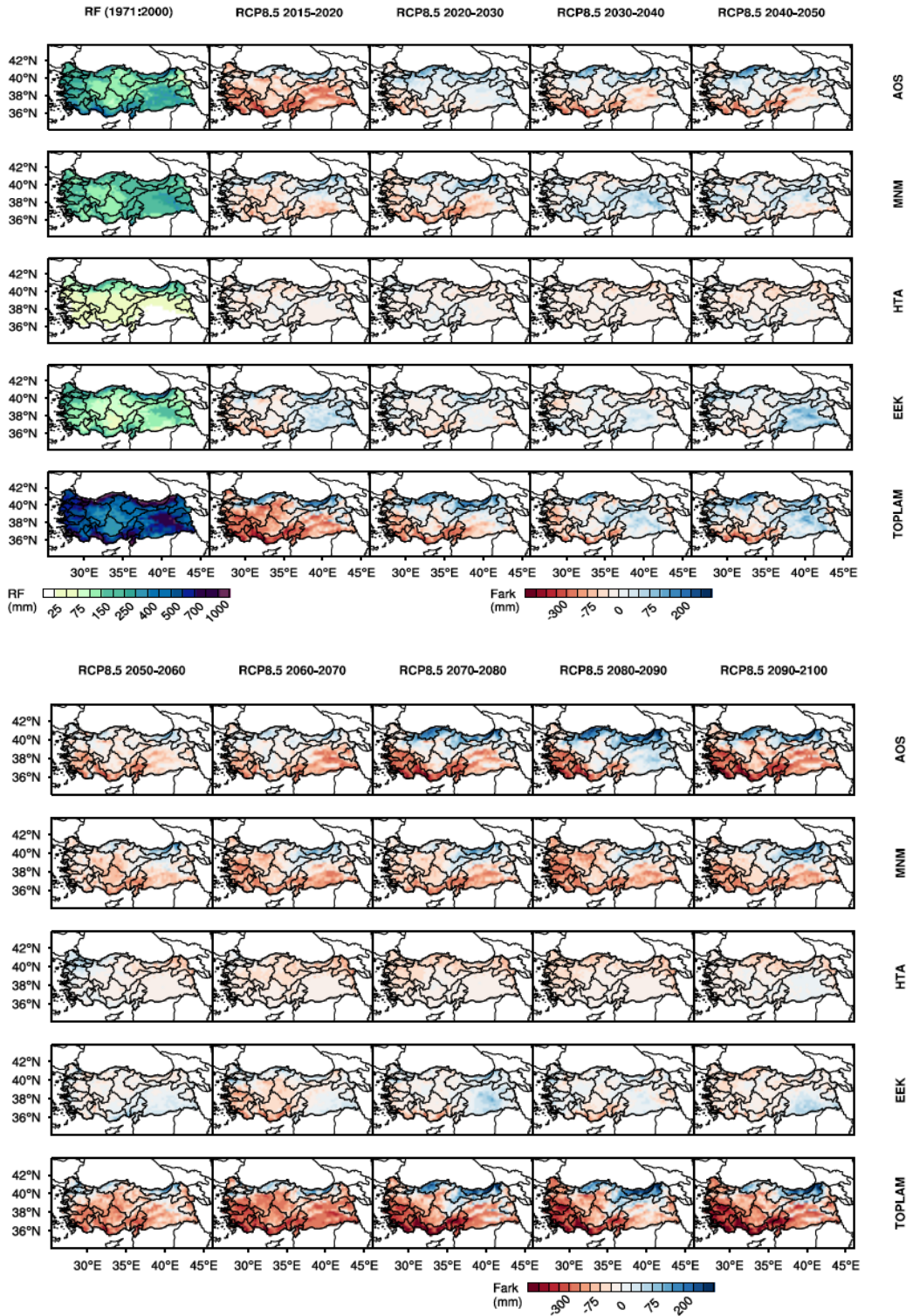
Şekil 3.18 Toplam Yağış Anomali Değerlerinin MPI-ESM-MR Modeli RCP4.5 Senaryosu için 10'ar Yıllık Dönemlerde ve Mevsimlik Değişimi



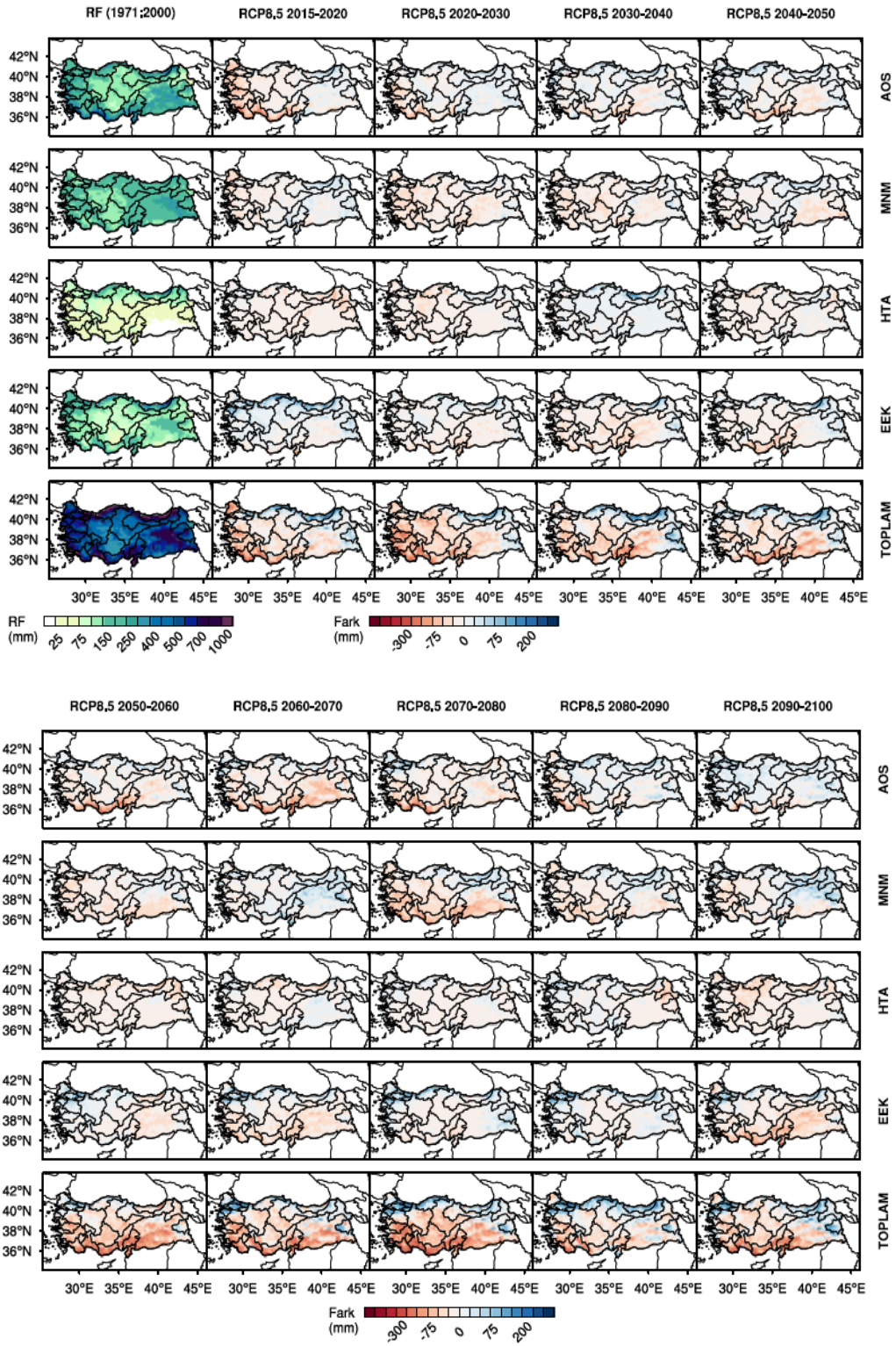
Şekil 3.19 Toplam Yağış Anomali Değerlerinin CNRM-CM5.1 Modeli RCP4.5 Senaryosu için 10'ar Yıllık Dönemlerde ve Mevsimlik Değişimi



Şekil 3.20 Toplam Yağış Anomali Değerlerinin HadGEM2-ES Modeli RCP8.5 Senaryosu için 10'ar Yıllık Dönemlerde ve Mevsimlik Değişimi



Şekil 3.21 Toplam Yağış Anomali Değerlerinin MPI-ESM-MR Modeli RCP8.5 Senaryosu için 10'ar Yıllık Dönemlerde ve Mevsimlik Değişimi



Şekil 3.22 Toplam Yağış Anomali Değerlerinin CNRM-CM5.1 Modeli RCP8.5 Senaryosu için 10'ar Yıllık Dönemlerde ve Mevsimlik Değişimi

Türkiye genelinde yağış simülasyonları 25 akarsu havzasında model ve kullanılan senaryoya göre önemli farklılıklar göstermektedir (Şekil 3.23- Şekil 3.25). Örneğin HadGEM2-ES ve

MPI-ESM-MR model sonuçları havza bazında kıyaslandığında Doğu Karadeniz, Batı Karadeniz, Çoruh ve Yeşilirmak Havzaları'nda öngörülen yağışlarda, RCP8.5 senaryosunda RCP4.5'a göre belirgin bir artışın meydana geldiği görülmektedir. Bu havzaların dışında kalan 21 akarsu havzasının yağışlarında ise RCP8.5 senaryosunda RCP4.5 göre belirgin yağış azalışları beklenmektedir. CNRM-CM5.1 modeli ise RCP8.5 senaryosunda RCP4.5 senaryosuna oranla Doğu Karadeniz, Çoruh, Aras ve Van Gölü Havzaları'nda yağış artışları öngörmektedir. Bu model Marmara Havzası'nda da her iki senaryo için yağışlarda artış öngörmektedir. Yağış artışlarının kışın ve sonra ilkbahar mevsimlerinde daha fazla olacağını ve yağış çalkantılarının RCP4.5 ile 200 mm'lere RCP8.5 ile 150 mm'lere ulaşacağını göstermektedir. Bununla birlikte, 60 mm'lere ulaşan yağış eksikliğinin yaşanacağı yıllar da yine bu model sonuçlarında ortaya çıkmıştır. Doğu Karadeniz Havzası'nda projeksiyon dönemi boyunca RCP8.5 senaryosu ile HadGEM2-ES modeli 2041-2070 döneminde 60 mm'lere (%7) ulaşan, MPI-ESM-MR ise 2071-2100 döneminde 150 mm'lere (%15) ulaşan ve CNRM-CM5.1 ise 2015-2040 arasında 90 mm'lere (%9) ulaşan yağış anomalileri tahmin etmektedir. Aynı havza için HadGEM2-ES RCP4.5 senaryosunda ise 2040'lara kadar yağış eksikliği, sonrasında ise 30 mm'lere (%4) varan yağış fazlalığı hesaplanmıştır. Buna karşın MPI-ESM-MR 2015 yılından 2100 yılına doğru yağış anomalileri 90 mm'lerden 40 mm'lere düşmektedir. CNRM-CM5.1 modeli ise bu havzada RCP4.5 senaryosunda kurak ve yağışlı 10'ar yıllık dönemler öngörmesine karşın, RCP8.5 2050'ler haricindeki her on yıllık dönemde pozitif olup anomali değerleri 15-40 mm'ler (%1,6-4) arasında değişmektedir. Batı Karadeniz, Marmara ve Çoruh Havzaları'nda da RCP8.5 ve RCP4.5 senaryolarında normalden daha fazla yağış beklentisi ortaya çıkarken yağış anomalilerinde 85 yıl içerisindeki değişimlerde farklılıklar ortaya çıkmıştır. CNRM-CM5.1 modeli ise RCP8.5 senaryosunda 2040'lı yıllardan sonra yağışlarda artış öngörürken, RCP4.5 senaryosu Marmara Havzası'nda RCP8.5'tan daha fazla yağış artışı beklemektedir. Dünyanın en hızlı akan ve en derin akan nehirlerinden birinin yer aldığı Çoruh Havzası'nda sadece 2041-2070 periyodunda HadGEM2-ES modeli RCP4.5 senaryosuna dayalı sonuçlarda küçük azalmalar beklenmekte olup diğer 30 yıllık dönemlerde %4'e varan pozitif anomaliler mevcuttur.

RCP8.5 ve RCP4.5 senaryolarında yağışlardaki en dramatik değişimler Akdeniz kıyıları boyunca yer alan havzalarda meydana gelmektedir. Batı Akdeniz, Antalya, Doğu Akdeniz, Seyhan, Ceyhan ve Asi Havzaları'nda HadGEM2-ES ve MPI-ESM-MR modelleri yüzyılın sonuna doğru yıllık yağış toplamalarının havza ortalamalarının 200 mm değerlerine ulaşacak kadar altında olabileceğini öngörmektedir. Her iki model de 2050'li yıllara kadar 50 mm'ler civarındaki yağış eksikliklerinin 2050'lerden sonra ise katlanarak artacağını tespit etmiştir. CNRM-CM5.1 modeli RCP8.5 ve RCP4.5 senaryolarında iki modele benzer bir davranış

sergilemekte ve RCP4.5 senaryosu 2050'li yıllardan itibaren havzada kuraklık öngörüsünde bulunmaktadır. MPI-ESM-MR modelinin ortaya koyduğu kuraklık ise çok daha şiddetlidir. Bu üç model arasında CNRM-CM5.1'in daha az şiddetli kuraklık öngörüsünde bulunduğu görülmektedir.

RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarının her üç model üzerindeki etkisi Türkiye'nin batısında yer alan Meriç-Ergene, Marmara Kuzey Ege, Susurluk, Gediz, Küçük Menderes ve Büyük Menderes Havzaları'nda farklılık göstermektedir. Örneğin, RCP4.5 senaryosunda HadGEM2-ES ve CNRM-CM5.1 model simülasyonları Marmara, Kuzey Ege, Meriç-Ergene, Küçük Menderes Havzaları iklim rejiminin referans döneminden daha yağışlı olacağını; MPI-ESM-MR ise Doğu Karadeniz, Batı Karadeniz, Marmara, Yeşilirmak Havzaları'nın daha yağışlı olacağını öngörmektedir. HadGEM2-ES ve CNRM-CM5.1 modelleri Susurluk, Büyük Menderes ve Gediz Havzaları'nda ise 2050 sonrasında, MPI-ESM-MR modeli Kuzey Ege, Gediz, Küçük Menderes ve Büyük Menderes Havzaları'nda hemen hemen tüm dönemde yağış eksiklikleri olacağını öngörmektedir. RCP8.5 senaryosunda HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR ve CNRM-CM5.1 2050'li yıllardan itibaren havzalardaki kuraklığın güneye doğru şiddetleneceğini ve havza bazındaki on yıllık ortalama yıllık yağış toplamalarının 150 mm'lere ulaşacağını ortaya koymaktadır. En şiddetli kuraklık öngörüsü MPI-ESM-MR modeline en ılıman kuraklık öngörüsü ise CNRM-CM5.1 modeline aittir.

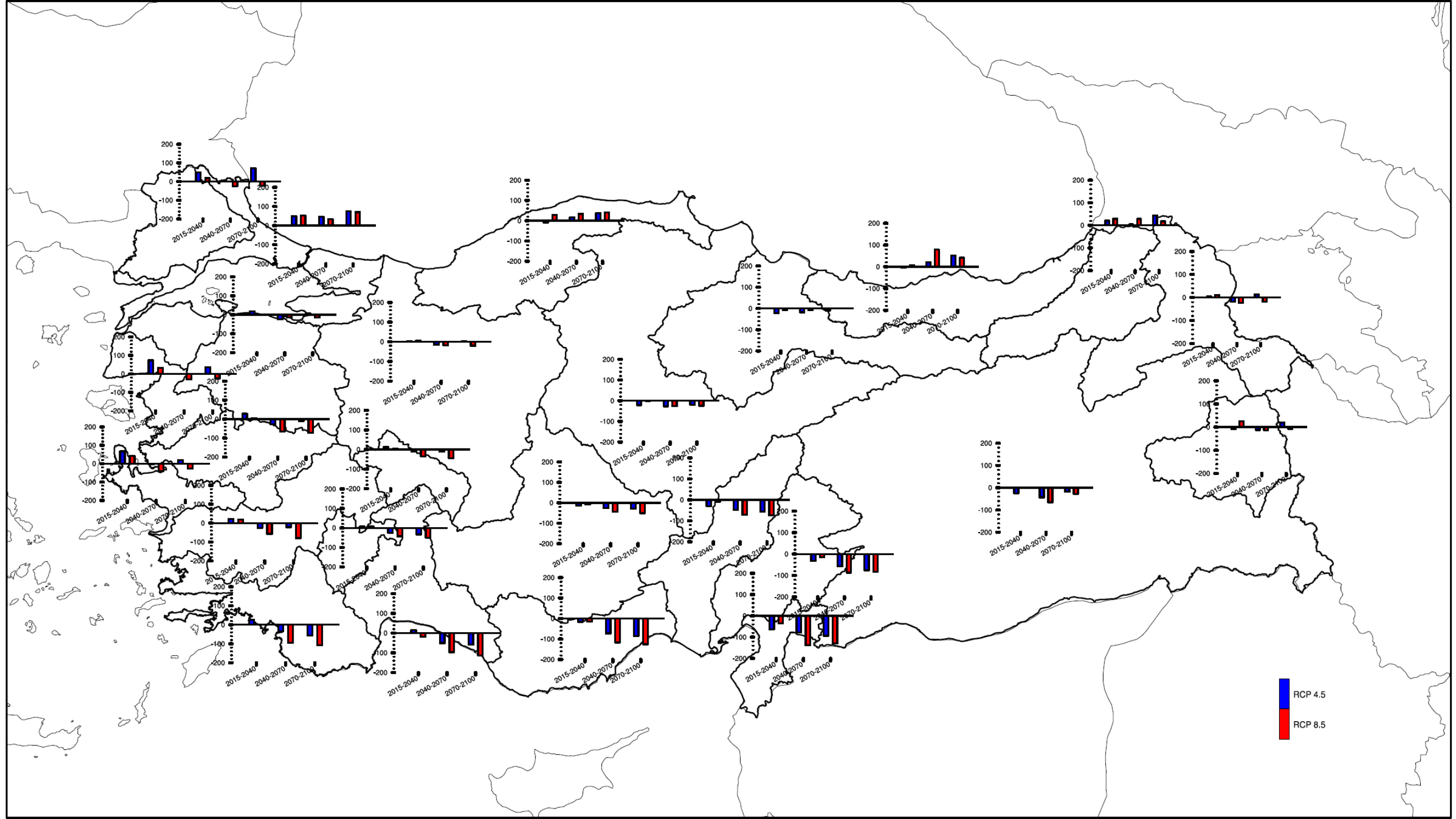
Fırat-Dicle havzasında CNRM-CM5.1 RCP4.5 senaryosu dışında tüm model kuple sistemleri yağış eksikliğini işaret etmektedir. Bununla birlikte HadGEM2-ESM ve CNRM-CM5.1 yüzyılın ortasında daha kurak koşullar öngörüsünde bulunmaktadır. CNRM-CM5.1 RCP4.5 senaryosu dışında havzada beklenen en az yağış eksikliği MPI-ESM-MR kuplesi ile elde edilmiştir ve yağış eksikliği her iki senaryoda da yüzyılın sonuna doğru artmaktadır. Bunun yanı sıra, HadGEM2-ES modelinde 10'ar yıllık yağış ortalamalarının değişkenliği RCP4.5 ve RCP8.5 arasında çok fazla değişmemektedir. Bununla birlikte, diğer modellerde yağıştaki yıllar arası salınımlar RCP8.5 senaryosunda yaklaşık %50 kadar artmaktadır. Hem RCP4.5 ve hem de RCP8.5 senaryolarında kış yağışlarındaki çalkantılar 2050'li yıllardan itibaren artış göstermektedir. 2015-2100 periyodu içerisindeki kış yağışlarında kısmi olarak küçük pozitif anomaliler meydana gelse de diğer mevsimlerde negatif yağış anomalileri daha sık oluşmaktadır. Bu durum havzanın yıllık toplam yağışında azalmaya neden olmaktadır. Fırat Dicle Havzası'nda ise her iki senaryodaki yıllık toplam yağışların %3 ila %8 arasında azalacağı beklenmektedir.

Türkiye'nin doğu sınırı boyunca konumlanan Van Gölü Havzası'nda genel olarak model sonuçları gelecek 85 yıllık dönem içerisinde kurak ve yağışlı 10'ar yıllık periyodlar

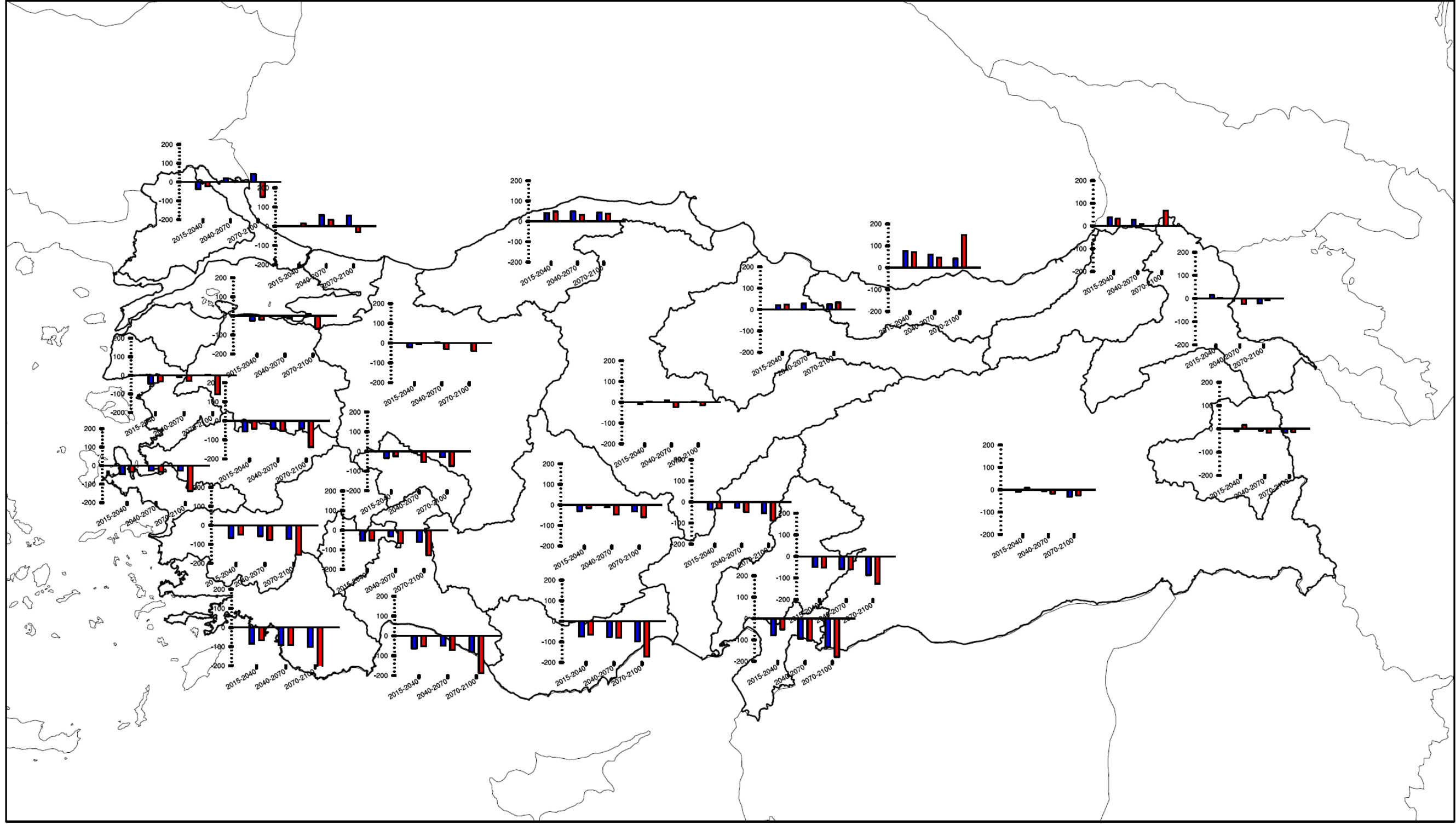
gerçekleşeceğini ve bu 10'ar yıllık salınımların ortalama ± 50 mm aralığında meydana geleceğini göstermektedir. CNRM-CM5.1 modeli yaz mevsimi dışındaki tüm mevsimlerde yağışlarda artış beklemektedir. Hem RCP4.5 hem de RCP8.5 senaryolarında 2030'lara doğru artan 2030'lardan 2050'lere doğru azalan ve sonraki periyotlarda tekrar artan yağış anomalileri mevcuttur. Buna paralel olarak HadGEM2-ES modeli Van Gölü Havzası'nda 2031-2060 arasında yağışta düşüşler; 2061 sonrasında da artışlar öngörmektedir. Buna karşın MPI-ESM-MR model sonuçlarında 2031 yılından itibaren 2100 yılına kadar RCP4.5 senaryosu için yağış düşüşleri belirlenmiştir. Bu durum mevsimsel olarak kış yağışlarında artışın ve diğer mevsimlerde ise azalmanın meydana geleceği şeklinde değerlendirilebilir. HadGEM2-ES modeli her iki senaryoda kışın 10'ar yıllık periyotlar içerisindeki yağış çalkantılarının yüzyılın sonuna doğru arttığını göstermektedir. Aras Havzası'nda ise RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarında kurak ve yağışlı on yıllık periyotlar tüm model simülasyonlarında elde edilmiştir. Tüm modellere ait yağışlarda zayıf bir negatif trendin mevcudiyeti görülmektedir. On yıllık ortalama yağış anomalilerindeki değişim aralığı -60 ile +30 mm arasındadır. HadGEM2-ES simülasyonlarında son otuz yıllık periyotta, kış ve ilkbahar yağışlarındaki artışlar RCP4.5 senaryosu için yaz ve sonbahar yağışlarındaki azalmalardan daha yüksek iken; RCP8.5'te yarısı kadardır. CNRM5.1 modelinde de benzer olarak havzadaki kış ve bahar yağış anomalileri sıklıkla pozitif olurken yaz yağışlarında tüm zamanlarda yağışta azalmalar ortaya çıkmaktadır.

Kısmen kıyı şeridinde uzak havzalar olan Konya Kapalı, Akarçay, Burdur, Kızılırmak ve Sakarya Havzaları'ndaki 2015-2100 yılları arasındaki yağış eğilimleri, tüm modellerde benzerlik göstermekle beraber kuraklaşma eğilimi RCP4.5 senaryosunda daha yavaş gelişirken, RCP8.5 senaryosunda bu eğilim daha hızlı olmaktadır. Bununla birlikte, öngörülen daha kurak periyotlar Akdeniz kıyı şeridinde yer alan havzalardaki kadar dramatik değildir. Özellikle 2040'lı yıllardan sonra yağış eksiklikleri daha fazla ortaya çıkmaktadır. MPI-ESM-MR modeli daha şiddetli kurak periyotlar önerirken bunu CNRM-CM5.1 izlemektedir. Türkiye genelinde 2015-2100 yılları arasında tahmin edilen en düşük yağış değerleri Konya Kapalı Havzası'ndadır. Konya Kapalı Havzası'nda RCP4.5 senaryosunda HadGEM2-ES modeli 2015-2100 arasındaki üç dönem ortalamalarında yağışta 10 ile 30 mm arasında değişen düşüşler öngörmektedir. MPI-ESM-MR modeli ise 85 yıllık projeksiyon dönemi içerisinde 10'ar yıllık tüm dönemlerde yağışta azalma göstermektedir. Bu azalma miktarı 60 mm'ye (%16) kadar yükselmektedir. CNRM-CM5.1 ise 2060'lardan itibaren yağış eksiklikleri tahmin etmektedir. RCP8.5 senaryosunda ise azalmalar HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR ve CNRM-CM5.1 ile kuple edilen RegCM modelinde sırasıyla 50, 60 ve 40 mm seviyelerindedir. Her üç modelde de 2070'lerden sonra yağışlardaki azalma hızlanmaktadır.

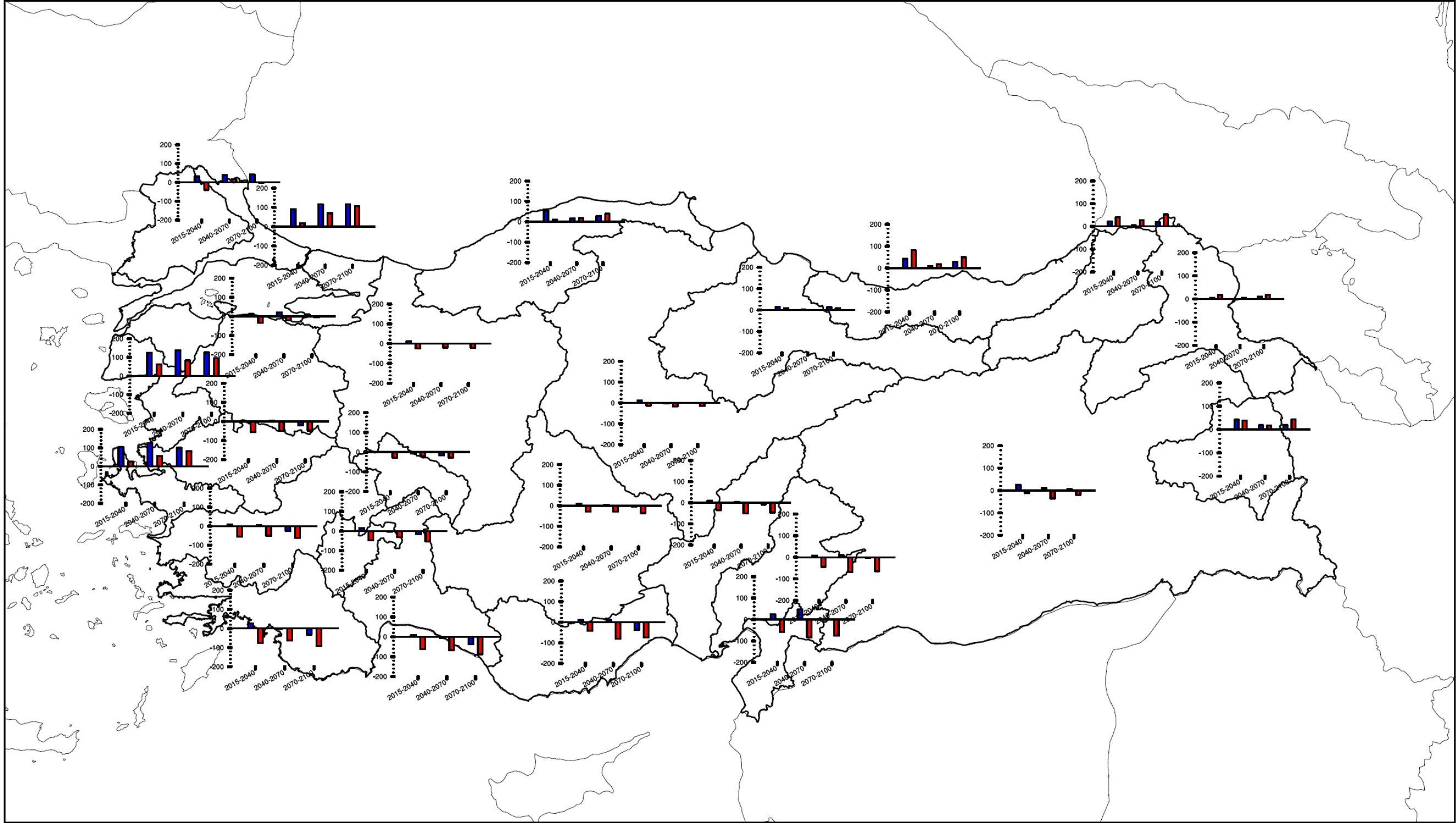
Türkiye genelinde projeksiyon dönemi boyunca, en düşük yağışın meydana geleceği ikinci havza Akarçay Havzası'dır. Bu havza, Afyonkarahisar ve Konya illerini içine alan ve kurak iklim bölgelerine özgü kapalı bir havzadır. RCP8.5 senaryosunda üç modelin birbirlerine yakın sonuçlar verdiği görülmektedir. Bu iki havzayı en düşük yağış değeri bakımından Burdur, Kızılırmak ve Sakarya Havzaları izlemektedir. Fırat-Dicle Havzası'ndan sonra Türkiye'nin ikinci büyük havzası olan Kızılırmak Havzası'nda RCP4.5 senaryosu için HadGEM2-ES modelinin 10'ar yıllık sonuçlarına göre 2015 yılından itibaren 2070 yılına kadar yaklaşık 30 mm (%6) seviyelerine varan yağış düşüşleri beklenmektedir. MPI-ESM-MR modeli ise Kızılırmak havzasında 2100 yılına kadar tüm 30'ar yıllık dönemlerde yağışın referans dönemi civarında seyretmesi ve yağışlarda artma meydana gelmesi beklenmektedir. CNRM-CM5.1 modeli bu havzada 2040 yılına kadar yağışta artışlar öngörürken, daha sonraki dönemlerde azalışlar göstermektedir. Sakarya Havzası'nda ise RCP8.5 senaryosuna dayalı HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR ve CNRM-CM5.1 model sonuçları sırası ile 445 mm, 467 ve 490 mm'dir. Sakarya Havzası'nda projeksiyon döneminde bu temsili konsantrasyon rotasına göre meydana gelen değişimler 30'ar yıllık dönemlerde yağış azalışlarının sonucunda ortaya çıkmaktadır. Söz konusu havzada HadGEM2-ES modeline göre her iki senaryoda da 20 mm'ye (%5) varan yağış düşüşleri beklenmektedir. CNRM-CM5.1 modeli ise RCP4.5 senaryosuna ait sonuçlarda 2015-2100 dönemi boyunca yağış artışları, RCP8.5 senaryosunda ise yağış azalışları vermektedir.



Şekil 3.23 Türkiye Geneline Havzalar Üzerinde HadGEM2-ES Modeli Toplam Yağış Anomali Değerlerinin 30 Yıllık Ortalamaları



Şekil 3.24 Türkiye Genelinde Havzalar Üzerinde MPI-ESM-MR Modeli Toplam Yağış Anomali Değerlerinin 30 Yıllık Ortalamaları



Şekil 3.25 Türkiye Genelinde Havzalar Üzerinde CNRM-CM5.1 Modeli Toplam Yağış Anomali Değerlerinin 30 Yıllık Ortalamaları

RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarına göre üç küresel iklim modelinin Türkiye toplam yağış anomali değerleri Tablo 3.6 ve Tablo 3.7 ile verilmiştir. RCP4.5 senaryosu için ilk 6 yıllık öngörü döneminde (2015-2020) üç iklim modeli referans dönemine göre yıllık toplam yağışlarda 0,5 ile 41 mm arasında genel olarak yağış artışlarının meydana geleceği tahmin edilirken, 2021 yılından itibaren model sonuçlarına bağlı olarak farklı yağış artış ve azalmaları vermektedir. CNRM-CM5.1 modeli ise yüzyılın ilk yarısındaki tüm dönemler için yüksek yağış artışları öngörmektedir. 2021 yılından itibaren 2100 yılına kadar HadGEM2-ES ve MPI-ESM-MR modelleri Türkiye genelinde 10'ar yıllık dönemler içerisinde sadece birer dönem için yağış artışı öngörürken (HadGEM2-ES modeli 2071-2080; MPI-ESM-MR modeli 2041-2050), diğer dönemlerde bu modellere dayalı yağış sonuçları sırası ile 1,1 ile 53,7 mm ve 7,7 ile 28 mm aralığında düşüşlerdir. Ancak, CNRM-CM5.1 modelinin RCP4.5'a dayalı sonuçları 2015 yılından başlayarak 2061-2070 ve 2091-2100 dışında tüm 10'ar yıllık dönemlerin altında 0,3 mm ile 32,1 mm aralığında yağış artışları öngörmektedir. MPI-ESM-MR modeli ise 2015-2100 arasında 10,6 mm yağış artışlarının yanı sıra 7,7 ile 28 mm arasında değişen yağış düşüşlerinin meydana geleceğini işaret etmektedir. HadGEM2-ES modeli 2030 yılından itibaren 2070 yılına kadar 10'ar yıllık dönemlerde 2,6 mm ile 54 mm arasında değişen yağış düşüşleri öngörürken, 2081-2100 arasında HadGEM2-ES modeli 14 ve 51 mm yağışta düşüşler meydana geleceği tahmin edilmektedir. MPI-ESM-MR modeli ise aynı dönemde yağışta daha düşük seviyede düşüşler (11,3 ve 19 mm) öngörmektedir. 2071-2080 yılları arasında pozitif yağış anomalisi hem HadGEM2- ES hem de CNRM-CM5.1 öngörülerinde mevcuttur.

RCP8.5 senaryosunda ise üç modele ait 10'ar yıllık dönemler için yıllık yağışların anomali değerleri RCP4.5 senaryosuna göre önemli farklılıklar göstermektedir. HadGEM2-ES ve MPI-ESM-MR modelleri, 2015-2100 arasında 4-20 mm arasında değişen yağış artışlarının, sırasıyla 1,4-61,5 mm ve 30-62,5 mm arasında değişen yağış azalışlarının oluşacağını göstermektedir. HadGEM2-ES ve MPI-ESM-MR modelleri 2051 yılından itibaren Türkiye genelinde 10'ar yıllık dönemlerde yağışta 50 mm'yi aşan azalmaların meydana geleceğine işaret etmektedir. CNRM-CM5.1 sadece bir dönemde (2081-2090) yaklaşık 2 mm'lik artış tahmin ederken genel olarak yağışlarda -36 mm seviyelerine varan azalmalar tahmin etmektedir. Bununla birlikte mevsimsel ve yıllık yağış anomalilerinin yersel dağılımı tüm modellerde benzerlik göstermektedir. Ülkemiz en fazla yağışını kış ve bahar mevsimlerinde almaktadır. Türkiye'nin güney enlemlerinde kış ve ilkbahar mevsimlerindeki yağış eksikliklerinin yüzyılın sonuna doğru şiddetlenmesi, bu bölgelerdeki su kaynaklarımızı ve tarımsal faaliyetleri önemli ölçüde etkileyecektir. Yüzyılın ikinci yarısında MPI-ESM-MR modeli her ne kadar sonbahar mevsiminde Güney Doğu Anadolu Bölgesi civarında

normalden daha fazla yağış öngörüsünde bulunsa da kış ve ilkbahar mevsimindeki yağış eksiklikleri nedeniyle yıllık yağış toplamları referans döneminin altında kalmaktadır.

Tablo 3.6 RCP4.5 Senaryosuna Göre HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR ve CNRM-CM5.1 Modellerine Dayalı Türkiye Toplam Yağış Anomali Değerleri (mm)

Dönem	HadGEM2-ES	MPI-ESM-MR	CNRM-CM5.1
2015-2020	9,20	0,50	41,40
2021-2030	-1,10	-15,50	5,40
2031-2040	-23,70	-27,30	24,10
2041-2050	-2,60	10,60	32,10
2051-2060	-24,20	-7,70	19,50
2061-2070	-53,70	-17,80	-18,00
2071-2080	21,20	-28,10	23,00
2081-2090	-13,90	-11,30	0,30
2091-2100	-51,00	-19,00	-7,20

Tablo 3.7 RCP8.5 Senaryosuna Göre HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR ve CNRM-CM5.1 Modellerine Dayalı Türkiye Toplam Yağış Anomali Değerleri (mm)

Dönem	HadGEM2-ES	MPI-ESM-MR	CNRM-CM5.1
2015-2020	-17,20	-29,80	-10,40
2021-2030	17,20	5,50	-27,40
2031-2040	-1,40	4,00	-11,20
2041-2050	-16,00	19,70	-13,50
2051-2060	-42,50	-30,10	-36,00
2061-2070	-58,60	-62,50	-19,90
2071-2080	-33,30	-44,30	-30,10
2081-2090	-6,70	-40,30	1,80
2091-2100	-61,50	-54,60	-14,90

Yağışa ait simülasyonlar Türkiye genelinde kullanılan modele ve RCP senaryosuna bağlı olarak birbirinden farklı yağış artış ve azalışların meydana gelme olasılıklarını göstermektedir. 10'ar yıllık dönemlere ek olarak 30'ar yıllık dönemler için de bu değişimler tartışılmıştır. Buna göre 2015-2040 döneminde modeller arasında uyum bulunmazken, 2041-2070 projeksiyon döneminde HadGEM2-ES ve MPI-ESM-MR modelleri her iki emisyon senaryosuna göre yağışta azalmalar öngörmektedir. RCP8.5 durumunda bu yağış azalmaları şiddetlenmektedir. Projeksiyon döneminin son otuz yılında ise Türkiye genelinde benzer yağış düşüşleri gerçekleşmektedir.

Model simülasyonları Türkiye'nin kuzeyinde yer alan havzalarda iklim rejiminin referans döneminden daha yağışlı olacağını öngörmektedir. En şiddetli kuraklık öngörülerini MPI-ESM-MR modeline en ılıman kuraklık öngörülerini ise CNRM-CM5.1 modeline aittir. Havzalar bazında yağış değişimleri yıllık toplam yağışın yüzdesi olarak incelendiğinde en fazla değişimlerin azalma yönünde Doğu Akdeniz, Batı Akdeniz ve Ceyhan Havzaları'nda olduğu görülmektedir. RCP4.5 senaryosunda bu havzalardaki yıllık yağış toplamlarındaki azalmalar yüzyılın son on yılında HadGEM2-ES için %12; MPI-ESM-MR için %15 mertebesinde iken RCP8.5 senaryosunda HadGEM2-ES için %20; MPI-ESM-MR için %25'lere ulaşmaktadır.

Kar projeksiyonları genel olarak değerlendirildiğinde ise, Türkiye genelinde kar yağış miktarlarının her iki senaryoda da 2015-2100 yılları arasında giderek azalacağı öngörülmektedir. Yüzyılın başlarında günümüz Türkiye iklim rejimine benzer olarak normalin biraz üzerinde veya altında kar yağışları tespit edilmesine karşın sera gazı salım senaryolarının bölgenin doğal iklim değişkenliğinde daha baskın olması nedeniyle hızla azalmıştır. Sıcaklıkların artması sonucu yağışların tipinin kar şeklinde olması hidrolojik açıdan önem arz etmektedir. Zira biriken kar bir su rezervuarı işlevi görmekte ve özellikle bahar ve yaz aylarının başlarında artan sıcaklıkların bir sonucu olarak eriyerek nehir sistemlerine su girişi sağlamaktadır. Dolayısıyla yüksek alanlardaki kar örtüsü bölgesel hidrolojik döngüde önemli bir role sahiptir. Özellikle Doğu Anadolu bölgesinde ve Doğu Toroslar'da kar örtüsündeki azalmanın Fırat Dicle Havzası'nın hidrolojik döngüsünü değiştireceği beklenmelidir.

3.2.3 İklim İndisleri

Aşırı (ekstrem) olaylar olasılık dağılımının "kuyruk" yakınındaki hava ve iklim olaylarını işaret ederler. Günümüzde yaşamımıza yön veren pek çok sektör için gerekli alt yapılar meteorolojik değişkenlerin yüksek ve düşük değerlerine karşı son derece duyarlıdır. Bu olayların iklim modellerinde gerçekçi olarak temsil edilmeleri genellikle kolay değildir. IPCC 4. Değerlendirme Raporu'nda ekstrem olayların istatistiklerinin simülasyonlarında (özellikle başta sıcaklık ekstremleri olmak üzere) bazı başarıların elde edildiği gösterilmiştir (IPCC, 2007).

Proje kapsamında Türkiye genelinde iki senaryo (RCP4.5 ve RCP8.5) altında HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR ve CNRM-CM5.1 küresel modellere dayalı RegCM4.3 bölgesel iklim model çözümleri ile bulunan ve tanımları Tablo 3.8 ile verilen 17 iklim indisinin gerek bölgesel değişimlerin ve gerekse de mevsimlik ve yıllık değişimleri 2015-2100 projeksiyon dönemi boyunca 30 yıllık projeksiyonlar şeklinde sunulmuş ve değerlendirilmiştir. Bunun yanı sıra Türkiye ölçeğinde ekstrem olayların sıklıklarındaki beklentileri ifade eden bu 17 iklim indisi her havza için hesaplanarak iklim veri tabanında yer almaktadır. Bu raporda yalnızca seçilen

bir kaç iklim indisinin değerlendirilmeleri yapılmıştır. Detaylı incelemeler EK 2 Türkiye İklim Değişikliği Projeksiyonları Raporu'nda yer almaktadır.

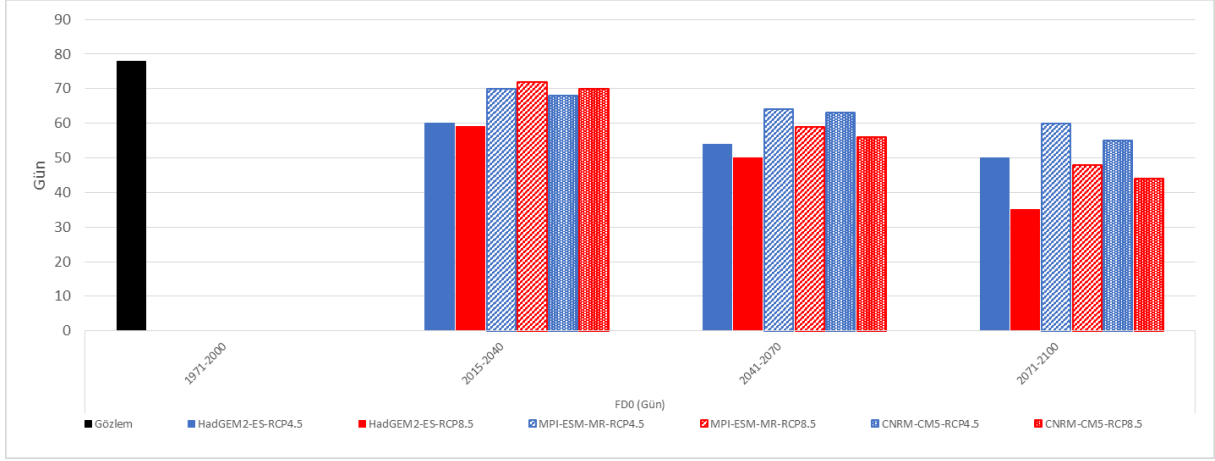
Tablo 3.8 Ekstrem Hava Olaylarına Ait İklim İndisleri

İndis –ID	İndis Adı	Tanımlama	Birim
FD0	Don Olan Günler	Minimum sıcaklığın 0°C'den küçük olduğu günler	Gün
SU25	Yaz Günleri	Maksimum sıcaklığın 25°C'den büyük olduğu günler	Gün
TN10p	Serin Soğuk Geceler	Tminimum < normalinin %10 olduğu günler	Gün
TX10p	Serin Soğuk Günler	Tmaksimum < normalinin %10 olduğu günler	Gün
TN90p	Sıcak Geceler	Tminimum > normalinin %90 olduğu günler	Gün
TX90p	Sıcak Günler	Tmaksimum > normalinin %90 olduğu günler	Gün
TX35	Aşırı Sıcak Günler	Maksimum sıcaklığın 35°C' den büyük olduğu gün sayısı	Gün
WSDI	Sıcak Hava Dalgası	Tmaksimum > normalinin %90 olduğu en az 6 ardışık gün sayısı	Gün
CSDI	Soğuk Hava Dalgası	Tminimum < normalinin %10 olduğu en az 6 ardışık gün sayısı	Gün
DTR	Günlük Sıcaklık Genişliği	Günlük maksimum ve minimum sıcaklıkların farkı	°C
RX5gün	5 Günlük Maksimum Yağış	5 günlük ardışık maksimum yağış miktarı	mm
RX1gün	1 Günlük Maksimum Yağış	Günlük maksimum yağış miktarı	mm
R10	Şiddetli Yağışlı Gün Sayısı	Yağışın 10 mm'den yüksek olduğu günler	Gün
R20	Çok Şiddetli Yağışlı Gün Sayısı	Yağışın 20 mm'den yüksek olduğu günler	Gün
R25	Çok Şiddetli Yağışlı Gün Sayısı	Yağışın 25 mm'den yüksek olduğu günler	Gün
CDD	Ardışık Kurak Gün Sayısı	Yağışın 1 mm'den düşük olduğu ardışık gün sayısı	Gün
CWD	Ardışık Islak Gün Sayısı	Yağışın 1 mm'den yüksek olduğu ardışık gün sayısı	Gün

3.2.3.1 FD0 indisi

FD0, günlük minimum sıcaklığın 0°C derecenin altında olduğu günlerin yıl içerisindeki sayısıdır. Türkiye üzerinde don olan günlerin sayıları yüzey topoğrafyasına benzer bir dağılım göstermektedir. Bunun yanı sıra bu dağılımı enlem derecesi ve denize yakınlık da etkilemektedir. RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarına dayalı üç yer sistem modeli ile kuple edilen RegCM4.3 bölgesel iklim modeli için Türkiye genelinde FD0 indisinin 2015-2040; 2041-2070

ve 2071-2100 yılları arasındaki Türkiye ortalamaları Şekil 3.26 ile sergilenmektedir. 30'ar yıllık dönemler halindeki değişimleri RCP senaryolarına göre farklılık oluşturmaktadır. 2015-2100 periyodunda Türkiye ortalama sıcaklık artışlarında HadGEM2-ES ile MPI-ESM-MR modelleri arasında bir sıcaklık öngörüsü yapan CNRM-CM5.1 kuple sisteminin don olan günler sayılarındaki değişimler de ana azalmaların olduğu bölgelerde diğer modelin arasında kalmaktadır. 2015-2040 döneminde RCP4.5 senaryosuna göre Doğu ve Orta Anadolu Bölgeleri'nin kuzey kesimleri yılın yaklaşık 120 günü civarındaki donlu günler Orta Anadolu'da 90 güne düşmektedir. Donlu günler sayılarının her 30 yılda azalması, kıyı şeridinden kara içine doğru genişlemektedir. Dağ sıralarının Ege Denizi'ne dik konumundan dolayı deniz üzerinden batılı akışlar, Türkiye'nin batısından Orta Anadolu'ya kadar ulaşabildiğinden, donlu günler sayılarındaki azalmalar bu bölgelerde karasal alanın içlerine daha fazla sokulmaktadır. Aynı dönem içerisinde RCP8.5 durumunda da bu bölgelerde benzer şartlar meydana gelmekte RCP4.5'ten önemli fark görülmemektedir. Don olan gün sayıları Türkiye'nin batısından, kuzey ve güney sınırlarından kara içine doğru her otuz yılda giderek azalmaktadır. RCP8.5 senaryosu özellikle yüksek sayıdaki don olan günlerin yaşandığı alanlar olan yüksek irtifalı bölgelerde Orta Toroslar'dan Tahtalı Dağlarına uzanan Seyhan, Ceyhan Havzaları'nın kuzey kesimlerinde, Kızılırmak Havzası'nın güney batı kesimlerini içine alan bölge içerisinde son 30 yıllık periyotta 100 günler civarından 70-80 günler civarına azalmaktadır. Benzer durum Fırat Dicle Havzası'nın kuzey kesimlerinde de söz konusudur. 0°C'nin altında görülen minimum sıcaklık azalmalarının yansımaları aynı bölgelerde kar yağışları miktarında da görülmektedir. Model simülasyonların kar miktarı sonuçları bu bölgelerdeki yağışın karakterinin sıklıkla kardan yağmura döndüğüne işaret etmektedir.

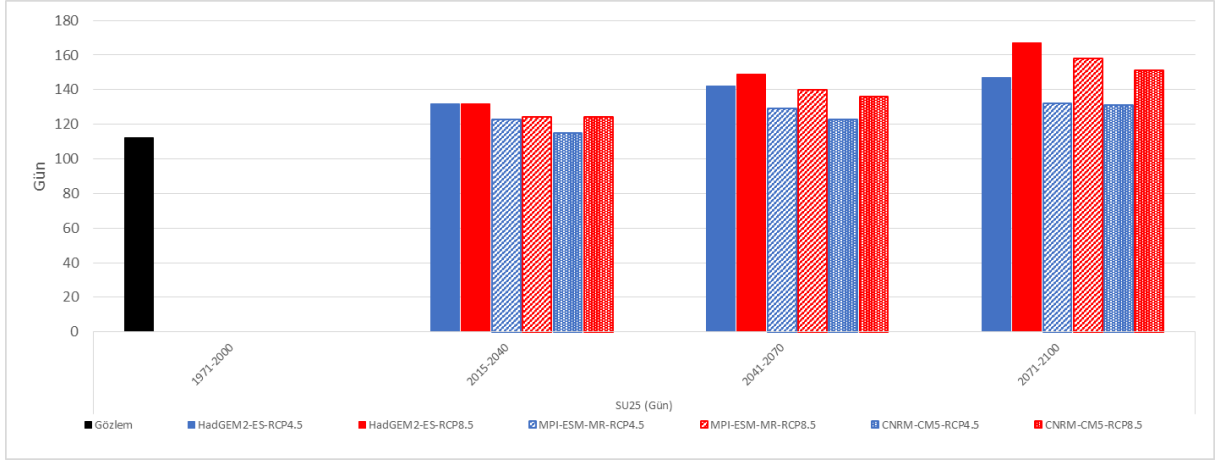


Şekil 3.26 HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR ve CNRM-CM5.1 Modelleri Don olan Günler (FD0) İklim İndisi Karşılaştırması (gün)

3.2.3.2 SU25 Yaz Günleri İndisi

SU25 yaz günleri indisi, 1 yıl içerisinde günlük maksimum sıcaklığın 25°C den büyük olduğu günlerin sayısıdır. SU25 indisi referans döneminin dağılımı hem enlem hem de topoğrafyanın etkisini açık bir şekilde göstermektedir. Ardahan Platosu ve Erzurum Kars Platosu civarında, yaz günleri sayısı ortalama olarak yılda 20-30 gün civarındayken, Akdeniz kıyı şeridi boyunca 150-170 güne yükselmektedir. 2015-2040 döneminde SU25 indisinin yılda 160-170 gün üzerinde yer aldığı bölgeler, başta Güneydoğu Anadolu ve Akdeniz Bölgeleri ile Orta ve Güney Ege Bölgeleri'dir. Türkiye geneli ortalamaları Şekil 3.27 ile sunulmaktadır. HadGEM2-ES'e benzer olarak sıcak gün sayıları simülasyonların ilk periyodunda 1971-2000 yılı değerlerinin neredeyse iki katı kadardır ve ilerleyen periyotlarla giderek artmaktadır. Ortalama sıcaklıklardaki artış beklentileri bakımından CNRM-CM5.1 diğer modellerin arasında kalmış olsa da ekstrem sıcaklıklardaki artışlar HadGEM2-ES ve MPI-ESM-MR modellerine göre daha yavaş olmaktadır. Sıcaklıkların olasılık dağılım fonksiyonunun soğuk uç değerlerinin frekansındaki azalma diğer modellerden daha az olduğu gibi sıcak uç değerlerindeki azalma da diğer modellerden daha azdır. Bu durum CNRM-CM5.1'in genel olarak daha yağışlı bir model olması ile ilişkilidir. Türkiye'nin güney ve batı bölgelerinde SU25 indisi değerleri tüm modellerde birbirine yakın değerdedir. Senaryo farklılığı ikinci periyottan itibaren daha belirgin şekilde ortaya çıkmaktadır. 2071-2100 döneminde ise yaz günü sayıları RCP4.5 için Batı ve Orta Trakya bölgelerinde 160-170 günlere ulaşılmaktadır. Ancak RCP8.5 senaryosu durumunda yaz günleri sayısında çarpıcı bir artış görülmektedir. Örneğin Orta ve Güney Ege ile birlikte Akdeniz kıyıları ve Güneydoğu Anadolu'nun önemli bir kısmında yaz günleri 200 güne erişilmektedir. Buna bağlı olarak bu senaryoda Türkiye'nin tamamına yakın kısmında yılın 5 ayından fazlasında gündüz sıcaklıklarının 25°C'nin üzerinde olması beklenmektedir. CNRM-CM5.1 model sonuçları Akdeniz kıyı şeridi ve Güney Doğu Anadolu

üzerinde diğer modeller ile benzer sonuçları vermekle beraber İç Anadolu ve Doğu Anadolu üzerindeki değerler 20-30 gün kadar daha düşüktür.



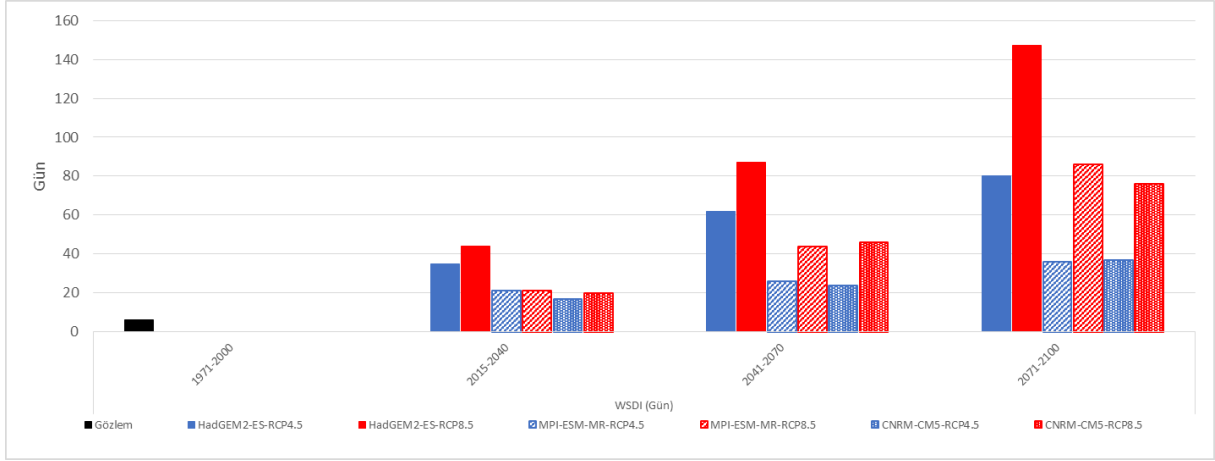
Şekil 3.27 HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR ve CNRM-CM5.1 Modelleri Yaz Günleri (SU25) İklim İndisi Karşılaştırması

3.2.3.3 WSDI Sıcak Hava Dalgası İndisi

WSDI sıcak hava dalgaları her takvim gününün maksimum sıcaklığının referans döneminin %90'ından daha fazla olduğu günleri göstermektedir. Bu nedenle WSDI sıcak hava dalgası indisi yalnızca yaz mevsime özgü olarak hesaplanan sıcak hava dalgalarından farklılık gösterir. Örneğin en az 6 gün boyunca maksimum sıcaklıklar, referans dönemdeki aynı günün sıcaklıklarının %90'ından daha büyük oluyorsa, bu sıcak hava dalgası içerisinde yer alan günler olur.

RCP4.5 ve RCP8.5 senaryosuna ait 2015-2040 dönemi indis sonuçları Güneydoğu Anadolu Bölgesi dışında referans dönemi ile büyük ölçüde örtüşmektedir ve tüm yer sistem modelleri birbirine benzer olarak sıcak hava dalgalarının Türkiye'nin güney enlemlerinden kuzeye doğru her 30 yıllık periyotta artacağına işaret etmektedir (Şekil 3.28). Bu projede kullanılan HadGEM2-ESM diğer iki yer sistem modeline göre daha fazla sıcak günlere maruz kalılabileceğini öngörmektedir. En yüksek indis değerlerinin ise Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgeleri'nde meydana geleceği öngörülmektedir. Son projeksiyon döneminde ülkenin tamamen güney bölgelerinde 80-120 gün arasında değişen WSDI indis değerlerinin hakim olacağı anlaşılmaktadır. RCP8.5 senaryosu durumunda ise bu değerler 200 günlere ulaşmaktadır. Diğer bir deyişle gelecek dönem projeksiyonunda yılın altı ayından daha fazla bir zaman, günümüz maksimum sıcaklıklarına göre daha uç değerlerde maksimum sıcaklıklarla karşılaşılacaktır. Akdeniz kıyılarında üç kuple model sistemi içerisinde HadGEM2-ES sıcak hava dalgalarının daha sık ve uzun süreli yaşanacağını öngörmektedir. Hem RCP8.5 hem de RCP4.5 senaryolarında MPI-ESM-MR ile CNRM-CM5.1 modelleri benzer değerler almıştır. HadGEM2-ES modeli yüksek emisyon salımları nedeniyle değişen

radiyatif zorlamalara daha duyarlı bir yapı sergilemektedir. Ekstremlerin yaşanacağı bölgelerde bu durumun turizm ve sağlık sektörlerinde stres yaratması beklenmelidir. Sıcak hava dalgalarının oluşum sıklığı ve süreleri bakımından Türkiye'nin kuzeyi ve güneyi arasındaki kontrast en fazla MPI-ESM-MR modelinde tespit edilmiştir. Sıcak hava dalgalarındaki gün sayılarının artması, özellikle sağlık sorunları olan kişilerin, yaşlıların ve bebeklerin/çocukların sağlıklarını tehdit eder hale gelecektir. Yazın sıcak hava dalgaları ile ilişkili olarak orman yangın risklerinin artması beklenebilir. Ayrıca, özellikle yaz aylarında ortam soğutması için gereken enerji ihtiyacında da ciddi artışlar beklenmelidir.



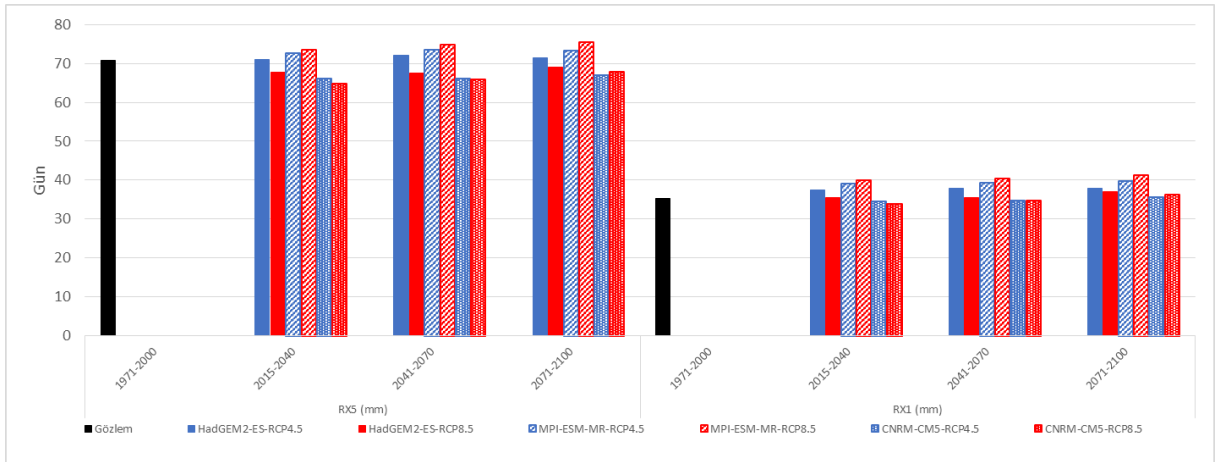
Şekil 3.28 HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR ve CNRM-CM5.1 Modelleri Sıcak Hava Dalgası (WSDI) İklim İndisi Karşılaştırması

3.2.3.4 RX5gün ve RX1gün Maksimum Yağış İndisleri

Türkiye genelindeki RX5 indis değişimleri Karadeniz kıyı şeridi dışında 30'ar yıllık her üç projeksiyon döneminde de benzerlikler göstermektedir. Tüm modellerde RX5gün değerleri RCP4.5 ve RCP8.5 senaryoları için Orta Anadolu Bölgesi'nde maksimum beş günlük yağış toplamlarının uzun dönem ortalamasının 20-40 mm arasında ve Karadeniz ve Akdeniz kıyı şeridi boyunca 100-200 mm arasında olacağını öngörmektedir. RX5gün Türkiye üzerindeki dağılım paterni yüzyılın sonuna kadar çok fazla değişmemektedir. 30 yıllık periyotlar boyunca Doğu Karadeniz, Antalya Havzası ve özellikle RCP8.5 senaryosunda Güney Doğu Anadolu Bölgesi'nde RX5gün indislerinde artışlar olabileceği öngörülmektedir. Tüm modellerde 2015-2040 dönemi Türkiye ortalaması referans dönemi 1970-2000 değerinin 1.5 katı kadardır. RCP4.5 senaryosu için tüm modeller RX5gün Türkiye ortalamasında 2015-2040 periyodundan daha fazla sapmanın yaşanmayacağını, RCP8.5 senaryosunda düzenli hafif artışların olacağını tahmin etmektedir. Her üç model sonucu Marmara Bölgesinde, Ege (özellikle güney Ege) ve Karadeniz kıyı şeridinde, İç Anadolu Bölgesinde ve Dicle Fırat havzasında 5 günlük maksimum yağışlarda yüzyılın sonuna doğru artışlar öngörmektedir. Trakya'da 70 mm civarında olan günümüz ortalamalarının 100 mm'lere yükseleceği

öngörülmektedir. Yalnızca CNRM-CM5.1 RegCM4.3 kuple sistemi Trakya'nın batısında günümüzden farklı beş günlük maksimum yağışları beklememektedir. Şekil 3.29 Türkiye ortalamalarını tüm model ve senaryolar için göstermektedir.

RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarına dayalı HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR iklim modellerine ait RX1 günlük maksimum yağış indisi değerleri referans dönem değerleri ile büyük ölçüde örtüşmektedir ve iki senaryo arasında büyük farklılıklar yoktur. Türkiye genelindeki RX1 indis değişimleri Karadeniz kıyı şeridi dışında her üç projeksiyon döneminde de benzerlikler göstermektedir. HadGEM2-ES ve MPI-ESM-MR modellerine ait indis değerleri RCP4.5 ve RCP8.5 senaryoları durumunda tüm kıyı şeritleri dışında 20 ile 40 mm arasında ve tüm kıyı bölgelerinde 40-100 mm arasında değerler almaktadır. Marmara Bölgesinde, Ege ve Karadeniz kıyı şeridinde ve Fırat Dicle Havzası'nda tüm modellerde RX1gün miktarında artma beklenmektedir. En yüksek artış değerleri MPI-ESM-MR modeli tarafından iki senaryo içinde öngörülmüştür. Ortalamalar 50 mm'lerden 80 mm'lere çıkmaktadır. Bu bölgede en büyük değişim son 30 yıl içinde görülmektedir. Bölgedeki aşırı sıcaklık artışlarının atmosferik nem taşınımıyla birlikte konvektif kararsızlığı arttırarak ekstrem yağışları artırması olasıdır. Tüm modeller 2015'ten 2100'e doğru bir günlük yağış maksimumunun yavaş bir şekilde artabileceğini öngörmektedir.

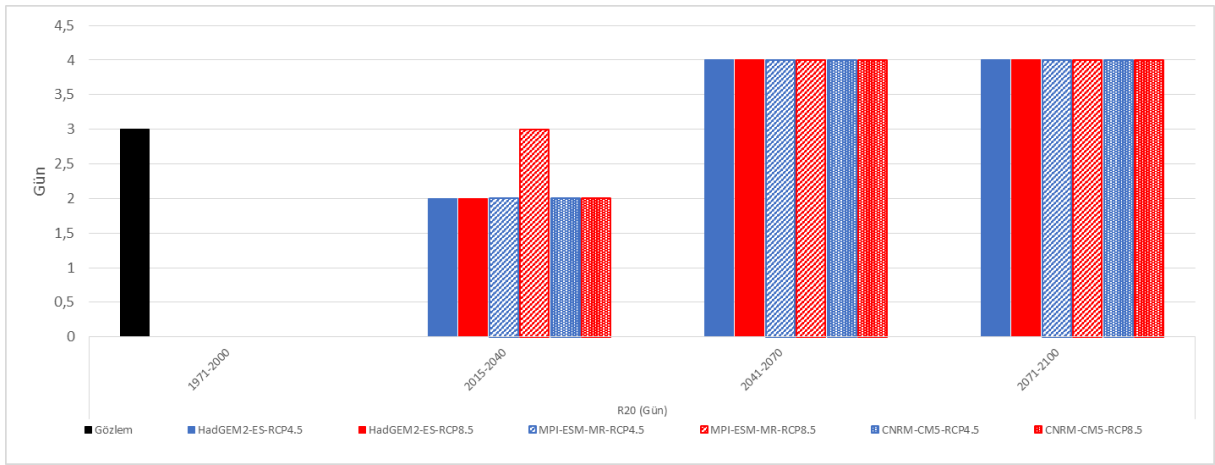


Şekil 3.29 HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR ve CNRM-CM5.1 Modelleri RX5 Maksimum Yağış ve RX1 Maksimum Yağış İklim İndisleri Karşılaştırması

3.2.3.5 R20 Çok Şiddetli Yağışlı Gün Sayısı İndisi

R20mm indisi, çok şiddetli yağışlı gün sayısını gösterir ve yağışın 20 mm'yi aştığı günlerin sayısını vermektedir. RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarına dayalı HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR ve CNRM-CM5.1 iklim modellerine ait R20 Şiddetli Yağışlı Gün İndisi değerlerinin Türkiye geneli karşılaştırma grafiği Şekil 3.30 ile sunulmaktadır. HadGEM2-ES ve MPI-ESM-MR modellerinin RCP4.5 ve RCP8.5 senaryo sonuçları için değerleri referans dönem değerleri ile büyük ölçüde örtüşmektedir. Türkiye genelindeki R20 indis ortalaması 3-4 gündür. Bununla

birlikte daha sık 20 mm'den daha fazla yağış alan bölgeler R10 indisine benzer olarak Doğu Karadeniz, Batı Akdeniz ve Antalya Havzaları ve Dicle Fırat Havzası'nda Güney Doğu Torosların kuzey bölümüdür. En yüksek değerler görülen başta Doğu Karadeniz olmak üzere kıyı bölgelerde R20 indisi 14-28 gün arasında değişmektedir. RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarına ait CNRM-CM5.1 model sonuçları da diğer iki model sonucuna büyük ölçüde benzerlik göstermektedir. Marmara, Batı Karadeniz, Güney Ege ve Van Gölü civarında 20 mm'den fazla yağışlı gün sayılarında küçük artışlar olacağı tüm modeller ve senaryolarca beklenmektedir. HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR ve CNRM-CM5.1 modellerine ait indis değerleri RCP4.5 ve RCP8.5 senaryoları aşırı uç yağış değerlerinde çok farklı bir değişim göstermemektedir.

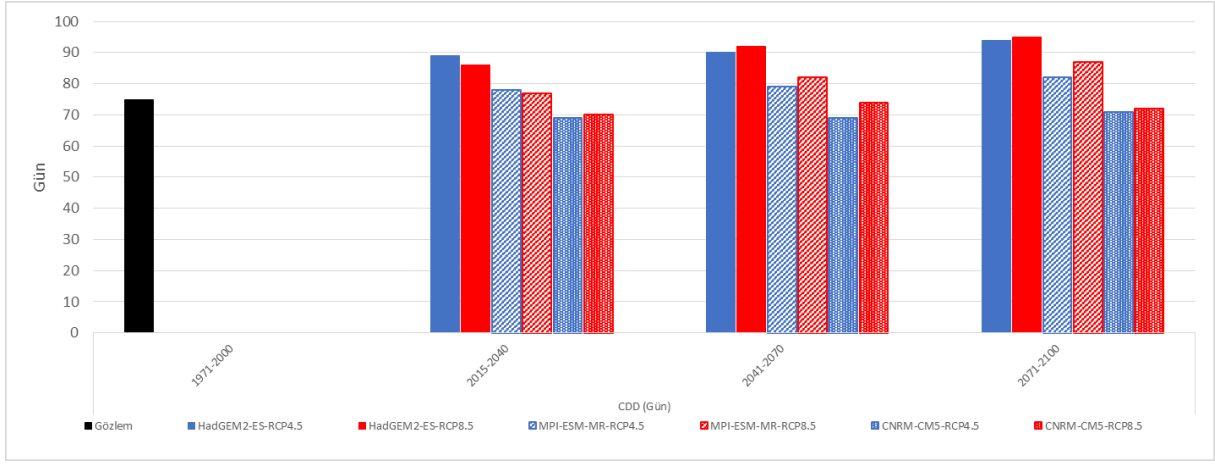


Şekil 3.30 HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR ve CNRM-CM5.1 R20 Çok Şiddetli Yağışlı Gün Sayısı İklim İndisi Karşılaştırması

3.2.3.6 CDD Ardışık Kurak Gün Sayısı İndisi

RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarına dayalı HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR ve CNRM-CM5.1 iklim modellerine ait CDD ardışık kurak gün sayısı indis değerlerinin Türkiye genelindeki değişimleri 2015-2040; 2041-2070 ve 2071-2100 olmak üzere 30'ar yıllık dönemler halinde Şekil 3.31 ile verilmektedir. RCP4.5 ve RCP8.5 senaryo sonuçları için HadGEM2-ES ve MPI-ESM-MR ve CNRM-CM5.1 model sonuçlarına göre her üç projeksiyon döneminde de önemli bir değişim söz konusu değildir. 1970-2000 referans dönemine göre 2015-2040 yılları arasında tüm modellerin ardışık kurak geçen gün sayıları 4-15 arasında yükselmektedir. İlk periyotta ardışık kurak geçen gün sayılarında en büyük değişim HadGEM2-ES ve en az değişim MPI-ESM-MR model simülasyonları ile elde edilmiştir. CNRM-CM5.1 ise ardışık olan kurak geçen günlerin ortalamalarının referans döneminden daha kısa olacağını öngörmektedir. MPI-ESM-MR referans dönemindeki ardışık kurak günleri simüle etmede performansı en iyi model olarak belirlenmiştir. Ardışık kurak geçen günlerdeki artışlar Doğu Akdeniz, Konya Kapalı Havzaları ve Fırat-Dicle Havzası'nın Doğu Toroslar'ın güneyinde

kalan kısmında görülmektedir. Ayrıca Ege kıyılarından İç Anadolu'ya doğru olan bölgede kurak geçen gün sayılarında 10 günler mertebesinde artışlar beklenmektedir. Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde CDD indis değerleri 140-160 günü bulmaktadır. Karadeniz kıyılarında ise 30-70 gün arasındadır. CNRM-CM5.1 modelinde ise her iki senaryoda da CDD indisi sadece Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde 100-120 günü bulmaktadır. CNRM-CM5.1 modeli her ne kadar yağış eksikliği ve yağış fazlalığı olan bölgeleri diğer modellere benzer olarak tahmin etse de genel olarak Türkiye üzerinde toplam yağışların artacağını öngören bir modeldir. Diğerlerinden farklı olarak CNRM-CM5.1 modeli RCP8.5 senaryosu ile Güney Doğu Anadolu'da ardışık kurak geçen günlerde kısmi bir azalma beklenmektedir.



Şekil 3.31 HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR ve CNRM-CM5.1 Modelleri Ardışık Kurak Gün Sayısı (CDD) İklim İndisi Karşılaştırması

4. TÜRKİYE SU KAYNAKLARI VE PROJEKSİYONLARI

4.1 Su Kaynakları

Türkiye, Şekil 4.1 ile de görüldüğü üzere 25 hidrolojik havzaya bölünmüş olup, bu havzalardan toplam ortalama yıllık akış 186 milyar m³ olarak kabul edilmektedir (Su Kaynaklarının Geliştirilmesi Çalışma Grubu Raporu, 2013). Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü (DSİ) verilerine göre bu değer yaklaşık %30'u, ülkenin doğusunda yer alan en büyük alansal büyüklükteki Fırat-Dicle Havzasına aittir (Tablo 4.1). Fırat-Dicle'yi alansal büyüklük olarak Kızılırmak ve Sakarya Havzaları, ortalama yıllık akış miktarı bakımından ise Doğu Karadeniz, Doğu Akdeniz ve Antalya Havzaları takip etmektedir.

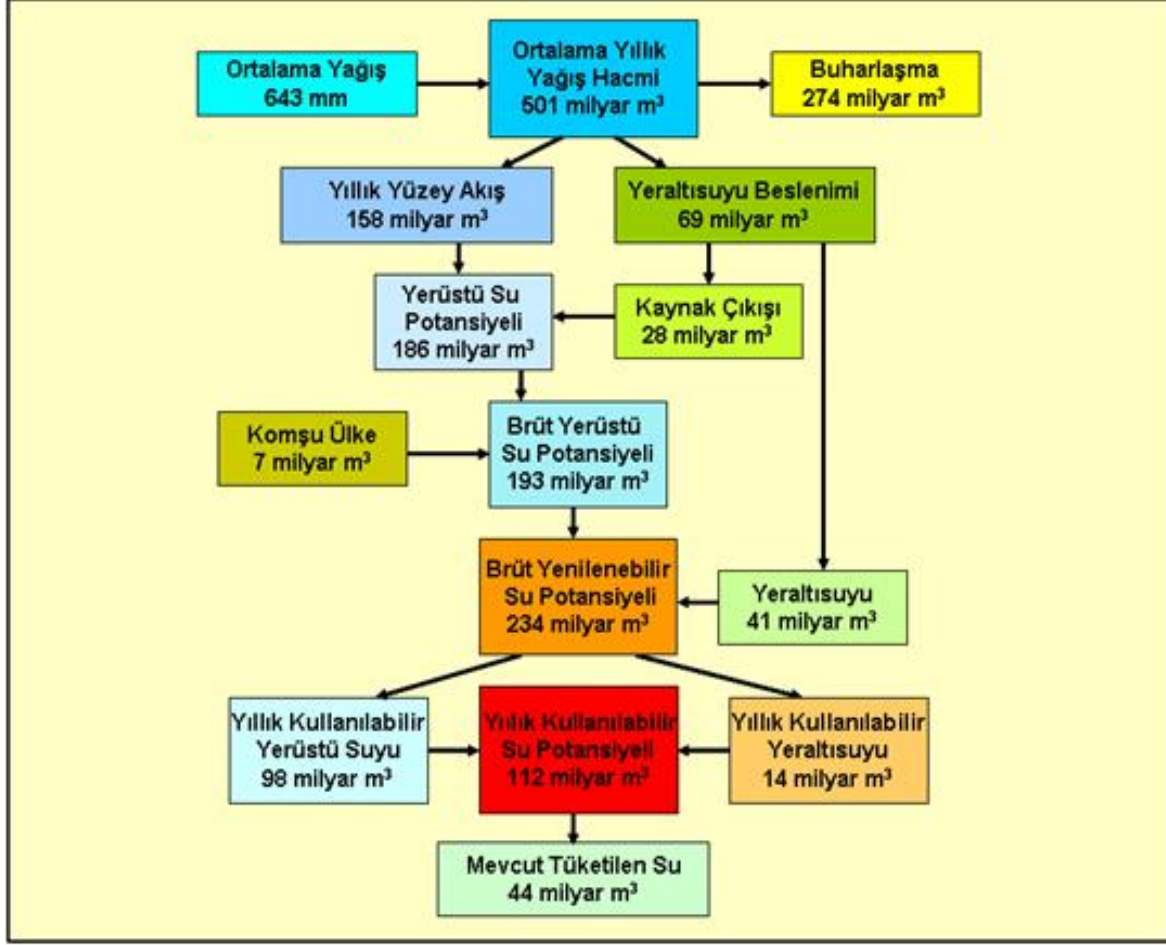


Şekil 4.1. Türkiye'de Nehir Havzaları

Tablo 4.1. Türkiye Nehir Havzaları Hakkında Genel Bilgi (Ormanlık ve Su Şurası, 2013)

Havza Adı	Yağış Alanı		Yıllık Ortalama Akış (Yüzeysel Su Potansiyeli)		Yıllık Ortalama Verim
	(km ²)	(%)	(km ³)	(%)	(l/s/km ²)
Akarçay	7.605	1	0,49	0,3	1,9
Antalya	19.577	2,5	11,06	5,9	24,2
Aras	27.548	3,5	4,63	2,5	5,3
Asi	7.796	1	1,17	0,6	3,4
Batı Akdeniz	20.953	2,7	8,93	4,8	12,4
Batı Karadeniz	29.598	3,8	9,93	5,3	10,6
Burdur Gölü	6.374	0,8	0,50	0,3	1,8
Büyük Menderes	24.976	3,2	3,03	1,6	3,9
Ceyhan	21.982	2,8	7,18	3,9	10,7
Çoruh	19.872	2,6	6,30	3,4	10,1
Doğu Akdeniz	22.048	2,8	11,07	6	15,6
Doğu Karadeniz	24.077	3,1	14,90	8	19,5
Ergene	14.560	1,9	1,33	0,7	2,9
Fırat-Dicle	184.918	23,7	52,94	28,5	8,3
Gediz	18.000	2,3	1,95	1,1	3,6
Kızılırmak	78.180	10	6,48	3,5	2,6
Konya Kapalı	53.850	6,9	4,52	2,4	2,5
Kuzey Ege	10.003	1,3	2,09	1,1	7,4
Küçük Menderes	6.907	0,9	1,19	0,6	5,3
Marmara	24.100	3,1	8,33	4,5	11
Sakarya	58.160	7,5	6,40	3,4	3,6
Seyhan	20.450	2,6	8,01	4,3	12,3
Susurluk	22.399	2,9	5,43	2,9	7,2
Van Gölü	19.405	2,5	2,39	1,3	5
Yeşilirmak	36.114	4,6	5,80	3,1	5,1
Toplam	779.452	100	186,05	100	-

Ülkemizin su potansiyelinin 25 havza arasında dağılımı Şekil 4.2 ile şematik olarak gösterilmektedir (Su Kaynaklarının Geliştirilmesi Çalışma Grubu Raporu, 2013; Dökmen & Kuzucu, 2013). Türkiye’de çeşitli maksatlara yönelik su kullanımlarında, teknik ve ekonomik olarak kullanılabilir yerüstü (yüzeysel) ve yeraltı suyu miktarı (net su potansiyeli), DSİ tarafından 234 milyar m³/yılılık brüt su potansiyelinin ~%48’ine karşı gelmek üzere toplam 112 milyar m³ olarak belirlenmiştir. Toplam 112 milyar m³’lük net su potansiyelimizin 98 milyar m³’ü (~%88’i) yüzeysel, 14 milyar m³’ü (~%12’si) yeraltı suyu potansiyelinden oluşmaktadır (URL-1).



Şekil 4.2 Türkiye'nin Su Potansiyeli ve Dağılımı (İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisi ve Uyum Çalışma Grubu Raporu, 2013)

Su varlığına göre ülkelerin su kaynakları durumu aşağıdaki şekilde sınıflandırılmaktadır:

- **Su Fakirliği:** Yılda kişi başına düşen kullanılabilir su miktarı 1.000 m^3 'ten daha az,
- **Su Azlığı:** Yılda kişi başına düşen kullanılabilir su miktarı $1.000\text{--}2.000 \text{ m}^3$ arasında,
- **Su Zenginliği:** Yılda kişi başına düşen kullanılabilir su miktarı $8.000\text{--}10.000 \text{ m}^3$ 'ten daha fazla.

Bu sınıflandırmaya göre, Türkiye su zengini bir ülke değildir. Ülkemizde kişi başına düşen yıllık kullanılabilir su miktarı $1.300 \left(\frac{112 \times 10^9}{85 \times 10^6} \right) \text{ m}^3$ civarında olduğundan, bu miktara göre *su azlığı* yaşayan (su stresine aday) bir ülke konumundadır. Ülke nüfusunun gelecekte 100 milyon civarına ulaşacağı dikkate alındığında, kişi başına kullanılabilir su miktarının $\sim 1.100 \text{ m}^3/\text{kişi-yıl}$ gibi ciddi su stresi limitleri civarına inmesi beklenir (Havza Yönetimi ve Su Bilgi Sistemi Çalışma Grubu Raporu, 2013).

Türkiye'nin 1951–2000 dönemi hidrometeorolojik verileri ile ortalama yağış yüksekliği 643 mm/yıl olup, yılda ortalama $501 \times 10^9 \text{ m}^3$ suya karşılık gelmektedir. Düşen yağışın yaklaşık %55'i ($274 \times 10^9 \text{ m}^3$) buharlaşma ve terleme yoluyla atmosfere geri dönmekte, $69 \times 10^9 \text{ m}^3$ 'lük kısmı (\sim %14'ü) yüzey altı ve yeraltı sularını beslemekte, $158 \times 10^9 \text{ m}^3$ 'lük (%31) kısmı ise akışa geçerek akarsular vasıtası ile denizlere ve kapalı havzalardaki göllere boşalmaktadır

(Su Kaynaklarının Geliştirilmesi Çalışma Grubu Raporu, 2013). Yüzeysel ve yeraltı sularını besleyen $69 \times 10^9 \text{ m}^3$ 'lük suyun $28 \times 10^9 \text{ m}^3$ 'lük kısmı (~%41) pınarlar vasıtası ile tekrar yüzeysel sulara katılmaktadır. Böylece yıllık toplam akış veya yüzeysel su potansiyeli $(158+28) \times 10^9 \text{ m}^3 = 186 \times 10^9 \text{ m}^3$ olmaktadır. Ayrıca ülkemize komşu ülkelere gelen yaklaşık $7 \times 10^9 \text{ m}^3$ / yıl su bulunmaktadır. Böylece ülkemizin **brüt yüzeysel suyu potansiyeli $193 \times 10^9 \text{ m}^3$** 'e ulaşmaktadır. Yeraltı suyunu besleyen $41 \times 10^9 \text{ m}^3$ 'lük dinamik (yenilenebilir) rezerv de dikkate alınmakla ülkenin **toplam yenilenebilir su potansiyeli, $234 \times 10^9 \text{ m}^3/\text{yıl}$** 'a ulaşmaktadır. Türkiye'deki 25 havzada ölçülen ve uzun yıllar ortalama akışları esas alınarak yürütülen çalışmada yıllık ortalama akış miktarı (brüt yüzeysel su potansiyeli) $\sim 186,05 \times 10^9 \text{ m}^3/\text{yıl}$ olarak bulunmuştur (Su Kaynaklarının Geliştirilmesi Çalışma Grubu Raporu, 2013). Bu hesaplama yukarıda Şekil 4.2 ile özetlenen Türkiye'nin su potansiyeli ve dağılımı şemasından da takip edilebilmektedir.

Şekil 4.2 ile görüldüğü üzere, Türkiye'nin teknik ve ekonomik kısıtlar çerçevesinde çeşitli maksatlar için kullanılabilir yüzeysel (net) su potansiyeli, komşu ülkelere gelen akarsulardaki $7 \times 10^9 \text{ m}^3$ su ile birlikte yıllık ortalama olarak $98 \times 10^9 \text{ m}^3$ 'tür. Teknik ve ekonomik olarak çekilebilir yeraltı suyu potansiyeli de $14 \times 10^9 \text{ m}^3$ (toplam YAS potansiyelinin ~%34'ü)'tür. Ülkemizde mevcut durumda, 112 milyar m^3 'lük kullanılabilir yüzeysel ve yeraltı suyu potansiyelinin ancak $44 \times 10^9 \text{ m}^3$ 'ünün (~%40'ı) kullanıldığı belirtilmektedir (Su Kaynaklarının Geliştirilmesi Çalışma Grubu Raporu, 2013).

DSİ Genel Müdürlüğü, toplam 26 Bölge Müdürlüğü olmak üzere bölgeler bazında örgütlenmiş bir kurum olduğu için, su bütçeleri de temel olarak bölge esaslı olarak derlenmektedir. Ancak son yıllarda özellikle AB Su Çerçeve Direktifi (SÇD, 2000) uyarınca su yönetiminin havza bazlı yürütülmesi gereği dikkate alınarak, DSİ Bölge Müdürlükleri'nce su bütçesinin 25 akarsu havzasında havza bazlı olarak oluşturulması için başlatılan çalışmalar halen devam etmektedir. Bu proje kapsamında temel olarak havza bazlı değerlerin kullanılması gerektiğinden, havza ciltlerinde (EK 3 - EK 27) söz konusu verilerin, DSİ'den alınan mevcut verilerle nasıl yeniden türetildiği detaylı olarak açıklanmaktadır.

DSİ'den edinilen güncel verilere dayanarak, bu proje kapsamında güncellenen Türkiye'nin mevcut yüzeysel su potansiyeli ve havzalar göre dağılımı Tablo 4.2 ile verilmektedir. Buna göre su potansiyeli, birçok kaynaktan verilen 112 milyar m^3 'e de yakın bir değer olarak, yaklaşık 108,5 milyar m^3 olarak hesaplanmıştır. Burada, DSİ kullanılabilir yeraltı suyu (YAS) rezervi oranını her havza için ayrı ayrı verilmektedir; buna göre YAS rezervi kullanım düzeyleri %45-%99 arasında değişmekte olup Türkiye ortalaması ise ~%75 olmaktadır. Yüzeysel sulara kullanılabilir yüzeysel akış oranı ise, havza bazlı olmaktan ziyade Türkiye geneli için ortalama olarak ~%50 alınmaktadır. Bu noktada sadece tek bir havza için (Büyük

Menderes Havzası) kullanılabilir yüzeysel su oranı, fiili kullanımlar da göz önüne alınarak, mevcut durumu daha iyi yansıtabilecek şekilde %65 olarak revize edilmiştir. Buna göre yüzeysel akışın toplam kullanım oranı Türkiye ortalaması itibarıyla %50,2'ye tekabül etmektedir. Bu proje kapsamında, toplam brüt su potansiyelinden, teknik ve ekonomik olarak kullanılabilir (net) su potansiyeline geçişte, yüzeysel su ve yeraltı suyu için ayrı ayrı ve havza bazlı olmak üzere, DSİ tarafından verilen söz konusu geçiş oranları aynen kabul edilerek sonuçta toplam 108,5 milyar m³ yıllık net su potansiyeli değerine ulaşılmıştır (Tablo 4.2).

Tüm hidrolojik modelleme çalışmalarının amacı, çalışılan alandaki toplam brüt su potansiyelini verebilmektir. Brüt su potansiyelinden net su potansiyeline geçiş ise, modelleme çalışmasından bağımsız olarak alana (havzalara vb.) ve yıllara (gelişen teknolojiye vb.) göre değişebilen bir dizi kabuller ışığında belirlenen oranlara göre yapılmaktadır.

Bu çalışma kapsamında Türkiye'nin net su potansiyeli, DSİ'den havza bazlı edinilen tüm mevcut veriler ışığında yeniden derlenerek yaklaşık 108,5 milyar m³ olarak hesaplanmıştır. Bu değer DSİ bazlı literatürde verilen 112 milyar m³ değerine oldukça yakın olduğu açıktır. Aradaki ~%3'lük farkın ağırlıklı olarak, dikkate alınan uzun yıllar ortalamalarındaki referans dönemi farklılıkları, komşu ülkeler kaynaklı su potansiyeli bileşeni ve statik/dinamik yeraltı suyu rezervi tahminlerindeki muhtemel belirsizlikten kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu çalışmada, brüt su potansiyeli değerleri havza bazlı olarak DSİ'den temin edilmiş olup başlangıç yılı (referans dönemi), için DSİ verileri ile uyumlu olarak aşağıdaki değerler esas alınmıştır:

- Yeraltı suyu:

DSİ, yeraltı suyu potansiyeli miktarları ile kullanılabilir yeraltı suyu işletme rezervi oranlarını (rezerv/potansiyel), her havza için ayrı ayrı vermektedir. Buna göre, yeraltı suyu kullanım düzeyleri 25 havza için %45-%99 arasında değişen değerlerde olup, Türkiye ortalaması ise ~%75'e (%75,9) tekabül etmektedir. (Tablo 4.2).

- Yüzeysel su:

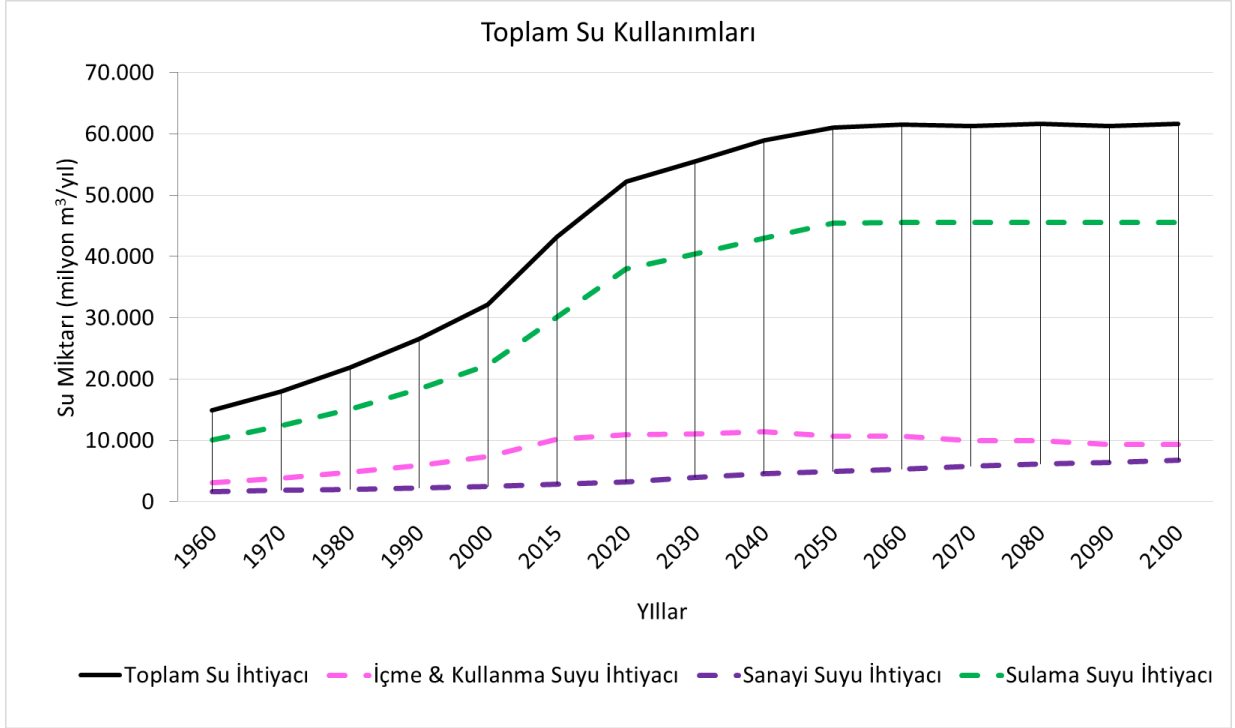
Yıllık ortalama akışlar, uzun dönem ortalaması olarak havza bazlı temin edilmiştir (Tablo 4.1). Ancak kullanılabilir yüzeysel akış oranı (kullanım/potansiyel), havza bazlı olmaktan ziyade, Türkiye geneli için tek bir ortalama değer olarak tanımlanmaktadır. Buna göre, yüzeysel akışların teknik ve ekonomik kısıtlar dolayısıyla uygulamadaki ortalama kullanım düzeyi, tüm havzalar için ~%50 olarak verilmektedir. Bu çalışma kapsamında ise, sadece tek bir havza için (Büyük Menderes Havzası) kullanılabilir yüzeysel su oranı, fiili kullanımlar da göz önüne alınarak, mevcut durumu daha iyi yansıtabilecek şekilde %65 olarak revize edilmiştir. Netice itibarıyla, söz konusu revizyon

dolayısıyla, yüzeysel akışın toplam kullanım oranı Türkiye ortalaması için %50,2 olarak değişmiştir (Tablo 4.2).

Tablo 4.2. Türkiye Havzaları Su Potansiyelleri Dağılımı – Mevcut Durum

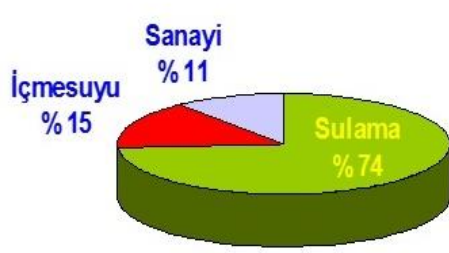
HAVZA NO	HAVZA ADI	YÜZEYSEL SU			YERALTI SUYU			TOPLAM		
		YILLIK ORTALAMA AKIŞ	ORTALAMA KULLANILABİLİR YÜZEYSEL SU MİKTARI	KULLANIM / POTANSİYEL	YERALTI SUYU POTANSİYELİ	YERALTI SUYU İŞLETME REZERVİ	YAS REZERVİ / POTANSİYEL	TOPLAM SU POTANSİYELİ	TOPLAM KULLANILABİLİR SU POTANSİYELİ	KULLANIM / POTANSİYEL
		(milyon m ³ /yıl)	(milyon m ³ /yıl)	(%)	(milyon m ³ /yıl)	(milyon m ³ /yıl)	(%)	(milyon m ³ /yıl)	(milyon m ³ /yıl)	(%)
1	AKARÇAY	490	245	50	188	182	97	678	427	63
2	ANTALYA	11.060	5.530	50	1.093	526	48	12.153	6.056	50
3	ARAS	4.630	2.315	50	256	204	80	4.886	2.519	52
4	ASI	1.170	585	50	402	305	76	1.572	890	57
5	BATİ AKDENİZ	8.930	4.465	50	473	317	67	9.403	4.782	51
6	BATİ KARADENİZ	9.930	4.965	50	416	412	99	10.346	5.377	52
7	BURDUR	500	250	50	106	90	84	606	340	56
8	BÜYÜK MENDERES	3.030	1.970	65	998	729	73	4.028	2.698	67
9	CEYHAN	7.180	3.590	50	985	533	54	8.165	4.123	50
10	ÇORUH	6.300	3.150	50	30	20	67	6.330	3.170	50
11	DOĞU AKDENİZ	11.070	5.535	50	97	71	73	11.167	5.606	50
12	DOĞU KARADENİZ	14.900	7.450	50	436	436	100	15.336	7.886	51
13	ERGENE	1.330	665	50	508	498	98	1.838	1.163	63
14	FIRAT - DİCLE	52.940	26.470	50	4.227	2.779	66	57.167	29.249	51
15	GEDİZ	1.950	975	50	555	248	45	2.505	1.223	49
16	KIZILIRMAK	6.480	3.240	50	1.531	1.332	87	8.011	4.572	57
17	KONYA KAPALI	4.520	2.260	50	2.012	2.005	100	6.532	4.265	65
18	KUZEY EGE	2.090	1.045	50	289	213	74	2.379	1.258	53
19	KÜÇÜK MENDERES	1.190	595	50	179	179	100	1.369	774	57
20	MARMARA	8.330	4.165	50	236	205	87	8.566	4.370	51
21	SAKARYA	6.400	3.200	50	2.192	1.519	69	8.592	4.719	55
22	SEYHAN	8.010	4.005	50	701	652	93	8.711	4.657	53
23	SUSURLUK	5.430	2.715	50	727	575	79	6.157	3.290	53
24	VAN GÖLÜ	2.390	1.195	50	179	148	83	2.569	1.343	52
25	YEŞİLIRMAK	5.800	2.900	50	632	579	92	6.432	3.479	54
TOPLAM		186.050	93.480	50,2	19.447	14.757	75,9	205.497	108.237	52,7

Türkiye genelinde yeraltı ve yüzeysel sulardan yapılan sektörel tahsislerin dağılımları (içme ve kullanma, sanayi ve sulama suyu) özet olarak Şekil 4.3 ile gösterilmekte olup hesap yöntemleri yine havza ciltlerinde detaylandırılmıştır.



Şekil 4.3 Tüm Su Kullanımlarının Yıllara Göre Değişimi

Türkiye’de Sektörel Su Kullanımları Havza Yönetimi Raporu’na (2013) göre, mevcut durumda ülkemizde 34 milyar m³ ile sulama suyu %74, 7 milyar m³ ile içme ve kullanma suyu %15 ve 5 milyar m³ ile sanayi suyu %11’lik paya ulaşmaktadır. Dolayısıyla mevcut durumdaki toplam su tüketimi ~46 milyar m³ olarak verilmiştir (Havza Yönetimi ve Su Bilgi Sistemi Çalışma Grubu Raporu, 2013). Bu rapordaki gelecek öngörüsü ise, 2023 yılında kullanılabilir su potansiyelinin tamamına ulaşılacağı yönündedir. Buna göre, gelecekteki sulama suyu, içme suyu ve sanayi suyu dağılımları sırası ile %64, %16 ve %20 mertebelerinde olacaktır. Bu yaklaşımı daha kapsamlı yorumlamak gerekirse, gelecekte fiili olarak söz konusu tüketim değerlerine tam olarak ulaşılmassa dahi, belirtilen miktarda suyun bu sektörlerle tahsis edilebilir durumda tutulması gerektiği söylenebilir. Havza Yönetimi Raporu’na (2013) göre mevcut durumdaki dağılım ile gelecek öngörüsü Şekil 4.4 ile pasta diyagramları üzerinde gösterilmiştir.



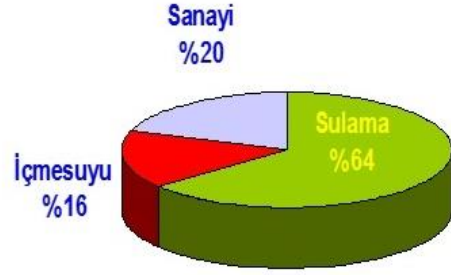
2013 yılı

Sulama: 34 milyar m³ (%74)

İçmesuyu: 7 milyar m³ (%15)

Sanayi: 5 milyar m³ (% 11)

TOPLAM: 46 milyar m³



2023 yılı

Sulama: 72 milyar m³ (%64)

İçmesuyu: 18 milyar m³ (%16)

Sanayi: 22 milyar m³ (%20)

TOPLAM: 112 milyar m³

Şekil 4.4. Sektörel Su Tüketimleri (Havza Yönetimi ve Su Bilgi Sistemi Çalışma Grubu Raporu, 2013)

DSİ Bölge Müdürlükleri bazında, yeraltı suları ve yüzeysel sulardan mevcut durumda yapılan içme ve kullanma suyu, sanayi suyu ve sulama suyu tahsisleri (fiili kullanımları) Tablo 4.3 ile özetlenmektedir. DSİ Bölge Müdürlükleri bazlı verilerin, havzalara düşen görev alanları esas alınarak oluşturulmuş olan mevcut verilere dönüştürülmesi süreci devam etmekte olduğundan, burada da ancak toplam değerler üzerinden bir mukayese yapmak mümkündür. Buna göre mevcut durumdaki toplam fiili kullanım ~40 milyar m³ mertebesindedir. Bunun 10 milyar m³'ü içme ve kullanma suyuna (%25), 2 milyar m³'ü sanayi suyuna (%5) ve 28 milyar m³'ü ise sulama suyuna (%70) tahsis edilmektedir.

Tablo 4.3. DSİ Bölge Müdürlükleri Fiili Su Kullanımlarının Derlenmesi (DSİ, 2014)

DSİ Bölge No	DSİ Bölge Müdürlüğü	Su Miktarları (milyon m ³ /yıl)											
		İçme Kullanma			Sanayi Suyu			Sulama Suyu			Toplam		
		Yüzeysel	Yeraltı	Toplam	Yüzeysel	Yeraltı	Toplam	Yüzeysel	Yeraltı	Toplam	Yüzeysel	Yeraltı	Toplam
1. Bölge Müd.	BURSA	466	216	682	138	141	279	307	57	365	912	414	1.326
2. Bölge Müd.	İZMİR	400	262	662	60	115	175	1.000	397	1.397	1.460	774	2.234
3. Bölge Müd.	ESKİŞEHİR	111	169	280	0	39	39	340	86	426	451	293	744
4. Bölge Müd.	KONYA	440	432	872	25	0	25	4.705	553	5.258	5.170	984	6.154
5. Bölge Müd.	ANKARA	0	161	161	0	25	25	0	127	127	0	313	313
6. Bölge Müd.	ADANA	862	620	1.482	183	209	392	4.259	470	4.729	5.304	1.300	6.604
7. Bölge Müd.	SAMSUN	187	177	364	28	28	56	378	43	421	593	247	840
8. Bölge Müd.	ERZURUM	79	123	203	0	3	3	219	22	241	298	149	447
9. Bölge Müd.	ELAZIĞ	22	24	46	5	17	22	32	35	66	58	76	134
10. Bölge Müd.	DİYARBAKIR	200	26	226	0	9	9	370	601	971	570	635	1.205
11. Bölge Müd.	EDİRNE	203	183	387	148	138	286	485	263	748	836	584	1.420
12. Bölge Müd.	KAYSERİ	129	53	182	13	1	14	25	14	39	167	67	234
13. Bölge Müd.	ANTALYA	102	257	358	33	5	38	550	227	777	684	489	1.173
14. Bölge Müd.	İSTANBUL	1.293	136	1.429	0	18	18	0	1	1	1.293	155	1.448
15. Bölge Müd.	ŞANLIURFA	95	0	95	0	1	1	2.117	1.223	3.340	2.212	1.224	3.436
16. Bölge Müd.	MARDİN	129	0	129	13	0	13	25	0	25	167	0	167
17. Bölge Müd.	VAN	24	11	35	1	1	2	2.906	26	2.932	2.931	38	2.969
18. Bölge Müd.	ISPARTA	0	37	37	0	0	0	0	50	50	0	87	87
19. Bölge Müd.	SİVAS	79	23	102	0	17	17	326	10	335	405	50	454
20. Bölge Müd.	KAHRAMANMARAŞ	185	98	283	95	37	132	425	403	828	704	539	1.243
21. Bölge Müd.	AYDIN	782	262	1.044	0	10	10	4.360	276	4.636	5.142	549	5.691
22. Bölge Müd.	TRABZON	45	163	207	0	13	13	7	2	9	51	178	230
23. Bölge Müd.	KASTAMONU	4	49	53	0	14	14	1	42	43	5	105	110
24. Bölge Müd.	KARS	10	69	78	0	1	1	1	12	13	10	81	92
25. Bölge Müd.	BALIKESİR	51	228	279	2	151	153	562	28	590	615	407	1.021
26. Bölge Müd.	ARTVİN	2	0	2	0	0	0	0	0	0	2	1	3
TOPLAM		5.899	3.778	9.677	742	994	1.736	23.398	4.968	28.366	30.040	9.739	39.780

* Doğrudan DSİ Yıllığı'ndan alınan verilere göre, "sıfır (0)" olarak sunulan hücrelerde, ya veri mevcut değildir veya fiili kullanım yoktur.

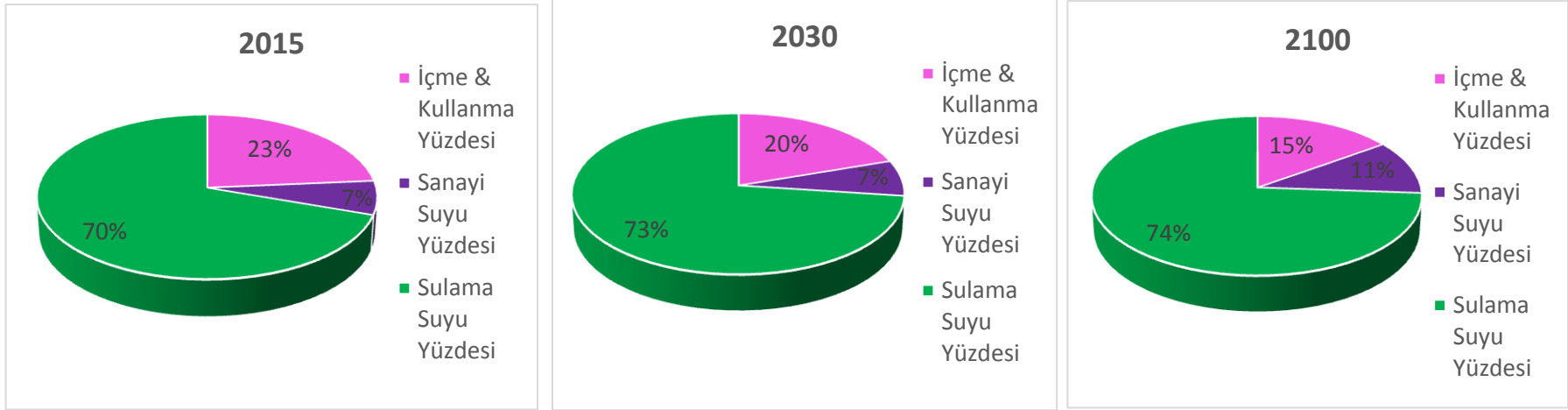
Şekil 4.2 ile özetlenen Türkiye'nin su potansiyeli ve dağılımı şemasına göre, ülkemizde mevcut durumda toplamda 44 milyar m³ suyun fiili olarak kullanıldığı belirtilmektedir. Görüldüğü üzere mevcut durumdaki fiili kullanımlar ile ilgili resmi veriler, merteye olarak aynı seviyede olmalarına karşın, toplamda ve sektörel dağılımlarda bazı küçük farklılıklar göstermektedir. Benzer şekilde söz konusu veriler Türkiye toplamını ortaya koyarken, bu proje kapsamında fiili kullanımlar ve su tahsislerinin havza bazında değerlendirilmesi gerekmektedir. Dolayısıyla proje kapsamında mevcut tüm verilerin derlenerek yeniden değerlendirilmesi yoluna gidilmesi gerekmiştir.

Bu projede, yayınlanmış farklı veriler arasından tekil bir seçim yapmak yerine, ilgili tüm verilerin gözden geçirilmesi ve derlenmesi suretiyle, toplam su potansiyeli mukayese amacıyla yeniden hesaplanmıştır. Burada, Faaliyet Raporları (DSİ, 2013; 2012), Ormancılık ve Su Şurası Çalışma Grubu Raporları (Ormancılık ve Su Şurası, 2013), Performans Raporları (DSİ, 2011/2012/2013), Havza Koruma Eylem Planları (2010; 2014), Kalkınma Programı İnsani Gelişme Programı (Birleşmiş Milletler, 2013) ve Türkiye İlerleme Raporu (AB Bakanlığı, 2013) gibi pek çok farklı kaynaktan temin edilen güncel veriler de dikkate alınarak, Türkiye'de su potansiyeli mevcut durumunun en iyi şekilde ortaya konması hedeflenmiştir. Buna göre farklı kaynaklar ve havza bazlı kısmi veriler derlenerek yeniden hesaplanan ülke toplamı değerleri, özel olarak Ormancılık ve Su Şurası Raporları (Su Kaynaklarının Geliştirilmesi Çalışma Grubu Raporu, 2013; Havza Yönetimi ve Su Bilgi Sistemi Çalışma Grubu Raporu, 2013; İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisi ve Uyum Çalışma Grubu Raporu, 2013) ve Bölge Müdürlükleri (DSİ, 2014) toplamaları ile mukayese edilerek Tablo 4.4 ile sunulmaktadır. Buna göre proje tahminleri ile elde edilen sonuçlar, Ormancılık ve Su Şurası Çalışma Grubu Raporları (2013) ile DSİ Bölgeler (2014) toplamı değerleri arasında yer almaktadır.

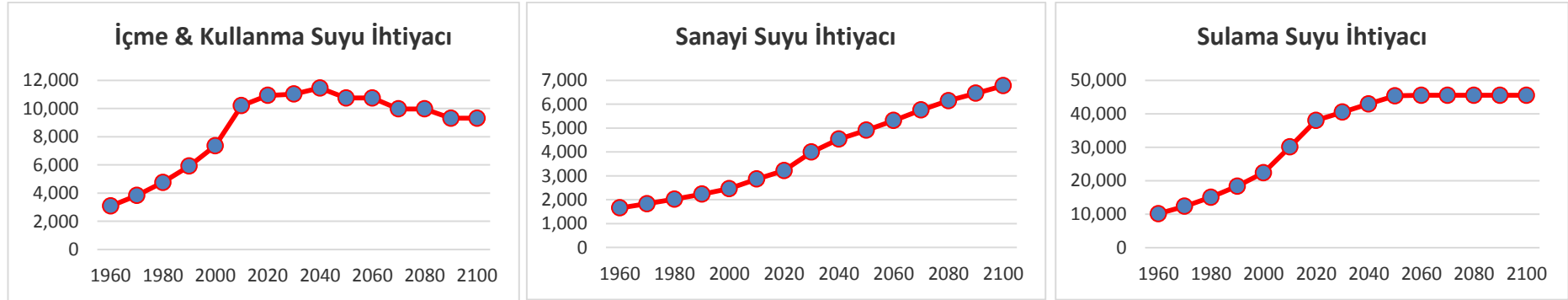
Proje kapsamında yapılan projeksiyona ait su ihtiyacının sektörel dağılım grafikleri Şekil 4.5, sektörel dağılımların yıllara göre değişimi ise Şekil 4.6 ile verilmektedir. Bu çalışma kapsamında yapılan kabuller ve detaylı sektörel su ihtiyaç dağılımı hesaplamaları, havza ciltlerinde ayrıntılı biçimde yer almaktadır. Bu bölümde Türkiye toplamaları ile genel bir durum tespiti yapılması hedeflendiğinden, temel kabuller ile söz konusu havza bazlı hesaplamaların özeti ilerleyen bölümde sunulmuştur. Buna göre, hesaplamalar neticesinde ortaya çıkan pasta diyagramları Şekil 4.5 ile takip edilebilmekte olup, 10'ar yıllık değerlerle projeksiyon dönemindeki değişimler de Şekil 4.6 ile görülmektedir.

Tablo 4.4. Farklı Kaynaklara göre Türkiye'nin Net Su Potansiyeli ve Sektörel Su Tahsisleri Kıyaslaması

Veri Kaynakları	Net Su Potansiyeli (milyon m ³ /yıl)	Sulamaya Tahsis Edilen Toplam Su Miktarı (milyon m ³ /yıl)	İçme ve Kullanmaya Tahsis Edilen Toplam Su Miktarı (milyon m ³ /yıl)	Sanayiye Tahsis Edilen Toplam Su Miktarı (milyon m ³ /yıl)	Tahsis Edilen Toplam Su Miktarı (milyon m ³ /yıl)	Sulama/Toplam (%)	İçme Kullanma/Toplam (%)	Sanayi/Toplam (%)
Proje Tahmini (2014)	108.237	30.093	10.198	2.863	43.154	70	23	7
Şura Raporu (2013)	112.00	34.000	7.000	5.000	46.000	74	15	11
DSİ Bölgeler (2014)	-	28.366	9.677	1.736	39.780	71	24	5
ÇOB (2008)	-	-	-	-	44.000	-	-	-



Şekil 4.5. Sektörel Su Kullanımlarının Yıllara Göre Dağılım Öngörüsü



Şekil 4.6. Sektörel Su Kullanımlarının Yıllara Göre Değişim Tahminleri

İçme ve Kullanma Suyu İhtiyacı

İçme ve kullanma suyu (evsel su) ihtiyacı hesaplarında esas alınan birim net su ihtiyaçları, nüfusa bağlı olarak değişmektedir. Havzada bulunan kentsel ve kırsal nüfusların yıllık eşdeğerleri (kış ve yaz dönemi ağırlıklı ortalamaları) ile, nüfusa göre değişkenlik gösteren birim su ihtiyaçlarının çarpımı, doğrudan içme-kullanma suyu ihtiyacını vermektedir. Ayrıca isale hattı kayıpları ile şebekede karşılaşılabilecek çeşitli kayıp ve kaçakların, brüt içme ve kullanma suyu ihtiyacını belli oranda arttırdığı kabul edilmiştir. Su boruları ve bağlantı ekipmanlarının sızdırmazlığının yıllara göre artacağı varsayımıyla, isale ve şebeke kayıplarındaki azalma da hesaplara aynı oranda yansıtılmıştır. Netice itibariyle içme ve kullanma suyu ihtiyacı; isaledeki kayıplar (%2-%3), şebekedeki kayıp/kaçaklar (%25-%45) ile bu değerlerin yıllara göre değişimi göz önüne alınarak hesaplanmıştır. Sonuç olarak, su ihtiyacı tahmini hesabı aşağıdaki formül kullanılarak yapılmıştır:

$$Q_{su} = \left(q_{maks} \times N \times \frac{1}{1 - k_{isale}} \times \frac{1}{1 - k_{şebeke}} \right)$$

Q_{su} : Rezervden çekilecek içme ve kullanma suyu (m³)

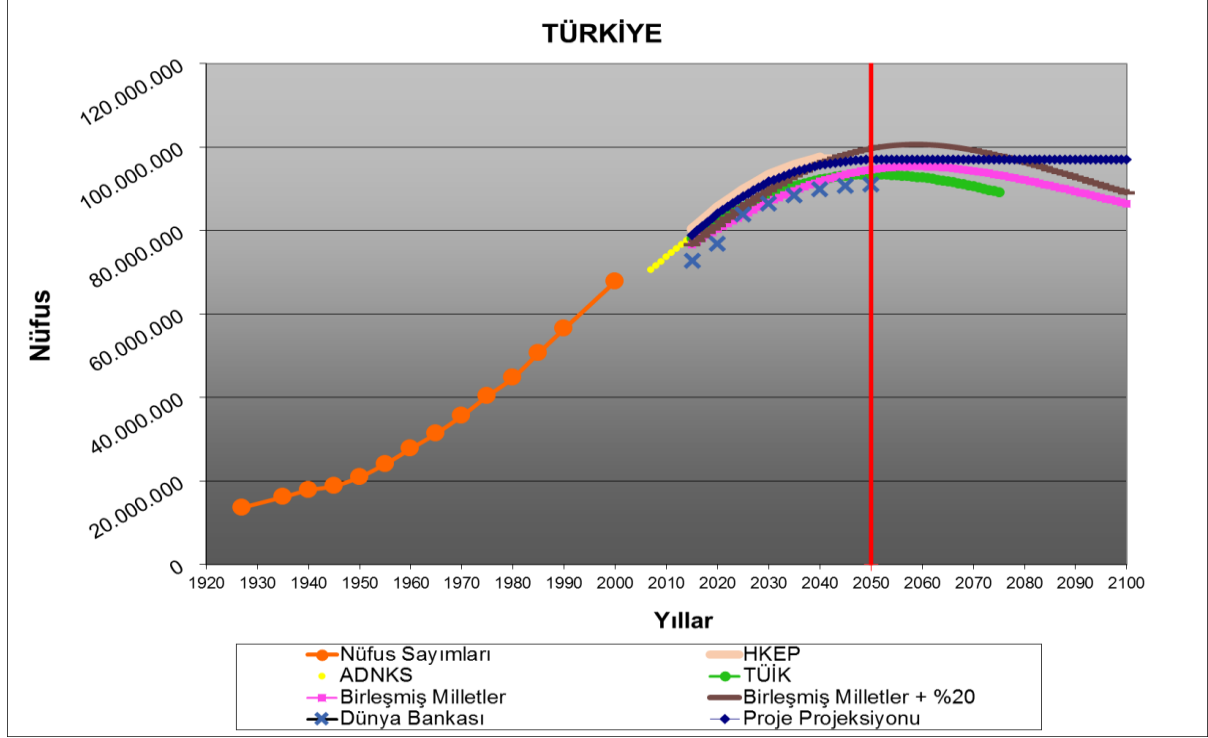
q_{maks} : Birim su ihtiyacı (m³/kişi-yıl)

N : Eşdeğer nüfus (kişi)

k_{isale} : İsale hattındaki su kaybı yüzdesi (%)

$k_{şebeke}$: Şebekedeki su kayıp ve kaçak yüzdesi (%)

Türkiye geneli için yapılan nihai nüfus projeksiyonları, nüfus sayımları ile mukayese edilebilmesi açısından sabit nüfusun (kış nüfusu) devamı niteliğinde Şekil 4.7 ile topluca gösterilmektedir. Türkiye geneli için kırsal ve kentsel yerleşimlerin, yaz, kış ve eşdeğer nüfusları Tablo 4.5 ile ve toplam su ihtiyaçları Tablo 4.6 ile özetlenmiştir.



Şekil 4.7 Türkiye Geneli Sabit Nüfus Projeksiyonları (Kış Nüfusu)

Tablo 4.5. Türkiye Geneli Nüfus Projeksiyonu (2015*-2100)

Yıllar	Kentsel Nüfus			Kırsal Nüfus	Toplam Nüfus		
	Kış	Yaz	Eşdeğer**		Kış	Yaz	Eşdeğer
2015	61.103.852	74.654.962	66.750.148	17.878.773	78.982.625	92.533.736	84.628.921
2020	65.926.427	80.541.849	72.016.186	18.198.432	84.124.859	98.740.281	90.214.618
2030	73.156.217	89.442.268	79.942.071	18.575.967	91.732.183	108.018.234	98.518.038
2040	77.073.520	94.374.088	84.282.090	18.685.838	95.759.357	113.059.926	102.967.928
2050	78.416.615	96.073.002	85.773.443	18.689.323	97.105.938	114.762.325	104.462.766
2060	78.416.615	96.073.002	85.773.443	18.689.323	97.105.938	114.762.325	104.462.766
2070	78.416.615	96.073.002	85.773.443	18.689.323	97.105.938	114.762.325	104.462.766
2080	78.416.615	96.073.002	85.773.443	18.689.323	97.105.938	114.762.325	104.462.766
2090	78.416.615	96.073.002	85.773.443	18.689.323	97.105.938	114.762.325	104.462.766
2100	78.416.615	96.073.002	85.773.443	18.689.323	97.105.938	114.762.325	104.462.766

* Nüfus projeksiyonu tüm hesaplama ve modelleme çalışmalarının öncesinde 2015 yılında nihayetlendirilmiştir.

** Türkiye genelinde kış dönemi 7 ay, yaz dönemi 5 ay olarak kabul edilmiş olup eşdeğer nüfus, kış nüfusu (sabit nüfus) ile yaz nüfusunun (sabit nüfus + turist nüfusu) yıllık bazda ağırlıklı ortalaması üzerinden hesaplanmıştır.

Tablo 4.6. Türkiye'nin Yıllık İçme ve Kullanma Suyu İhtiyacı Projeksiyonu

Yıllar	Kentsel Alan		Kırsal Alan		Havza Genel	
	Eşdeğer Nüfus	Su İhtiyacı	Eşdeğer Nüfus	Su İhtiyacı	Eşdeğer Nüfus	Su İhtiyacı
	N	milyon m ³ /yıl	N	milyon m ³ /yıl	N	milyon m ³ /yıl
2015	66.750.148	8.975	17.878.773	1.223	84.628.921	10.198
2020	72.016.186	9.685	18.198.432	1.245	90.214.618	10.930
2030	79.942.071	9.860	18.575.967	1.165	98.518.038	11.025
2040	84.282.090	10.294	18.685.838	1.160	102.967.928	11.453
2050	85.773.443	9.671	18.689.323	1.071	104.462.766	10.742
2060	85.773.443	9.671	18.689.323	1.071	104.462.766	10.742
2070	85.773.443	8.980	18.689.323	994	104.462.766	9.975
2080	85.773.443	8.980	18.689.323	994	104.462.766	9.975
2090	85.773.443	8.381	18.689.323	928	104.462.766	9.310
2100	85.773.443	8.381	18.689.323	928	104.462.766	9.310

Sanayi Suyu İhtiyacının Tahmini

Endüstriyel amaçlı kullanılan su miktarının, Türkiye'nin gayri safi milli hasıla (GSMH) artış (büyüme) oranına göre değişeceği kabul edilmiştir (OECD, 2014). Buna göre, Türkiye için sanayi suyu ihtiyacı projeksiyonu Tablo 4.7 ile sunulmuştur.

Sulama Suyu İhtiyacının Tahmini

Sulama suyu ihtiyacının, başlangıç yılına göre seçilen oranlarda değişeceği kabul edilmiş ve geleceğe yönelik projeksiyonlar bu şekilde yapılmıştır. Bu kapsamda, 2030 yılına dek sulanabilecek alanların tümüne (8,5 milyon ha) kademeli olarak sulama suyu sağlanabileceği varsayılmıştır, ancak 2050 yılından itibaren sulama suyu miktarında önemli bir değişiklik öngörülmemiştir. Bunun da başlıca nedeni, modern sulama tekniklerine geçiş, havza özelinde uygun ürün deseni uygulaması gibi teknik ve yöntemlerin zaman içerisinde yerleşeceği kabulüyle ilgilidir. Buna göre, yıllık sulama suyu ihtiyacı projeksiyonu Tablo 4.8 ile verilmektedir.

Tablo 4.7. Türkiye'nin Yıllık Sanayi Suyu İhtiyacı Projeksiyonu

Yıllar	Sanayi Gelişimine Bağlı Su İhtiyacı (milyon m ³ /yıl)
2015	2.863
2020	3.219
2030	3.994
2040	4.535
2050	4.911
2060	5.319
2070	5.760
2080	6.145
2090	6.460
2100	6.775

Tablo 4.8. Türkiye'nin Yıllık Sulama Suyu İhtiyacı Projeksiyonu

Yıllar	Sulama Suyu İhtiyacı (milyon m ³ /yıl)
2015	30.093
2020	38.014
2030	40.469
2040	42.924
2050	45.373
2060	45.505
2070	45.511
2080	45.511
2090	45.511
2100	45.511

4.2 Havzalarının Morfolojik Yapısı

Türkiye havzalarının morfolojik açıdan gruplandırılması çalışması kapsamında Türkiye, Fırat ve Dicle Havzasını 2 alt havzaya ayırmak suretiyle, 26 hidrolojik havzaya ayrılmıştır. Söz konusu havzalar bu çalışma için belli hidrolojik ve coğrafik tanımlara bağlı olarak 3 grupta incelenmiştir.

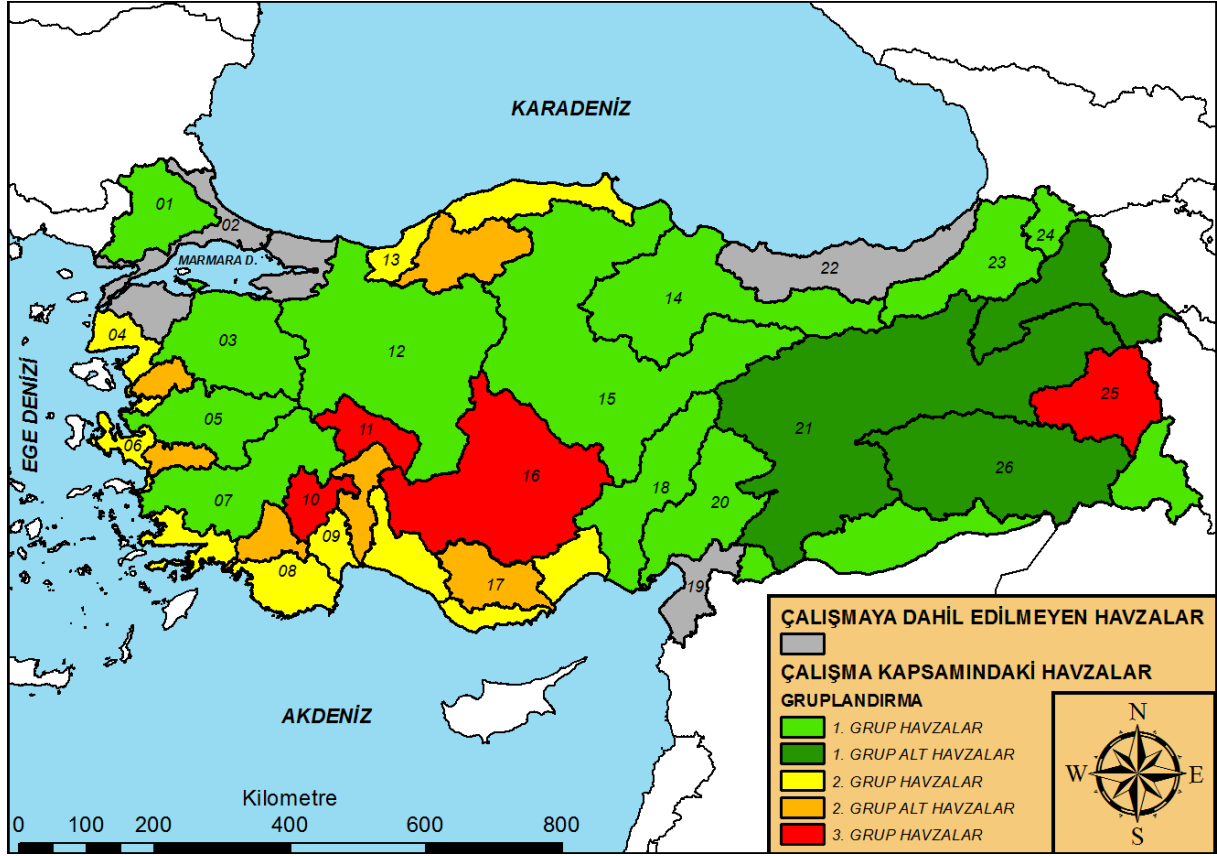
Hidrolojide drenaj havzası, üzerine düşen yağışları, havzanın çıkış noktasında yer alan tek bir akarsu koluna yönlendiren ve su ayırım çizgisi ile komşularından ayrılmış bir alan olarak tanımlanabilir ve havza parametreleri bu tanıma uygun havzalar için geliştirilmiştir. Ancak çalışma kapsamında ele alınan tüm havzaların bu tanıma uygun olmaması, havza parametrelerinin tümünün her havza için elde edilememesi ile sonuçlanmıştır.

I. ve II. Gruba giren havzalar için yukarıda sözü edilen bütün parametreler hesaplanmış olup, III. Gruba giren havzalar için ise yalnızca ortalama yükseklik ile depolama indisi parametreleri bulunmuştur.

Her 3 havza grubunda ele alınan ve çalışma kapsamı dışında bırakılan havzaların listesi Tablo 4.9 ile özetlenmektedir. Havzaların gruplarına göre sınıflandırılmış olarak Türkiye haritası üzerinde gösterimi Şekil 4.8 ile sunulmaktadır.

Tablo 4.9 Çalışma Kapsamında Türkiye Havzalarının Gruplandırılması

Havza Grupları	I. Grup (14 Havza)	II. Grup (8 Havza)	III. Grup (4 Havza)
Çalışma Kapsamındaki Havzalar	(01) Meriç-Ergene (03) Susurluk (05) Gediz (07) Büyük Menderes (12) Sakarya (14) Yeşilırmak (15) Kızılırmak (18) Seyhan (20) Ceyhan (21) Fırat (23) Çoruh (24) Aras (26) Dicle	(04) Kuzey Ege (06) Küçük Menderes (08) Batı Akdeniz (09) Antalya (13) Batı Karadeniz (17) Doğu Akdeniz	(10) Burdur (11) Akarçay (16) Konya Kapalı (25) Van Gölü
Kapsam Dışı Havzalar	(19) Asi	(02) Marmara (22) Doğu Karadeniz	



Şekil 4.8 Türkiye Haritası Üzerinde Havza Gruplarının Gösterilmesi

4.2.1 I. Grup Havzalar

Türkiye’de tek çıkışı olan havza sayısı 14’tür. Bu 14 havzadan 6 tanesi, ülke sınırlarını aşmaktadır. Bu 6 havzadan Çoruh’un neredeyse tamamı ile Meriç’in denize dökülen alt havzası Türkiye sınırları içerisinde olduğu için ülke sınırlarını aşmayan diğer 9 havza gibi değerlendirilmiştir. Ancak Asi Havzası, Türkiye sınırları içerisinde kalan ana kolunun bir kısmı Suriye’den geçtiği için, bu kolun mensup olduğu alt havza alan verisinin tümüne ulaşamamıştır. Başka bir deyişle ilgili kolun membaı ile mansabı arasındaki bağlantının bir kısmı, Suriye’ye dahildir. Söz konusu bağlantının alan verisi kullanılsa dahi ülke sınırlarını aşan coğrafyalardan elde edilen parametreler, yalnızca ülke sınırları içerisindeki bir bölümün yorumlanması için kullanılamayacaktır. Fırat ve Dicle havzası, Türkiye yüzölçümünün yaklaşık olarak %23’ünü oluşturmaktadır. Bu kadar büyük alana sahip bir bölge için havza parametrelerinin havzanın sınırı aşan su özelliği taşımaya rağmen değerlendirilmesi uygun görülmüştür. Bu yüzden Fırat ve Dicle havzalarının Türkiye sınırları içerisinde kalan alt havzaları da I. grup havzalara dahil edilmiştir. Sonuç olarak, tek çıkışı olan 14 havzanın 13’ü I. grup havzalar kapsamında değerlendirilmiş, Asi Havzası ise bu grubun dışında bırakılmıştır.

4.2.2 II. Grup Havzalar

Türkiye’de birden fazla çıkışı olan 8 havza bulunmaktadır. Bunlardan yalnızca 6 tanesi II. grup havzalar kapsamındadır. Bu grupta parametre hesabı için, ilgili havzaların en büyük alana sahip alt havzaları dikkate alınmıştır. Türkiye’de birden fazla çıkışı olan diğer 2 havza ise sırasıyla Marmara ile Doğu Karadeniz’dir. Bu iki havzanın parametre hesabında dikkate alınmamasının sebebi, alt havzalarının sayıca çok fazla ve alanlarının birbirine oldukça yakın olmasıdır. Bir başka deyişle ilgili havzanın en büyük alt havzasının alanının, havzanın tüm alanına oranının çok küçük mertebelerde olması, havza karakteristiklerinin hesabına engel teşkil etmektedir. Marmara Havzasında bu oran %10.08 iken Doğu Karadeniz Havzası’nda ise %14.5 tir. Sonuç olarak, küçük bir alt havza için elde edilecek parametrelerden yola çıkarak havzanın geneli için bir değerlendirme yapmak mümkün olmayacağı için Marmara ve Doğu Karadeniz Havzaları bu grubun dışında bırakılmıştır.

4.2.3 III. Grup Havzalar

Kapalı havzalar bu grup kapsamında değerlendirilmiştir. Hidrolojide kapalı havza, sahip olduğu alan içerisinde biriktirdiği suyu herhangi bir akarsu koluna ya da denize boşaltamayan havzadır. Bir başka deyişle çıkışı olmayan, böylece sularını göle boşaltan ve/veya yeraltına sızdıran havzalardır. Türkiye’de Akarçay, Burdur Gölleri, Konya ve Van Gölü olmak üzere 4 kapalı havza bulunmaktadır.

4.2.4 Havzaların Morfometrik Açından Değerlendirilmesi

Bir havzanın sahip olduğu morfometri büyük ölçüde havzanın çıkışında gözlenecek hidrografın karakteristikleri, havzadaki buharlaşma değerleri, zemine sızma miktarları, toplanma (konsantrasyon) süresi, havzanın taşkına eğilimi ve de kar örtüsünün yüzeyde kalma süresi gibi pek çok fiziksel sürecin işleyişinde belirleyici rol oynar (Brierly & Fryirs, 2005). Bu bakımdan farklı havzalara ait morfometrik değerlerin tanımlanması, havzalar arasında devam eden hidrolojik süreçlerin ve bunların iklim değişikliğine duyduğu hassasiyetlerin karşılaştırılabilirliğini sağlamak bakımından referans oluşturur.

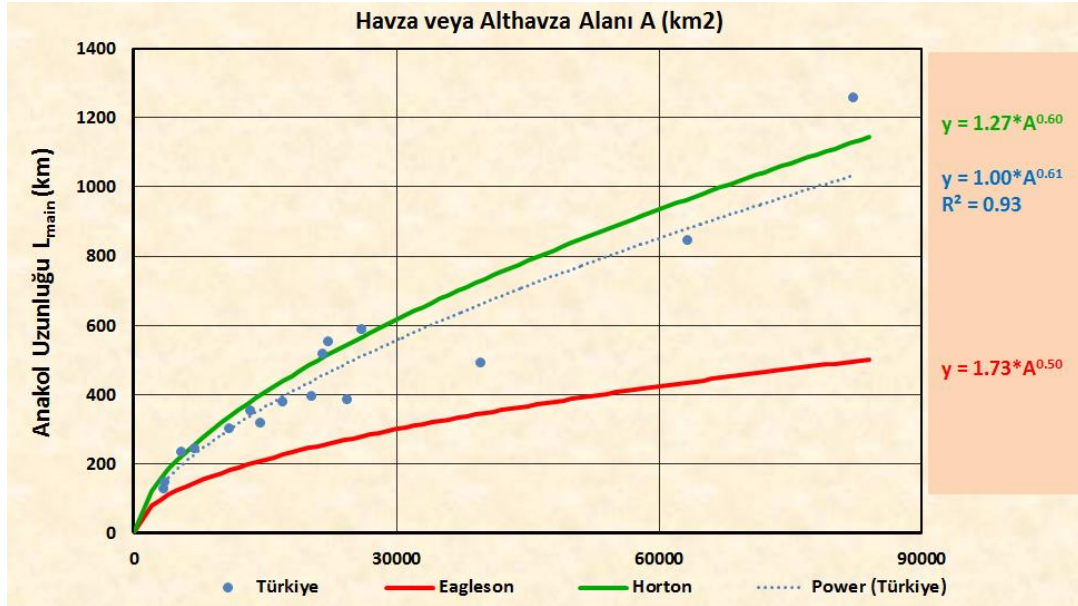
Bu çalışma kapsamında ele alınan havzalar için hesaplanan morfometrik parametre değerleri Tablo 4.10 ile sunulmaktadır. Ayrıca OSİB Ormancılık ve Su Şurası Raporları’nda verilen havzaların ortalama yıllık verim değerleri de çalışma sonuçlarının yorumlanmasına katkı sunabilmesi açısından tabloya ilave edilmiştir (Ormancılık ve Su Şurası, 2013).

Tablo 4.10 Havza Morfometri Parametre Değerleri

HAVZALAR	Ana kol Uzunluğu	Havza Alanı	Havza Toplam Akarsu Uzunluğu	Havza Biçim Faktörü	Havza Görünüm Oranı	Havza Biçim Katsayısı	Drenaj Yoğunluğu	Ana kol Eğimi	Havza Ortalama Eğimi	Havza Ortalama Yüksekliği	Havza Depolama İndisi	Ortalama yıllık verim*
	L (km)	A (km ²)	ΣL (km)	m	a	L ² /A	D _d (km/km ²)	s	S _b (%)	H̄ (m)		(l/s/km ²)
Büyük Menderes	589	26.019	9.274	0,363	0,206	13,355	0,36	0,0028	23,05	808	0,0101	3,9
Ceyhan	518	21.497	7.428	0,318	0,252	12,470	0,35	0,0043	25,93	1.012	0,0106	10,7
Çoruh	396	20.254	6.043	0,392	0,329	7,751	0,30	0,0071	45,04	1.894	0,0082	10,1
Gediz	380	16.980	7.928	0,368	0,319	8,509	0,47	0,0059	22,84	576	0,0068	3,6
Kızılırmak	1.258	82.125	28.724	0,172	0,302	19,277	0,35	0,0017	20,12	1.156	0,0111	2,6
Meriç - Ergene	319	14.439	6.188	0,333	0,426	7,052	0,43	0,0007	8,24	154	0,0102	2,9
Sakarya	847	63.273	19.725	0,234	0,377	11,348	0,31	0,0021	18,09	969	0,0070	3,6
Seyhan	554	22.154	7.196	0,325	0,222	13,829	0,32	0,0043	27,96	1.293	0,0141	12,3
Susurluk	386	24.299	9.631	0,333	0,488	6,147	0,40	0,0040	23,07	629	0,0190	7,2
Yeşilirmak	491	39.634	13.422	0,360	0,456	6,093	0,34	0,0050	26,92	1.147	0,0073	5,1
Aras (Aras N.)	509	23.469	7.756	0,286	0,317	11,028	0,33	0,0041	18,58	1.937	0,0091	5,3
Dicle (Yukarısaksan D.)	493	44.554	15.463	0,468	0,391	5,465	0,35	0,0027	29,93	1.286	0,0070	8,3
Fırat (Fırat N.)	1.187	101.381	36.387	0,300	0,240	13,893	0,36	0,0023	25,31	1.521	0,0223	
Antalya (Aksu Ç.)	244	6.997	1.489	0,376	0,313	8,499	0,21	0,0079	26,21	1.052	0,0723	24,2
Batı Akdeniz (Dalaman Ç.)	235	5.362	1.683	0,267	0,362	10,340	0,31	0,0074	27,97	1.198	0,0089	12,4
Batı Karadeniz (Filyos Ç.)	354	13.342	5.235	0,242	0,439	9,401	0,39	0,0060	29,75	1.015	0,0006	10,6
Doğu Akdeniz (Göksu Ç.)	301	10.895	3.381	0,384	0,312	8,338	0,31	0,0069	31,99	1.297	0,0095	15,6
Küçük Menderes (Küçük Menderes N.)	148	3.454	1.804	0,522	0,302	6,345	0,52	0,0068	23,36	357	0,0022	5,3
Kuzey Ege (Bakırçay)	128	3.401	1.153	0,512	0,408	4,785	0,34	0,0053	20,18	323	0,0044	7,4
Akarçay	N/A	7.960	2.867	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	15,10	1.212	0,0623	1,9
Burdur Gölleri	N/A	6.280	1.656	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	18,46	1.187	0,0685	1,8
Konya	N/A	49.787	11.719	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	10,33	1.221	0,0586	2,5
Van Gölü	N/A	17.923	5.079	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	17,16	2.083	0,2117	5,0

*Kaynak: OSİB Ormanlık ve Su Şurası Raporları. (Ormanlık ve Su Şurası, 2013)

Tablo 4.10 ile görüldüğü gibi, havza alanları dikkate alındığında, Türkiye'nin büyük su potansiyellerini içeren Fırat-Dicle ve Kızılırmak havzalarını Sakarya ve Konya havzaları izlemektedir. Yine bu sonuca paralel olarak Fırat-Dicle, Kızılırmak, Sakarya ve Konya havzalarındaki havza toplam akarsu uzunluğu değerleri de diğerleri ile kıyaslandığında yine en yüksek değerlerdir. Literatürde havza alanı ile akarsu kolu uzunluğu arasında geliştirilmiş genel bağıntılar bulunmasına karşılık bu çalışma kapsamında Türkiye koşullarına özel ampirik ifadelerin elde edilmesinin uygulamada pratik faydalar sağlayacağını düşünerek havza alanı ile havzadaki ana kol uzunluğu arasındaki ilişki irdelenmiştir. Şekil 4.9 ile analize dahil edilmesi anlamlı olan 16 havza için havza alanı ile ana kol uzunluğu arasındaki ilişki çizilmiştir. Görüleceği üzere, Türkiye'deki koşullar özellikle Eagleson'un denkleminde belirgin olarak sapma göstermektedir.



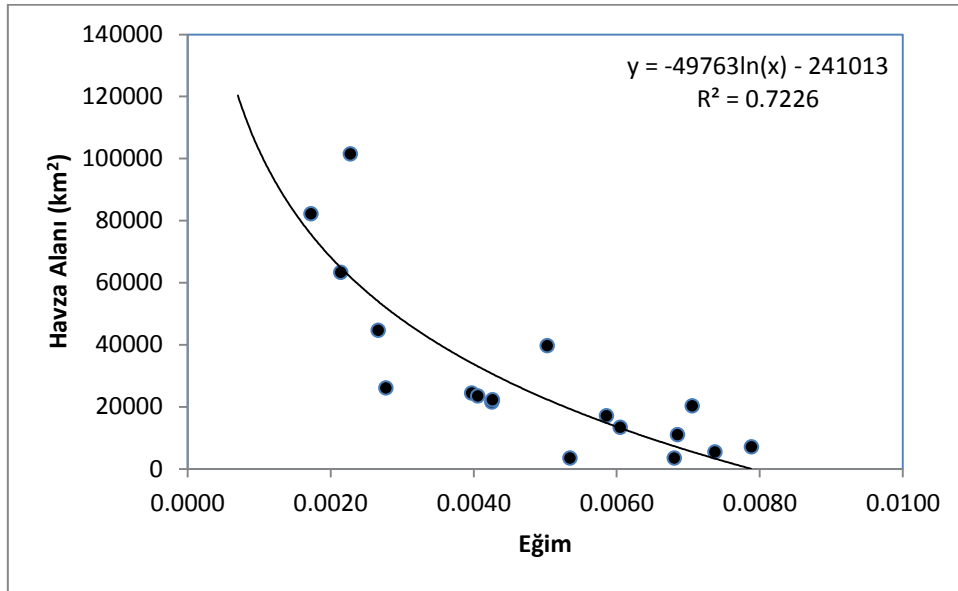
Şekil 4.9 Havza/Althavza Alanı ile Anakol Uzunluğu İlişkisi

Havza görünüm oranı ($a=B/L$), Ek 1 Bölüm 1.4 ile detaylı şekilde açıklandığı şekilde bir ölçüde havzanın uzunlamasına mı yoksa daha dairesel görünüme mi sahip olduğunu niteler (Bayazıt M. , 2013). Uzunlamasına olan havzalar çıkış noktasında akım yönünde tedrici bir debi ve sediment artışına neden olurken, anfitiyatro şeklindeki havzalarda akım yönünde debi ve sediment artışı daha anidir. Dolayısıyla özdeş hidrolojik koşullarda anfitiyatro şeklindeki havzalarda çıkışta daha yüksek pik debi ve sediment değerleri beklenmelidir. Tablo 4.10 ile en düşük havza görünüm oranına sahip olan Büyük Menderes ve Seyhan havzalarının harita üzerindeki görünümleri de bu havzaların diğerleri ile kıyaslandığında oldukça uzunlamasına bir forma sahip olduğunu teyit eder. En yüksek havza görünüm

oranlarına sahip havzalar ise sırası ile Susurluk, Yeşilirmak, Batı Karadeniz ve Meriç-Ergene havzalarıdır.

Yüksek drenaj yoğunluğuna sahip havzalar genellikle nispeten daha kısa ve dik akarsu kollarından oluşurlar. Düşük drenaj yoğunluğuna sahip havzalarda ise tersine akarsu kolları daha uzundur, vadi yamaçları daha tatlı eğime sahiptir ve de akarsu kolları birbirinden daha uzaktır (Brierly & Fryirs, 2005). Tablo 4.10 ile sunulan drenaj yoğunluğu değerlerine göre Gediz, Küçük Menderes, Meriç-Ergene, Susurluk ve Batı Karadeniz havzalarına ait değerler diğer havzalara oranla daha yüksektir. Meriç-Ergene, Susurluk ve Batı Karadeniz havzaları yukarıda da ifade edildiği üzere yüksek havza görünüm oranları ile de öne çıkmaktadır. Bir havzada hem havza görünüm oranının hem de drenaj yoğunluğunun yüksek olması o havza için bir anlamda taşkına yatkınlık belirtisi olarak düşünülebilir (Zăvoianu, 1985). Türkiye’de adı taşkınlar ile sıkça anılan Doğu Karadeniz Havzası’na ilave olarak bu üç havzanın da taşkına yatkın olduğu söylenebilir.

Havza eğimleri değerlendirildiğine kapalı havzalara ilave olarak, Meriç-Ergene, Kızılırmak, Sakarya ve Aras havzalarının da son derece düşük eğime sahip olduğu görülür. Buna karşılık Çoruh, Doğu Karadeniz ve Batı Karadeniz havzaları ise Türkiye’nin dik havzalarıdır. Analizi yapılan havzalar üzerinden havza alanı ile eğimler arasında Şekil 4.10 verilen ilişki elde edilmiştir. Bu analizde Meriç-Ergene havzasına ait değer aykırı değer olarak ortaya çıktığından grafiğe dahil edilmemiştir.



Şekil 4.10 Havza Alanı ile Havza Eğimi İlişkisi

Havza ortalama yüksekliği (rakımı) en fazla olan havzalar sırası ile Van Gölü Havzası, Aras Havzası ve Çoruh Havzasıdır. Yükseklikleri itibariyle iklim değişikliğine bağlı olarak bu havzalardaki karın yeryüzünde kalma süresinin kısalması, söz konusu havzalardaki hidrolojik süreçleri önemli ölçüde etkileyebilir. Bu bakımdan iklim değişikliğinin sonuçları irdelenirken bu husus dikkate alınmalıdır.

Tablo 4.10'da havza depolama indisinin en yüksek olduğu havzalar ise Van Gölü, Antalya Havzası, Burdur Gölleri, Akarçay ve Konya havzasıdır. Bu havzaların iklim değişikliğine bağlı olarak buharlaşma değerlerindeki artışa daha duyarlı oldukları ifade edilebilir.

Morfometrik değerlere ilave olarak havzaların ortalama yıllık verimleri kıyaslandığında Antalya, Doğu Akdeniz, Batı Akdeniz ve Seyhan Havzalarının en yüksek değerlere sahip olduğu, Burdur ve Akarçay Havzaları verimlerinin ise en düşük olduğu görölmektedir.

4.3 Hidrolojik Projeksiyonlar

4.3.1 Türkiye için Toplam Su Bütçesi Hesaplamaları

Havza ciltlerinde (EK 3 - EK 27) verilen tüm kabuller ve hesaplama yöntemleri kullanılarak hesaplanan su potansiyeli ve sektörel su kullanımlarının projeksiyonu tüm havza değerleri toplanarak Türkiye için Tablo 4.11 ile özetlenmektedir. Farklı iklim senaryolarının su bütçesine olası etkileri ise Şekil 4.11 ve Şekil 4.12 ile ayrıca gösterilmektedir.

Tabloda "1" olarak adlandırılan satırlar doğrudan hidrolojik model çıktısı olup toplam su potansiyelinin gelecek dönem projeksiyonunu vermektedir; toplamda 3 model ve 2 senaryo çalışıldığından 6 satırdan oluşmaktadır ("1" = model sonucu). "2" olarak adlandırılan hemen alttaki satırlar, doğrudan model çıktısı olmayıp brüt su potansiyelinden teknik ve kullanılabilir (net) su potansiyeline geçişi tarifler; bu kabuller proje kapsamında belirlenmiş olmayıp mevcut (fiili) durumdan aynen alınmıştır. Bu kapsamda, yukarıdaki bölümlerde de açıklandığı üzere DSİ, brüt su potansiyelinden net su potansiyeline geçiş için tek bir değer vermek yerine, yüzeysel su potansiyeli ve yeraltı suyu potansiyeli için havza bazlı ayrı ayrı yüzdeler değerler tanımlamaktadır. Projeksiyon döneminde haliyle yüzeysel su ve yeraltı suyunda birbirine paralel olmayan salınımlar da gözlenebildiğinden, toplam brüt su potansiyeli ile net su potansiyeli arasındaki oran da bu salınımlara bağlı olarak değişkenlik gösterir ve bu durum hidrolojik modellerin çalışma prensibi gereği olağan olarak kabul edilir ("2" = "1" in yeraltı suyu bileşeni x DSİ'nin havza bazlı yeraltı suyu geçiş oranı + "1" in yüzeysel suyu bileşeni x DSİ'nin havza bazlı yüzeysel su geçiş oranı). Burada dikkat edilmesi gereken diğer bir husus da brüt su potansiyelinden net su potansiyeline geçiş oranlarının, teknik ve idari değerlendirmelerle belirlendiği ve bu proje kapsamında projeksiyon dönemleri için havzalar

bazında sabit alınan bu oranların, gelecekte teknoloji gelişimi ve ilgili idarelerin kararları ile güncellenerek değiştirilmeye açık olduğudur.

Tablodaki “3”, “4” ve “5” no’lu satırlar, havza ciltlerinde detaylı olarak açıklandığı üzere sırasıyla, içme ve kullanma, sanayi ve sulama suyu için gerekli ihtiyaçların projeksiyonlarını göstermektedir. “6” no’lu satır ise, söz konusu bu üç önemli su tüketiminin toplamını verir (“6” = “3” + “4” + “5”); görüldüğü üzere burada sulama suyu bileşeni toplam su ihtiyacının projeksiyonunda diğer tüketimlere nazaran belirgin olarak öne çıkmaktadır. “7” no’lu satır, ülkeler arası su transferini ifade etmekte olup sadece Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti’ne Deniz Geçiş İsale Hattı Projesi ile su aktarılmaktadır. Havzalar arası su transferleri ülkenin toplam brüt su potansiyelinde bir değişikliğe sebep olmadığından, sadece havza ciltlerinde yer verilmektedir.

Tablodaki “8” no’lu satır, gelecekte su kullanımları ile ilgili bilincin artacağı da dikkate alınarak, kentsel atıksu arıtma tesisleri çıkışlarından temin edilecek suyun yeniden kullanım miktarı ile ilgili projeksiyonları gösterir. Burada, havza bazlı AAT çıkış değerleri ve yeniden kullanım oranları, Havza Koruma Eylem Planları’ndan (2010 ve 2014) temin edilmiştir.

Son olarak “9” no’lu satırda verilen su fazlası veya açığı bileşeni, öncelikle tahmini net su ihtiyacından tahmini su kullanımlarının/tüketimlerinin çıkartılması, ardından ülkeler havzalar arası mevcut su transferlerinin (+ veya – değerinde) yansıtılması ve son olarak da kentsel AAT çıkışlarının yeniden kullanımı ile geri kazanılabilecek su miktarının da eklenmesi suretiyle hesaplanmıştır (“9” = “2” - “6” ± “7” + “8”). Burada, hidrolojik modellemeye ilaveten (“1”. satır), diğer pek çok farklı parametreyi de dikkate alan bütünlük bir yaklaşımla (“2”, “3”, “4”, “5”, “6”, “7”, “8” ve “9”. satırlar), 2015-2100 dönemi için Türkiye’deki su durumu ve su ihtiyacı ile ilgili muhtemel değişimler tahmin edilmeye çalışılmıştır.

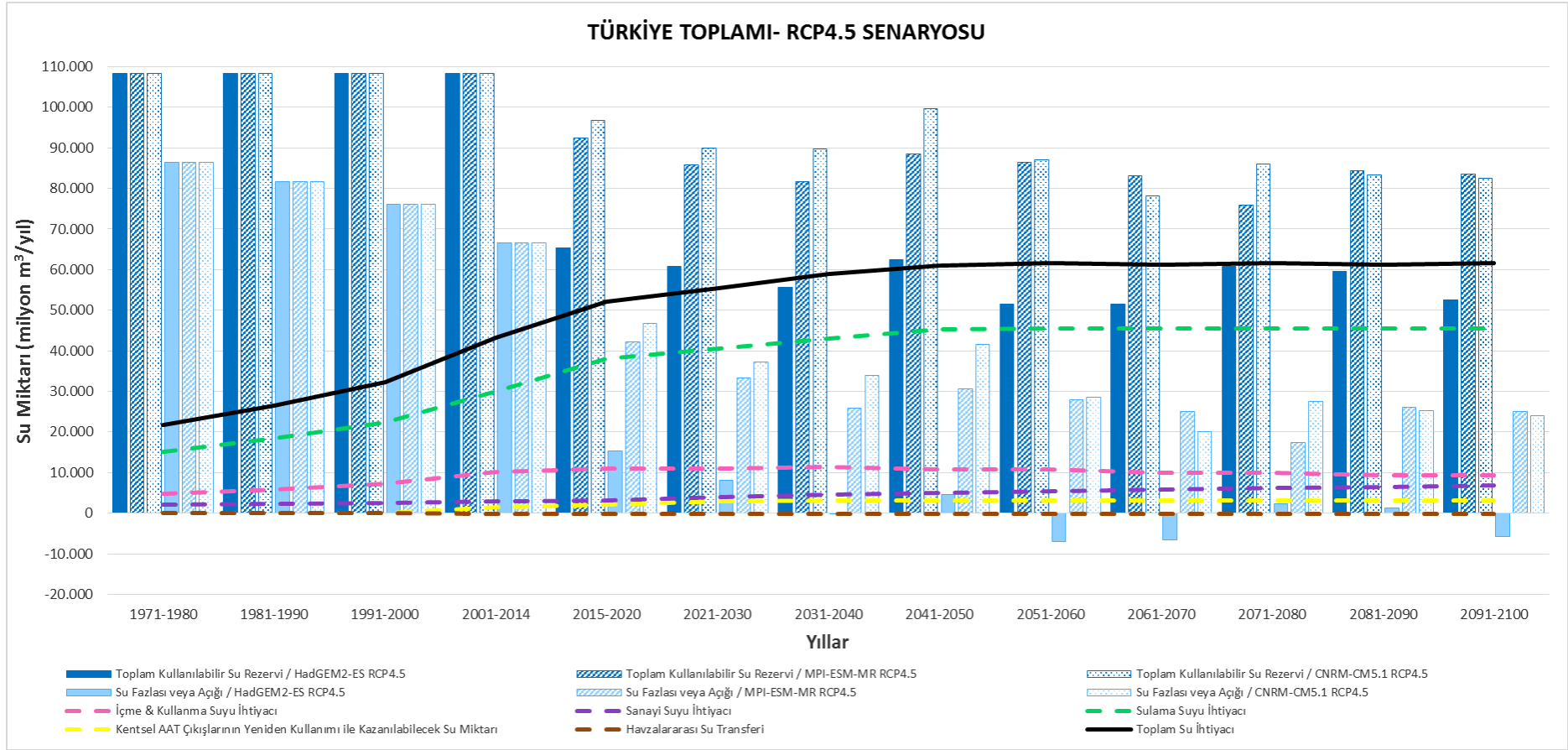
Tabloda “1” olarak adlandırılan satırlarda yer alan değerler hidrolojik model sonuçlarını “2” olarak adlandırılan satırlarda yer alan değerler de model sonuçlarından üretilen değerleri ifade etmekte olup bu satırlarda yer alan değerler ilgili 10 yıllık dönem için hesaplanan değerlerin ortalamasını ifade etmektedir. Tabloda “3”, “4”, “5” ve “6” olarak adlandırılan satırlarda yer alan değerler su ihtiyacı ile ilgili olup daha çok nüfus projeksiyonlarına dayanmaktadır. Dolayısıyla söz konusu satırlarda yer alan değerler bir dönemi değil belirli bir yılı ifade etmektedir. Benzer şekilde tabloda “7” ve “8” olarak adlandırılan satırlarda yer alan bilgiler de bir periyoda değil belirli bir yıla karşılık gelmektedir.

Tabloda “9” olarak adlandırılan satırda yer alan değerler, diğer satırlarda yer alan tüm değerler kullanılarak hesaplanmaktadır ve sonuçlar 10 yıllık döneme karşılık gelmektedir. Söz konusu satırda yer alan su fazlası ya da açığı hesaplanırken, güvenli tarafta

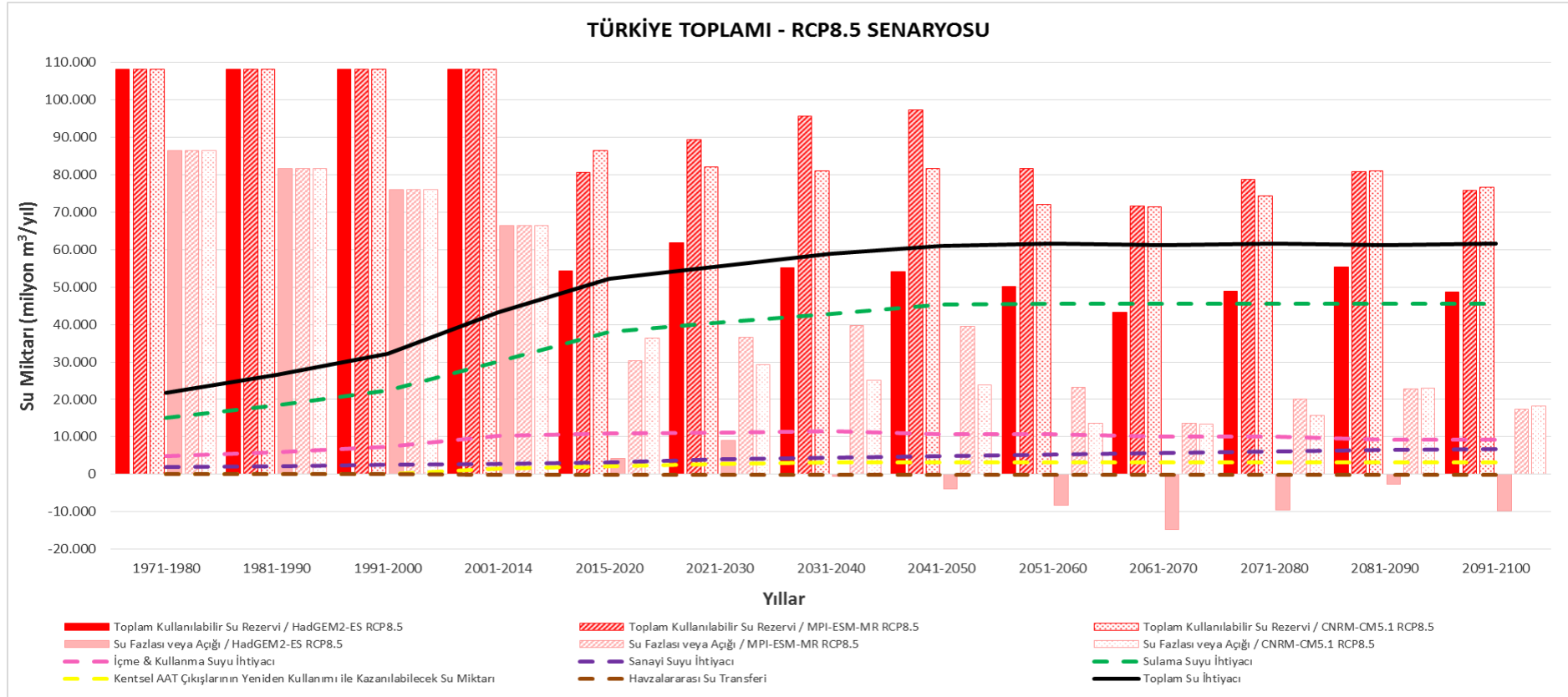
kalmak adına ilgili 10 yıllık dönemin son yılına karşılık gelen su ihtiyacı değerleri kullanılmaktadır.

Tablo 4.11. Türkiye Geneli Yıllık Toplam Su İhtiyacı Projeksiyonları

No	Su Kaynakları (milyon m ³ /yıl)	2015-2020	2021-2030	2031-2040	2041-2050	2051-2060	2061-2070	2071-2080	2081-2090	2091-2100
1	Toplam Brüt Su Potansiyeli (HadGEM2-ES RCP4.5)	124.253	116.176	107.019	119.711	99.848	99.651	117.193	114.628	101.711
	Toplam Brüt Su Potansiyeli (HadGEM2-ES RCP8.5)	103.917	117.628	106.029	104.362	96.920	83.663	94.071	106.302	93.599
	Toplam Brüt Su Potansiyeli (MPI-ESM-MR RCP4.5)	169.388	161.414	153.264	167.718	163.515	157.882	144.820	160.714	159.072
	Toplam Brüt Su Potansiyeli (MPI-ESM-MR RCP8.5)	148.616	166.744	178.714	184.387	155.757	137.038	149.797	154.048	145.139
	Toplam Brüt Su Potansiyeli (CNRM-CM5.1 RCP4.5)	174.535	168.198	169.770	188.218	165.747	149.396	164.401	159.557	158.189
	Toplam Brüt Su Potansiyeli (CNRM-CM5.1 RC8.5)	157.781	153.440	153.509	154.412	137.092	136.435	141.748	154.088	146.109
2	Toplam Kullanılabilir Su Rezervi (HadGEM2-ES RCP4.5)	65.392	60.695	55.675	62.461	51.533	51.588	60.706	59.459	52.626
	Toplam Kullanılabilir Su Rezervi (HadGEM2-ES RCP8.5)	54.357	61.748	55.233	54.080	50.079	43.287	48.873	55.435	48.684
	Toplam Kullanılabilir Su Rezervi (MPI-ESM-MR RCP4.5)	92.372	85.893	81.767	88.513	86.340	83.109	75.823	84.285	83.435
	Toplam Kullanılabilir Su Rezervi (MPI-ESM-MR RCP8.5)	80.532	89.361	95.546	97.361	81.618	71.663	78.637	80.866	75.778
	Toplam Kullanılabilir Su Rezervi (CNRM-CM5.1 RCP4.5)	96.836	89.896	89.809	99.552	86.994	78.175	85.940	83.323	82.554
	Toplam Kullanılabilir Su Rezervi (CNRM-CM5.1 RCP8.5)	86.528	81.996	80.983	81.644	72.057	71.444	74.302	81.095	76.601
Su Kaynakları (milyon m³/yıl)		2020	2030	2040	2050	2060	2070	2080	2090	2100
3	İçme & Kullanma Suyu İhtiyacı	10.930	11.025	11.453	10.742	10.742	9.975	9.975	9.310	9.310
4	Sanayi Suyu İhtiyacı	3.219	3.994	4.535	4.911	5.319	5.760	6.145	6.460	6.775
5	Sulama Suyu İhtiyacı	38.014	40.469	42.924	45.373	45.505	45.511	45.511	45.511	45.511
6	Toplam Su İhtiyacı	52.163	55.488	58.912	61.026	61.566	61.246	61.631	61.281	61.596
7	Havzalararası Su Transferi	-75	-75	-75	-75	-75	-75	-75	-75	-75
8	Kentsel AAT Çıktılarının Yeniden Kullanımı ile Kazanılacak Su Miktarı	2.117	2.879	3.152	3.205	3.205	3.205	3.205	3.205	3.205
Su Kaynakları (milyon m³/yıl)		2015-2020	2021-2030	2031-2040	2041-2050	2051-2060	2061-2070	2071-2080	2081-2090	2091-2100
9	Su Fazlası veya Açığı (HadGEM2-ES RCP4.5)	15.271	8.011	-160	4.565	-6.903	-6.528	2.205	1.308	-5.840
	Su Fazlası veya Açığı (HadGEM2-ES RCP8.5)	4.236	9.064	-602	-3.816	-8.357	-14.829	-9.628	-2.716	-9.782
	Su Fazlası veya Açığı (MPI-ESM-MR RCP4.5)	42.251	33.209	25.932	30.617	27.904	24.993	17.322	26.134	24.969
	Su Fazlası veya Açığı (MPI-ESM-MR RCP8.5)	30.411	36.677	39.711	39.465	23.182	13.547	20.136	22.715	17.312
	Su Fazlası veya Açığı (CNRM-CM5.1 RCP4.5)	46.715	37.212	33.974	41.656	28.558	20.059	27.439	25.172	24.088
	Su Fazlası veya Açığı (CNRM-CM5.1 RCP8.5)	36.407	29.312	25.148	23.748	13.621	13.328	15.801	22.944	18.135



Şekil 4.11 İklim Değişikliği Projeksiyonları RCP4.5 Senaryosuna göre Su Fazlası/Açığının Değişimi



Şekil 4.12 İklim Değişikliği Projeksiyonları RCP8.5 Senaryosuna göre Su Fazlası/Açığının Değişimi

Tablo 4.11 ile gösterildiği üzere, HadGEM2-ES küresel iklim modeli çıktılarıyla yapılan hidrolojik model projeksiyonlarının her 2 salım senaryosu için (RCP4.5 ve RCP8.5), ~10'ar yıllık dönemlerin 4/9 (~%44) ile 7/9 (~%78)'unda su açığına işaret edildiği görülmektedir. Söz konusu su açıklarının 600~14.800 milyon m³/yıl aralığında (ort. 6.000~7.000 milyon m³/yıl) değerler alabileceği ve özellikle 2030 sonrasında süreklilik arz edeceği öngörülmektedir. Diğer iki İklim Modeli (MPI-ESM-MR ve CNRM-CM 5.1) çıktıları ile gerçekleştirilen Hidrolojik Model Simülasyonlarında ise, Türkiye geneli için 2015-2100 döneminde her iki kirlenici salım senaryosu için de herhangi bir su açığının söz konusu olmayacağı tahmin edilmektedir.

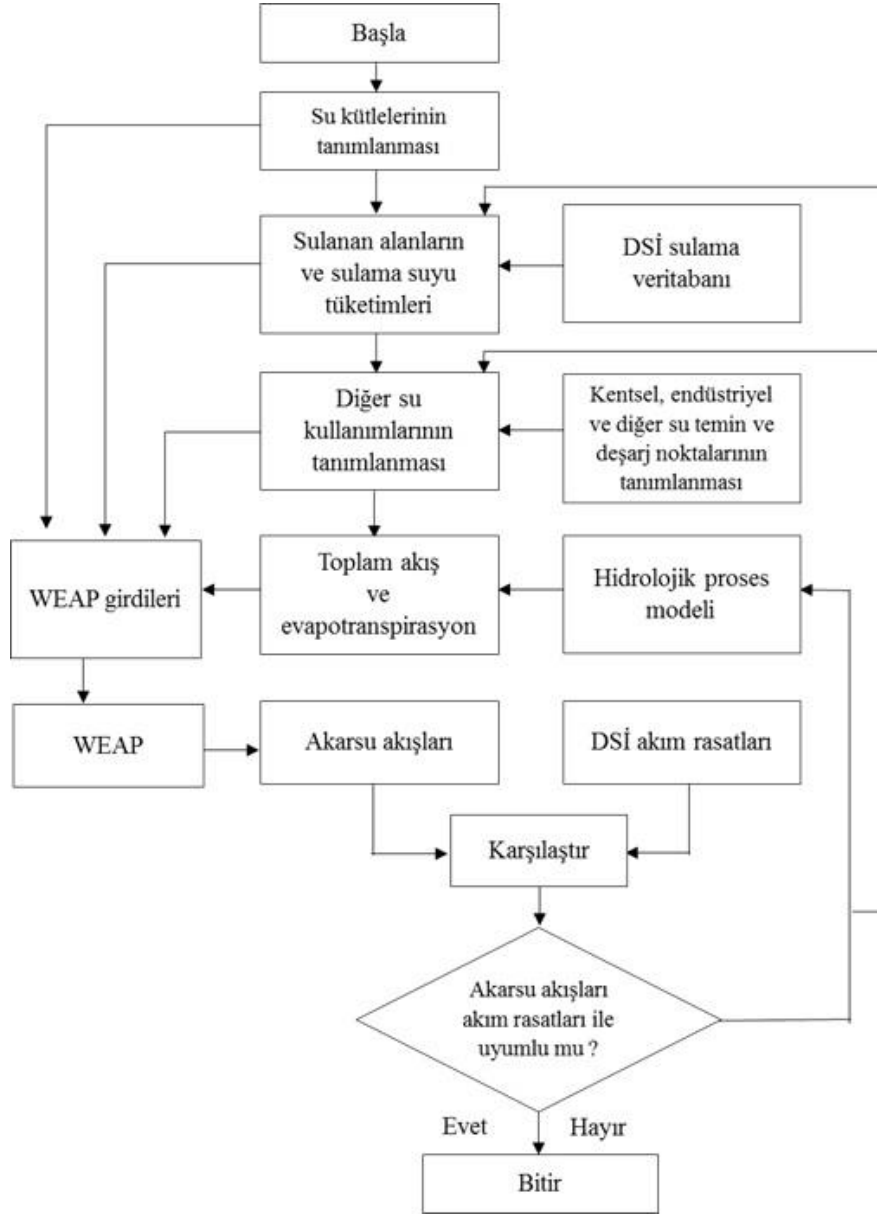
Tablo 4.11 ile verilen WEAP destekli SWAT Hidrolojik Model Simülasyonlarının, 2015-2100 döneminde Türkiye genelinde su fazlası/açığı bakımından durumu RCP4.5 ve RCP8.5 iklim senaryoları için sırası ile Şekil 4.11 ve Şekil 4.12 ile verilmiştir. Şekil 4.11 ile gösterilen sadece HadGEM2-ES iklim modeli çıktılarıyla yönetilen simülasyonlarda, en az 3 on yıllık dönemde su açığı ~6.000 milyon m³/yıl düzeyinde olabileceği tahmin edilmektedir. Diğer iki iklim modeli (MPI-ESM-MR ve CNRM-CM 5.1) çıktılarıyla gerçekleştirilen hidrolojik modelleme sonuçları ise herhangi bir su açığına işaret etmemektedir. HadGEM2-ES modeli ile RCP8.5 senaryosu için yürütülen hidrolojik modelleme simülasyonlarında da, asgari 6 on yıllık dönemde ~7.000 milyon m³/yıl (maks: ~15.000 milyon m³/yıl) düzeyinde su açığı beklentisi bulunmaktadır (Şekil 4.12). RCP8.5 için, diğer 2 iklim modeli (MPI-ESM-MR ve CNRM-CM 5.1) çıktılarıyla gerçekleştirilen hidrolojik model tahminlerinde ise herhangi bir su açığı öngörülmemektedir.

4.3.2 İklim Değişikliği Projeksiyonlarına göre Havzadaki Temel Hidrolojik Eğilim Analizi

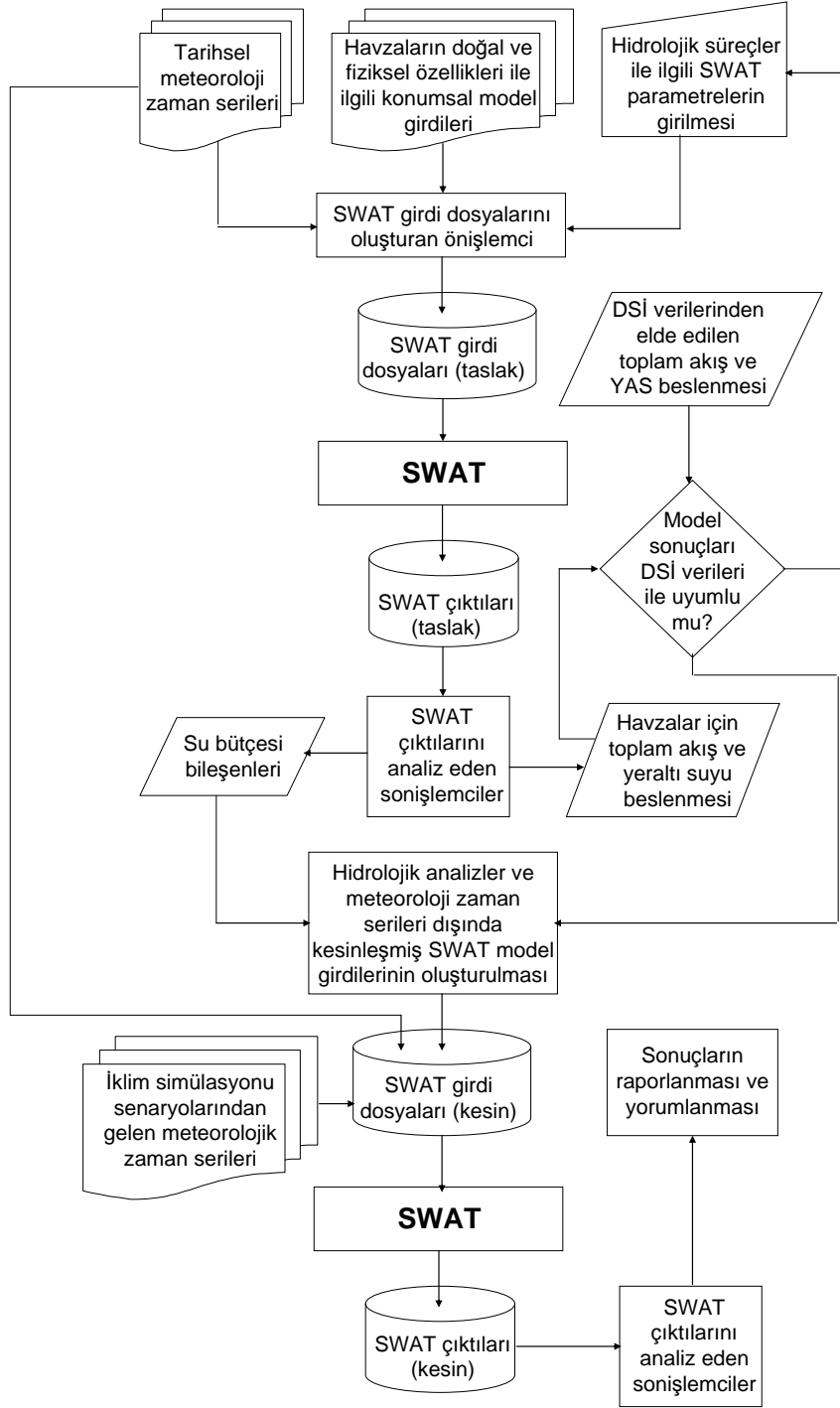
Bu bölümde, proje kapsamında yer alan İklim Değişikliği Projeksiyonları ile çalıştırılan hidrolojik modelden tüm havzalar için elde edilen sonuçlar derlenerek Türkiye geneli için raporlanmaktadır. Söz konusu hidrolojik modelleme yaklaşımı Şekil 4.13 ve Şekil 4.14 ile verilerek aşağıda özetlemiştir. Hidrolojik modelleme metodolojisi EK 1 ile detaylı olarak açıklanmıştır. Burada özetlenen hidrolojik modelleme çalışması iki temel aşamadan oluşmaktadır:

Birinci aşamada, meteorolojik zaman serilerini akışlara dönüştüren bir hidrolojik model yapılandırılmış ve pek çok kaynaktan gelen verilerle girdi setleri oluşturulmuştur. SWAT Modelinde tanımlanmayan göl ve baraj göllerinin hidrolojik modelleme sürecine dahil edilebilmesi ve hidrolojik modelin iyileştirilmesi amacıyla WEAP Modelinden faydalanılmıştır. Model yapılandırılması tamamlandıktan sonra, simülasyonlara başlanmış ve elde edilen sonuçlar DSİ verileri kullanılarak hazırlanmış olan referans dönemi havza su bütçeleri ile

karşılaştırılmıştır. Dolayısıyla hidrolojik model kalibrasyonu, DSİ tarafından verilen referans dönemi su bütçesi verilerine göre yapılmıştır.



Şekil 4.13 Hidrolojik Model Şeması



Şekil 4.14 Hidrolojik Proseslerin Modellenmesi Akış Diyagramı

Hidrolojik modelle tahmin edilen su bütçesi bileşenleri de, DSİ referans dönemi (1972-2012) verileri kullanılarak hazırlanan su bütçeleri ile karşılaştırılmıştır. En önemli değişkenler olan toplam akış (yüzeysel su potansiyeli) ve yeraltı suyu beslemesinin (yeraltı suyu potansiyeli), çalışmanın bu aşamasında WEAP Modeli destekli SWAT modeli ile yeterli duyarlılıkta tahmin edildiği Tablo 4.12 ve Tablo 4.13 ile gösterilmiştir.

Tablo 4.12. Türkiye Geneli için Hidrolojik Model Tahminlerinin Mevcut Referans Dönemi Verileri ile Mukayesesi

Bileşen	Referans Dönemi (Mevcut) Verileri (milyon m ³ /yıl)	Referans Dönemi Hidrolojik Model Tahminleri (milyon m ³ /yıl)	Bağıl Hata (%)
Yüzeysel Su Potansiyeli	186.050	190.383	+2,33
Yeraltı Suyu Potansiyeli	19.717	20.141	+2,15
Toplam (Brüt) Su Potansiyeli	205.767	210.524	+2,31

* Model başlangıç koşullarının mevcut verilere göre rölatif hatası (İş Teknik Şartnamesi'ne göre 3 pilot havza için: <%10)

Tablo 4.13. Havza Bazlı Hidrolojik Model Tahminlerinin Mevcut Referans Dönemi Verileri ile Mukayesesi

Havza	Referans Dönemi (Mevcut) Verileri (milyon m ³ /yıl)	Referans Dönemi Hidrolojik Model Tahminleri (milyon m ³ /yıl)	Bağıl Hata (%)
Akarçay	678	645	-4,88
Antalya	12.153	12.495	2,81
Aras	4.886	4.685	-4,12
Asi	1.572	1.553	-1,20
Batı Akdeniz	9.403	9.776	3,97
Batı Karadeniz	10.346	11.267	8,90
Burdur Gölü	606	609	0,41
Büyük Menderes	4.028	4.102	1,84
Ceyhan	8.165	8.188	0,28
Çoruh	6.600	6.024	-8,73
Doğu Akdeniz	11.167	10.926	-2,16
Doğu Karadeniz	15.336	15.957	4,05
Ergene	1.838	1.889	2,77
Fırat-Dicle	57.167	60.168	5,25
Gediz	2.505	2.534	1,15
Kızılırmak	8.011	7.939	-0,90
Konya Kapalı	6.532	6.595	0,96
Kuzey Ege	2.379	2.385	0,24
Küçük Menderes	1.369	1.381	0,85
Marmara	8.566	8.296	-3,15
Sakarya	8.592	9.206	7,15
Seyhan	8.711	8.610	-1,16
Susurluk	6.157	6.405	4,03
Van Gölü	2.569	2.642	2,83
Yeşilirmak	6.432	6.248	-2,85
Türkiye	205.767	210.524	2,31

* Model sonuçları yuvarlatılarak verilmekle birlikte, bağıl hatanın esasen küsuratlı sonuçlardan hesaplandığı dikkate alınmalıdır.

Hidrolojik modelleme çalışmasının ikinci aşamasında ise, DSİ su bütçesi verileri ile kalibre edilmiş hidrolojik model, iklim modelleriyle (3 model) türetilen meteorolojik zaman serileri ile 2015-2100 dönemi için tekrar çalıştırılarak hidrolojik projeksiyonlar tamamlanmıştır. Türkiye Geneli için temel hidrolojik değişkenlerin iklim projeksiyonları RCP4.5 ve RCP8.5 senaryoları bazında mukayesesi sırasıyla Tablo 4.14 ve Tablo 4.15 ile verilmektedir.

Tablo 4.14. Türkiye Geneli için Temel Hidrolojik Değişkenlerin İklim Projeksiyonları RCP4.5 Senaryoları Bazında Mukayesesi

Temel Hidrolojik Değişkenlerin Uzun Dönem Ortalamaları	Mevcut Durum Senaryosu	HadGEM2-ES RCP4.5 Senaryosu			MPI-ESM-MR RCP4.5 Senaryosu			CNRM-CM5.1 RCP4.5 Senaryosu		
		2015-2040	2041-2070	2071-2100	2015-2040	2041-2070	2071-2100	2015-2040	2041-2070	2071-2100
Yağış (milyon m ³ /yıl)	479.475	448.279	430.267	447.364	438.005	446.541	438.461	481.176	476.307	475.047
Bağıl Sapma* (%)	-	-7%	-10%	-7%	-9%	-7%	-9%	0%	-1%	-1%
Toplam Akış (milyon m ³ /yıl)	190.383	110.956	102.970	108.312	145.174	151.191	144.300	153.873	157.472	151.893
Bağıl Sapma* (%)	-	-42%	-46%	-43%	-24%	-21%	-24%	-19%	-17%	-20%
Evapotranspirasyon (milyon m ³ /yıl)	297.515	350.824	339.295	346.397	315.882	323.901	311.799	356.991	346.841	355.804
Bağıl Sapma* (%)	-	18%	14%	16%	6%	9%	5%	20%	17%	20%
YAS Beslenmesi (milyon m ³ /yıl)	20.139	7.412	6.096	6.936	17.465	13.254	11.957	19.985	13.484	11.398
Bağıl Sapma* (%)	-	-63%	-70%	-66%	-13%	-34%	-41%	-1%	-33%	-43%
Zemin Nemi (milyon m ³)	55.727	37.742	36.694	37.326	51.658	52.282	52.558	55.086	54.966	53.976
Bağıl Sapma* (%)	-	-32%	-34%	-33%	-7%	-6%	-6%	-1%	-1%	-3%

* Mevcut durum senaryosuna göre rölatif sapma

Tablo 4.15. Türkiye Geneli için Temel Hidrolojik Değişkenlerin İklim Projeksiyonları RCP8.5 Senaryoları Bazında Mukayesesi

Temel Hidrolojik Değişkenlerin Uzun Dönem Ortalamaları	Mevcut Durum Senaryosu	HadGEM2-ES RCP8.5 Senaryosu			MPI-ESM-MR RCP8.5 Senaryosu			CNRM-CM5.1 RCP8.5 Senaryosu		
		2015-2040	2041-2070	2071-2100	2015-2040	2041-2070	2071-2100	2015-2040	2041-2070	2071-2100
Yağış (milyon m ³ /yıl)	479.475	447.779	411.711	417.281	447.490	431.315	417.323	452.831	447.609	452.534
Bağıl Sapma* (%)	-	-7%	-14%	-13%	-7%	-10%	-13%	-6%	-7%	-6%
Toplam Akış (milyon m ³ /yıl)	190.370	105.494	91.916	93.332	150.844	149.119	140.356	140.589	133.234	138.638
Bağıl Sapma* (%)	-	-45%	-52%	-51%	-21%	-22%	-26%	-26%	-30%	-27%
Evapotranspirasyon (milyon m ³ /yıl)	297.515	360.533	334.907	328.928	314.312	296.646	281.747	348.856	343.011	335.654
Bağıl Sapma* (%)	-	21%	13%	11%	6%	-0%	-5%	17%	15%	13%
YAS Beslenmesi (milyon m ³ /yıl)	20.139	7.002	5.022	6.307	18.969	11.748	10.607	17.189	11.625	11.462
Hata Payı* (%)	-	-65%	-75%	-69%	-6%	-42%	-47%	-15%	-42%	-43%
Zemin Nemi (milyon m ³)	55.727	37.070	35.421	34.414	52.133	50.966	50.235	52.379	51.117	51.567
Bağıl Sapma* (%)	-	-33%	-36%	-38%	-6%	-9%	-10%	-6%	-8%	-7%

* Mevcut durum senaryosuna göre rölatif sapma

Yukarıda verilen tablolarda, özellikle HadGEM2-ES İklim Modeli çıktılarıyla yapılan hidrolojik modellemeye ait bileşenlerin referans dönemi verilerinden büyük sapmalar gösterdiği, bu durumun söz konusu modelin genel yapısı gereği olağan olduğu, diğer 2 iklim modelinin çıktılarıyla yürütülen hidrolojik projeksiyonların ise referans dönemine nazaran kayda değer ölçüde farklı sonuçlar üretmediği gözlemlenmiştir.

Hidrolojik model sonuçlarının incelenmesinde kullanılan bazı temel parametreler aşağıda açıklanmış olup havza ciltlerinde kapsamlı olarak değerlendirilmiştir:

- Yağış: DSİ tarafından sağlanan havza üzerine km^3 olarak düşen yağıştan türetilmiş ve alan düzeltmesi yapılmış yıllık toplam yağış (Türkiye'deki tüm akarsular su kütlesi olarak ele alınmadığından, bazı havzalardaki alanlar farklı olabilmektedir.)
- Toplam akış: Hidrolojideki yüzeysel akış, yüzeyaltı akışı ve baz akımlarının toplam değeri (mavi su)
- Zemin nemi (suyu): Toprakta yeraltı suyu (YAS) tablası üzerinde yer alan doymamış bölgedeki toplam su miktarı (yeşil su)
- Minimum akış: Her 10 yıllık dönemde gerçekleşen yıllık ortalama akışlardan en düşüğü
- Maksimum akış: Her 10 yıllık dönemde gerçekleşen yıllık ortalama akışlardan en yükseği
- Ortalama akış: Her 10 yıllık dönemde gerçekleşen yıllık ortalama akışların ortalama değeri
- Yüzde (%) fark: Her bir projeksiyon dönemindeki parametre değeri ile referans dönemdeki parametre değerinin farkı

Model sonuçları havza ciltlerinde, hidrolojik döngü ve projenin kapsamı gereği temel parametreler olan *toplam akış*, *net YAS potansiyeli*, *evapotranspirasyon* ve *zemin nemi* için gerek referans dönem (1972-2012), gerekse projeksiyon döneminde (2015-20100) hem 10 yıllar hem de 30 yıllar ölçeğinde oldukça detaylı olarak değerlendirilmiştir. Bu bölümde ise Türkiye geneli için en temel nitelikteki bilgiler özel olarak derlenerek sunulmakta olup ulusal bazlı su potansiyeli değerlendirilmeleri toplam akış (*mavi su*) ve zemin nemi (*yeşil su*) için 30'ar yıllık ortalamalar üzerinden yapılarak aşağıda özetlenmektedir.

Bu bölümde yer alan grafiklerdeki gösterimlerde;

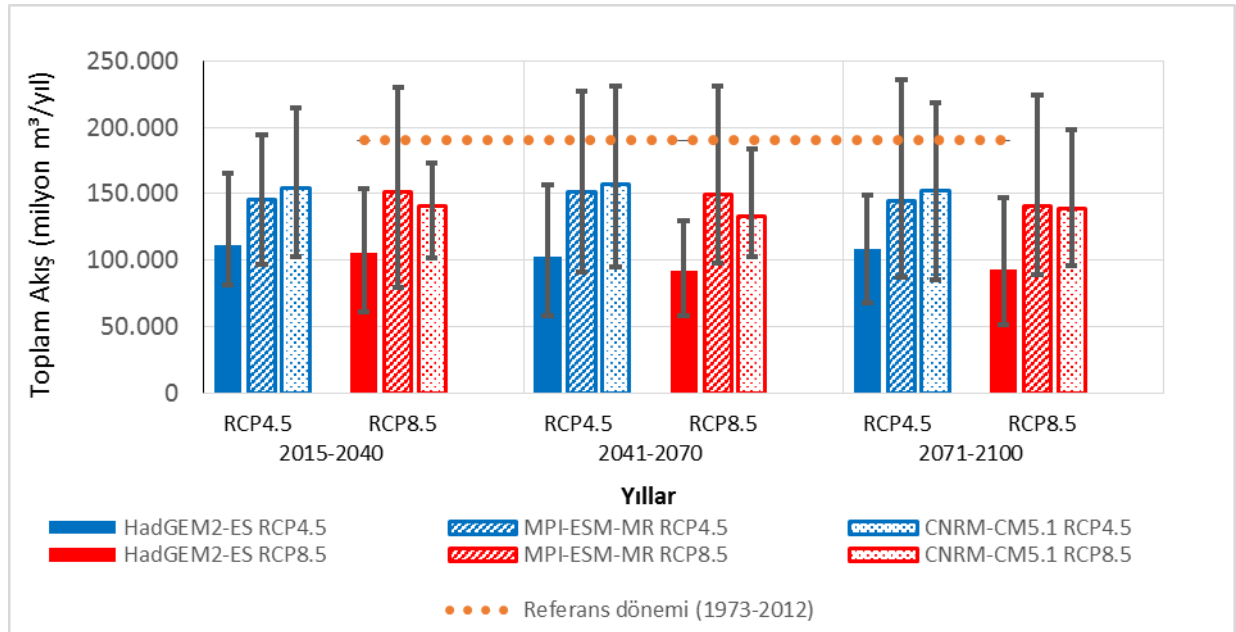
- Çubuk: 30 yıllık ortalama değerleri,
- Minimum/maksimum çizgisi: 30 yıllık dönem içerisindeki yıllık ortalamalar arasında, minimum ve maksimumu veren yıllık ortalama değerleri

ifade etmektedir.

Mavi Su (Toplam Akış)

Toplam akış, yüzeysel akış, yüzeyaltı akışı ve baz akışın toplamını içermektedir. Bu değer aynı zamanda *mavi su* (akış) olarak da tanımlanabilmektedir. Hidrolojik modellerle hesaplanan toplam akış, DSİ tarafından tanımlanan brüt yüzeysel su potansiyeline karşı gelmektedir. Türkiye'nin brüt su potansiyelinin 234.000 milyon m³ olarak hesaplandığı ve bunun 186.000 milyon m³'lük kısmının brüt yüzeysel potansiyeli olduğu dikkate alındığında *mavi su akışı* olarak da adlandırılan toplam akışın önemi, Şekil 4.2 ile de sunulduğu üzere daha net olarak anlaşılmaktadır.

İklim Değişikliği Projeksiyonlarına göre Türkiye geneli için tahmin edilen 30 yıllık ortalama mavi su değerleri Şekil 4.15 ile verilmektedir. Buna göre her üç iklim modeli ve iki senaryo (RCP4.5 ve RCP8.5) sonuçlarına göre Türkiye'de toplam akışın referans döneme göre azalacağı öngörülmektedir. Hem RCP4.5 hem de RCP8.5 senaryosu sonuçları için en düşük toplam akış tahminleri HadGEM2-ES modeli ile üretilmiştir. MPI-ESM-MR ve CNRM-CM5.1 modeliyle tüm dönemler boyunca birbirine yakın sonuçlar üretilmiştir. RCP4.5 senaryosu ile yapılan toplam akış (mavi su) tahminlerinin RCP8.5 senaryosu sonuçlarına göre biraz daha fazla olduğu göze çarpmakla birlikte, model tahminlerinin tamamı referans dönemi değerinden (~186.000 milyon m³/yıl) düşük kalmaktadır. 30'ar yıllık ortalama tahminler referans döneme göre daha düşük olmasına rağmen her üç 30 yıllık dönem değerinin (2015-2040, 2041-2070 ve 2071-2100 dönemleri) aynı modelin aynı senaryosu için çok fazla değişmediği görülmektedir.



Şekil 4.15 Türkiye Geneli için İklim Değişikliği Projeksiyonlarına göre Tahmin Edilen Mavi Suyun (Toplam Akış) 30 Yıllık Ortalamaları

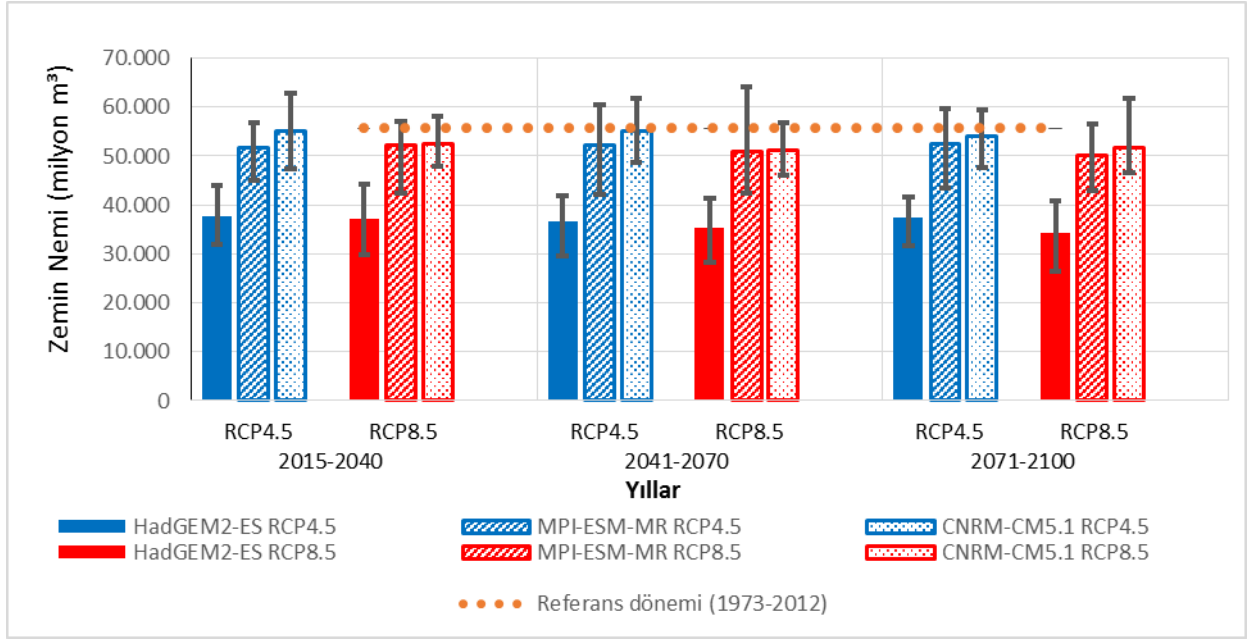
Yeşil Su (Zemin Nemi)

Zemin neminin gösterilmesinin amacı, toprağın da önemli bir su kaynağı olabileceği dikkate alınarak, su depolama potansiyelinin ortaya konulmasıdır. Zemin nemi, kuru tarımın desteklenmesi ve doğal kara ekosistemlerindeki bitki örtüsünün su ihtiyacının karşılanması için de çok önemli bir su kaynağı olarak değerlendirilmekte ve bu nedenle “yeşil su” olarak tanımlanmaktadır. Yeşil su aşağıdaki süreçlerden etkilenir:

- Sızma (yeşil su stoğunu beslemektedir)
- Perkolasyon (yeşil sudan yeraltı suyuna doğru bir akışa karşı geldiğinden yeşil su miktarını azaltmaktadır)
- Evapotranspirasyon (yeşil su stoğundan atmosfere doğru bir transfer olduğundan yeşil su miktarını azaltmaktadır)
- Yeraltı suyu geri dönüşü (zemin nemi eksikliği nedeniyle yeraltı suyunun bir kısmının yeşil su stoğunu arttırmaktadır)

Hidrolojik model her zaman adımında yeşil su stoğunun anlık miktarını belirlediğinden, yıllık yeşil su rezervi her yıl için anlık yeşil su rezervlerin ortalaması olarak hesaplanmıştır.

İklim Değişikliği Projeksiyonlarına göre Türkiye geneli için elde edilen 30 yıllık ortalama yeşil su değerleri Şekil 4.16 ile verilmektedir. Buna göre HadGEM2-ES modeli ile her iki senaryo için yapılan tahminlere göre zemin nemi değerleri referans dönemi değerine göre (~55.700 milyon m³) gözle görülür bir azalma gösterecektir. Hem RCP4.5 hem de RCP8.5 senaryosu sonuçları için en düşük zemin nemi tahminleri, toplam akış tahminlerindeki gibi HadGEM2-ES modeli ile üretilmiştir. MPI-ESM-MR ve CNRM-CM5.1 modeli sonuçları tüm dönemler boyunca birbirine yakın sonuçlar üretmekte ve sonuçlar referans dönemi civarında veya bir miktar altında kalmaktadırlar. RCP4.5 senaryosu ile yapılan zemin nemi tahminlerinin RCP8.5 senaryosu sonuçlarına göre biraz daha yüksek olduğu göze çarpmakta ve CNRM-CM5.1 modelinin bu senaryo için ürettiği sonuçların her üç dönemde de MPI-ESM-MR modelinin ürettiği sonuçlara göre bir miktar fazla olduğu gözlenmektedir. 30'ar yıllık ortalama tahminlerin de aynı modelin aynı senaryosu için çok fazla değişmediği görülmektedir.



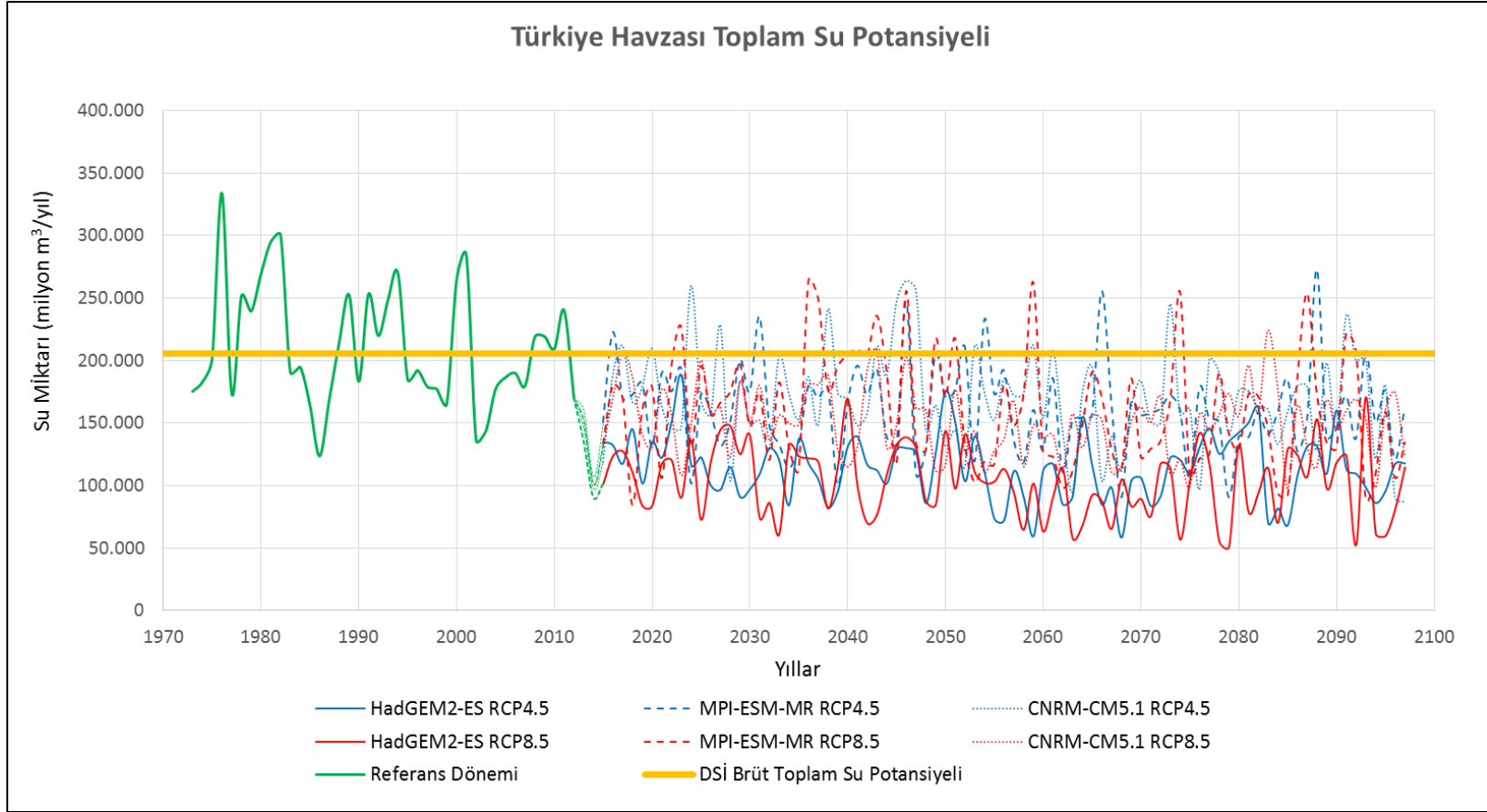
Şekil 4.16 Türkiye Geneli için İklim Değişikliği Projeksiyonlarına göre Tahmin Edilen Yeşil Suyun (Zemin Nemi) 30 Yıllık Ortalamaları

4.3.3 İklim Değişikliği Projeksiyonlarının Türkiye'nin Su Kaynakları Üzerindeki Olası Etkilerinin Analizi ve Senaryoların Mukayesesi

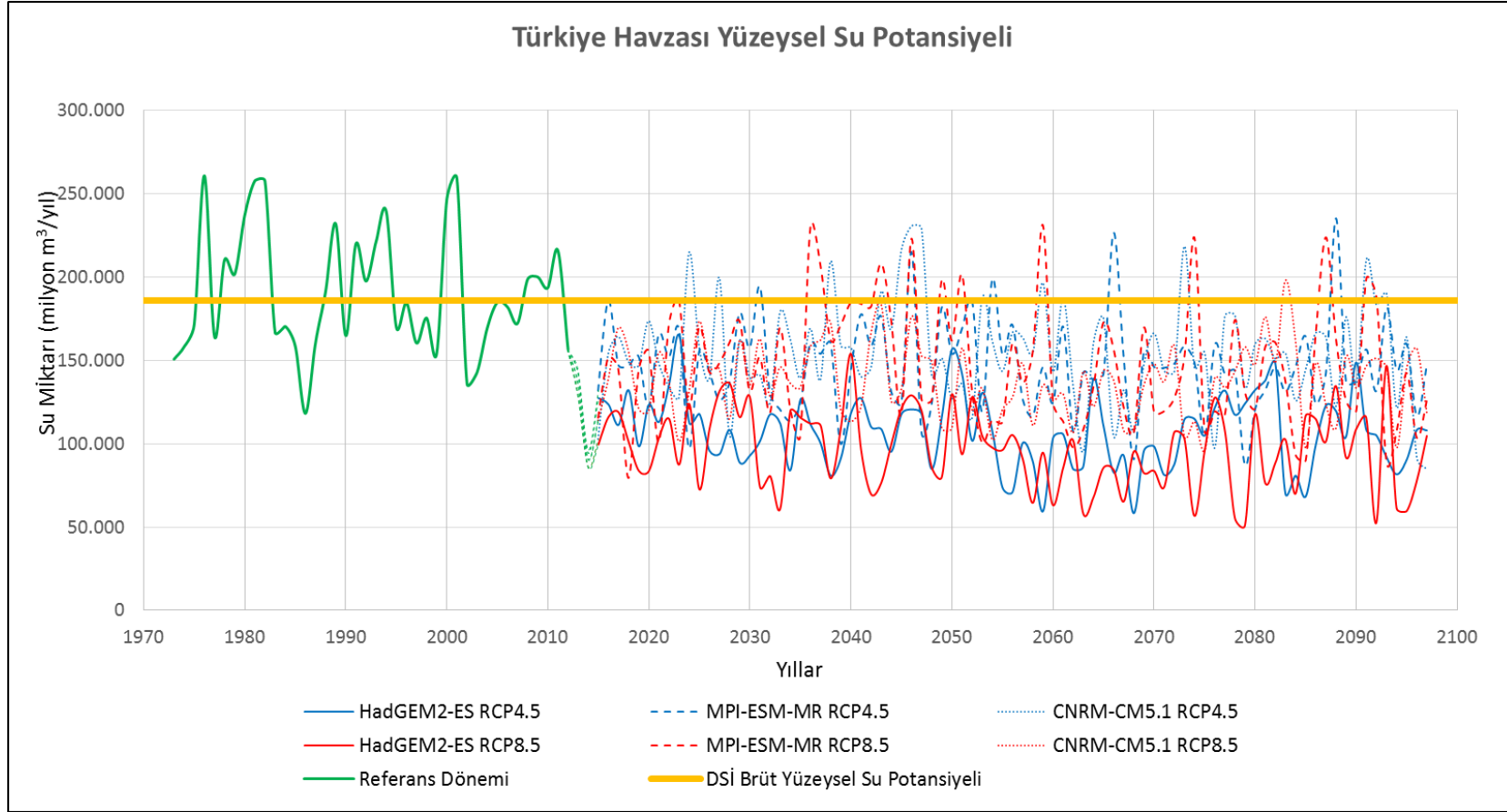
İklim Değişikliği Projeksiyonlarının Türkiye genelinde su kaynaklarını nasıl etkileyeceği 2015-2100 dönemi için yıllık ortalamalarla Şekil 4.17 ile verilmiştir. Buna göre, aynı grafik üzerinde öncelikle 1973-2012 dönemini kapsayan son 40 yıllık referans dönem ile birlikte, 2100 yılına kadar olan İklim Değişikliği Projeksiyonlarının senaryoları kullanılarak çalıştırılan hidrolojik model sonuçları yansıtılmıştır. Literatürde de su potansiyelinin projeksiyonu yaygın olarak, yıllık bazlı değişimleri de ortaya koyan bu tip grafik üzerinden verilmektedir. Mukayese açısından önem arz eden, DSİ tarafından verilen Türkiye için ortalama brüt su potansiyeli de grafik üzerinde sabit bir değer olarak ayrıca çizilmiştir. İklim değişikliğinin yüzeysel su kaynakları üzerindeki etkileri Şekil 4.18 ile YAS kaynakları üzerindeki etkileri ise Şekil 4.19 ile verilmiştir.

Her üç model ve iki farklı senaryo sonuçları incelendiğinde HadGEM2 –ES modeli ile elde edilen toplam su potansiyeli tahminlerinin tüm dönemler boyunca DSİ toplam brüt su potansiyeli değerinin altında kaldığı görülmektedir. MPI-ESM-MR ve CNRM-CM5.1 modellerinin hem RCP4.5 hem de RCP8.5 senaryosu sonuçlarına göre bazı dönemlerde toplam su potansiyelinin DSİ toplam brüt su potansiyeli değerinin üzerine çıkabileceği tahmin edilmekle birlikte çoğunlukla bu değer altında kaldığı gözlenmektedir. Gelecek için yapılan projeksiyonlar referans dönemiyle karşılaştırıldığında, toplam su potansiyelinin

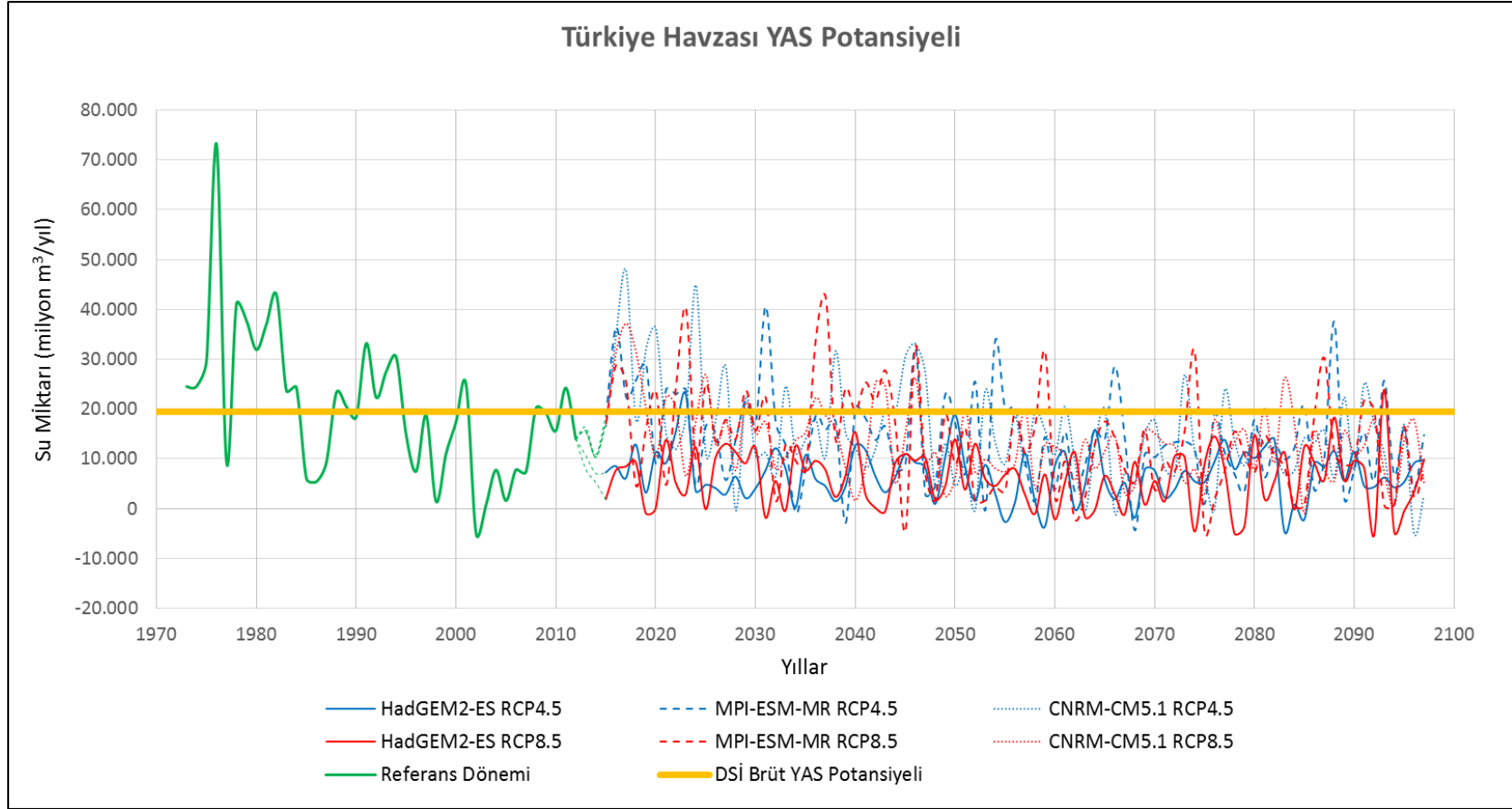
önemli ölçüde azalacağı öngörülmektedir. Ülkemizin toplam su potansiyeli büyük ölçüde yüzeysel sulardan oluştuğundan, yüzeysel su potansiyeli ile ilgili elde edilen sonuçlar toplam su potansiyeli ile de benzerlik göstermektedir. HadGEM2 –ES modelinin her iki senaryo için ürettiği sonuçlar tüm dönemler boyunca DSİ brüt yüzeysel su potansiyeli değerinin altında kalmaktadır. MPI-ESM-MR ve CNRM-CM5.1 modellerinin her iki senaryo için ürettiği sonuçlar ise toplam su potansiyeli tahmininde olduğu gibi, bazı dönemlerde DSİ değerinin üzerine çıkmakla birlikte çoğunlukla bu değerinin altında kalmaktadır.



Şekil 4.17. Türkiye Geneli Toplam Su Potansiyelinin İklim Değişikliği Projeksiyonlarına göre Yıllar içinde Değişimi



Şekil 4.18. Türkiye Geneli Yüzeysel Su Potansiyelinin İklim Değişikliği Projeksiyonlarına göre Yıllar içinde Değişimi



Şekil 4.19. Türkiye Geneli YAS Potansiyelinin İklim Değişikliği Projeksiyonlarına göre Yıllar içinde Değişimi

Projeksiyon sonuçları referans dönemiyle kıyaslandığında gelecekte yüzeysel su potansiyelinin referans dönemine göre önemli ölçüde azalacağı öngörülmektedir. YAS potansiyeli tahminleri incelendiğinde düşük değerlerin her iki senaryo için genellikle HadGEM2 –ES modeli tarafından üretildiği ve tüm dönemler boyunca DSİ brüt YAS potansiyeli değerinin altında kaldığı gözlenmektedir. En yüksek değerler MPI-ESM-MR modelinin her iki senaryosu sonuçlarında ve CNRM-CM5.1 modelinin RCP4.5 senaryosu sonuçlarında elde edilmekte ve bu değerler DSİ brüt YAS potansiyeli değerinin bir miktar üzerinde kalmaktadır. YAS potansiyeli grafiğinde bazı dönemlerde negatif değerler de görülmektedir. Bu durum, söz konusu dönemlerde statik rezervin de azalacağı ve akifer YAS seviyesinde düşmelerin görüleceği anlamına gelmektedir.

Söz konusu grafiklerde, yeşil renk ile gösterilen tarihsel verilerde olduğu gibi, gelecek dönem projeksiyonlarında da yıllık bazda bazı negatif (-) değerler gözlenebilmektedir. Gerek mevcut verilerin analizi ve gerekse model projeksiyonunda, suyun kütle dengesinden hareket edilmesi sebebiyle, iklim değişikliğinin etkisiyle bazı tekil yıllarda negatif değerler ortaya çıkabilmektedir. Bu durum su açığının, hidrolojik model kapsamında yer almayan ve henüz net olarak ortaya konamayan yeraltı suyu statik rezervi ile kapanması durumuna işaret eder. Hidrolojik modellerle sadece sisteme yıllık olarak giren ve çıkan YAS potansiyeli hesaplanabilmektedir; statik rezervler ve hidrojeolojik rezervler ise hidrojeolojik çalışmalar kapsamında yer almakta olup, Bölüm 0 ile sunulmaktadır.

Dikkate alınması gereken bir diğer husus, yıllık değerleri münferit olarak yorumlamak yerine, uzun dönem ortalamalarıyla (10 yıllık, 30 yıllık) çalışmanın daha anlamlı olduğudur. Özellikle iklim değişikliği gibi etkileri ancak uzun sürede (30~40 yıl) ortaya çıkan olaylarda, söz konusu etkiler kısa süreli yıllık değerlerde gözlemlenemeyebilmektedir. Uzun dönem ortalamalarında ise, ani ve kısa süreli (ekstrem) değişiklikler sönümlenerek, bilimsel açıdan daha anlamlı değerlendirmeler yapılabilmektedir. Ancak dönem aralığı çok açıldığında ise (örneğin 85 yıl), sönümlenme etkisi ile salınımların veya önemli değişkenliklerin tamamen ortadan kaybolabileceği de dikkate alınmalıdır.

Görüldüğü üzere İklim Projeksiyonları kullanılarak Hidrolojik modelleme desteğiyle iklim değişikliğinin 2015-2100 döneminde Türkiye'nin yüzeysel ve yeraltı su kaynaklarını nasıl etkileyeceği detaylı olarak ortaya konmuştur. İş Teknik Şartnamesi'ne göre, su potansiyeli hesaplama çalışmaları 2015-2100 yılına kadarki dönemi kapsamakta olup mukayese 10'ar yıllık dönemlerde de yapılması gerekmektedir. Hidrolojik modelleme çalışmaları neticesinde, temel hidrometeorolojik etkilerin değerlendirilmesinde olduğu gibi, toplam brüt su potansiyelleri de havzalar bazında gerek 10'ar ve gerekse 30'ar yıllık dönemler için

hesaplanmış olup, sadece Türkiye toplamları, konunun özetlenebilmesi bakımından, 30'ar yıllık ortalamalar üzerinden sunulmaktadır.

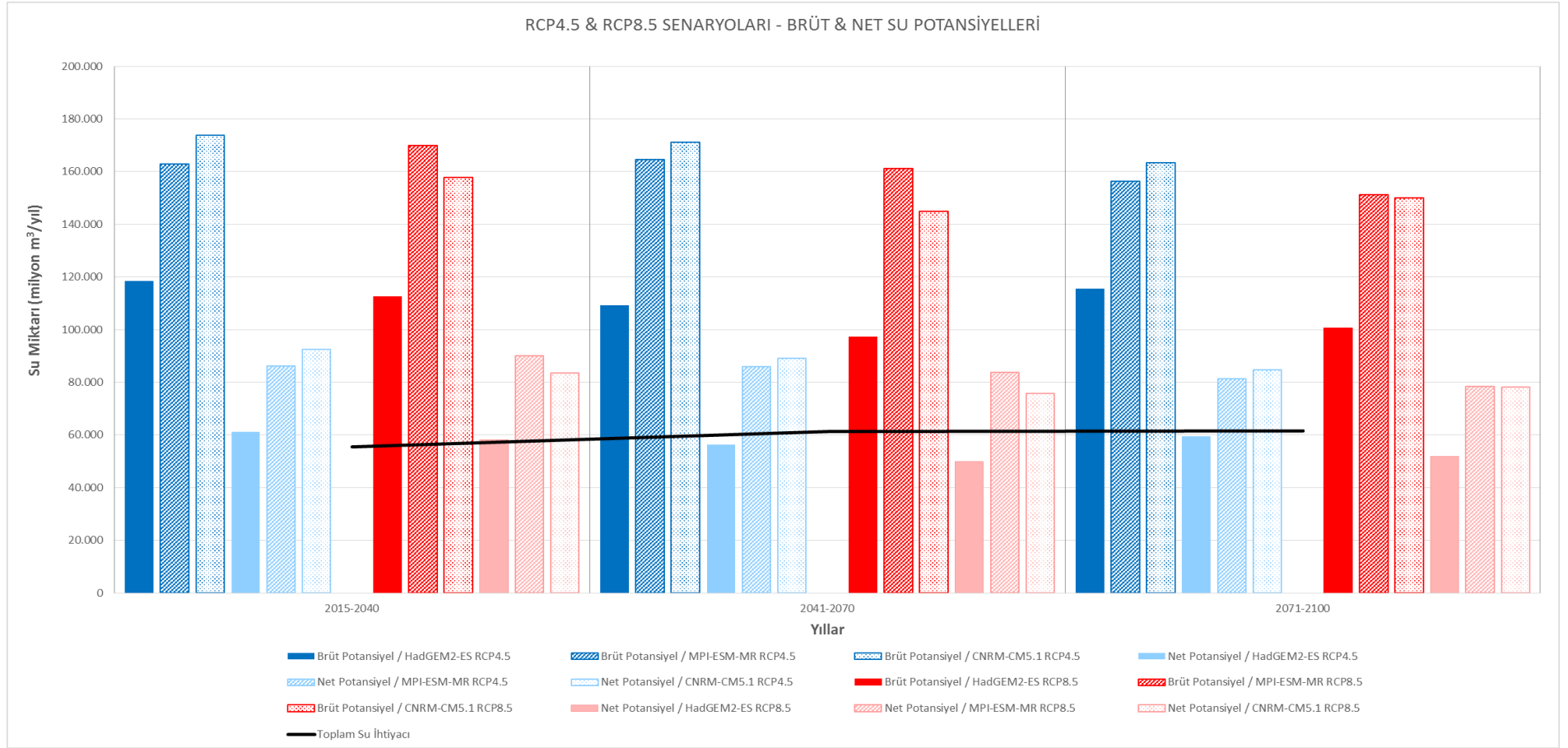
4.3.4 İklim Değişikliği Projeksiyonlarının Havza Toplam Brüt ve Net Su Potansiyellerine Olası Etkilerinin Analizi

İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisi Projesi kapsamında, Türkiye geneli için elde edilen iklim projeksiyonlarına göre çalıştırılan hidrolojik model ile üretilen ana çıktılardan olan brüt su potansiyeli ile çalışma kapsamında yapılan hesaplamalarla ortaya konulan net su potansiyellerinin karşılaştırılması bu bölümde sunulmaktadır.

Proje Nihai Raporu EK 1'de açıklandığı üzere, hidrolojik modelleme ile toplam brüt su potansiyeli tahminleri elde edilmektedir. Brüt su potansiyelinden teknik ve ekonomik olarak kullanılabilir (net) su potansiyeline geçiş ise, modelleme çalışmasından bağımsız olarak bölgeye (havzalara vb.) ve yıllara (gelişen teknolojiye vb.) göre değişebilen bir dizi kabuller ışığında belirlenen oranlara göre yapılmaktadır. Brüt su potansiyeli değerleri havza bazlı olarak ve yüzeysel su ile yeraltı suyu için ayrı olmak üzere, DSİ'den temin edilmiş olup referans ve projeksiyon dönemlerinin her ikisi için de güncel DSİ kabulleri esas alınmıştır (Tablo 4.2). Mukayese açısından referans dönem için DSİ bazlı uzun yıllar ortalamaları da, gerek brüt gerekse net su potansiyeli değerleri için aynı grafiklerde sunulmaktadır. Son olarak, Havza Ciltleri (EK 3 - EK 27) Hidroloji Bölümlerinde tarif edildiği üzere hesaplanan toplam su ihtiyacı projeksiyonu da, toplam su bütçesi açısından fikir vermesi amacıyla aynı grafik üzerinde (sürekli çizgi ile) gösterilmiştir.

Proje Nihai Raporu EK 1 ile açıklandığı üzere hidrolojik modelin ısınma süresi, projeksiyon döneminin başındaki (2015-2020 periyodu) farklılıklarda etkili olmaktadır. Bu durum hidrolojik modelin başlangıç koşullarından bağımsız hale geldiği sonraki dönemlerde etkisini yitirmektedir. Ayrıca DSİ brüt su potansiyeli 1950-2000 yılları arasındaki dönemin ortalaması üzerine kuruludur. 2000 yılı sonrası dönem için DSİ tarafından öngörülen bir su potansiyeli değeri bulunmadığı için hidrolojik modelin 2015-2020'ler için ürettiği sonuçların bir önceki 10 yıldan kayda değer bir farklılık gösterdiği sonucu çıkarılamaz. DSİ'nin referans dönemi su bütçesi ile yapılan tüm karşılaştırmaların, model sonuçlarının uzun yıllar ortalamaları ile yapılması anlamlıdır.

Netice itibarıyla, Şekil 4.20 ile verildiği üzere, toplam brüt ve net su potansiyellerindeki değişim, modellerin tüm senaryoları bazında detaylı olarak sergilenmektedir.



Şekil 4.20 Türkiye Geneli için İklim Projeksiyonları Senaryolarına göre Brüt ve Net Su Potansiyellerinin 30'ar Yıllık Karşılaştırılması

Türkiye geneli brüt ve net su potansiyeli tahminleri incelendiğinde 30'ar yıllık ortalamalarda en düşük değerler her iki senaryo için HadGEM2–ES modeli ile üretilmektedir. Bu model sonuçlarına göre, 2015-2040 dönemi hariç, diğer iki dönemde, Türkiye toplam su ihtiyacının karşılanamayacağı ve su açığı olacağı tahmin edilmektedir. MPI-ESM-MR ve CNRM-CM5.1 modellerinin her iki senaryo için ürettiği sonuçlar benzerlik göstermekte ve 2015-2100 döneminde ülkemizin toplam su ihtiyacının karşılanabileceği ve su açığı olmayacağı öngörülmektedir.

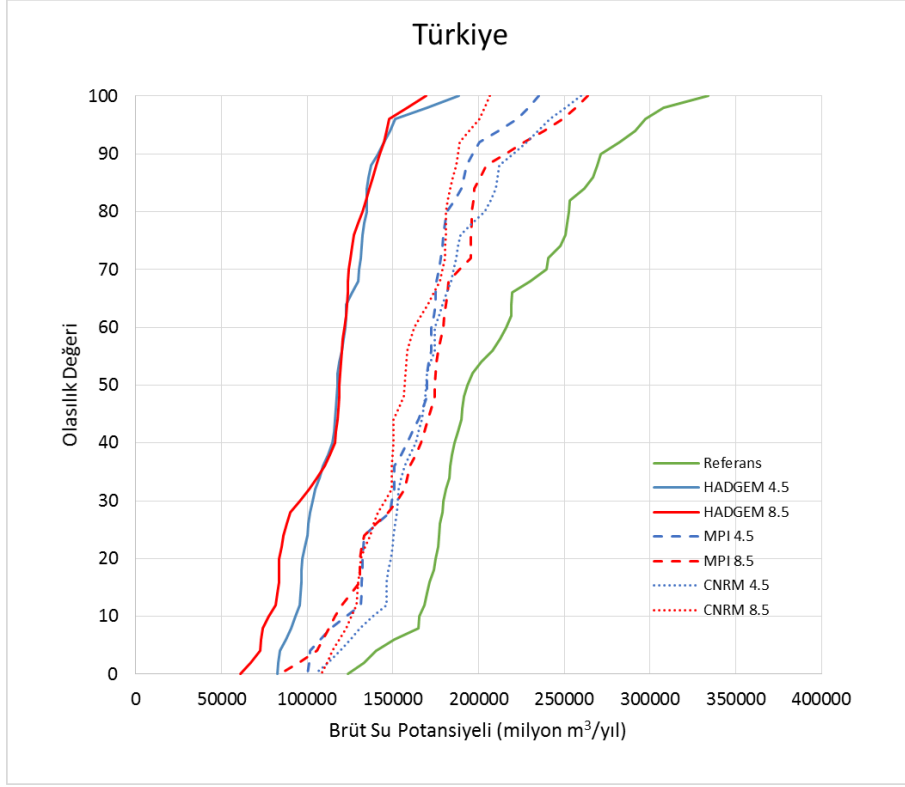
4.4 Türkiye Geneli için Su Bütçesi Değerlendirmesi

4.4.1 Toplam Su Bütçesi Değerlendirmesi

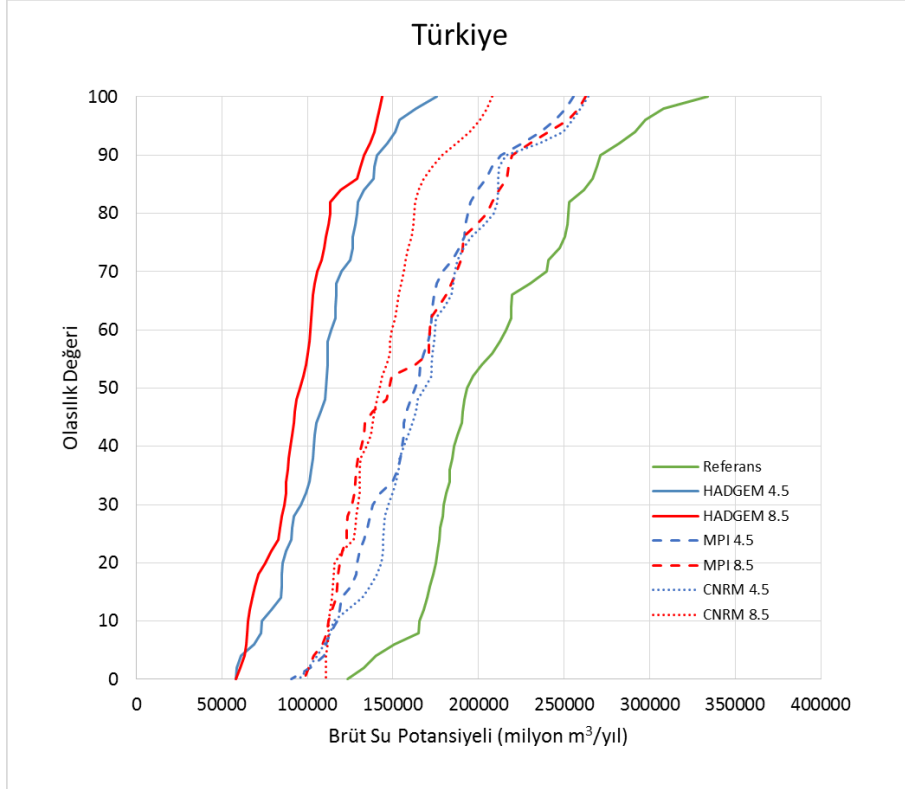
Türkiye geneli için model sonuçlarının değerlendirilmesi kapsamında, havzalar özelinde havza ciltlerinde ve Türkiye toplamı için yukarıda verilen hidrolojik analizlerin ötesinde, özet çalışma mahiyetinde bir istatistiki analiz yapılmıştır. Konuyla ilgili literatürde de yer aldığı üzere, ülke ölçeğinde brüt su potansiyeli projeksiyonları, hidrolojik modelleme neticesinde ortaya çıkan eklenik brüt su potansiyeli eklenik olasılık dağılım fonksiyonları (*S-eğrisi grafikleri*) ile gösterilebilmektedir. Tahminlerdeki değişkenlikler sönümlenmeksizin bilimsel açıdan daha anlamlı değerlendirmelerin yapılabilmesi bakımından, eklenik dağılım fonksiyonu (S-eğrisi) grafikleri, tüm projeksiyon dönemi için 85 yıllık olmak yerine 30'ar yıllık alt dönemler için Weibull eşitliği ile oluşturulmuştur (Bayazıt & Oğuz, 1994). Bilindiği üzere x rastgele değişkeninin x_0 gibi belli bir değerden küçük olma olasılığı, $P(x \leq x_0)$ olarak tarif edilen eklenik olasılık fonksiyonu, $F(x)$; eldeki N elemanlı veri seti küçükten büyüğe doğru sıralanıp en küçük veri sıra no'su $m=1$, en büyük veri sıra no'su ise $m=N$ olmak üzere $F(x_m) = m/(N+1)$ eşitliği ile hesaplanmaktadır. Bu şekilde hesaplanan $P(x \leq x_m) = F(x_m)$ eklenik (toplam) olasılık değerleri düşey, x_m değerleri ise yatay ekseninde olmak üzere Brüt Su Potansiyellerinin eklenik olasılık grafikleri (S eğrileri) çizilmiştir.

Buna göre, Türkiye geneli için iklim projeksiyonu senaryolarına göre elde edilen brüt su potansiyeli değerlerinin eklenik olasılık dağılım fonksiyonları 2015-2040, 2041-2070 ve 2071-2100 dönemleri için sırasıyla Şekil 4.21, Şekil 4.22 ve Şekil 4.23 ile gösterilmektedir. Söz konusu grafiklerde gösterilen su potansiyeli değerlerinin %10, %50 ve %90 ihtimalle görülme olasılıkları Tablo 4.16 ile ayrıca toplu olarak özetlenmiştir.

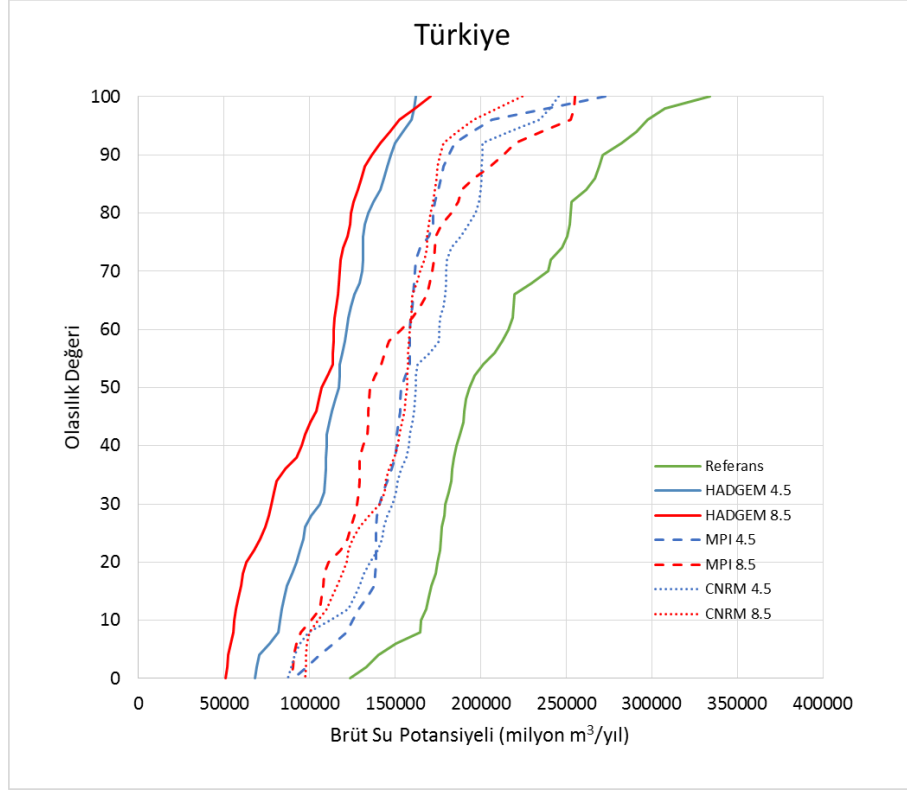
İklim modelleri çıktılarıyla WEAP destekli SWAT hidrolojik modeliyle gerçekleştirilen simülasyonlarda, 3 alt projeksiyon dönemi için tahmin edilen medyan brüt su potansiyellerinin referans dönemi medyan değerine göre durumu da Tablo 4.17 ile özetlenebilmektedir.



Şekil 4.21 Türkiye Geneli için İklim Projeksiyonları Senaryolarına göre Brüt Su Potansiyelinin Eklenik Olasılık Dağılım Fonksiyonlarını Gösteren S Eğrileri (2015-2040)



Şekil 4.22 Türkiye Geneli için İklim Projeksiyonları Senaryolarına göre Brüt Su Potansiyelinin Eklenik Olasılık Dağılım Fonksiyonlarını Gösteren S Eğrileri (2041-2070)



Şekil 4.23 Türkiye Geneli için İklim Projeksiyonları Senaryolarına göre Brüt Su Potansiyelinin Eklenik Olasılık Dağılım Fonksiyonlarını Gösteren S Eğrileri (2071-2100)

Tablo 4.16. Türkiye Geneli için İklim Projeksiyonlarına göre Hidrolojik Modellemeyle Üretilen Brüt Su Potansiyellerinin Görülme Olasılıkları

Projeksiyon Dönemi	Görülme Olasılığı (%)	Brüt Su Potansiyeli (milyon m ³ /yıl)						
		Referans Dönemi	HADGEM 4.5	HADGEM 8.5	MPI 4.5	MPI 8.5	CNRM 4.5	CNRM 8.5
2015-2040	10	165.314	93.217	77.763	122.597	116.430	138.392	125.615
	50	193.499	117.508	118.864	169.903	174.607	169.353	156.950
	90	271.307	141.081	142.539	196.715	215.517	220.161	187.847
2041-2070	10	165.314	73.528	65.277	117.272	112.316	115.258	112.308
	50	193.499	111.015	95.687	162.900	147.515	168.470	142.114
	90	271.307	140.465	132.900	212.991	219.495	215.963	178.743
2071-2100	10	165.314	82.871	56.152	125.041	101.240	112.181	105.171
	50	193.499	117.363	107.045	153.613	135.158	161.939	156.869
	90	271.307	147.596	136.372	181.192	213.077	200.876	176.317

Tablo 4.17. Türkiye Geneli için İklim Projeksiyonlarına göre Hidrolojik Modellemeyle Üretilen Brüt Su Potansiyellerinin Medyan Değerleri* ve Referans Dönemi Değerlerinden Sapmaları

Projeksiyon Dönemi	Brüt Su Potansiyeli (milyon m ³ /yıl)												
	Referans Dönemi	HADGEM2 -ES 4.5	Sapma** (%)	HADGEM2 -ES 8.5	Sapma** (%)	MPI 4.5	Sapma** (%)	MPI 8.5	Sapma** (%)	CNRM 4.5	Sapma** (%)	CNRM 8.5	Sapma** (%)
2015-2040	193.499	117.508	-39%	118.864	-39%	169.903	-12%	174.607	-10%	169.353	-12%	156.950	-19%
2041-2070	193.499	111.015	-43%	95.687	-51%	162.900	-16%	147.515	-24%	168.470	-13%	142.114	-27%
2071-2100	193.499	117.363	-39%	107.045	-45%	153.613	-21%	135.158	-30%	161.939	-16%	156.869	-19%

* %50 görülme olasılığı

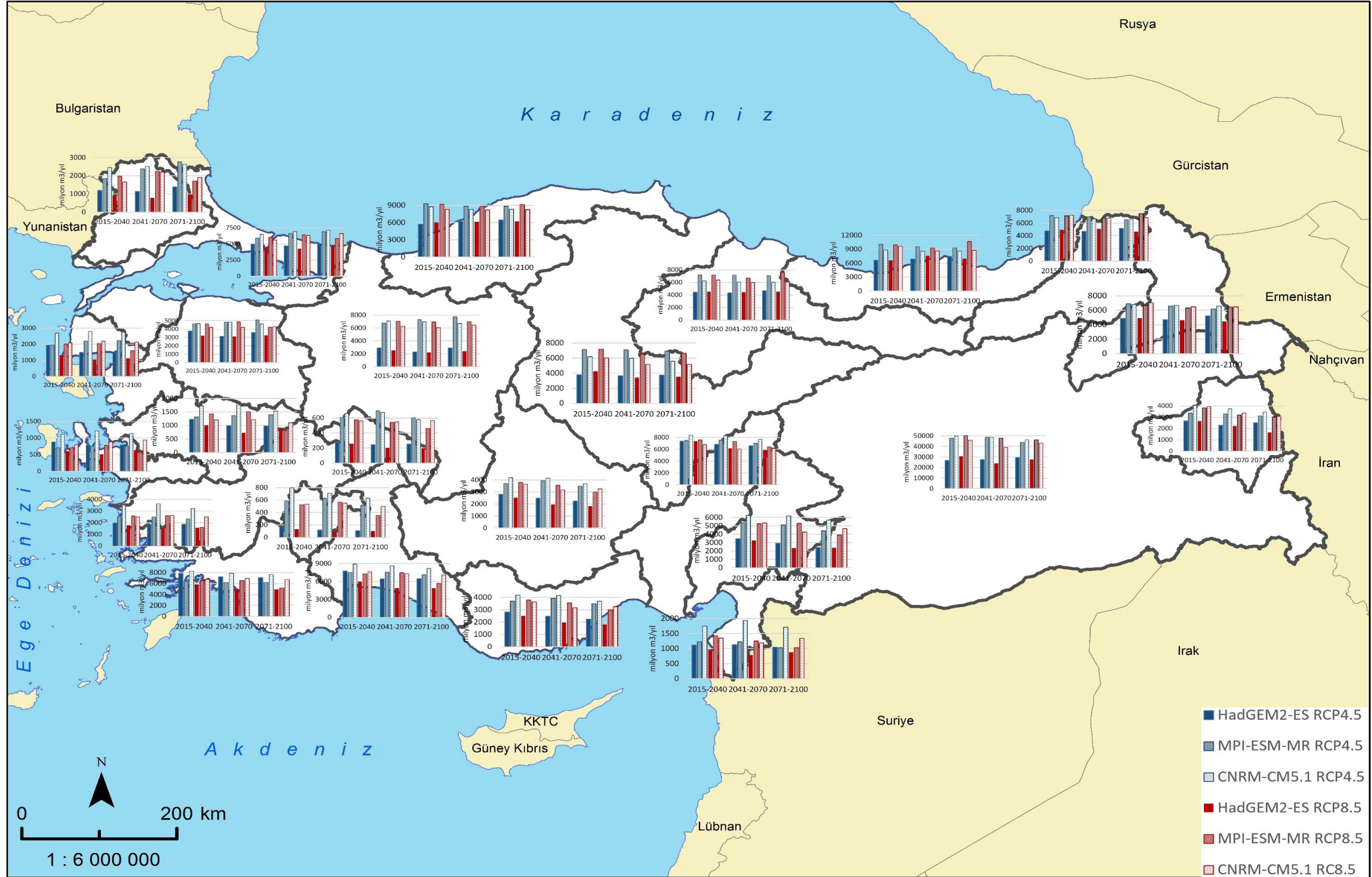
** Referans dönemi değerinden rölatif sapma

Tablo 4.16 ile görüldüğü üzere, her 2 senaryo (RCP4.5 ve RCP8.5) ve 3 alt projeksiyon döneminde, en düşük brüt su potansiyeli tahminleri HadGEM2-ES iklim modeli çıktılarıyla elde edilmiştir. Diğer 2 iklim modelinin (MPI-MSM-MR ve CNRM-CM5.1) çıktılarına dayalı olarak yapılan hidrolojik modelleme sonucu elde edilen brüt su potansiyelleri birbirine oldukça yakın olmasına karşın her 3 dönem için referans dönemi değerlerinin altında kalmıştır.

Yine tablodan görüldüğü üzere, HadGEM2-ES RCP4.5 senaryosu için hidrolojik modellemeyle 2041-2070 dönemi için tahmin edilen medyan su potansiyelinin, % 50 olasılıkla 111.000 milyon m³'e eşit veya küçük olması, hatta % 10 olasılıkla 73.500 milyon m³'e eşit veya küçük olması beklenmektedir. Dolayısıyla hidrolojik modelleme ile elde edilen su potansiyeli bileşenlerinin, Şekil 4.21-Şekil 4.23 ile verilen eklenik olasılık dağılımlarıyla belirlenmiş görülme olasılığı (belirtilen değere eşit veya küçük olma ihtimali) ile birlikte ifade edilip yorumlanması gerekmektedir. Örneğin, yukarıda belirtilen 2041-2070 dönemi Türkiye su potansiyelinin 111.000 milyon m³ üzerinde bir değer olarak görülme olasılığı (1 - 0,5 = 0,5) %50 ise, benzer şekilde 73.500 milyon m³ üzerinde bir değer olma olasılığı da %90'dır.

Sadece medyan değerlerinin mukayesesini veren Tablo 4.17 ile görüldüğü üzere, HadGEM2-ES iklim modeli çıktılarına dayalı hidrolojik modelleme ile 2015-2100 dönemindeki 3 alt dönem için medyan brüt su potansiyellerinin, referans dönemi medyan değerine göre %40-45 azalacağını tahmin edilmektedir. Aynı şartlarda MPI-MSM-MR iklim modeli çıktılarıyla gerçekleştirilen hidrolojik model projeksiyonlarından elde edilen medyan brüt su potansiyeli azalma oranının %15-20 aralığında kalacağı tahmin edilmektedir.

Her üç model için RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarında, 25 havzada brüt su potansiyelinin 30 yıllık değişimleri Şekil 4.24 ile gösterilmiştir.



Şekil 4.24 Türkiye Geneli için İklim Projeksiyonları Senaryolarına göre 30'ar Yıllık Brüt Su Potansiyeli Haritası

4.4.2 Havza Bazlı Su Bütçesi Değerlendirmeleri

Yukarıdaki bölümde, iklim değişikliği projeksiyonlarına göre Türkiye geneli için üretilen su potansiyeli projeksiyonları topluca değerlendirilmiş olup bu bölümde havza bazlı değerlendirmelere yer verilmektedir.

İklim projeksiyonlarına göre hidrolojik modellemeyle elde edilen havza bazlı brüt su potansiyellerinin ilgili havzaların kendi referans dönemlerine göre yüzde farkları Tablo 4.18 ile verilmektedir. Su potansiyellerinin referans dönemlerine göre yüzde farklarını gösterir tematik haritalar da 3 model 2 senaryo ve 30'ar yıllık dönemler için Şekil 4.25 - Şekil 4.42 ile verilmektedir. Söz konusu tematik haritaların, HadGEM2-ES ve MPI-ESM-MR iklim modellerine dayalı brüt su potansiyeli farkları, genel bir değerlendirmesi aşağıda verilmiştir. Diğer iklim modeli (CNRM-CM5.1) tahminleri MPI-ESM-MR modeli çıktılarına oldukça yakın olduğundan ayrıca değerlendirilmemiştir.

HadGEM2-ES RCP4.5 Senaryosu Çıktıları Bazlı Hidrolojik Model Su Bütçesi Tahminleri:

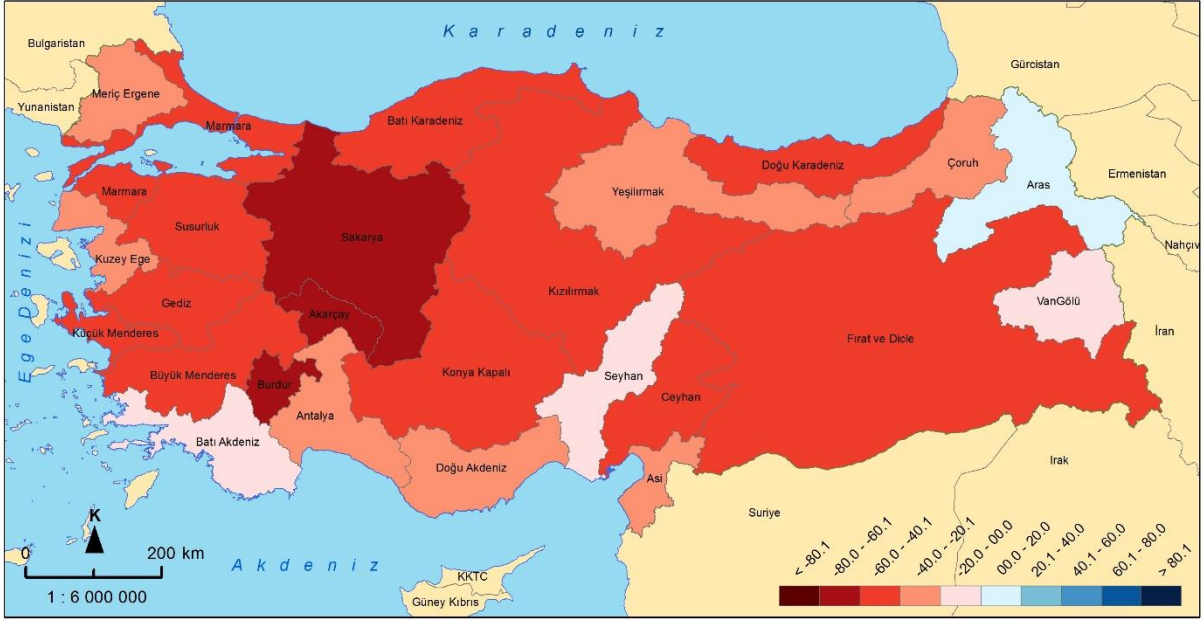
Bu kapsamdaki havza brüt su potansiyellerinin referans döneme göre yüzde farkları Şekil 4.25 - Şekil 4.27 ile görülmektedir. Söz konusu tematik haritalara göre, Aras Havzası dışındaki bütün havzalarda referans döneminden %20-80 aralığında değişen oranlarda brüt su potansiyeli azalması öngörülmektedir. Söz konusu farkın %60'dan büyük olduğu havzalar; başta Burdur olmak üzere (> %80), Ceyhan, Konya Kapalı, Sakarya, Akarçay ve Gediz'dir. Bu senaryoda iklim değişikliği etkilerinin özellikler 2041-2070 döneminde en şiddetli biçimde hissedilmesi beklenmektedir.

HadGEM2-ES RCP8.5 Senaryosu Çıktıları Bazlı Hidrolojik Model Su Bütçesi Tahminleri:

Bu kapsamdaki havza brüt su potansiyellerinin referans döneme göre yüzde farkları Şekil 4.28- Şekil 4.30 ile verilmiştir. Söz konusu tematik haritalara göre, Türkiye'nin bütün havzalarında %20-80 arasında değişen oranlarda brüt su potansiyeli azalması öngörülmektedir. Söz konusu farkın %60'dan büyük olduğu havzalar; Burdur, Ceyhan, Konya Kapalı, Sakarya, Akarçay, Gediz'in yanı sıra Antalya, Büyük Menderes, Küçük Menderes ve Ergene'dir. Bu senaryoda da iklim değişikliği etkilerinin özellikler 2041-2070 döneminde en şiddetli biçimde hissedilmesi beklenmektedir.

Tablo 4.18. Havza Bazlı Brüt Su Potansiyellerinin Referans Dönemlerine Göre Yüzde Farkları

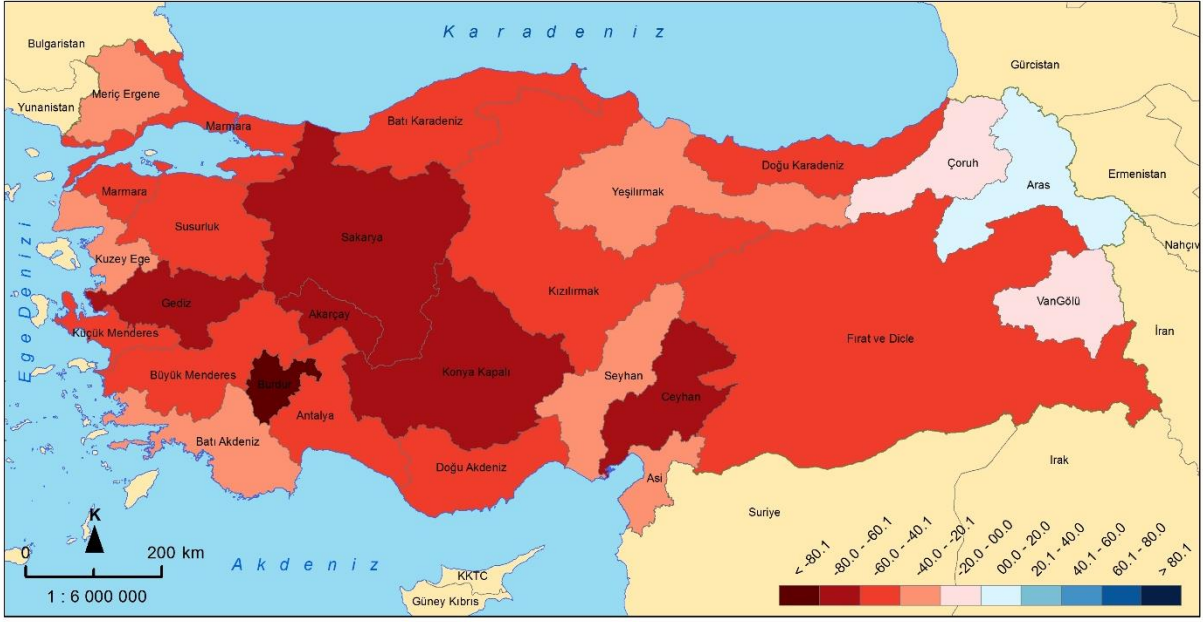
Havza Bazlı Yüzde Farklar (%)	HadGEM2-ES RCP4.5			HadGEM2-ES RCP8.5			MPI-ESM-MR RCP4.5			MPI-ESM-MR RCP8.5			CNRM-CM5.1 RCP4.5			CNRM-CM5.1 RCP8.5		
	2015-2040	2041-2070	2071-2100	2015-2040	2041-2070	2071-2100	2015-2040	2041-2070	2071-2100	2015-2040	2041-2070	2071-2100	2015-2040	2041-2070	2071-2100	2015-2040	2041-2070	2071-2100
Akarçay	-60	-65	-63	-62	-71	-71	-12	1	-13	-12	-21	-34	-5	-2	-17	-19	-20	-19
Antalya	-38	-49	-49	-51	-61	-62	-40	-40	-43	-39	-40	-55	-30	-31	-35	-38	-42	-43
Aras	6	0	12	5	-2	-4	47	41	31	43	35	38	46	42	42	49	38	38
Asi	-35	-33	-37	-43	-53	-47	-26	-27	-39	-14	-25	-41	2	15	1	-22	-29	-20
Batı Akdeniz	-20	-26	-28	-39	-49	-50	-34	-37	-37	-31	-33	-47	-17	-19	-23	-30	-29	-31
Batı Karadeniz	-50	-45	-42	-46	-46	-44	-20	-22	-22	-19	-22	-18	-22	-26	-25	-27	-27	-26
Burdur	-75	-82	-83	-79	-85	-84	-10	-3	-21	-14	-13	-46	23	10	-6	-18	-15	-24
Büyük Menderes	-56	-58	-58	-59	-66	-65	-43	-44	-49	-39	-41	-64	-23	-19	-31	-43	-41	-44
Ceyhan	-59	-64	-70	-60	-72	-71	-34	-38	-46	-35	-36	-52	-25	-24	-31	-36	-48	-43
Çoruh	-20	-22	-13	-18	-16	-21	18	16	9	18	12	26	15	10	10	19	13	14
Doğu Akdeniz	-28	-41	-43	-39	-55	-57	-33	-36	-41	-32	-32	-48	-22	-21	-32	-29	-40	-34
Doğu Karadeniz	-59	-57	-53	-59	-53	-56	-38	-40	-42	-38	-42	-33	-43	-46	-45	-40	-46	-45
Meriç-Ergene	-40	-44	-31	-54	-62	-53	-9	17	39	0	11	-15	18	24	28	-14	9	-4
Fırat-Dicle	-51	-54	-50	-49	-60	-54	-21	-19	-27	-15	-20	-23	-17	-19	-22	-24	-35	-28
Gediz	-58	-66	-66	-64	-75	-69	-54	-53	-52	-48	-48	-72	-42	-39	-49	-57	-58	-61
Kızılırmak	-51	-54	-52	-47	-57	-55	-13	-11	-13	-8	-18	-15	-22	-25	-29	-25	-35	-35
Konya Kapalı	-58	-63	-66	-61	-70	-73	-44	-40	-48	-41	-46	-55	-38	-37	-45	-45	-52	-51
Küçük Menderes	-43	-50	-49	-59	-67	-60	-54	-51	-52	-53	-50	-63	-33	-22	-29	-48	-43	-39
Kuzey Ege	-26	-40	-39	-45	-58	-55	-21	-12	-12	-16	-18	-36	4	13	9	-14	-12	-13
Marmara	-41	-44	-40	-46	-49	-44	-29	-20	-17	-27	-23	-30	-23	-17	-15	-33	-25	-20
Sakarya	-69	-75	-69	-72	-76	-73	-27	-21	-17	-22	-25	-25	-23	-25	-27	-33	-34	-30
Seyhan	-15	-21	-23	-14	-28	-31	-12	-12	-19	-10	-15	-26	-3	-3	-11	-22	-30	-29
Susurluk	-42	-52	-45	-50	-52	-50	-29	-25	-21	-27	-25	-35	-29	-25	-28	-35	-35	-33
Van Gölü	-3	-16	-5	-1	-17	-38	22	22	15	40	18	13	52	38	29	45	25	14
Yeşilirmak	-30	-31	-24	-27	-29	-26	14	14	14	16	7	22	0	-3	-2	1	-4	-3
Türkiye	-43,8	-48,1	-45,2	-46,5	-53,9	-52,3	-22,7	-21,9	-25,8	-19,4	-23,5	-28,3	-17,5	-18,8	-22,4	-25,1	-31,2	-28,7



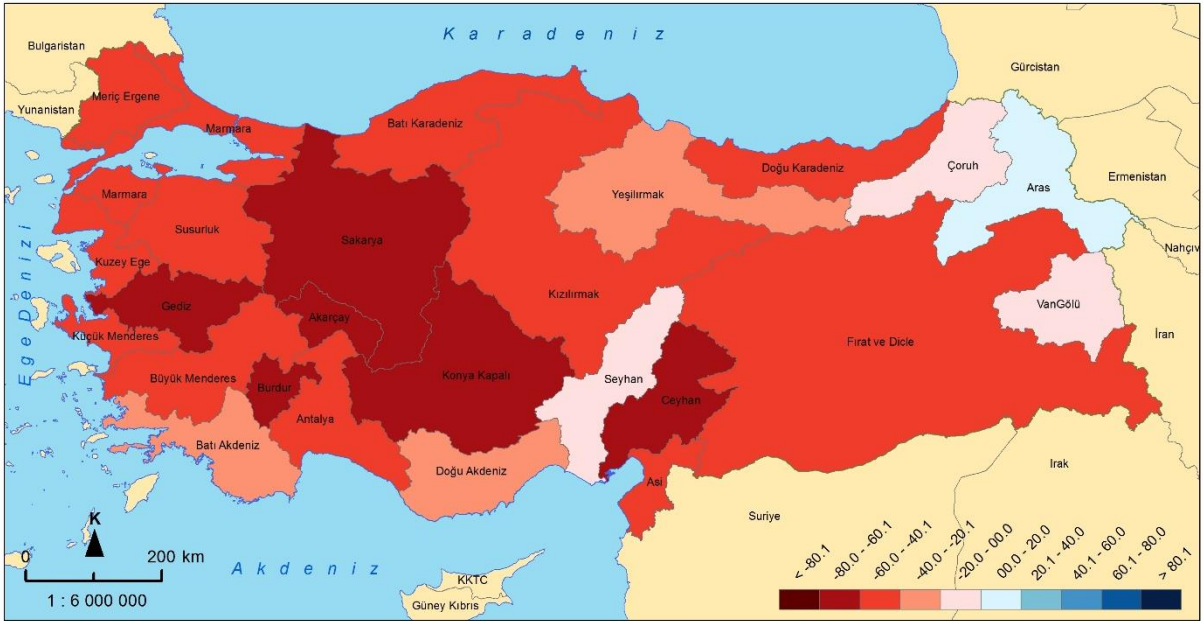
Şekil 4.25 Türkiye Geneli için İklim Projeksiyonları HadGEM2-ES RCP4.5 Senaryolarına göre Havza Bazlı Brüt Su Potansiyellerinin Referans Dönemlerine Göre Yüzde Farklarını Gösteren Tematik Harita (2015-2040)



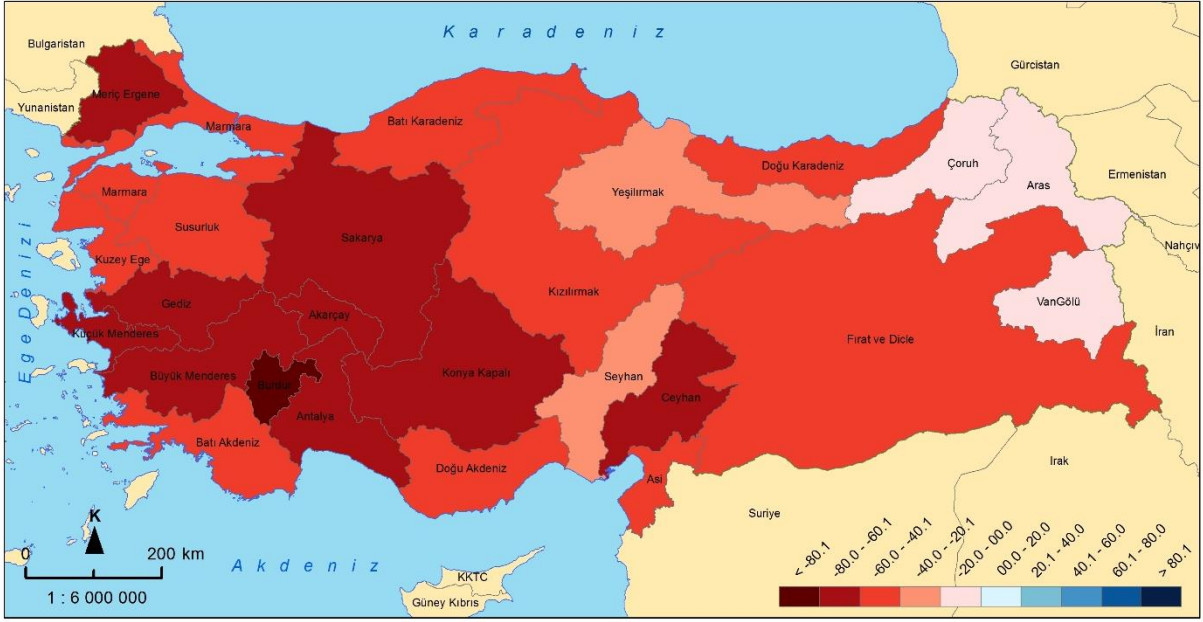
Şekil 4.26 Türkiye Geneli için İklim Projeksiyonları HadGEM2-ES RCP4.5 Senaryolarına göre Havza Bazlı Brüt Su Potansiyellerinin Referans Dönemlerine Göre Yüzde Farklarını Gösteren Tematik Harita (2041-2070)



Şekil 4.27 Türkiye Geneli için İklim Projeksiyonları HadGEM2-ES RCP4.5 Senaryolarına göre Havza Bazlı Brüt Su Potansiyellerinin Referans Dönemlerine Göre Yüzde Farklarını Gösterir Tematik Harita (2071-2100)



Şekil 4.28 Türkiye Geneli için İklim Projeksiyonları HadGEM2-ES RCP8.5 Senaryolarına göre Havza Bazlı Brüt Su Potansiyellerinin Referans Dönemlerine Göre Yüzde Farklarını Gösterir Tematik Harita (2015-2040)



Şekil 4.29 Türkiye Geneli için İklim Projeksiyonları HadGEM2-ES RCP8.5 Senaryolarına göre Havza Bazlı Brüt Su Potansiyellerinin Referans Dönemlerine Göre Yüzde Farklarını Gösterir Tematik Harita (2041-2070)



Şekil 4.30 Türkiye Geneli için İklim Projeksiyonları HadGEM2-ES RCP8.5 Senaryolarına göre Havza Bazlı Brüt Su Potansiyellerinin Referans Dönemlerine Göre Yüzde Farklarını Gösterir Tematik Harita (2071-2100)

MPI-ESM-MR RCP4.5 Senaryosu Çıktıları Bazlı Hidrolojik Model Su Bütçesi Tahminleri:

Bu kapsamdaki havza brüt su potansiyellerinin referans döneme göre yüzde farkları Şekil 4.31-

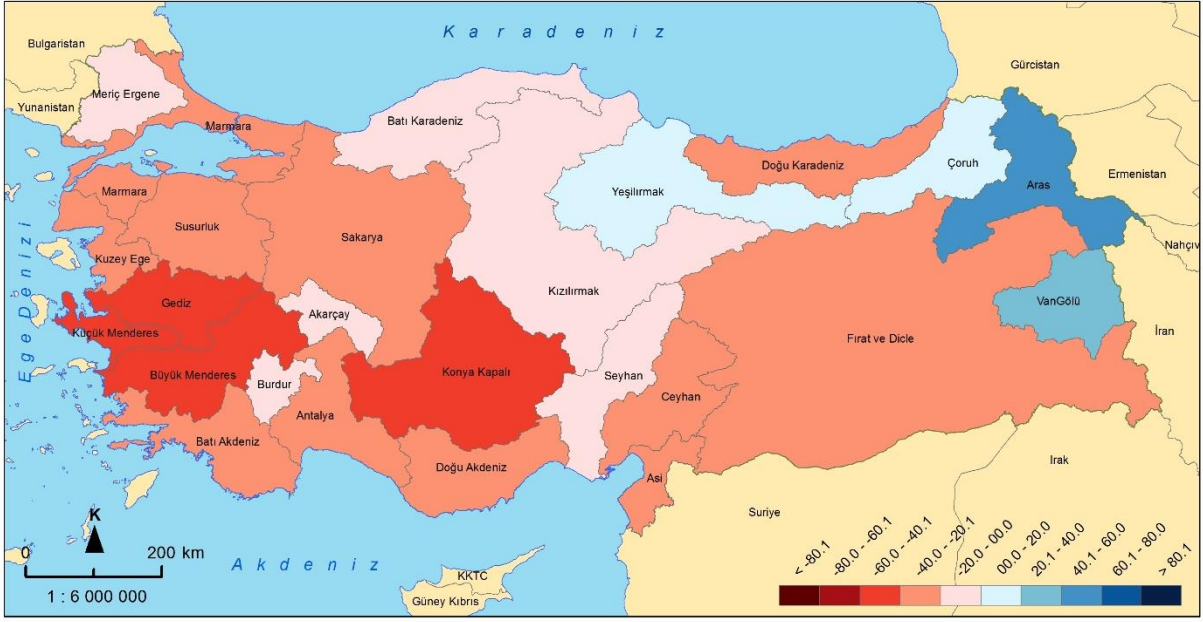
Şekil 4.33 ile görülmektedir. Söz konusu tematik haritalara göre, Aras, Van Gölü, Çoruh, Yeşilirmak ve Meriç Ergene Havzası dışındaki 20 havzanın brüt su potansiyelinde değişen oranlarda azalma öngörülmektedir. Söz konusu farkın %40'dan büyük olması beklenen havzalar; Ceyhan, Konya Kapalı, Doğu Akdeniz, Antalya, Gediz, Büyük Menderes, Küçük Menderes ve Doğu Karadeniz havzalarıdır. Bu senaryoda iklim değişikliği etkilerinin özellikle 2071-2100 döneminde ciddi ölçüde hissedilmesi beklenmektedir.

MPI-ESM-MR RCP8.5 Senaryosu Çıktıları Bazlı Hidrolojik Model Su Bütçesi Tahminleri:

Bu kapsamdaki havza brüt su potansiyellerinin referans döneme göre yüzde farkları Şekil 4.34-

Şekil 4.36 ile görülmektedir. Söz konusu tematik haritalara göre, yine Aras, Van Gölü, Çoruh, Yeşilirmak ve Meriç Ergene Havzası dışındaki 20 havzanın brüt su potansiyelinde değişen oranlarda azalma öngörülmektedir. Söz konusu farkın %60'dan büyük olması beklenen havzalar; Gediz, Büyük Menderes ve Küçük Menderes Havzalarıdır. Bu senaryoda da iklim değişikliği etkilerinin özellikle 2071-2100 döneminde önemli ölçüde hissedilmesi beklenmektedir.

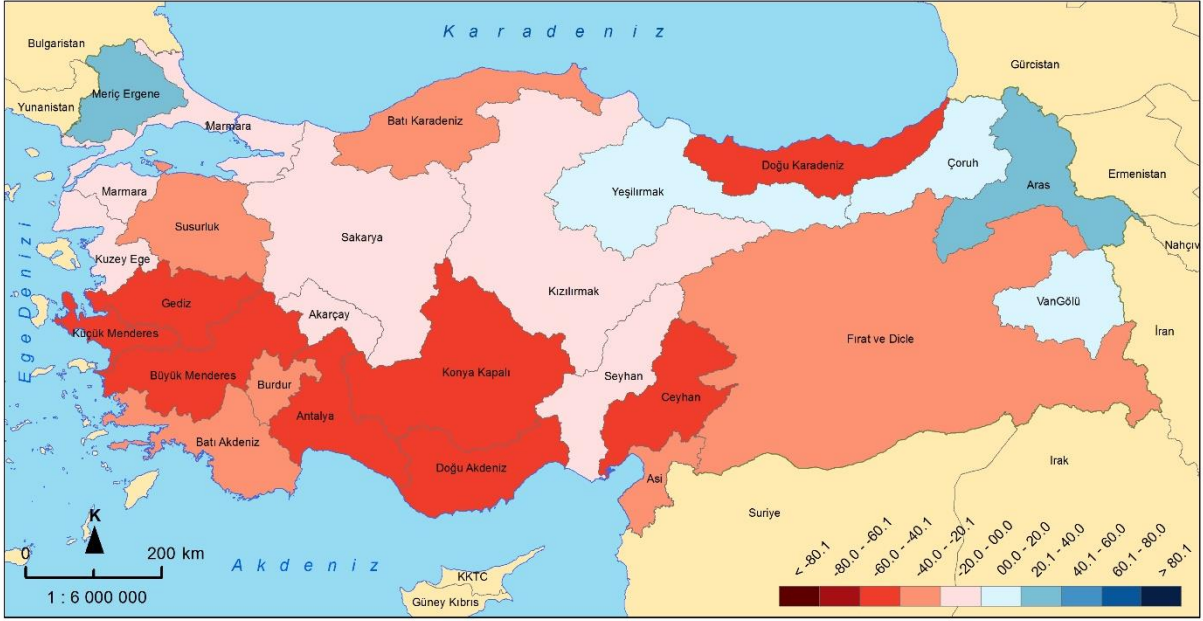
Yukarıda da belirtildiği üzere CNRM-CM5.1 iklim modeli, MPI-ESM-MR modeline oldukça yakın sonuçlar ürettiğinden, Türkiye geneli için hazırlanan özet bölümde ayrıca değerlendirilmesine gerek görülmemiştir.



Şekil 4.31 Türkiye Geneli için İklim Projeksiyonları MPI-ESM-MR RCP4.5 Senaryolarına göre Havza Bazlı Brüt Su Potansiyellerinin Referans Dönemlerine Göre Yüzde Farklarını Gösterir Tematik Harita (2015-2040)



Şekil 4.32 Türkiye Geneli için İklim Projeksiyonları MPI-ESM-MR RCP4.5 Senaryolarına göre Havza Bazlı Brüt Su Potansiyellerinin Referans Dönemlerine Göre Yüzde Farklarını Gösterir Tematik Harita (2041-2070)



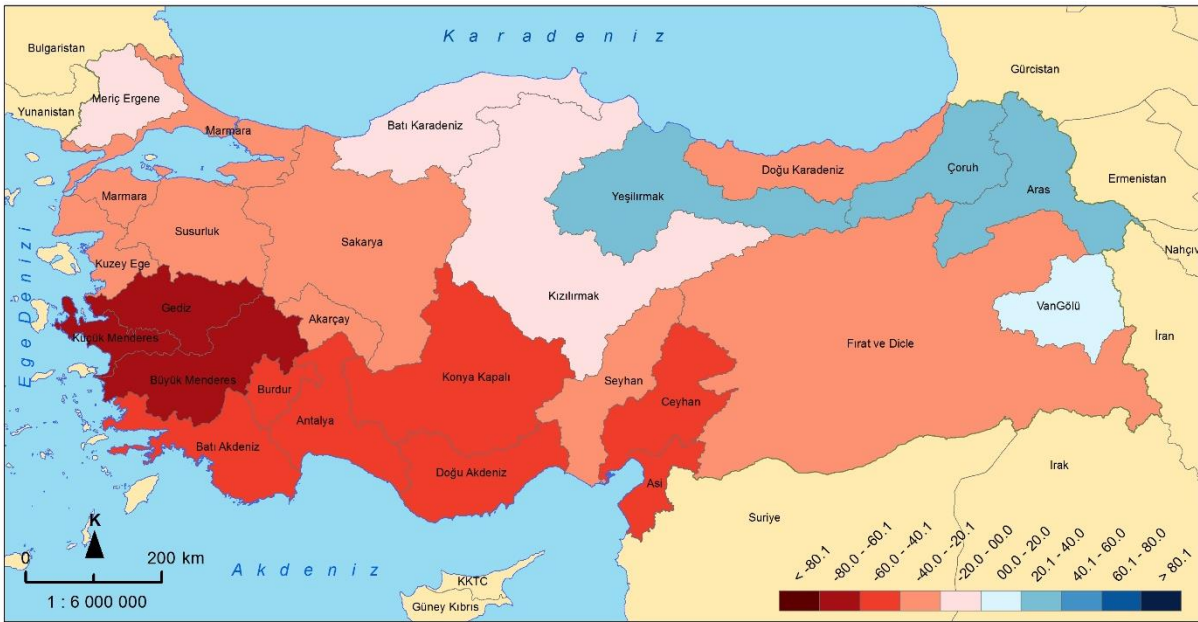
Şekil 4.33 Türkiye Geneli için İklim Projeksiyonları MPI-ESM-MR RCP4.5 Senaryolarına göre Havza Bazlı Brüt Su Potansiyellerinin Referans Dönemlerine Göre Yüzde Farklarını Gösterir Tematik Harita (2071-2100)



Şekil 4.34 Türkiye Geneli için İklim Projeksiyonları MPI-ESM-MR RCP8.5 Senaryolarına göre Havza Bazlı Brüt Su Potansiyellerinin Referans Dönemlerine Göre Yüzde Farklarını Gösterir Tematik Harita (2015-2040)



Şekil 4.35 Türkiye Geneli için İklim Projeksiyonları MPI-ESM-MR RCP8.5 Senaryolarına göre Havza Bazlı Brüt Su Potansiyellerinin Referans Dönemlerine Göre Yüzde Farklarını Gösterir Tematik Harita (2041-2070)



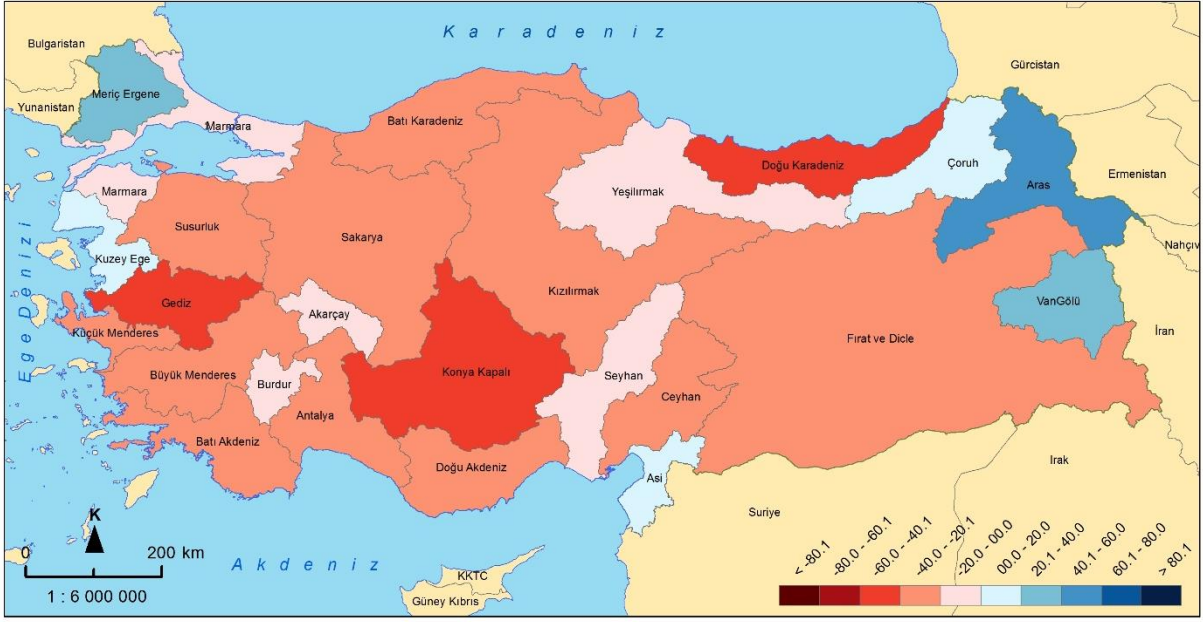
Şekil 4.36 Türkiye Geneli için İklim Projeksiyonları MPI-ESM-MR RCP8.5 Senaryolarına göre Havza Bazlı Brüt Su Potansiyellerinin Referans Dönemlerine Göre Yüzde Farklarını Gösterir Tematik Harita (2071-2100)



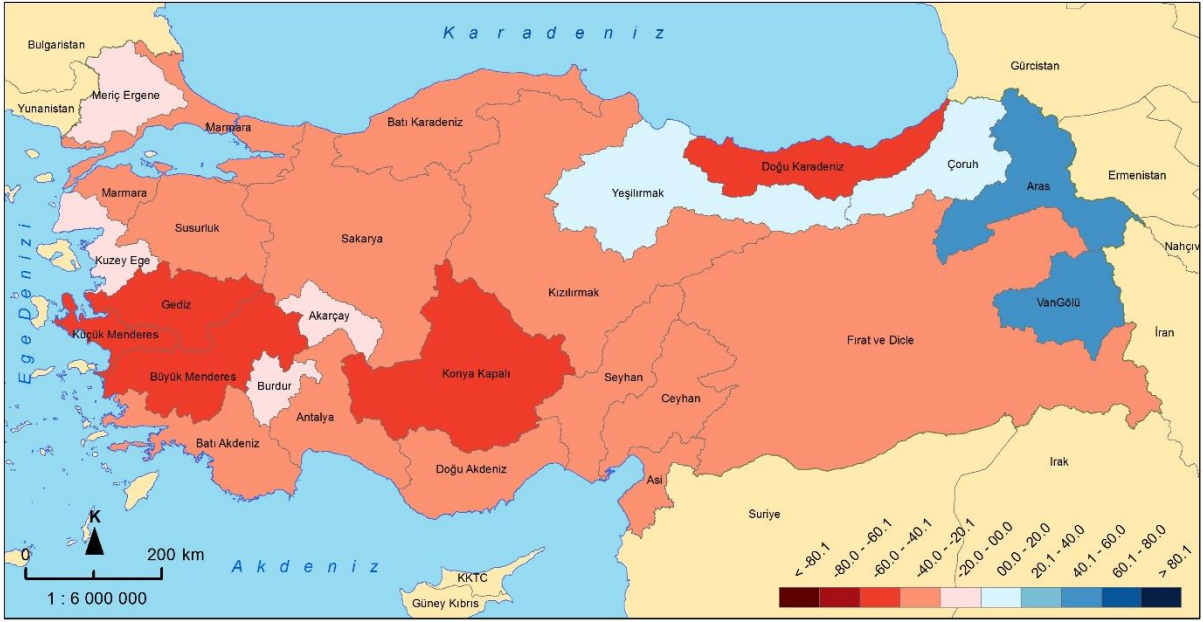
Şekil 4.37 Türkiye Geneli için İklim Projeksiyonları CNRM-CM5.1 RCP4.5 Senaryolarına göre Havza Bazlı Brüt Su Potansiyellerinin Referans Dönemlerine Göre Yüzde Farklarını Gösterir Tematik Harita (2015-2040)



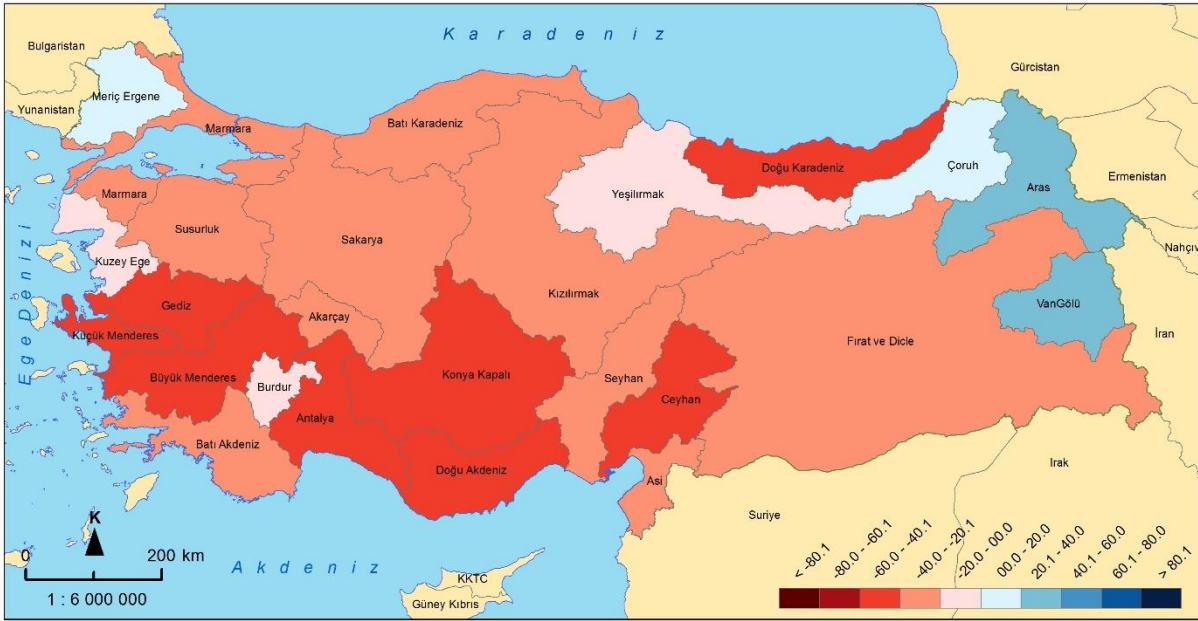
Şekil 4.38 Türkiye Geneli için İklim Projeksiyonları CNRM-CM5.1 RCP4.5 Senaryolarına göre Havza Bazlı Brüt Su Potansiyellerinin Referans Dönemlerine Göre Yüzde Farklarını Gösterir Tematik Harita (2041-2070)



Şekil 4.39 Türkiye Geneli için İklim Projeksiyonları CNRM-CM5.1 RCP4.5 Senaryolarına göre Havza Bazlı Brüt Su Potansiyellerinin Referans Dönemlerine Göre Yüzde Farklarını Gösterir Tematik Harita (2071-2100)



Şekil 4.40 Türkiye Geneli için İklim Projeksiyonları CNRM-CM5.1 RCP8.5 Senaryolarına göre Havza Bazlı Brüt Su Potansiyellerinin Referans Dönemlerine Göre Yüzde Farklarını Gösterir Tematik Harita (2015-2040)



Şekil 4.41 Türkiye Geneli için İklim Projeksiyonları CNRM-CM5.1 RCP8.5 Senaryolarına göre Havza Bazlı Brüt Su Potansiyellerinin Referans Dönemlerine Göre Yüzde Farklarını Gösterir Tematik Harita (2041-2070)



Şekil 4.42 Türkiye Geneli için İklim Projeksiyonları CNRM-CM5.1 RCP8.5 Senaryolarına göre Havza Bazlı Brüt Su Potansiyellerinin Referans Dönemlerine Göre Yüzde Farklarını Gösterir Tematik Harita (2071-2100)

Son olarak, Türkiye’de akarsu havzalarının 2015-2100 dönemi için net su açığı/fazlası durumu hesaplanarak Tablo 4.19 ile ve tematik harita formatında Şekil 4.43-Şekil 4.60 ile sunulmaktadır.

Tablo 4.19. Havzalarda Net Su Açığı/Fazlası Durumu

Havza Bazlı Su Fazlası/Açığı (milyon m ³ yıl)	HadGEM2-ES RCP4.5			HadGEM2-ES RCP8.5			MPI-ESM-MR RCP4.5			MPI-ESM-MR RCP8.5			CNRM-CM5.1 RCP4.5			CNRM-CM5.1 RCP8.5		
	2015-2040	2041-2070	2071-2100	2015-2040	2041-2070	2071-2100	2015-2040	2041-2070	2071-2100	2015-2040	2041-2070	2071-2100	2015-2040	2041-2070	2071-2100	2015-2040	2041-2070	2071-2100
Meriç-Ergene Havzası	-856	-1207	-1222	-1020	-1426	-1484	-279	-446	-402	-234	-551	-994	91	-423	-524	-456	-527	-905
Marmara Havzası	628	597	945	379	359	753	1182	1614	1942	1225	1500	1398	1470	1757	2050	1019	1437	1785
Susurluk Havzası	541	58	223	228	45	25	1087	999	1072	1113	1005	590	1129	1005	793	856	671	632
Kuzey Ege Havzası	407	156	133	161	-76	-63	550	543	518	584	461	193	970	837	774	630	530	466
Gediz Havzası	-1087	-1310	-1351	-1183	-1444	-1404	-1041	-1145	-1159	-992	-1073	-1441	-855	-950	-1094	-1095	-1214	-1299
Küçük Menderes Havzası	-118	-170	-138	-250	-315	-222	-175	-145	-128	-180	-150	-244	112	152	104	-119	-70	-31
Büyük Menderes Havzası	-1730	-2231	-2288	-1840	-2462	-2478	-1305	-1796	-1967	-1255	-1714	-2441	-606	-1050	-1385	-1303	-1712	-1849
Batı Akdeniz Havzası	3423	3074	3002	2396	1949	1932	2719	2566	2577	2773	2747	2071	3656	3438	3316	2898	2964	2849
Antalya Havzası	1985	1225	1251	1098	456	449	1862	1787	1575	1760	1748	841	2578	2324	2109	1927	1645	1552
Burdur Havzası	-383	-480	-490	-401	-493	-495	-131	-209	-273	-167	-240	-344	-26	-174	-218	-164	-245	-276
Akarçay Havzası	-436	-522	-513	-448	-546	-546	-196	-242	-310	-214	-342	-378	-156	-270	-325	-230	-340	-322
Sakarya Havzası	-740	-1094	-700	-938	-1176	-971	1400	1602	1866	1552	1388	1458	1582	1390	1303	1121	904	1165
Batı Karadeniz Havzası	929	1126	1183	1112	1089	1051	2949	2533	2460	2887	2509	2633	2674	2258	2213	2424	2227	2189
Yeşilirmak Havzası	611	504	666	685	558	613	2364	2186	2078	2324	1921	2385	1798	1590	1506	1902	1537	1575
Kızılırmak Havzası	-1410	-2019	-1996	-1256	-2161	-2069	502	99	14	549	-246	-122	34	-546	-782	-82	-965	-933
Konya Kapalı Havzası	-2958	-4117	-4285	-3138	-4410	-4490	-2225	-3121	-3566	-2160	-3400	-3802	-1923	-3065	-3495	-2339	-3684	-3654
Doğu Akdeniz Havzası	-3539	-4316	-4487	-3720	-4609	-4692	-2807	-3320	-3768	-2741	-3598	-4004	-2505	-3264	-3697	-2921	-3883	-3856
Seyhan Havzası	-714	-1778	-1977	-756	-2134	-2324	-622	-1386	-1772	-570	-1527	-2091	-95	-1010	-1456	-984	-2164	-2192
Asi Havzası	-51	-90	-143	-118	-270	-222	42	-14	-137	176	2	-137	376	375	227	141	-43	26
Ceyhan Havzası	-1436	-2281	-2641	-1536	-2581	-2650	-465	-1190	-1637	-534	-1099	-1894	-31	-641	-993	-491	-1612	-1508

Havza Bazlı Su Fazlası/Açığı (milyon m ³ /yıl)	HadGEM2-ES RCP4.5			HadGEM2-ES RCP8.5			MPI-ESM-MR RCP4.5			MPI-ESM-MR RCP8.5			CNRM-CM5.1 RCP4.5			CNRM-CM5.1 RCP8.5		
	2015-2040	2041-2070	2071-2100	2015-2040	2041-2070	2071-2100	2015-2040	2041-2070	2071-2100	2015-2040	2041-2070	2071-2100	2015-2040	2041-2070	2071-2100	2015-2040	2041-2070	2071-2100
Fırat-Dicle Havzası	-8147	-10656	-9446	-8166	-12389	-10304	812	201	-2188	2056	-208	-956	1900	120	-922	-214	-4662	-2564
Doğu Karadeniz Havzası	3067	3313	3604	3108	3640	3364	5070	4728	4595	5011	4574	5310	4420	4220	4257	4851	4266	4334
Çoruh Havzası	2368	2327	2561	2476	2526	2318	3623	3495	3273	3587	3380	3766	3448	3319	3283	3643	3399	3444
Aras Havzası	874	681	958	893	637	575	1982	1670	1459	1875	1531	1597	1949	1706	1664	2050	1604	1646
Van Gölü Havzası	712	486	607	700	464	193	1132	1060	920	1404	1010	891	1544	1224	1090	1458	1067	920

Söz konusu tematik haritaların, HadGEM2-ES ve MPI-ESM-MR iklim modellerine dayalı genel bir değerlendirmesi aşağıda verilmektedir. Diğer iklim modeli olan CNRM-CM5.1 tahminleri, MPI-ESM-MR modeli çıktılarına yakın sonuçlar ürettiğinden ayrıca değerlendirilmemiştir.

Rapor kapsamında su fazlası/açığı terimi, havza bazlı net su potansiyelinden havzadaki tahmini su kullanımları düşüldükten sonra ortaya çıkan fazlalık veya eksikliğe işaret etmektedir. Buna göre, brüt potansiyelinden teknik ve ekonomik imkanlara bağlı olarak daha fazla net su çekilebildiği ve/veya su tahsislerinin yeniden düzenlenerek sektörel su tasarruflarının etkin şekilde uygulanabildiği durumlarda, su açıklarının azalacağı veya kapanacağı da dikkate alınmalıdır.

Türkiye'nin Fırat-Dicle Havzasından mansap ülkelerine su bırakmayı taahhüt ettiği miktarlar da dikkate alınarak hazırlanan su fazlası/açığı tematik haritaları gelecekte komşu havzalar arasında olası su transferini belirleme amacıyla da kullanılabilir.

Tüm senaryolar ve projeksiyon dönemlerinde en kayda değer su açığının gözleendiği havzalar genel itibarıyla Fırat-Dicle, Doğu Akdeniz ve Konya Kapalı Havzalarıdır.

HadGEM2-ES RCP4.5 Senaryosu Çıktıları Bazlı Su Fazlası/Açığı Tahminleri:

Bu kapsamda havzaların su fazlası veya açıkları birbirleri ile mukayeseli olarak Şekil 4.43 - Şekil 4.45 ile görülmektedir. Söz konusu tematik haritalara göre, tüm dönemlerde su fazlası ile dikkati çeken havzalar Doğu Karadeniz, Çoruh ve Batı Akdeniz Havzalarıdır. Benzer şekilde tüm projeksiyon dönemlerinde Marmara, Susurluk, Kuzey Ege, Batı Karadeniz, Yeşilirmak, Antalya, Aras ve Van Gölü Havzalarında da öngörülen net su miktarının tahmini su kullanımları için yeterli olduğu gözlenmiştir. Fırat Dicle Havzasında projeksiyon dönemi başlangıcından itibaren, Doğu Akdeniz ve Konya Kapalı Havzalarında ise, özellikle 2041-2100 döneminde (tedbir alınmadığı takdirde) hissedilir derecede su açığı yaşanması muhtemeldir. Geriye kalan diğer havzalarda, tüm dönemlerde düşük mertebede su açıkları gözlenebilecektir. Ülke genelinde su mevcudiyeti açısından en kritik 30 yıllık alt projeksiyon dönemi, 2041-2070 arası (orta dönem) olarak göze çarpmaktadır.

HadGEM2-ES RCP8.5 Senaryosu Çıktıları Bazlı Su Fazlası/Açığı Tahminleri:

Bu kapsamda havzaların su fazlası veya açıkları birbirleri ile mukayeseli olarak Şekil 4.46-Şekil 4.48 ile görülmektedir. Söz konusu tematik haritalara göre, HadGEM2-ES iklim modelinin RCP8.5 senaryoları, RCP4.5 senaryoları ile büyük ölçüde paralel sonuçlar vermekte olup daha kritik iklim şartlarını tariflediğinden, haliyle havzalar genelinde göreceli olarak bir miktar daha fazla su açığına işaret etmektedir. Buna göre, Doğu Karadeniz ve Çoruh Havzalarında tüm projeksiyon dönemleri boyunca su fazlası gözlenmekte olup,

Marmara, Susurluk, Kuzey Ege, Batı Akdeniz, Batı Karadeniz, Yeşilirmak, Antalya, Aras ve Van Gölü Havzalarında da genel itibariyle suyun yeterli olabileceği gözükmektedir. Bununla birlikte projeksiyon dönemi boyunca Fırat Dicle Havzasında ve 2041-2100 döneminde Doğu Akdeniz ve Konya Kapalı Havzalarında önemli oranda su açığı görülebileceği tahmin edilmektedir. Seyhan, Ceyhan, Kızılırmak ve Büyük Menderes Havzalarında da su açıkları beklenmektedir.



Fırat Nehri Havzası için mansap ülkelerine su bırakma taahhüdü olan 500 m³/s dikkate alınmıştır.
Dicle Nehri Havzası için mansaba bırakılan 2011-2015 yılları arası ortalama debi değeri 342 m³/s dikkate alınmıştır (DSİ verisi).

Şekil 4.43 Türkiye Geneli için İklim Projeksiyonları HadGEM2-ES RCP4.5 Senaryolarına göre Havza Bazlı Su Fazlası/Açığını Gösterir Tematik Harita (2015-2040)



Fırat Nehri Havzası için mansap ülkelerine su bırakma taahhüdü olan 500 m³/s dikkate alınmıştır.
Dicle Nehri Havzası için mansaba bırakılan 2011-2015 yılları arası ortalama debi değeri 342 m³/s dikkate alınmıştır (DSİ verisi).

Şekil 4.44 Türkiye Geneli için İklim Projeksiyonları HadGEM2-ES RCP4.5 Senaryolarına göre Havza Bazlı Su Fazlası/Açığını Gösterir Tematik Harita (2041-2070)



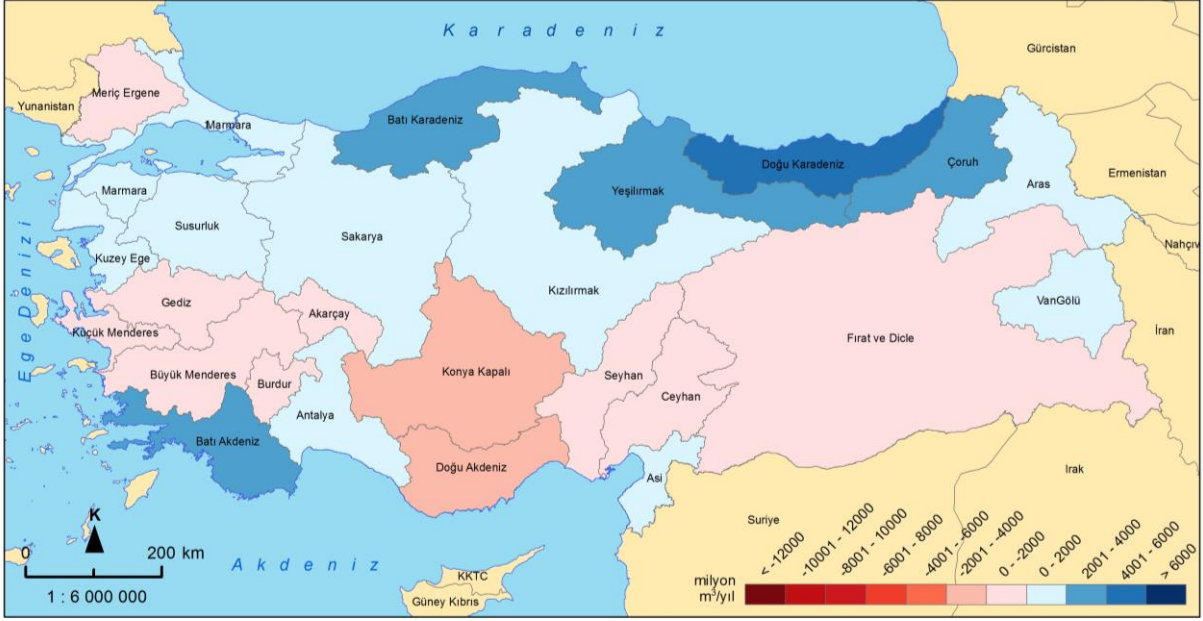
Fırat Nehri Havzası için mansap ülkelerine su bırakma taahhüdü olan 500 m³/s dikkate alınmıştır.
Dicle Nehri Havzası için mansaba bırakılan 2011-2015 yılları arası ortalama debi değeri 342 m³/s dikkate alınmıştır (DSİ verisi).

Şekil 4.45 Türkiye Geneli için İklim Projeksiyonları HadGEM2-ES RCP4.5 Senaryolarına göre Havza Bazlı Su Fazlası/Açığını Gösterir Tematik Harita (2071-2100)



Fırat Nehri Havzası için mansap ülkelerine su bırakma taahhüdü olan 500 m³/s dikkate alınmıştır.
Dicle Nehri Havzası için mansaba bırakılan 2011-2015 yılları arası ortalama debi değeri 342 m³/s dikkate alınmıştır (DSİ verisi).

Şekil 4.46 Türkiye Geneli için İklim Projeksiyonları HadGEM2-ES RCP8.5 Senaryolarına göre Havza Bazlı Su Fazlası/Açığını Gösterir Tematik Harita (2015-2040)



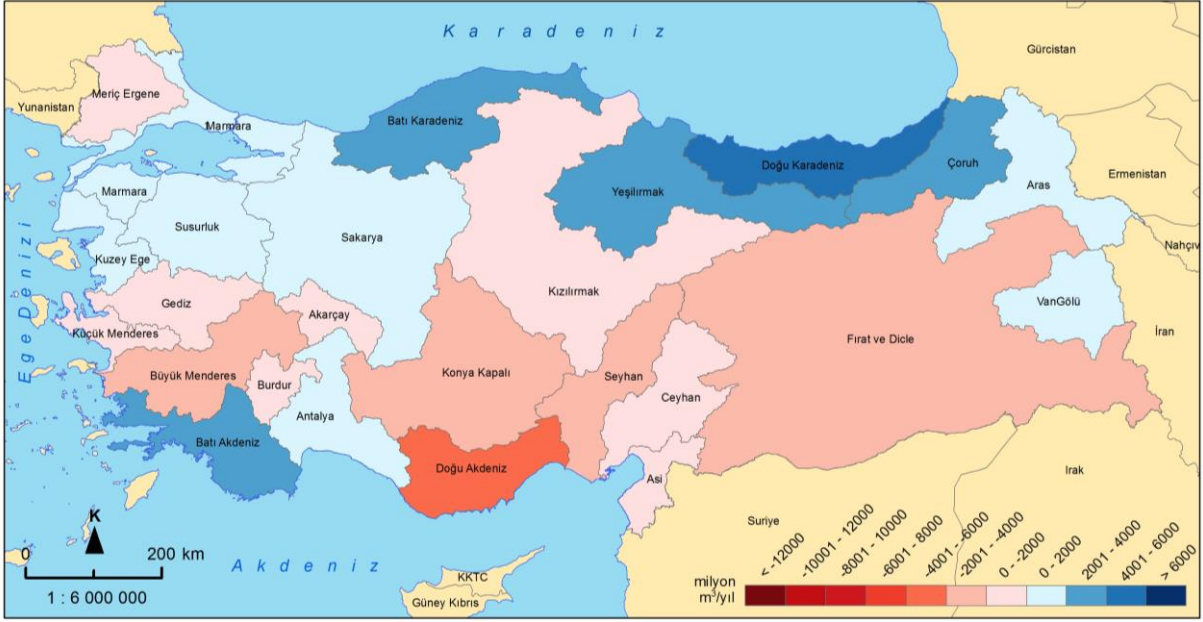
Fırat Nehri Havzası için mansap ülkelerine su bırakma taahhüdü olan 500 m³/s dikkate alınmıştır.
Dicle Nehri Havzası için mansaba bırakılan 2011-2015 yılları arası ortalama debi değeri 342 m³/s dikkate alınmıştır (DSİ verisi).

Şekil 4.52 Türkiye Geneli için İklim Projeksiyonları MPI-ESM-MR RCP8.5 Senaryolarına göre Havza Bazlı Su Fazlası/Açığı GÖsterir Tematik Harita (2015-2040)



Fırat Nehri Havzası için mansap ülkelerine su bırakma taahhüdü olan 500 m³/s dikkate alınmıştır.
Dicle Nehri Havzası için mansaba bırakılan 2011-2015 yılları arası ortalama debi değeri 342 m³/s dikkate alınmıştır (DSİ verisi).

Şekil 4.53 Türkiye Geneli için İklim Projeksiyonları MPI-ESM-MR RCP8.5 Senaryolarına göre Havza Bazlı Su Fazlası/Açığı GÖsterir Tematik Harita (2041-2070)



Fırat Nehri Havzası için mansap ülkelerine su bırakma taahhüdü olan 500 m³/s dikkate alınmıştır.
Dicle Nehri Havzası için mansaba bırakılan 2011-2015 yılları arası ortalama debi değeri 342 m³/s dikkate alınmıştır (DSİ verisi).

Şekil 4.54 Türkiye Geneli için İklim Projeksiyonları MPI-ESM-MR RCP8.5 Senaryolarına göre Havza Bazlı Su Fazlası/Açığı GÖsterir Tematik Harita (2071-2100)



Fırat Nehri Havzası için mansap ülkelerine su bırakma taahhüdü olan 500 m³/s dikkate alınmıştır.
Dicle Nehri Havzası için mansaba bırakılan 2011-2015 yılları arası ortalama debi değeri 342 m³/s dikkate alınmıştır (DSİ verisi).

Şekil 4.55 Türkiye Geneli için İklim Projeksiyonları CNRM-CM5.1 RCP4.5 Senaryolarına göre Havza Bazlı Su Fazlası/Açığı GÖsterir Tematik Harita (2015-2040)



Fırat Nehri Havzası için mansap ülkelerine su bırakma taahhüdü olan 500 m³/s dikkate alınmıştır.
Dicle Nehri Havzası için mansaba bırakılan 2011-2015 yılları arası ortalama debi değeri 342 m³/s dikkate alınmıştır (DSİ verisi).

Şekil 4.56 Türkiye Geneli için İklim Projeksiyonları CNRM-CM5.1 RCP4.5 Senaryolarına göre Havza Bazlı Su Fazlası/Açığı GÖsterir Tematik Harita (2041-2070)



Fırat Nehri Havzası için mansap ülkelerine su bırakma taahhüdü olan 500 m³/s dikkate alınmıştır.
Dicle Nehri Havzası için mansaba bırakılan 2011-2015 yılları arası ortalama debi değeri 342 m³/s dikkate alınmıştır (DSİ verisi).

Şekil 4.57 Türkiye Geneli için İklim Projeksiyonları CNRM-CM5.1 RCP4.5 Senaryolarına göre Havza Bazlı Su Fazlası/Açığı GÖsterir Tematik Harita (2071-2100)

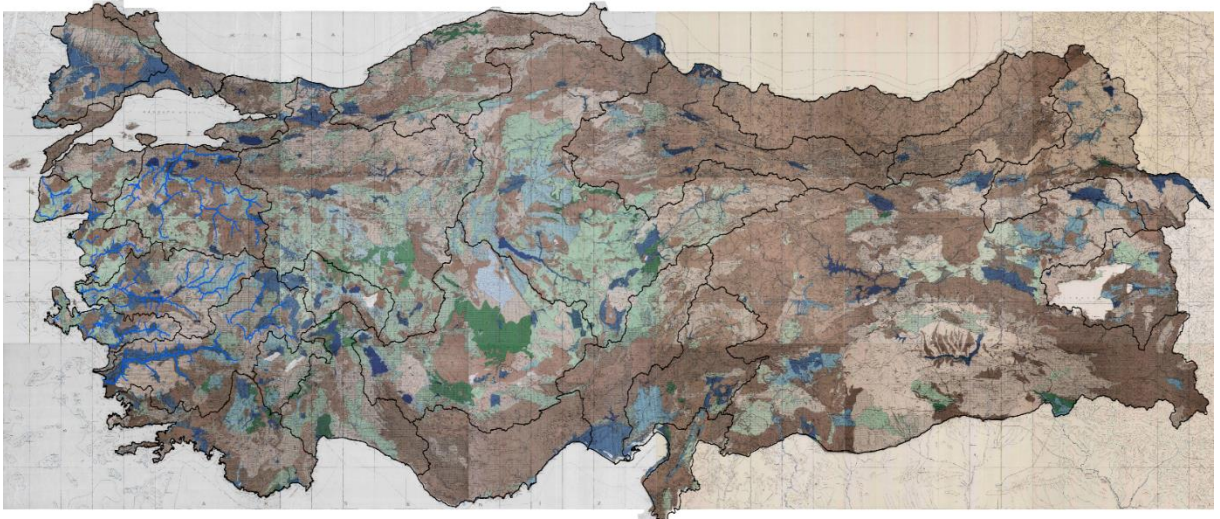
2. Türkiye yeraltı suyu potansiyelinin, üç küresel iklim modeli (HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR ve CNRM-CM5.1) kullanılarak üretilen iklim değişikliği projeksiyonlarının RCP4.5 ve RCP8.5 senaryoları çerçevesinde 1973 – 2012 referans dönemi ile sonrasındaki 2015 – 2020, 2021 – 2030, ... , 2091 – 2100 dönemlerinde nasıl bir değişim göstereceğini gerek farklı yeraltı suyu rezerv türleri ve gerekse dönemsel yeraltı su düzeyi değişimleri bazında öngörmek

Bu iki ana aşamada gerçekleştirilen ayrıntılı hidrojeolojik çalışmalara ilişkin metodoloji Proje Nihai Raporu EK 1, havza bazındaki hidrojeolojik çalışma sonuçları ise EK 3 - EK 27 ile sunulmuştur.

Bu bölümde ise, Türkiye genelindeki hidrojeolojik değerlendirmeye odaklanılmıştır. Bu bağlamda, sözü edilen iki ana çalışma aşamasına koşturularak, proje kapsamında ulaşılmış olan Türkiye'ye özgü hidrojeolojik bulgulara yer verilmiştir.

4.5.1 İlk Aşama Hidrojeoloji Çalışmaları ve Türkiye Genelinde Değerlendirilmesi

İlk aşamada, proje kapsamında sayısallaştırılmış olan 1974 Tarihli 1/500.000 Ölçekli DSİ Türkiye Hidrojeoloji Haritası tüm hidrojeolojik çalışmaların çıkış noktasını oluşturmuştur (Şekil 4.61). Hidrojeolojik harita bilgileri 1964 ve 2002 Tarihli 1/500.000 Ölçekli MTA Türkiye Jeoloji Haritaları'ndakilerle tamamlanmış ve ayrıca 1970'li yıllarda DSİ tarafından hazırlanan 93 adet Türkiye Ovaları Hidrojeolojik Etüt Raporları, logları arşivlenmiş 33.391 adet sondaj kuyusu ve debi ölçümleri mevcut 288 adet su kaynağı ile mevcut literatürdeki ulaşılabilen yüzlerce yerel araştırmadan yararlanılmıştır.



Şekil 4.61 Proje Kapsamında Esas Alınan Ana Kaynak Niteliğindeki 1974 Tarihli 1/500.000 Ölçekli DSİ Türkiye Hidrojeoloji Haritası

Hidrojeolojik değerlendirmelerde öncelik, mevcut hidrojeoloji haritasındaki "hidrojeolojik gruplar"ı ortamsal geçirimsizlik farklılıklarına göre tanımlanan "jeohidrolik ortam" türleriyle

eşleştirmeye ve Türkiye genelinde homojen bir kullanıma gidebilmek amacıyla da bunların her biri için temsili jeohidrolik katsayı büyüklüklerinin farklı jeolojik birimler bazında ayrı ayrı belirlemeye verilmiştir. Sonrasında, benzer jeolojik – hidrojeolojik nitelikler gösteren jeohidrolik ortamlar tanımlanarak gruplandırılmış, şekillendirdikleri hidrojeolojik ortamın (yeraltısuyu depolama ortamı) taneli – kaya, serbest – basınçlı ve sutaşır (akifer) – yarisutaşır (akitard) türü ile boyutsal değerleri belirlenmiş, kodlanarak adlandırılmıştır. Bu işlemler, Türkiye Hidrojeoloji Haritası'ndaki 4800 “hidrojeolojik grup” alanı için tek tek yapılmış, bunların, az ya da çok yeraltısuyu depolayabilir ortamların yerüstündeki görünür kesimleri olan 1752'si ayrıca çalışılarak yeni birleştirmeler–eklemeler–bölümlendirmelerle hidrojeolojik ortamlar şekillendirilmiştir. Bu bağlamda hidrojeolojik ortamların (sutaşırılar, yarisutaşırılar) serbest kesimleri için 1597 mevcut ve 649 yeniden oluşturulmuş (toplamda 2246 adet) jeohidrolik ortam, basınçlı kesimleri için ise 97 mevcut ve 609 yeniden oluşturulmuş (toplamda 716 adet) jeohidrolik ortam ayrı ayrı değerlendirilmiştir.

Hidrojeolojik ortamların ayırt edilmesine ve tanımlanmasına yönelik bu ilk aşama hidrojeolojik çalışmaları sonunda Türkiye için ortaya çıkan durum Tablo 4.20 ile gösterilmiştir. Görüldüğü gibi Türkiye genelinde ayrılmış ve tanımlanmış olan toplam 925 hidrojeolojik ortamın 476'sı “taneli ortam”, 449'u da “kaya ortam” yapısındadır. Burada önemli olan husus, bunlardan “serbest” nitelikli olanların 410 adet ile “taneli ortam” ve ancak 174 adet ile “kaya ortam” yapısında bulunmalarına karşı, “basınçlı” nitelikli olanlarında durumun tam tersine olduğu ve 275 adet ile “kaya ortam”, sadece 66 adet ile de “taneli ortam” yapısında karşılaşılmıştır. Ayrıca toplam 925 hidrojeolojik ortamın 584'ü “serbest” ve 341 adedi “basınçlı” niteliktedir. Türkiye yeraltısuyu potansiyeli bakımından büyük yer tutan ve her açıdan stratejik anlam taşıyan “basınçlı hidrojeolojik ortam”ların ilk defa yine bu proje kapsamında ayrılarak tanımlanmış olması projenin en önemli katkılarından sayılmalıdır.

Tablo 4.20 Türkiye Hidrojeolojik Ortamlarının Genel Karakteri ve Sayısal Dağılımı.

1974 Tarihli 1/500.000 Öçekli Türkiye Hidrojeoloji Haritası'nda Mevcut "Hidrojeolojik Gruplar"	Hidrojeolojik Grup Adlandırması	Yeraltısuyu İhtiva Eden Formasyonlar				Yeraltısuyu İhtiva Etmeyen Formasyonlar	
		Pekışmemiş Formasyonlar		Pekışmiş Formasyonlar		Pekışmemiş + Pekışmiş Formasyonlar	
		Yaygın ve Zengin Akiferler	Mezli ve İrtibatsız Akiferler	Yaygın ve Zengin Akiferler	Mezli ve İrtibatsız Akiferler	Mezli Yeraltısuyu İhtiva Eden Formasyonlar	Yeraltısuyu İhtiva Etmeyen Formasyonlar
	Sayı	253	414	130	955	1265	1783
	* Yüzölçümü, km ²	36.382	48.085	14.547	108.196	234.467	323.398
	Alansal Oranı, %	4,69	6,20	1,88	13,94	30,21	41,67
	Eşleştirildiği Jeohidrolik Ortam Türü	Geçirimli Taneli Ortam	Yarıgeçirimli Taneli Ortam	Geçirimli Kaya Ortam	Yarıgeçirimli Kaya Ortam	Yarıgeçirimsiz Ortam	Geçirimsiz Ortam
Proje Kapsamında Tanımlanmış Hidrojeolojik Ortamlar	Hidrojeolojik Ortam Türü	Sutaşır (Akifer)	Yarısutaşır (Akitard)	Sutaşır (Akifer)	Yarısutaşır (Akitard)	Yarısutaşımaz (Akiklud)	Sutaşımaz (Akifüj)
	Serbest Niteliklilerin Sayısı (İçerdikleri Jeohidrolik Ortam Sayısı : Öncekiler + Yeniler)	157 (221 + 42 = 263)	253 (380 + 113 = 493)	10 (126 + 13 = 139)	164 (870 + 481 = 1351)		-
	Basınçlı Niteliklilerin Sayısı (İçerdikleri Jeohidrolik Ortam Sayısı : Öncekiler + Bölme/Birleştirme/ Ekleme)	23 (7 + 29 = 36)	43 (14 + 91 = 105)	38 (8 + 74 = 82)	237 (68 + 415 = 483)		-

* Hidrojeolojik Grup alanları ile 10.959.2186 km² yüzölçümlü %1,412 oranındaki Göl alanlarının (765.074.971 km²) ve farklı nitelikli diğer alanların da hesaba katılmasıyla %100'e tamamlanan Türkiye toplam yüzölçümü 779.326.202 km² olarak hesaplanmıştır.

Hidrojeolojik ortamların tür ve niteliklerine göre Türkiye akarsu havzaları bazındaki dağılımı Tablo 4.21 ile gösterilmiştir. Bu tablo özellikle hangi havzada ne tür bir hidrojeolojik ortam bulunduğunu ve buradaki yeraltısularının nasıl ve nelere dikkat edilerek hangi bilimsel–teknik ilkeler çerçevesinde araştırılacağını, üretileceğini, nasıl yararlanılacağını, çevresel ve iklimsel olumsuzluklar karşısında tepkisinin ne olacağını öngörmek bakımından bir yol haritası niteliğindedir. Bu bağlamda bir fikir vermek üzere, “serbest veya basınçlı”, “sutaşır veya yarısutaşır” gibi çok daha yaygın tanınır özellikler dışında anlamı çok daha az anlaşılır bulunan hidrojeolojik ortam yapısının sadece “taneli” ya da “kaya” oluşunu bilmek durumunda bile bir yeraltısuyu ortamı için araştırma, geliştirme, stratejik planlama, vb konularda ne tür öngörülerde bulunulabileceği hakkında izleyen paragraflarda kısa bir açıklama getirilmiştir. Ayrıca, ayrı haritalar üzerinde gösterilen Türkiye taneli veya kaya yapıları hidrojeolojik ortamlar yayılımı da bu kısa açıklama kapsamında yapılacak bir stratejik çalışma programı için çok özel bir anlam ve önem taşımaktadır (Şekil 4.62, Şekil 4.63 ve Şekil 4.64).

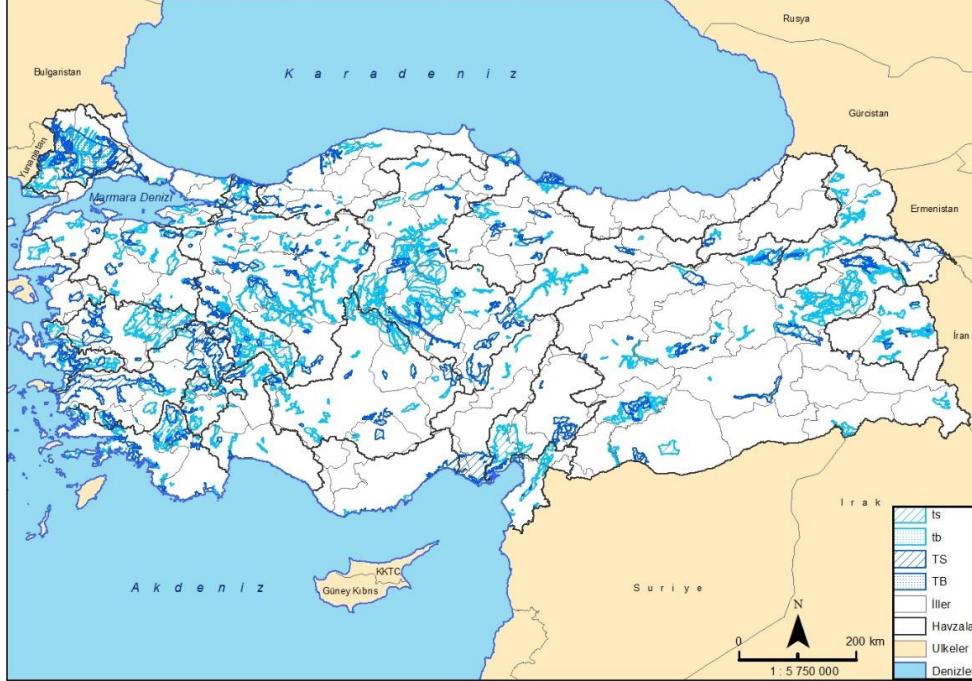
Tablo 4.21 Türkiye Hidrojeolojik Ortamlarının (Yeraltısuyu Depolama Ortamlarının) Türlerine ve Niteliklerine Göre Havzalar Bazında Dağılımı

Havza No.	Havza Adı	TANELİ ORTAMLAR				KAYA ORTAMLAR			
		SUTAŞIR (Akifer) T		YARISUTAŞIR (Akitard) t		SUTAŞIR (Akifer) K		YARISUTAŞIR (Akitard) k	
		Serbest TS	Basınçlı TB	Serbest ts	Basınçlı tb	Serbest KS	Basınçlı KB	Serbest ks	Basınçlı kb
1	Meriç-Ergene	2	2	3	-	-	-	1	2
2	Marmara	10	1	17	2	-	-	5	4
3	Susurluk	5	1	12	3	1	-	7	4
4	Kuzey Ege	4	-	2	1	-	2	8	7
5	Gediz	3	1	9	-	-	-	5	5
6	Küçük Menderes	4	1	8	-	-	-	1	7
7	Büyük Menderes	5	1	9	3	1	-	5	7
8	Batı Akdeniz	16	-	18	2	2	4	-	8
9	Antalya	3	-	7	1	1	3	3	7
10	Burdur	4	-	9	1	-	4	2	5
11	Akarçay	5	-	4	2	-	2	5	8
12	Sakarya	18	3	42	2	2	1	36	35
13	Batı Karadeniz	10	1	6	1	-	4	23	17
14	Yeşilirmak	7	2	5	3	1	-	8	6
15	Kızılırmak	13	4	22	8	-	5	13	32
16	Konya Kapalı	9	2	15	4	-	4	3	22
17	Doğu Akdeniz	3	-	5	-	-	-	7	3
18	Seyhan	2	-	4	-	-	-	8	13
19	Ası	4	-	9	-	1	2	3	6
20	Ceyhan	7	-	3	-	-	4	6	15
21	Fırat-Dicle	11	3	26	6	1	2	12	21
22	Doğu Karadeniz	-	-	1	-	-	-	-	-
23	Çoruh	1	-	1	-	-	-	1	-
24	Aras	5	1	8	1	-	1	1	-
25	Van Gölü	6	-	8	3	-	-	1	3
TÜRKİYE		157	23	253	43	10	38	164	237

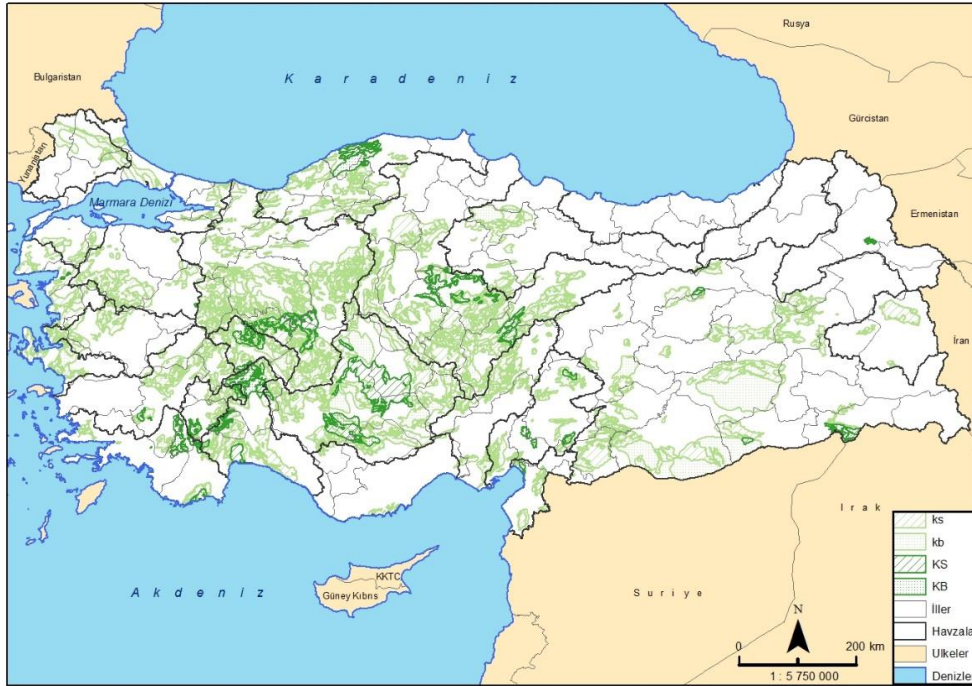
Taneli Hidrojeolojik Ortamlar :

- Esas olarak Holosen–Miyosen yaş aralığında oluşmuş gözenekli taneli kayaçlardır.
- Özellikle ovalarda ve akarsu yataklarında yaygın ve genelde geniş–çok geniş yayılımlıdır.
- Su, rüzgar, buzul ve ayrışma–aşınma işlevleriyle meydana gelmiş homojen ve izotrop yapılı, gözenekli, çimentolanmamış veya gevşek çimentolanmış taneli kayaçlardır (çimentosuz – gevşek çimentolu ayrık tortul kayaçlar ile aşınma - ayrışma sonucunda ufalanmış kayaçlar),
- Düşük–orta verimli, serbest–basınçlı hidrojeolojik ortamlar şekillendirir.
- Beslenme alanları geniş–çok geniş ve yerleşme–yapılaşma karşısında korunması zordur.

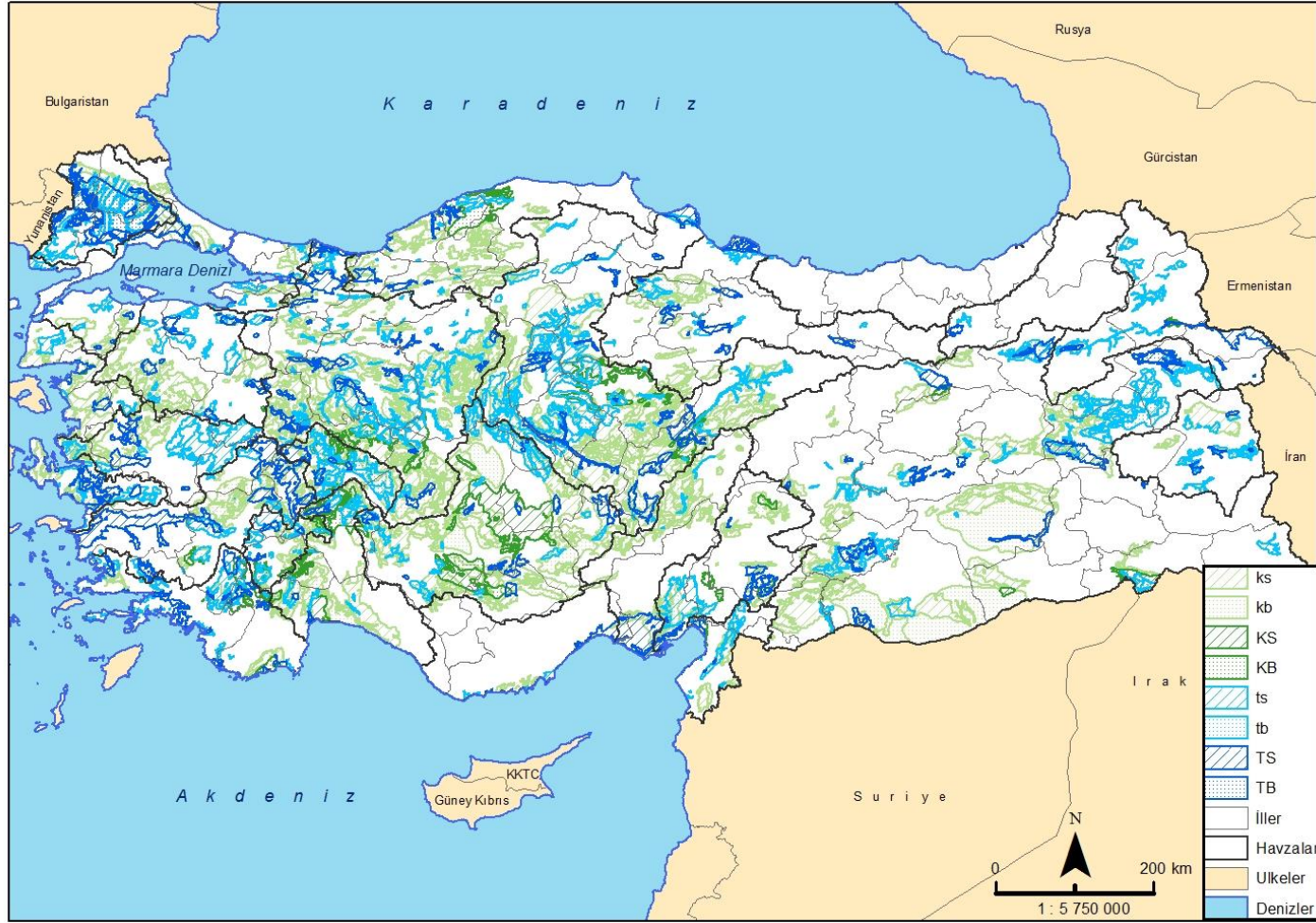
- Geniş alanda kirlenmeye açık, kirlenmesi yavaş, önlenmesi “kolay–zor”dur.
- İçmesuyu olarak kullanıma “uygun–uygun değil”dir.
- Sığ – derin sondajlarla üretilebilir.
- Araştırması ve değerlendirmesi göreceli olarak kolay, hızlı, ekonomiktir.



Şekil 4.62 “Serbest ± Basınçlı” Nitelikteki Taneli Ortam Sutaşlıları (TS, Tb ; Akifer) ve Yarisutaşlılarının (ts, tb ; Akitard) Türkiye’deki Yayılımı.



Şekil 4.63 “Serbest ± Basınçlı” Nitelikteki Kaya Ortam Sutaşlıları (KS, KB ; Akifer) ve Yarisutaşlılarının (ks, kb ; Akitard) Türkiye’deki Yayılımı.



Şekil 4.64 “Serbest ± Basıncılı” Nitelikteki Taneli ve Kaya Ortam Sutaşlıları (TS, TB, KS, KB ; Akifer) ile Yarısutaşlılarının (ts, tb, ks, kb ; Akitard) Türkiye’deki Yayılımı.

Kaya Hidrojeolojik Ortamlar :

- Esas olarak Senozoik – Paleozoik yaş aralığında oluşmuş çatlaklı – boşluklu kaya özelliğindeki kayalardır.
- Engelibeli ve dağlık bölgelerde dar – geniş yayılım potansiyellidir.
- Heterojen ve anizotrop yapılı, çatlaklı, sıkı çimentolanmış veya masif yapılı kayalardır (çimentolu tortul, mağmatik ve metamorfik kayalar),
- Orta – yüksek verimli serbest – basınçlı hidrojeolojik ortamlar şekillendirir.
- Yüzeydeki doğrudan beslenme alanları dar – geniş ve korunması “kolay – çok zor”dur.
- Dar – geniş alanda kirlenmeye açık, kirlenmesi hızlı, önlenmesi “çok kolay – çok zor”dur.
- İçmesuyu olarak kullanıma “uygun – çok uygundur (membra suyu kalitesinde)”.
- Orta – derin sondajlarla üretilebilir.
- Araştırması ve değerlendirmesi zor, yavaş, pahalıdır.

İlk aşama hidrojeolojik çalışmaların son adımında, Türkiye genelinde ayrılarak özellikleri tanımlanan 925 adet hidrojeolojik ortamın yeraltısuyu potansiyelleri “dinamik, statik, hidrojeolojik, mümkün” yeraltısuyu rezervler şeklinde belirlenmiştir (Tablo 4.22, Tablo 4.23, Tablo 4.24, Tablo 4.25). Hesaplamalar, tümüyle “*her hidrojeolojik ortamın kendi özgün jeolojik–hidrojeolojik karakteri esas alınarak*” ortamsal temsiliyeti homojenleştirilmiş jeohidrolik katsayılar ile bazı ortamsal boyutlandırma kabulleri yapılarak “max. yeraltısuyu depolayabilme kapasitesi”ne göre gerçekleştirilmiştir. Uzun ve karmaşık hesaplama verileri her havza ve her havzadaki her hidrojeolojik ortam için ayrı ayrı oluşturularak ayrıntılı açıklamalarıyla birlikte Nihai Rapor eki olarak verilmiştir. Burada, sözü edilen “yeraltısuyu rezerv türleri”nden ne anlaşıldığını aşağıdaki satırlarda bir kez daha yinelemekte yarar bulunmuştur.

Dinamik Rezerv: Serbest hidrojeolojik ortamların yıllık yağıştan sızmayla beslenen üst kesimindeki veya basınçlı hidrojeolojik ortamların yıllık max. ve min. basınçlı su düzeyiyle tanımlı dalgalanma zonundaki “değişken” depolanmalı yeraltısuyu hacmidir.

Statik Rezerv: Serbest hidrojeolojik ortamlarda dinamik rezerv kesimi altında veya basınçlı hidrojeolojik ortamlarda basınçlı ortam kalınlığınca uzun zaman süreçlerince “sürekli” depolanan yeraltısuyu hacmidir.

Hidrojeolojik Rezerv: Serbest hidrojeolojik ortamlarda sızma zonu altında veya basınçlı hidrojeolojik ortamlarda basınçlı ortam kalınlığınca depolanmış yeraltısuyu hacmidir. Bir diğer yaklaşımla “statik ± dinamik” rezervdir.

Mümkün Rezerv : Hidrojeolojik rezervden ekonomik "alınabilir" yeraltısuyu hacmidir.

Tablo 4.22 Türkiye Akarsu Havzalarındaki Hidrojeolojik Ortamların Toplam Dinamik Rezervi

No	Havza Adı	Havza Dinamik Rezervi, RD (km ³) (Referans Dönemi Öncesi Varolan Max. Kapasiteli Doğal Durum)				
		TS + ts (Taneli, Serbest)	KS + ks (Kaya, Serbest)	TS + ts + KS + ks (Taneli+Kaya, Serbest)	TB + tb + KB + kb (Taneli+Kaya, Basınçlı)	(TS + ts + KS + ks) + (TB + tb + KB + kb)
1	Meriç-Ergene	4,4784	0,9043	5,3826	0,1247	5,5074
2	Marmara	2,8579	3,2243	6,0822	0,0057	6,0879
3	Susurluk	2,2365	5,8102	8,0467	0,0013	8,0480
4	Kuzey Ege	0,7251	4,0374	4,7625	0,0006	4,7631
5	Gediz	3,8444	2,7957	6,6401	0,0027	6,6428
6	Küçük Menderes	1,6962	2,5266	4,2228	0,0120	4,2348
7	Büyük Menderes	12,9934	5,6172	18,6106	0,0236	18,6342
8	Batı Akdeniz	3,0819	2,7769	5,8587	0,0106	5,8693
9	Antalya	1,3244	21,6996	23,0239	0,0513	23,0753
10	Burdur	1,8867	2,2722	4,1589	0,0083	4,1672
11	Akarçay	5,3719	3,4085	8,7805	0,0550	8,8354
12	Sakarya	8,3613	30,7359	39,0972	0,0951	39,1923
13	Batı Karadeniz	2,2912	7,3577	9,6489	0,0079	9,6567
14	Yeşilirmak	4,1086	3,6144	7,7229	0,0205	7,7434
15	Kızılırmak	31,2073	48,3968	79,6040	0,1079	79,7119
16	Konya Kapalı	3,5110	37,1196	40,6306	0,0988	40,7294
17	Doğu Akdeniz	0,9467	0,8443	1,7910	0,0000	1,7910
18	Seyhan	7,1674	4,5901	11,7575	0,0064	11,7639
19	Ası	1,7984	1,4105	3,2089	0,0007	3,2096
20	Ceyhan	12,7163	1,0826	13,7989	0,0024	13,8013
21	Fırat-Dicle	20,2852	44,2559	64,5411	0,4785	65,0196
22	Doğu Karadeniz	0,0046	0,0000	0,0046	0,0000	0,0046
23	Çoruh	0,1155	0,0037	0,1192	0,0000	0,1192
24	Aras	2,7606	0,0540	2,8146	0,0019	2,8165
25	Van Gölü	1,1383	1,8190	2,9573	0,0015	2,9588
TÜRKİYE		136,9088	236,3573	373,2662	1,1174	374,3835

Tablo 4.23 Türkiye Akarsu Havzalarındaki Hidrojeolojik Ortamların Toplam Statik Rezervi

No.	Havza Adı	Havza Statik Rezervi, RS (km ³) (Referans Dönemi Öncesi Varolan Max. Kapasiteli Doğal Durum)				
		TS + ts (Taneli, Serbest)	KS + ks (Kaya, Serbest)	TS + ts + KS + ks (Taneli+Kaya, Serbest)	TB + tb + KB + kb (Taneli+Kaya, Basınçlı)	(TS + ts + KS + ks) + (TB + tb + KB + kb)
1	Meriç-Ergene	37,5486	2,1100	39,6586	143,1032	182,7618
2	Marmara	13,8869	7,5233	21,4102	25,6691	47,0793
3	Susurluk	9,8979	13,5917	23,4896	2,5376	26,0272
4	Kuzey Ege	3,3145	9,4303	12,7448	1,3837	14,1284
5	Gediz	14,6226	6,5233	21,1459	11,7512	32,8971
6	Küçük Menderes	12,4895	5,8953	18,3848	33,4822	51,8670
7	Büyük Menderes	109,7642	13,8881	123,6522	85,4282	209,0804
8	Batı Akdeniz	11,8814	12,4191	24,3005	39,3624	63,6629
9	Antalya	4,3013	71,4480	75,7493	188,7192	264,4685
10	Burdur	6,3366	6,3876	12,7242	31,7949	44,5192
11	Akarçay	20,9012	10,0522	30,9534	64,7222	95,6756
12	Sakarya	47,2424	73,8387	121,0811	216,8353	337,9164
13	Batı Karadeniz	14,2469	20,7419	34,9888	48,3088	83,2976
14	Yeşilirmak	21,9454	8,4420	30,3874	48,0709	78,4583

No.	Havza Adı	Havza Statik Rezervi, RS (km ³)				
		(Referans Dönemi Öncesi Varolan Max. Kapasiteli Doğal Durum)				
		TS + ts (Taneli, Serbest)	KS + ks (Kaya, Serbest)	TS + ts + KS + ks (Taneli+Kaya, Serbest)	TB + tb + KB + kb (Taneli+Kaya, Basınçlı)	(TS + ts + KS + ks) + (TB + tb + KB + kb)
15	Kızılırmak	108,9456	120,9048	229,8504	184,1843	414,0347
16	Konya Kapalı	11,9733	168,2737	180,2470	297,3536	477,6006
17	Doğu Akdeniz	6,3556	1,9700	8,3256	0,1143	8,4400
18	Seyhan	64,3851	10,7103	75,0954	24,7358	99,8312
19	Ası	5,2970	3,8423	9,1393	3,8720	13,0113
20	Ceyhan	38,4437	3,4693	41,9130	19,8032	61,7162
21	Fırat-Dicle	84,2809	117,4435	201,7244	631,9145	833,6389
22	Doğu Karadeniz	0,0107	0,0000	0,0107	0,0000	0,0107
23	Çoruh	0,8508	0,0087	0,8595	0,0000	0,8595
24	Aras	15,9002	0,3646	16,2648	1,7563	18,0211
25	Van Gölü	3,6163	4,2443	7,8607	2,7426	10,6032
TÜRKİYE		668,4387	693,5231	1361,9617	2107,6454	3469,6071

Tablo 4.24 Türkiye Akarsu Havzalarındaki Hidrojeolojik Ortamların Toplam Hidrojeolojik Rezervi

No	Havza Adı	Havza Hidrojeolojik Rezervi, RH (km ³)				
		(Referans Dönemi Öncesi Varolan Max. Kapasiteli Doğal Durum)				
		TS + ts (Taneli, Serbest)	KS + ks (Kaya, Serbest)	TS + ts + KS + ks (Taneli+Kaya, Serbest)	TB + tb + KB + kb (Taneli+Kaya, Basınçlı)	(TS + ts + KS + ks) + (TB + tb + KB + kb)
1	Meriç-Ergene	42,0269	3,0143	45,0412	143,2280	188,2692
2	Marmara	16,7448	10,7475	27,4924	25,6748	53,1671
3	Susurluk	12,1344	19,4019	31,5363	2,5389	34,0752
4	Kuzey Ege	4,0396	13,4677	17,5073	1,3842	18,8915
5	Gediz	18,4670	9,3190	27,7860	11,7539	39,5399
6	Küçük Menderes	14,1857	8,4219	22,6075	33,4942	56,1017
7	Büyük Menderes	122,7576	19,5053	142,2629	85,4517	227,7146
8	Batı Akdeniz	14,9632	15,1960	30,1592	39,3730	69,5322
9	Antalya	5,6257	93,1475	98,7732	188,7706	287,5437
10	Burdur	8,2233	8,6598	16,8831	31,8032	48,6863
11	Akarçay	26,2731	13,4607	39,7338	64,7772	104,5110
12	Sakarya	55,6036	104,5746	160,1783	216,9304	377,1086
13	Batı Karadeniz	16,5382	28,0995	44,6377	48,3166	92,9543
14	Yesilirmak	26,0540	12,0564	38,1103	48,0914	86,2017
15	Kızılırmak	140,1529	169,3016	309,4544	184,2922	493,7467
16	Konya Kapalı	15,4843	205,3933	220,8776	297,4523	518,3299
17	Doğu Akdeniz	7,3023	2,8143	10,1166	0,1144	10,2310
18	Seyhan	71,5524	15,3005	86,8529	24,7422	111,5951
19	Ası	7,0954	5,2528	12,3482	3,8727	16,2209
20	Ceyhan	51,1600	4,5519	55,7119	19,8056	75,5175
21	Fırat-Dicle	104,5660	161,6995	266,2655	632,3930	898,6585
22	Doğu Karadeniz	0,0153	0,0000	0,0153	0,0000	0,0153
23	Çoruh	0,9663	0,0125	0,9788	0,0000	0,9788
24	Aras	18,6608	0,4186	19,0794	1,7582	20,8376
25	Van Gölü	4,7546	6,0633	10,8179	2,7441	13,5620
TÜRKİYE		805,3475	929,8804	1735,2279	2108,7628	3843,9906

Tablo 4.25 Türkiye Akarsu Havzalarındaki Hidrojeolojik Ortamların Toplam Mümkmn Rezervi

No	Havza Adı	Havza Mümkmn Rezervi, RP (km ³) (Referans Dönemi Öncesi Varolan Max. Kapasiteli Doğal Durum)				
		TS + ts (Taneli, Serbest)	KS + ks (Kaya, Serbest)	TS + ts + KS + ks (Taneli+Kaya, Serbest)	TB + tb + KB + kb (Taneli+Kaya, Basınçlı)	(TS + ts + KS + ks) + (TB + tb + KB + kb)
1	Meriç-Ergene	29,1432	1,5072	30,6503	94,4422	125,0926
2	Marmara	10,5379	5,3738	15,9117	12,8666	28,7783
3	Susurluk	7,4710	9,7113	17,1824	1,3110	18,4934
4	Kuzey Ege	2,5066	6,7367	9,2433	0,7081	9,9514
5	Gediz	10,9292	4,6595	15,5887	5,8814	21,4701
6	Küçük Menderes	9,6523	4,2109	13,8633	17,9448	31,8081
7	Büyük Menderes	85,2126	9,9870	95,1997	42,7384	137,9381
8	Batı Akdeniz	8,8887	9,3799	18,2687	24,6068	42,8755
9	Antalya	3,1762	52,8184	55,9946	111,6551	167,6498
10	Burdur	4,6920	4,6556	9,3476	16,7677	26,1153
11	Akarçay	15,6466	7,3600	23,0066	34,3259	57,3325
12	Sakarya	36,1216	52,9238	89,0454	111,2969	200,3423
13	Batı Karadeniz	10,9393	15,1220	26,0613	29,2419	55,3031
14	Yesilirmak	16,7346	6,0308	22,7653	24,8369	47,6022
15	Kızılırmak	80,9150	87,0445	167,9595	98,1199	266,0794
16	Konya Kapalı	8,8765	127,1950	136,0715	169,6199	305,6914
17	Doğu Akdeniz	4,8952	1,4072	6,3023	0,0572	6,3595
18	Seyhan	50,0746	7,6502	57,7248	12,3711	70,0959
19	Ası	3,8779	2,7917	6,6697	1,9698	8,6395
20	Ceyhan	28,2117	2,5589	30,7706	10,6145	41,3851
21	Fırat-Dicle	63,3677	85,1037	148,4713	324,7514	473,2227
22	Doğu Karadeniz	0,0077	0,0000	0,0077	0,0000	0,0077
23	Çoruh	0,6576	0,0062	0,6638	0,0000	0,6638
24	Aras	12,1680	0,2808	12,4489	1,0827	13,5316
25	Van Gölü	2,6654	3,0317	5,6971	1,3721	7,0691
TÜRKİYE		507,3692	507,5470	1014,9162	1148,5821	2163,4983

İlgili tablolarında (Tablo 4.22, Tablo 4.23, Tablo 4.24, Tablo 4.25) görüleceği üzere bulundukları hidrojeolojik ortamların toplam potansiyelleri olarak havza bazında ifade edilen “dinamik, statik, hidrojeolojik, mümkün” yeraltısuyu rezervlerinin Türkiye genelindeki sayısal büyüklükleri aşağıda tekrarlanmıştır.

- Türkiye Yeraltısuyu Dinamik Rezervi: 374 km³
- Türkiye Yeraltısuyu Statik Rezervi: 3470 km³
- Türkiye Yeraltısuyu Hidrojeolojik Rezervi: 3844 km³
- Türkiye Yeraltısuyu Mümkmn Rezervi: 2163 km³

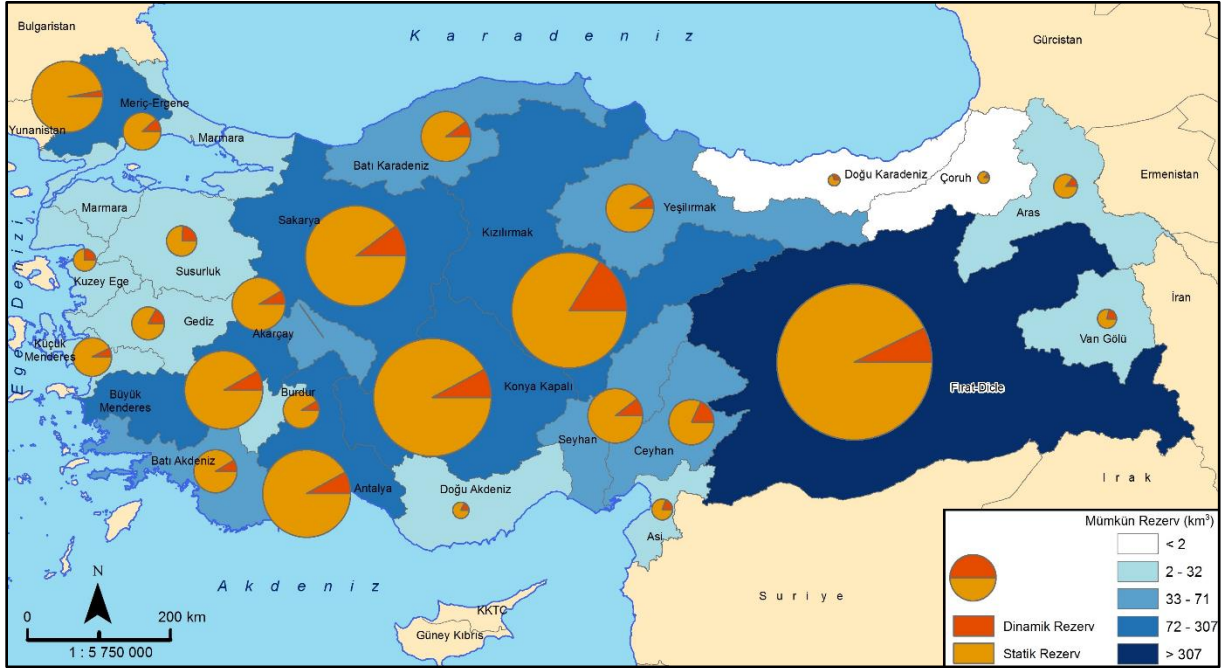
Türkiye akarsu havzalarındaki hidrojeolojik ortamların taşımış oldukları yeraltısuyu potansiyelinin farklı şekillerde ifadesi olan “dinamik, statik, hidrojeolojik, mümkün” yeraltısuyu

rezervi büyüklüklerinin havzalar arası karşılaştırma kolaylığını sağlamak amacıyla ayrı bir tablo, harita ve diyagram hazırlanmıştır (Tablo 4.26, Şekil 4.65, Şekil 4.66 ve Şekil 4.67). Burada ortaya çıkan ince bir husus, bazı havzalardaki daha büyük ya da daha küçük değerlerin basit bir karşılaştırma yanılığına yol açmasıdır. Havza alanlarının büyüklük ve küçüklükleri ile doğrudan ilişkili olan böyle bir yanılığın önüne geçmek ve havzaların yeraltısu barındırma potansiyellerini çok daha gerçekçi tanımlayabilmek için “havza hidrojeolojik ortam verimliliği oranı” olarak adlandırılan bir “indis” oluşturulmuş ve havza yeraltısu potansiyelleri çok daha doğru olarak değerlendirilmiştir. Örneğin, yeraltısu rezerv türlerine ait en yüksek sayısal değerler sıralamasında 5. sırada olan Antalya Havzası'nın hidrojeolojik ortam verimliliği bağlamında 1. sırada, veya 6. sıradaki Büyük Menderes Havzası'nın 2. sırada yer aldığı görülmüştür.

Tablo 4.26 Türkiye Akarsu Havzaları Yeraltısu Rezervleri ve Havza Verimlilikleri

Havza No.	Havza Adı	Havza Alanı Yüzölçümü AB (km ²)	Hidrojeolojik Ortam Alanları Yüzölçümü AH (km ²)	Yeraltısu Rezervleri (Referans Dönemi Öncesi Varolan Max. Kapasiteli Doğal Durum)				Yeraltısu Verimlilik Göstergeleri	
				Havza Dinamik Rezervi RD (km ³)	Havza Statik Rezervi RS (km ³)	Havza Hidrojeolojik Rezervi RH (km ³)	Havza Mümkün Rezervi RP (km ³)	Havza Mümkün Rezerv Oranı RPr = RP / AB (hm ³ /km ²)	Havza Hidrojeolojik Ortam Verimliliği Oranı Ry = RP / AH (hm ³ /km ²)
1	Meriç-Ergene	14465	12623	5,51	182,76	188,27	125,09	8,65	9,91
2	Marmara	23114	6553	6,09	47,08	53,17	28,78	1,25	4,39
3	Susurluk	24293	8086	8,05	26,03	34,08	18,49	0,76	2,29
4	Kuzey Ege	9952	5099	4,76	14,13	18,89	9,95	1,00	1,95
5	Gediz	16976	8615	6,64	32,90	39,54	21,47	1,26	2,49
6	Küçük Menderes	7030	6068	4,23	51,87	56,10	31,81	4,52	5,24
7	Büyük Menderes	26010	13890	18,63	209,08	227,71	137,94	5,30	9,93
8	Batı Akdeniz	21085	7253	5,87	63,66	69,53	42,88	2,03	5,91
9	Antalya	20213	14362	23,08	264,47	287,54	167,65	8,29	11,67
10	Burdur	6274	5321	4,17	44,52	48,69	26,12	4,16	4,91
11	Akarçay	7954	10957	8,84	95,68	104,51	57,33	7,21	5,23
12	Sakarya	63257	45861	39,19	337,92	377,11	200,34	3,17	4,37
13	Batı Karadeniz	28968	9639	9,66	83,30	92,95	55,30	1,91	5,74
14	Yesilirmak	39614	7806	7,74	78,46	86,20	47,60	1,20	6,10
15	Kızılırmak	82100	56214	79,71	414,03	493,75	266,08	3,24	4,73
16	Konya Kapalı	49805	39398	40,73	477,60	518,33	305,69	6,14	7,76
17	Doğu Akdeniz	21658	1157	1,79	8,44	10,23	6,36	0,29	5,49
18	Seyhan	22136	9335	11,76	99,83	111,60	70,10	3,17	7,51
19	Ası	7857	2240	3,21	13,01	16,22	8,64	1,10	3,86

Havza No.	Havza Adı	Havza Alanı Yüzölçümü AB (km ²)	Hidrojeolojik Ortam Alanları Yüzölçümü AH (km ²)	Yeraltısuyu Rezervleri (Referans Dönemi Öncesi Varolan Max. Kapasiteli Doğal Durum)				Yeraltısuyu Verimlilik Göstergeleri	
				Havza Dinamik Rezervi RD (km ³)	Havza Statik Rezervi RS (km ³)	Havza Hidrojeolojik Rezervi RH (km ³)	Havza Mümkün Rezervi RP (km ³)	Havza Mümkün Rezerv Oranı RPr = RP / AB (hm ³ /km ²)	Havza Hidrojeolojik Ortam Verimliliği Oranı Ry = RP / AH (hm ³ /km ²)
20	Ceyhan	21488	7864	13,80	61,72	75,52	41,39	1,93	5,26
21	Fırat-Dicle	175956	60532	65,02	833,64	898,66	473,22	2,69	7,82
22	Doğu Karadeniz	22852	16	0,0046	0,01	0,02	0,01	0,0003	0,47
23	Çoruh	20252	216	0,12	0,86	0,98	0,66	0,03	3,08
24	Aras	28100	2690	2,82	18,02	20,84	13,53	0,48	5,03
25	Van Gölü	17917	3434	2,96	10,60	13,56	7,07	0,39	2,06
TÜRKİYE		779326	345227	374,38	3469,61	3843,99	2163,50	2,78	6,27



Şekil 4.65 Türkiye Akarsu Havzaları Yeraltısuyu Potansiyelinin “Dinamik, Statik, Hidrojeolojik, Mümkün Rezervler” Türünde Dağılımı

4.5.2 İkinci Aşama Hidrojeoloji Çalışmaları ve Türkiye Genelinde Değerlendirilmesi

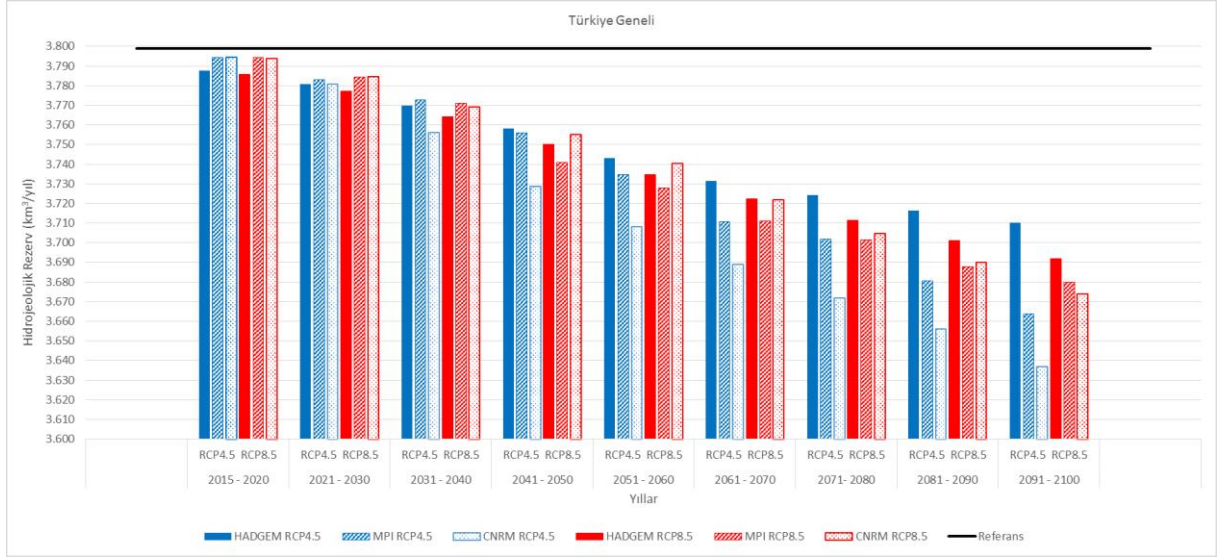
Bu aşamadaki hidrojeolojik çalışmalar kapsamında, Türkiye yeraltısuyu potansiyelinin, üç küresel iklim modeli kullanılarak üretilen iklim değişikliği projeksiyonlarının iki farklı senaryoya göre 1973-2012 referans dönemi ile izleyen 2015–2020, 2021–2030, ... , 2091–2100 dönemlerinde nasıl bir değişim göstereceği hususu farklı yeraltısuyu rezerv türleri ve dönemsel yeraltı su düzeyi değişimi bazında araştırılmıştır.

Projede hedeflenen zaman dilimleri ve iklim modelleri - senaryoları için gerçekleştirilen zaman bağımlı rezerv çalışmaları, büyük oranda, hidrolojik çalışmalar kapsamındaki meteorolojik bilanço hesaplamalarından hareketle üretilmiş olan “havzada yağıştan yeraltına net sızma” ve “havzada yeraltı akışıyla akarsuya katılım (baz akım)” verilerine dayandırılmış, yeraltısuyu rezerv hesaplamaları kapsamında hangi bağıntılar kullanılarak ve nasıl yararlanıldığı hususu hidrojeolojik çalışmalara ilişkin metodoloji Proje Nihai Raporu EK 1, havza bazındaki hidrojeolojik çalışma sonuçları ise EK 3 - EK 27 ile sunulmuştur. Rezerv hesaplamalarında, hidrojeolojik ortamı doğal yollarla boşaltan “baz akım” dışında, mevcut verilerle sınırlı da olsa havzadaki “kaynaklardan boşalım ve su sondajlarından çekim” değerlerinden de yararlanılmıştır. Tüm bu faktörler projedeki zaman dilimleri süresince iklim değişimi etkisi altındaki hidrolojik değişimleri ve havza su ihtiyacındaki farklılaşmaları dikkate alan “dengeleme oranlarıyla” çarpılarak ilgili zaman dilimlerindeki iklim koşullarına uyumlu dönemsel yeraltısuyu rezerv değerleri ve yeraltı su düzeyi değişimleri öngörülmüştür.

Yapılan rezerv hesaplamaları çalışması sonunda, önce havzadaki her bir hidrojeolojik ortamın serbest ve basınçlı kesimleri için ayrı ayrı olmak üzere tüm proje dönemleri ile bunlara uygulanmış farklı iklim modelleri - senaryoları bazında “dinamik, statik, hidrojeolojik, mümkün” rezervler hesaplanmış, elde edilen rezerv değerlerinin kendi içlerinde ayrı toplamlarından hareketle bulunan havza bazlı sonuçlar ve ortamın max. kapasiteli durumuna göre 2100 yılı itibariyle rezerv azalım oranları bu Nihai Rapor’un havza bazlı ekleri kapsamındaki “havza hidrojeolojileri” bölümlerinde (Ek 3 - Ek 27) ayrıntılı tablolar halinde verilmiştir.

Yeraltısuyu rezerv türlerinden, hidrojeolojik ortamlardaki ya da bunları içeren Türkiye Akarsu Havzaları’ndaki toplam yeraltısuyu potansiyelini ifade eden “yeraltısuyu hidrojeolojik rezervi” ve sadece yararlanılabilir–kullanılabilir yeraltısuyu miktarını ifade eden “yeraltısuyu mümkün rezervi” dikkate alınarak Türkiye Akarsu Havzaları’nın söz konusu 6 farklı iklim modeline-senaryosuna göre nasıl bir değişim sunacağına ilişkin bir diyagram (hidrojeolojik rezerv–iklim modelleri/senaryoları), tablo(mümkün rezerv miktarı/değişim oranı–iklim modelleri/senaryoları) ve haritalar (iklim modelleri/senaryolarına göre havzalardaki mümkün

rezerv değişim oranları) hazırlanmıştır (şekil 4.68, şekil 4.69, şekil 4.70 ve şekil 4.71, Tablo 4.27).



şekil 4.68 İklim Modellerine – Senaryolarına Göre Türkiye Yeraltısuyu Hidrojeolojik Rezervinde Öngörülen Değişim Eğilimi

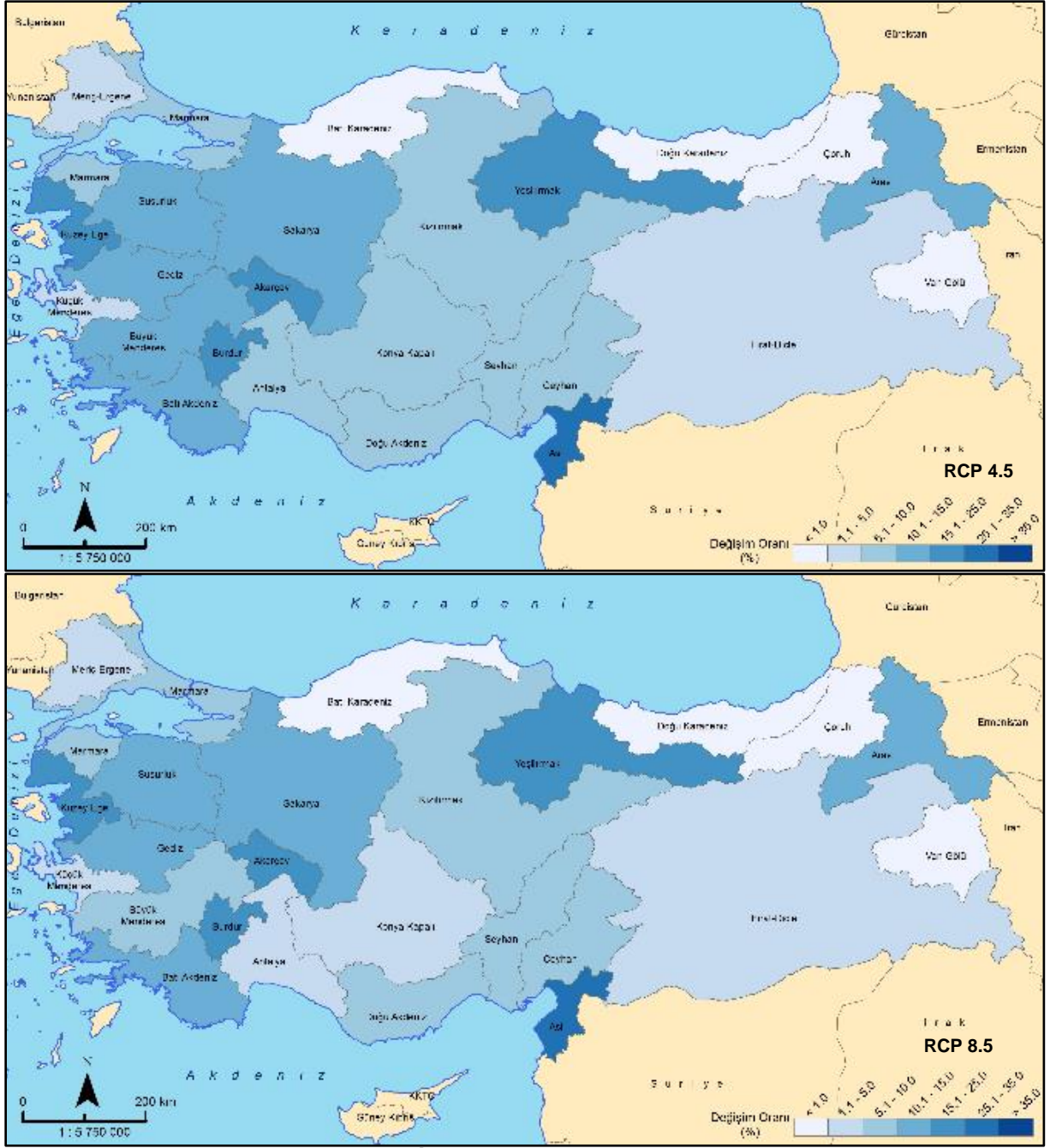
Yeraltısuyu potansiyelini belirleyen ana parametreler arasında ortamsal boşluluk ve yeraltına sızma oranı büyük önem taşımaktadır. Dolayısıyla bu parametreleri etkileyebilecek her tür doğal ve antropojenik etmen doğaldır ki bölgenin yeraltısuyu potansiyelini arttırıcı ya da eksiltici yönde birincil rol oynamaktadır. Konuyla ilgili doğal parametreler arasında en önemlisini, yeraltısularının neredeyse tek besleyicisi olan yağmur ve kar türü yağışlarda olabilecek farklılaşmalar ve bunu denetleyen küresel iklim koşullarındaki değişimler oluşturmaktadır. Antropojenik parametreler arasında ise kentleşme, yeraltısuyu kullanımındaki alışkanlıklar ve kullanım çeşitliliği ile kullanım miktarlarındaki değişiklikler en başta gelenlerdir.

Tablo 4.27 İklim Modelleri – Senaryolarına Göre Türkiye Akarsu Havzalarında Mevcut Yeraltısu Yumkn Rezervinin Değişen Miktarları ve Değişim Oranları

Havza No.	Havza Adı	Max. MÜMKÜN REZERV (km ³)	HadGEM2-ES RCP4.5 SENARYO - I		HadGEM2-ES RCP8.5 SENARYO - II		MPI-ESM-MR RCP4.5 SENARYO - III		MPI-ESM-MR RCP8.5 SENARYO - IV		CNRM-CM5.1 RCP4.5 SENARYO - V		CNRM-CM5.1 RCP8.5 SENARYO - VI	
			2091 - 2100 Dönemi (km ³)	İklimsel Değişim Etkisi Oranı (%)	2091 - 2100 Dönemi (km ³)	İklimsel Değişim Etkisi Oranı (%)	2091 - 2100 Dönemi (km ³)	İklimsel Değişim Etkisi Oranı (%)	2091 - 2100 Dönemi (km ³)	İklimsel Değişim Etkisi Oranı (%)	2091 - 2100 Dönemi (km ³)	İklimsel Değişim Etkisi Oranı (%)	2091 - 2100 Dönemi (km ³)	İklimsel Değişim Etkisi Oranı (%)
1	Meriç-Ergene	125,09	123,09	1,60	121,57	2,82	123,08	1,61	123,07	1,62	123,03	1,65	122,56	2,03
2	Marmara	28,78	26,56	7,71	26,47	8,02	25,87	10,11	26,00	9,66	25,82	10,26	25,95	9,82
3	Susurluk	18,49	16,50	10,77	16,47	10,91	16,51	10,72	16,52	10,67	16,47	10,94	16,52	10,69
4	Kuzey Ege	9,95	8,08	18,80	7,96	20,03	7,99	19,75	8,05	19,08	7,82	21,38	8,03	19,28
5	Gediz	21,47	18,50	13,82	18,44	14,12	17,61	17,99	17,93	16,50	17,17	20,03	17,83	16,93
6	Küçük Menderes	31,81	30,42	4,38	30,24	4,94	30,67	3,59	30,45	4,27	30,48	4,17	30,44	4,30
7	Büyük Menderes	137,94	128,48	6,86	123,65	10,36	128,37	6,94	127,31	7,70	125,58	8,96	127,68	7,44
8	Batı Akdeniz	42,88	38,39	10,45	38,25	10,79	33,73	21,33	34,76	18,93	33,57	21,70	34,27	20,06
9	Antalya	167,65	159,29	4,99	157,04	6,33	150,89	10,00	153,08	8,69	147,10	12,26	152,99	8,75
10	Burdur	26,12	21,54	17,51	21,54	17,52	19,33	25,97	20,60	21,12	19,27	26,20	19,44	25,56
11	Akarçay	57,33	47,43	17,28	45,76	20,19	46,99	18,05	46,75	18,47	45,71	20,27	46,51	18,88
12	Sakarya	200,34	180,09	10,11	179,78	10,26	181,60	9,35	181,12	9,59	181,72	9,29	181,28	9,52
13	Batı Karadeniz	55,30	55,20	0,19	55,19	0,21	48,54	12,22	52,19	5,62	45,50	17,73	51,34	7,17
14	Yeşilırmak	47,60	39,84	16,31	39,74	16,51	39,78	16,42	39,79	16,40	39,75	16,49	39,78	16,44
15	Kızılırmak	266,08	248,36	6,66	246,85	7,23	238,45	10,38	242,65	8,81	231,08	13,16	241,38	9,28
16	Konya Kapalı	305,69	293,64	3,94	290,07	5,11	290,24	5,05	291,93	4,50	287,96	5,80	291,44	4,66
17	Doğu Akdeniz	6,36	5,75	9,62	5,73	9,87	5,60	11,92	5,65	11,15	5,53	13,09	5,64	11,36
18	Seyhan	70,10	64,79	7,57	64,79	7,57	64,79	7,57	64,79	7,57	64,79	7,57	64,79	7,57
19	Ası	8,64	5,85	32,33	5,82	32,64	4,30	50,26	4,83	44,09	3,98	53,88	4,68	45,88
20	Ceyhan	41,39	38,62	6,69	38,40	7,21	36,24	12,43	37,08	10,40	35,08	15,24	36,83	11,00
21	Fırat-Dicle	473,22	459,82	2,83	458,10	3,20	454,55	3,95	456,12	3,61	450,83	4,73	455,47	3,75
22	Doğu Karadeniz	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00
23	Çoruh	0,66	0,66	0,00	0,66	0,00	0,62	7,10	0,62	7,10	0,62	7,10	0,62	7,10
24	Aras	13,53	11,88	12,17	11,88	12,21	11,84	12,48	11,86	12,36	11,82	12,64	11,85	12,41
25	Van Gölü	7,07	7,04	0,40	7,02	0,75	5,94	15,96	6,34	10,37	5,86	17,11	6,21	12,21
TÜRKİYE		2163,50	2029,82	0,80	2011,42	1,45	1983,52	5,07	1999,50	4,09	1956,56	5,30	1993,52	4,97

İklim modelleri-senaryolarının tanımladığı farklı iklim koşulları etkisi altında Türkiye Akarsu Havzaları'ndaki yeraltısuyu rezervlerinin tümünde değişiklikler görülmüştür. Bu bağlamda yararlanılabilir-kullanılabilir yeraltısuyu büyüklüğünü temsil eden “yeraltısuyu mümkün rezervi” bazında yapılacak bir değerlendirme daha uygun görülerek bu rezerv türünün farklı iklimsel koşullar etkisi altında 2091–2100 dönemine gelindiğinde hangi referans dönemine göre ne oranda değişeceği belirlenmiştir. Bu bağlamda her havza için bir “iklimsel değişim etkisi oranı” hesaplanmış ve farklı iklim modelleri–senaryoları için ayrı ayrı olmak üzere Türkiye Akarsu Havzaları bazında haritalanmıştır (Şekil 4.69, Şekil 4.70 ve Şekil 4.71). Herhangi bir dönem için verilen “iklimsel değişim etkisi oranı” önceki dönemleri de içerecek şekilde kendi dönemine kadar olan tüm değişimlerin eklenik sonucunu yansıtmaktadır. 2091 – 2100 dönemi de kendisinden önceki dönemlerde ortaya çıkan değişimlerin bünyesinde barındıran ve dolayısıyla ilgili havzanın 2091 – 2100 dönemine gelindiğinde bu dönem itibarıyla önceki dönemlerden sarkarak gelen tüm mümkün rezerv ve iklimsel değişim etkisi oranlarının bileşkesini, yani havzadaki mümkün rezerv ve iklimsel değişim etkisi oranının ulaşabileceği maksimum durumu ifade eden bir özelliğindedir. 2091 – 2100 dönemine ait final değerlerin, iklim değişiminin ilgili havza üzerindeki maksimum değişimi göstermesi ve bu bağlamda ara dönem değerlerinin bunun altında kalması nedeniyle havzalardaki mümkün rezerv ve iklimsel değişim etkisi oranlarının sadece 2091 – 2100 dönemi için verilmesi anlamlı bulunmuştur.

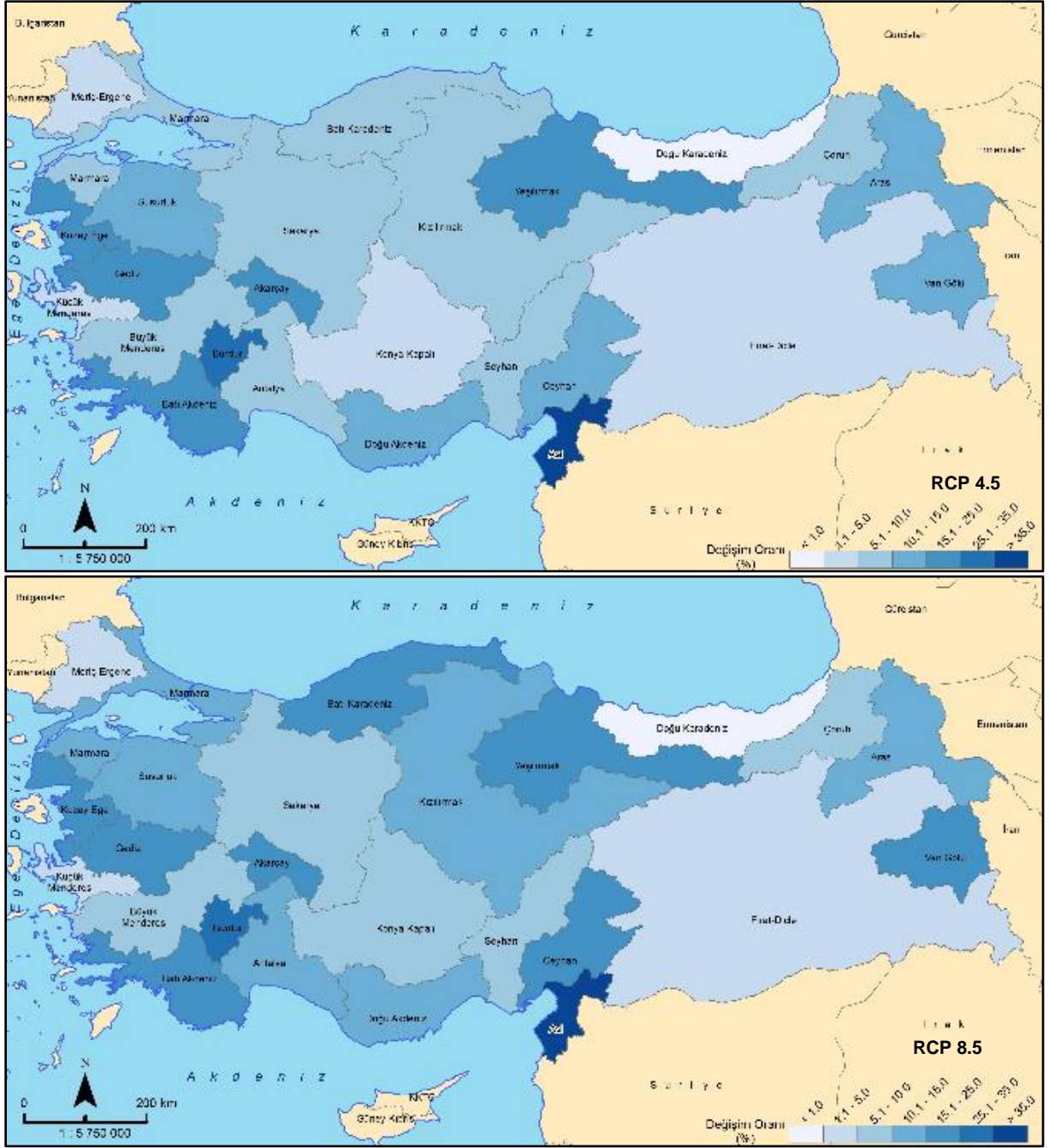
Farklı iklim modelleri–senaryolarına göre Türkiye akarsu havzalarının “mümkün rezerv” miktarlarında beklenebilecek değişimlere, diğer bir deyişle Tablo 4.27 ile verilen iklimsel değişim oranlarına dikkat edildiğinde genel bir yaklaşım olarak Türkiye batı ve orta bölümünün doğusuna göre çok daha fazla oranda iklim değişikliği etkisi altında kalacağı ve bu hususta CNRM-CM5.1 modeli RCP4.5 senaryosunun biraz daha öne çıktığı görülmektedir (Tablo 4.27, Şekil 4.69-Şekil 4.71). Örneğin; Doğu Karadeniz Havzası tüm iklim modellerinden–senaryolarından hiçbir şekilde etkilenme göstermemekte, Meriç–Ergene ve Fırat–Dicle havzaları da Türkiye genelinde en az etkilenen havzalar arasında yer almaktadır. Diğer taraftan iklim modellerinin–senaryolarının Türkiye genelinde dikkat çekici şekilde maksimum etkisi Asi Havzası üzerinde görülmektedir. Bu bağlamda en çok etkilenen diğer havzaların da özellikle Türkiye'nin batı ve orta bölümlerindeki Burdur, Kuzey Ege, Batı Akdeniz ve Akarçay havzaları olarak çoktan aza doğru sıralanabilir (Tablo 4.27).



Şekil 4.69 HadGEM2-ES Küresel İklim Modeli'ne Göre Türkiye Yeraltısuyu Mümkün Rezervi'nin Havzalar Bazında İklimsel Değişim Oranı



Şekil 4.70 MPI-ESM-MR Küresel İklim Modeli'ne Göre Türkiye Yeraltısuyu Mümkün Rezervi'nin Havzalar Bazında İklimsel Değişim Oranı



Şekil 4.71 CNRM-CM5.1 Küresel İklim Modeli'ne Göre Türkiye Yeraltısuyu Mümkün Rezervi'nin Havzalar Bazında İklimsel Değişim Etkisi Oranı

5. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN SU KAYNAKLARINA ETKİSİNİN HAVZA BAZINDA DEĞERLENDİRİLMESİ

Proje kapsamında Türkiye'nin tüm havzalarına ait iklim değişikliği projeksiyonları ve söz konusu değişikliğin havzalardaki su kaynakları üzerine etkileri değerlendirilmiştir. Bu kapsamda en genel anlamda, her bir havzadaki belirleyici nehir sistemi belirlenmiş, havzanın idari yapısı incelenmiş ve havzadaki arazi kullanımı değerlendirilmiştir. Havzadaki yüzeysel ve yeraltı suyu kaynaklarının mevcut kullanımı ile söz konusu kaynakların kullanım alanları, oluşan evsel ve endüstriyel atıksuların deşarj edildiği yerler ve miktarları; kısacası havzadaki su hareketleri incelenmiştir. HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR ve CNRM-CM5.1 iklim modelleri ile RCP4.5 ve RCP8.5 senaryoları bazında 2015-2100 periyodu için gerçekleştirilen iklim projeksiyonları kullanılarak başta sıcaklık, yağış, kar ve nem olmak üzere pek çok değişkenin 10x10 km ölçekteki değişimleri elde edilmiştir. Sıcaklık ve yağış projeksiyonları kullanılarak havzada tespit edilen drenaj alanları ölçeğinde hidrolojik değişkenler 2100 yılına kadar projekte edilmiştir. Yüzeysel akış, zemin nemi ve evapotranspirasyon hidrolojik model tarafından üretilen başlıca değerler olup, bu veriler kullanılarak havzanın yeraltı ve yüzeysel su potansiyeli hesaplanmıştır. Ayrıca hidrojeolojik çalışmalar kapsamında havzada bulunan statik ve hidrojeolojik rezerv miktarları belirlenmiştir. Havzadaki sektörlerin su kullanımlarındaki değişimler de 85 yıllık projeksiyon dönemi boyunca elde edilmiş ve söz konusu değerler havzadaki hidrolojik değişkenler ile birlikte değerlendirilerek havzalardaki yıllık toplam su ihtiyacı projeksiyonu yapılmıştır. Hidrolojik model tarafından üretilen akış değerleri hidrolik modelleme çalışmaları ile havzanın belirleyici nehir sistemi boyunca debi ve su seviyesi değerlerine dönüştürülmüştür.

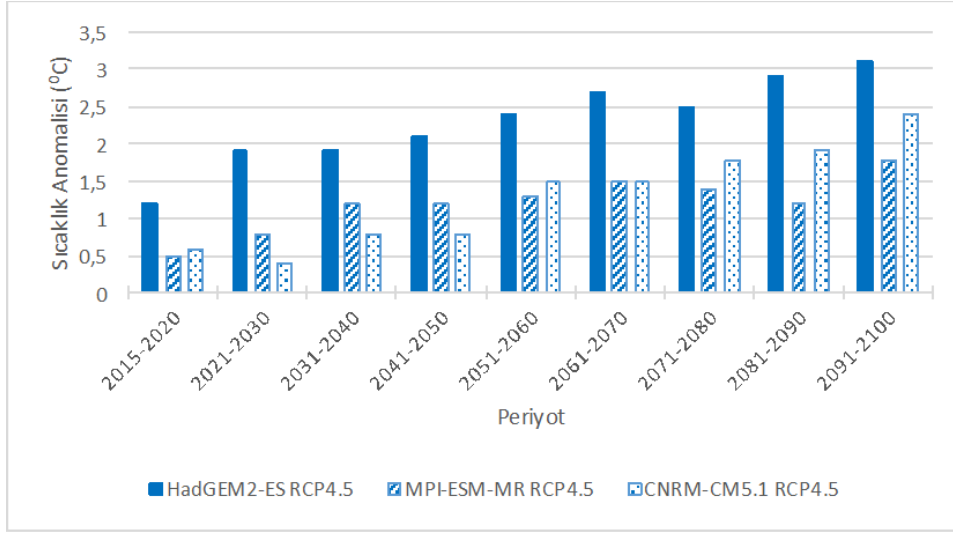
Proje çıktılarının tüm havzalarda su yönetimi stratejilerinin belirlenmesinde dikkate alınması ve havzada öngörülen su açığının minimize edilebilmesi için olanak yaratması açısından oldukça önemlidir.

5.1 Meriç-Ergene Havzası

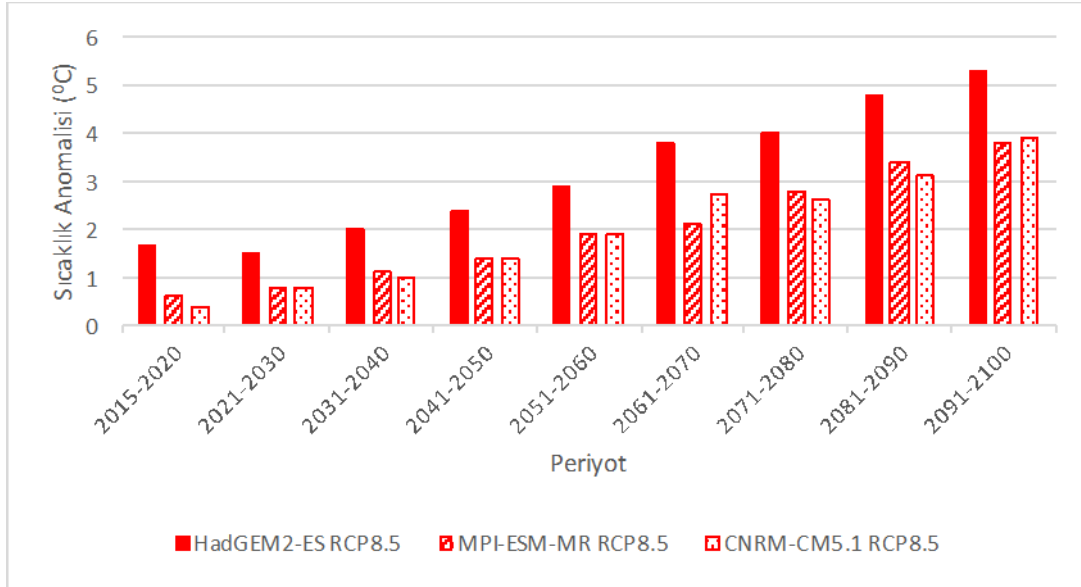
Başlıca akarsuları Ergene Nehri ve yan kolları olan Meriç-Ergene Havzası referans dönemine ait ortalama sıcaklık değerleri 13-15°C arasında değişmektedir. Havza bazında yapılan iklim değişikliği projeksiyon sonuçlarına göre ortalama sıcaklık değerleri üç küresel model ve her iki senaryo sonucuna göre de artma eğiliminde olup, bu artış en yüksek değerleri HadGEM2-ES modeli için ve en düşük değerlerini MPI-ESM-MR ve CNRM-CM5.1 modelleri için almaktadır. 10 yıllık ortalamalar bazında sıcaklık artış değerleri projeksiyon döneminin sonuna kadar, RCP4.5 senaryosu için 1,8-3,1°C ve RCP8.5 senaryosu için ise

3,8-5,3°C seviyelerine dek artmaktadır. Her üç model sonucuna göre de sıcaklıktaki artış değerleri 2060 periyodundan itibaren ivmelenmekte, 2080 sonrası en yüksek seviyelere ulaşmakta ve referans dönemine göre 5,3°C'ye varan farklar beklenmektedir. Artış değerleri havzanın orta ve doğu kesimlerinde bir miktar daha fazla olacaktır. Aynı eğilim 30 yıllık ortalamalar için de geçerlidir. Şekil 5.1 ve Şekil 5.2 ile Meriç-Ergene Havzası için sırasıyla RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarına göre ortalama sıcaklık anomali değerleri projeksiyon sonuçları verilmiştir.

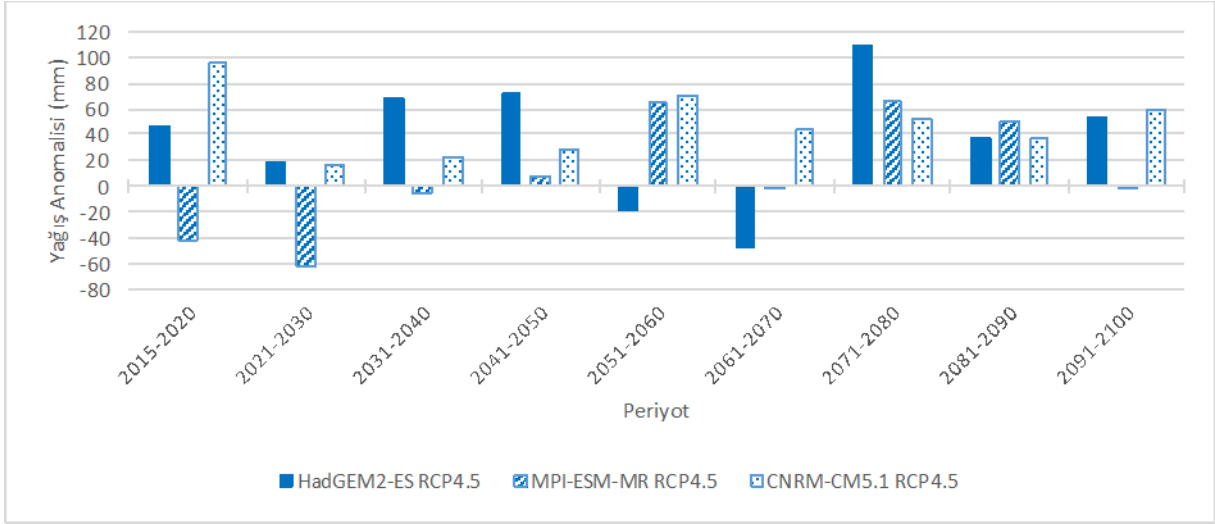
Meriç-Ergene Havzası'nda, referans döneme ait yağış toplamları 500-600 mm arasındadır. Havzada yıllık toplam yağışta öngörülen RCP4.5 ve RCP8.5 senaryoları arasında karşılaştırma yapıldığında, genel olarak her iki projeksiyon sonucuna göre de 2020-2050 dönemi boyunca pozitif yağış anomalileri hakim iken, yine her iki senaryo bazında 2050-2070 döneminde düşük şiddette negatif anomalilerin etkili olması beklenmektedir. Her üç model için toplam yağış anomali değerlerinin sayısal ve oransal değerlerinin 10 yıllık değişimine göre yağışta artışı en fazla öneren model HadGEM2-ES modeli RCP4.5 senaryosu olup yağış artışı 105 mm'yi geçen değer almıştır. Yağış artışının süreklilik gösterdiği model CNRM-CM5.1 modelidir ve bu modelin RCP4.5 senaryosuna göre projeksiyon dönemi boyunca bazı 10 yıllar 60 mm'nin üzerinde artış değerleri mevcuttur. En düşük artış değerleri ise MPI-ESM-MR modeli için öngörülmüştür. Havza için projeksiyon sonuçlarına dayanarak toplam yağış ile ilgili model, senaryo ve 10 yıllar bazında farklı artış ve azalış eğilimleri bulunmaktadır ve genel bir eğilimden bahsetmek mümkün değildir. Bunun yanında, Meriç Ergene Havzası için referans dönemine göre %15'e varan yağış azalmalarının ve %20'ye varan yağış artışlarının yaşanacağı dönemler beklenmektedir. Şekil 5.3 ve Şekil 5.4 ile RCP4.5 ve RCP8.5 senaryoları için yağış projeksiyon değerleri her üç model için de verilmiştir.



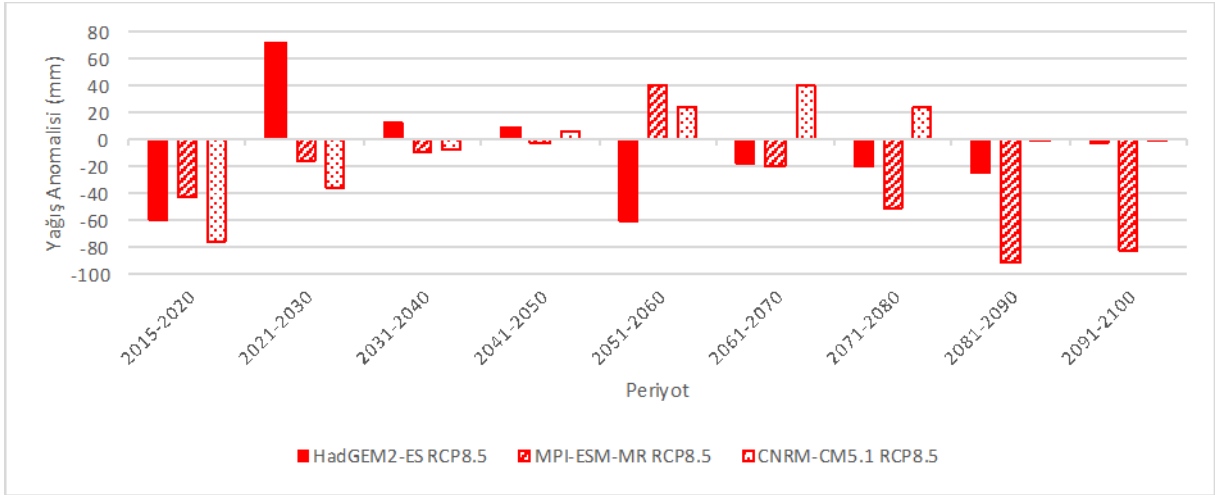
Şekil 5.1 RCP4.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Sıcaklık Anomali Değerleri- Meriç-Ergene Havzası



Şekil 5.2 RCP8.5 Senaryosuna Göre Modeller Bazında Sıcaklık Anomali Değerleri- Meriç-Ergene Havzası



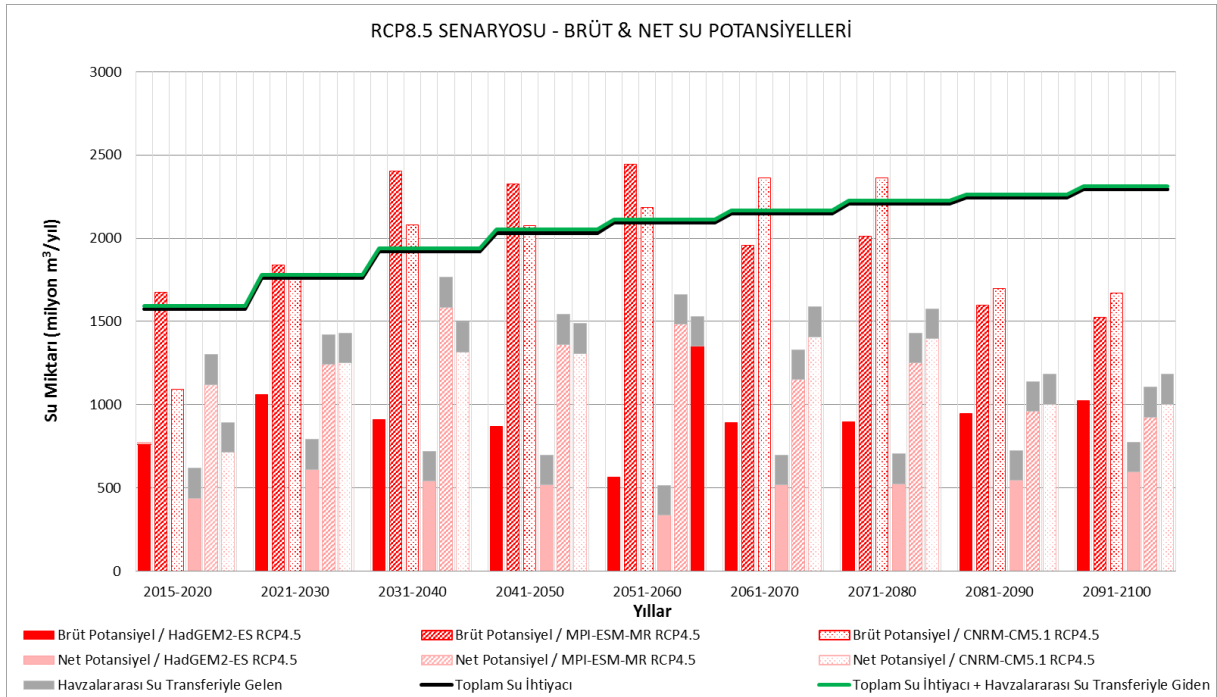
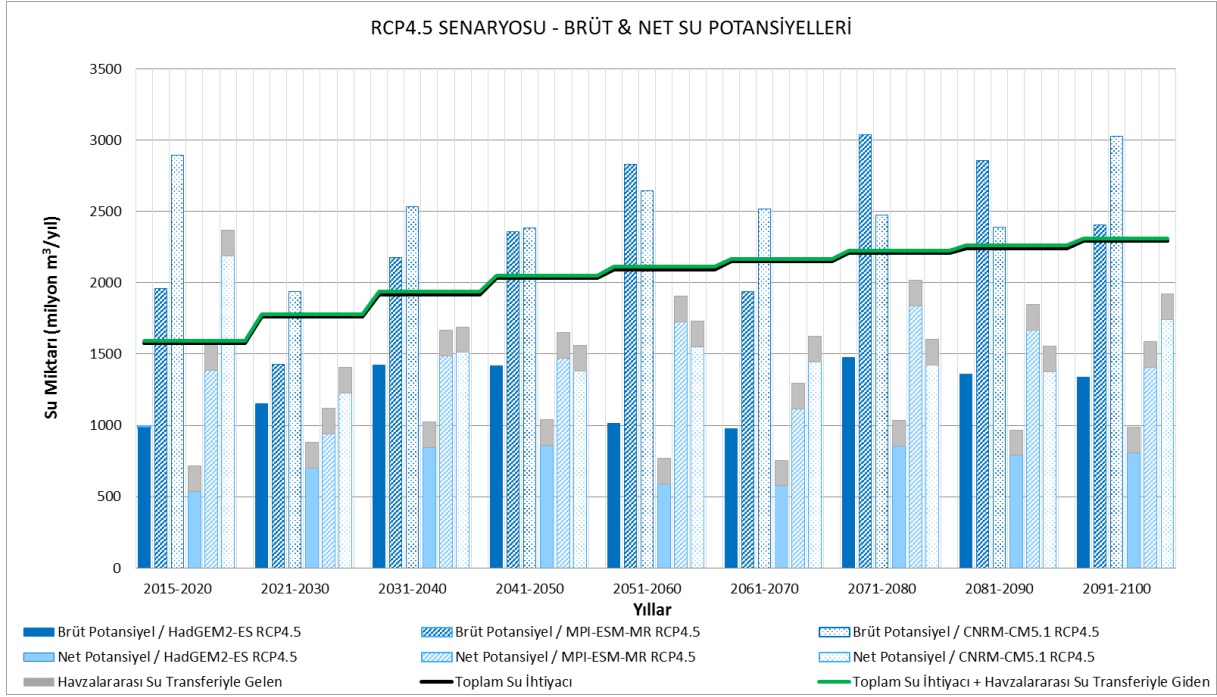
Şekil 5.3 RCP4.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Yağış Anomali Değerleri-Meriç-Ergene Havzası



Şekil 5.4 RCP8.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Yağış Anomali Değerleri-Meriç-Ergene Havzası

İklim projeksiyonu model sonuçları ile çalıştırılan hidrolojik model sonuçlarına göre; brüt ve net su potansiyelleri, tüm model ve senaryo sonuçları, projeksiyon dönemi boyunca referans dönemi değerlerinin altında seyretmektedir. Havzada, toplam su potansiyelinin önemli kısmı yüzeysel su potansiyelinden, toplam su ihtiyacının büyük kısmının da sulama suyu ve sanayi suyu ihtiyacından oluşmaktadır. Meriç-Ergene Havzası'nda toplam su ihtiyacının büyük kısmının sulama suyu ile birlikte sanayi suyu ihtiyacı olduğu, diğer sektörlerin ihtiyaçlarının daha düşük seyrettiği 2015'ten itibaren projeksiyon dönemi sonuna kadar su ihtiyacının havzada büyük ölçüde sağlanamadığı ve su açığının tüm dönemler boyunca hissedilir bir şekilde devam ettiği anlaşılmaktadır. En yüksek su açığı HadGEM2-ES modelinin her iki senaryo sonuçlarında görülmektedir, diğer iki model de RCP4.5 senaryosu için birbirine benzer sonuçlar üretirken, RCP8.5 senaryosuna göre MPI-ESM-MR ve CNRM-CM5.1

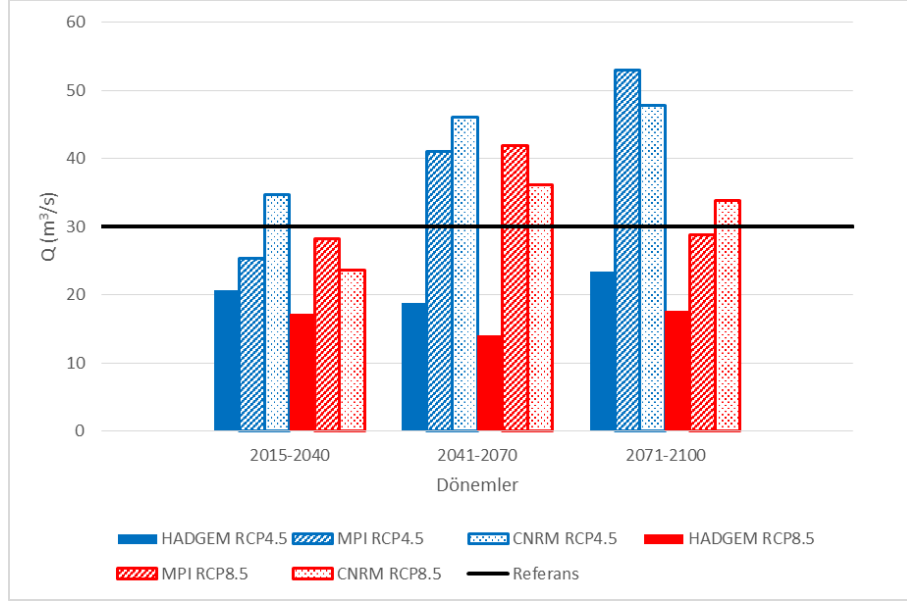
modellerinin sonuçları benzerlikler göstermektedir. Havzalararası su transferi dikkate alınmaksızın değerlendirildiğinde tüm model ve senaryo sonuçları tüm dönemlerde toplam su ihtiyacı değerlerinin altında seyretmektedir. Bu durum havzada önemli oranda su açığının sürekli olarak görülebileceğinin bir işaretidir. Şekil 5.5 ve Şekil 5.6 ile havzada toplam su ihtiyacı, havzanın brüt ve net su potansiyelleri, havzalararası su transferiyle havzaya giren ve/veya havzadan çıkan net su miktarları gösterilmektedir. Meriç-Ergene Havzası, bir yandan Marmara Havzası'ndan su temin ederken öte yandan Kuzey Marmara Alt Havzası'na su sağlamaktadır. Havzalararası su transferleri de dikkate alınarak yapılan değerlendirmelerde su açığının projeksiyon dönemi boyunca görüleceği ve en yüksek su açığının beklendiği 2051-2060 döneminde havzanın toplam su ihtiyacının yaklaşık %18'inin karşılanabileceği görülmektedir.



Yapılan hidrojeolojik değerlendirmede en büyük oransal azalmaların HadGEM2-ES RCP8.5 senaryosuna göre maksimum %48,1 oranı ile iklim koşullarının yıl bazında doğrudan etkilediği dinamik rezerv değerlerinde ortaya çıktığı, havzanın yeraltısuyu statik rezervinin ise

iklim değişikliğinden %0,5 gibi çok düşük bir oranda etkilendiği görülmüştür. Yine de bu durum havzadaki yeraltısuyu hidrojeolojik ve mümkün rezervlerinin, değişik iklim modelleri - senaryoları çerçevesinde sırasıyla %11–19 ve %16-28 oranında azalabileceği olasılığını ortadan kaldırmamaktadır. En olumlu iklim modeli – senaryosu gerçekleşse bile bu oranlar hidrojeolojik rezerv ve mümkün rezerv varlıklarında sırasıyla %1,1 ve %1,6 oranında azalma olacağını işaret etmektedir. “Yeraltısuyu hidrojeolojik rezervi” 188 km³ olarak belirlenen Meriç–Ergene Havzası’nda yer alan “yeraltısuyu mümkün rezervi”nin toplamda 125 km³ büyüklükte bir kaynak oluşturduğu ifade edilebilir.

Meriç-Ergene Havzası’nın hidrolik açıdan genel değerlendirmesi havzanın mansabındaki enkesit üzerinden yapılmıştır. Havzanın mansabını ifade eden noktada 85 yıllık projeksiyon dönemi için üç farklı iklim modeli sonuçlarına göre üretilen akım değerlerinin ortalamaları Şekil 5.7 ile sunulmaktadır. Buna göre projeksiyon dönemindeki akışlar referans dönemine göre modeller bazında farklılık göstermektedir. RCP4.5 senaryosu sonuçlarına göre HadGEM2-ES modeli en düşük akım değerlerinin gözleneceği ve debi değerleri açısından en olumsuz durumu temsil etmektedir. MPI-ESM-MR ve CNRM-CM5.1 model sonuçları ise projeksiyon döneminin başlangıcında referans dönemine benzer, sonraki dönemlerde ise zaman içinde artarak referans döneminden daha yüksek akım değerlerinin gerçekleşeceğini öngörmektedir. RCP8.5 senaryosu sonuçları kıyaslandığında ise HadGEM2-ES modeli tüm projeksiyon dönemi boyunca birbirine benzer ve referans döneminin altında sonuçlar vermektedir. MPI-ESM-MR ve CNRM-CM5.1 modelleri ise bu senaryo için projeksiyon döneminin başlangıcı ve sonunda referans dönemine oldukça yakın değerler öngörmektedir. Tüm model ve senaryo sonuçları dikkate alındığında, ortalama akım değerlerinin referans dönemine göre %53’e varan oranlarda azalabileceği görülmektedir.



Şekil 5.7 Ergene Nehri Mansabı 30'ar Yıllık Projeksiyon Dönemleri için Elde Edilen Ortalama Debi Değerleri

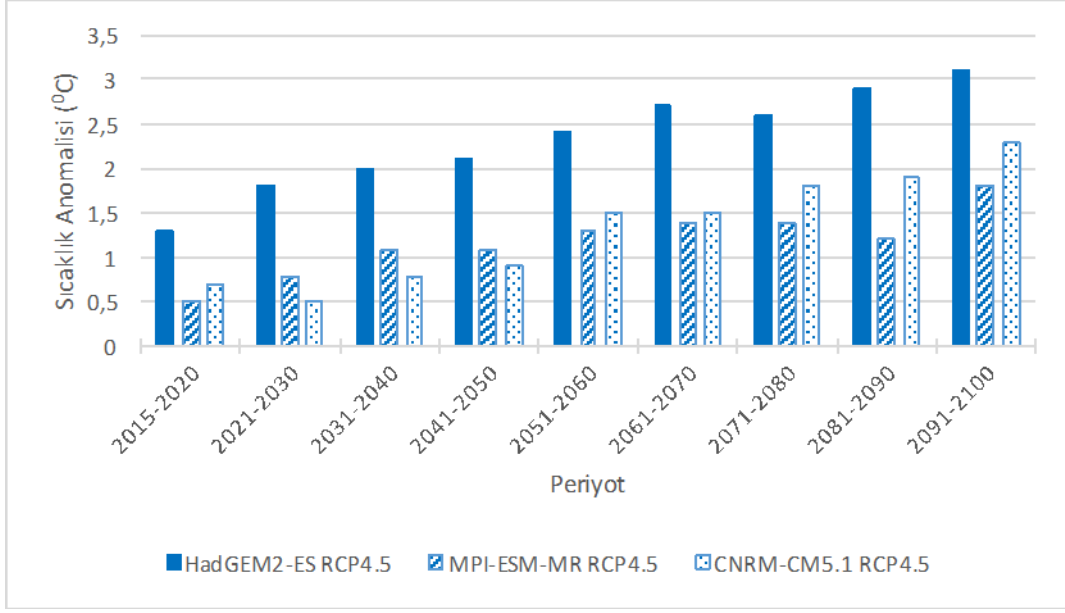
Meriç-Ergene Havzası için genel bir değerlendirme yapıldığında, iklim projeksiyonları model sonuçlarına göre sıcaklık değerlerinin tüm küresel iklim modelleri ve salım senaryoları için havzada artış göstereceği öngörülmektedir. Bununla beraber, yıllık toplam yağışın genel olarak artacağı, ancak 10'ar yıllık periyotlar bazında zaman zaman azalması beklenmektedir. İklim değişikliğinin etkisine bağlı olarak havzadaki su potansiyeli referans dönemle kıyaslandığında yıllar boyunca önemli değişkenlik göstermemektedir. Havzada yeraltı suyu potansiyelinin de projeksiyon dönemi başlangıcından itibaren genel olarak azalacağı öngörülmesine rağmen, havzanın birim alanındaki yeraltı suyu mümkün rezervinin Türkiye ortalamasının oldukça üzerinde olduğu söylenebilir.

5.2 Marmara Havzası

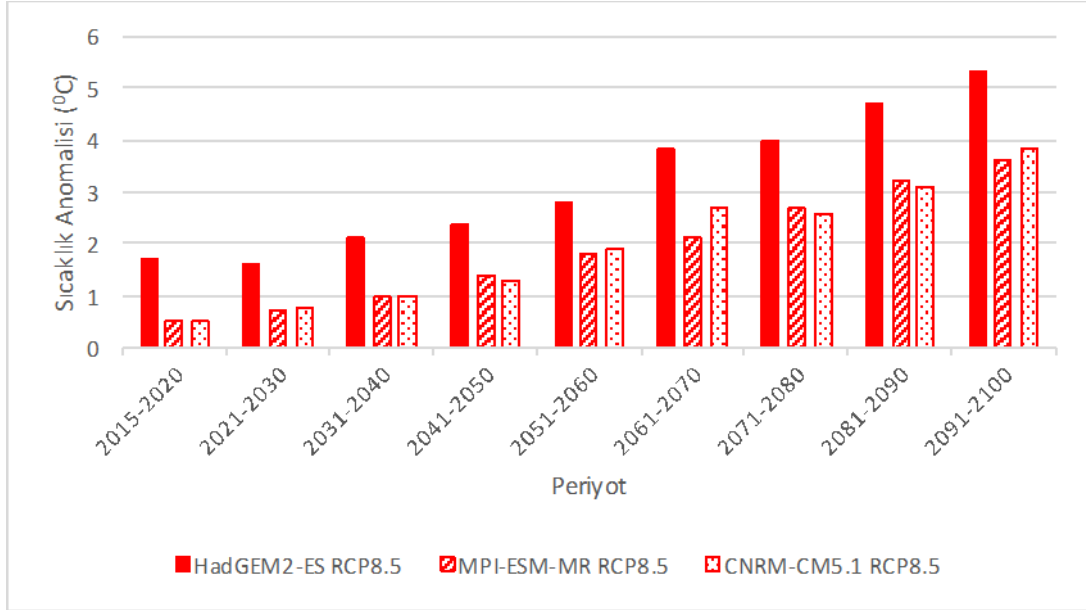
Marmara Denizi'ne dökülen Susurluk Nehri haricindeki tüm akarsuların yağış alanlarını kapsamakta olan Marmara Havzası'nın referans dönemine ait ortalama sıcaklık değerleri 15°C seviyelerindedir. Havzada bazında yapılan iklim değişikliği projeksiyonlarına göre her üç küresel model projeksiyon sonuçları için, ortalama sıcaklık değerlerinde artış tahmin edilmekte ve projeksiyon dönemi sonuna kadar bu artış değerlerinin RCP4.5 senaryosu için 1,8-3,1°C ve RCP8.5 senaryosu için 3,6-5,3°C seviyelerine ulaşması beklenmektedir. Sıcaklıklarda en yüksek artışı tahmin eden model HadGEM2-ES modeli olup, MPI-ESM-MR ve CNRM-CM5.1 model sonuçları daha düşük ve birbirine oldukça yakın projeksiyon değişimleri vermektedir. Model sonuçlarına göre havza ortalama sıcaklık değişimlerinde belirgin bir bölgesel bir değişim olmamakla birlikte, havzanın denizden uzak güney kesimlerinde sıcaklık artışlarının bir miktar daha yüksek olacağı öngörülmektedir. Tüm model ve senaryolar dikkate alındığında projeksiyon dönemi sonunda 5,3°C'ye varan sıcaklık artışlarının beklendiği görülmektedir. Her iki senaryo için de artış eğilimleri 30 yıllık ortalamalar için de aynı trendde gözlenmekte ve en yüksek seviyelere 2071-2100 periyodunda ulaşılmaktadır. Şekil 5.8 ve Şekil 5.9 ile havzada beklenen sıcaklık anomali değişimleri her üç model ve iki senaryo sonucuna göre verilmiştir.

Toplam yağış parametresi için ise HadGEM2-ES modeli ile 2015-2100 projeksiyon dönemi için elde edilen sonuçlara göre Marmara Havzası'nın gelecek döneminin daha yağışlı, güneyde kalan kısımların ise daha az yağış alacağı öngörülmektedir. Referans dönemine ait toplam yağış değerleri havzanın kuzey uzunda 500-600 mm seviyelerinde iken, havzanın geri kalanında 600-700 mm arasında değişmektedir. Yağış anomalileri açısından 2015-2100 yılları arasında pozitif anomalilerin daha baskın ve daha sık bir şekilde meydana geleceği öngörülmektedir. En yüksek yağış artışı beklenen dönemler RCP4.5 için yaklaşık 100 mm ile 2051-2060 periyodu ve RCP8.5 senaryosu için yaklaşık 45 mm ile 2041-2050 periyodu olmuştur. RCP4.5 senaryosu sonuçları daha yağışlı 10 yıllık dönemler önermektedir. Havzanın kıyı kesimlerinde yağış artış değerleri bir miktar daha fazla olmakla birlikte, genel olarak tüm havzayı etkileyecek ölçüde artışlar öngörülmektedir. Genel olarak toplam yağış projeksiyonları her üç model için de değerlendirildiğinde, havzayı daha yağışlı bir 85 yıllık profilin beklediği ortaya konmaktadır. Özellikle 2070 sonrasında %10'un üzerinde artışların yaşanması, bununla birlikte havzada bazı dönemlerde referansa göre %1'i geçmeyen yağış azalmalarının görülmesi beklenmektedir. Yağış artış beklentisi 30 yıllık ortalamalar için de belirgin bir şekilde ortaya konmaktadır. Özellikle 2071-2100 periyodunda model sonuçları yoğunluklu olarak yağışlarda ortalama yaklaşık 60 mm'ye varan artışlar öngörmektedir. Şekil

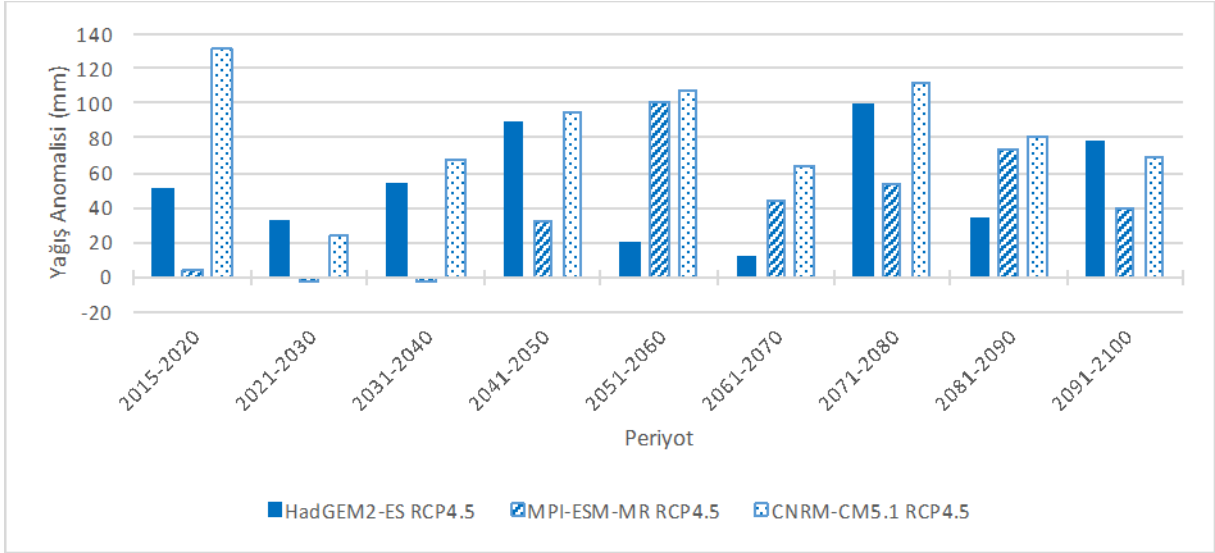
5.10 ve Şekil 5.11 ile havzada beklenen yağış anomali değerlerinde 10 yıllar bazında her üç model ve iki senaryo sonuçlarına göre değişimler verilmiştir.



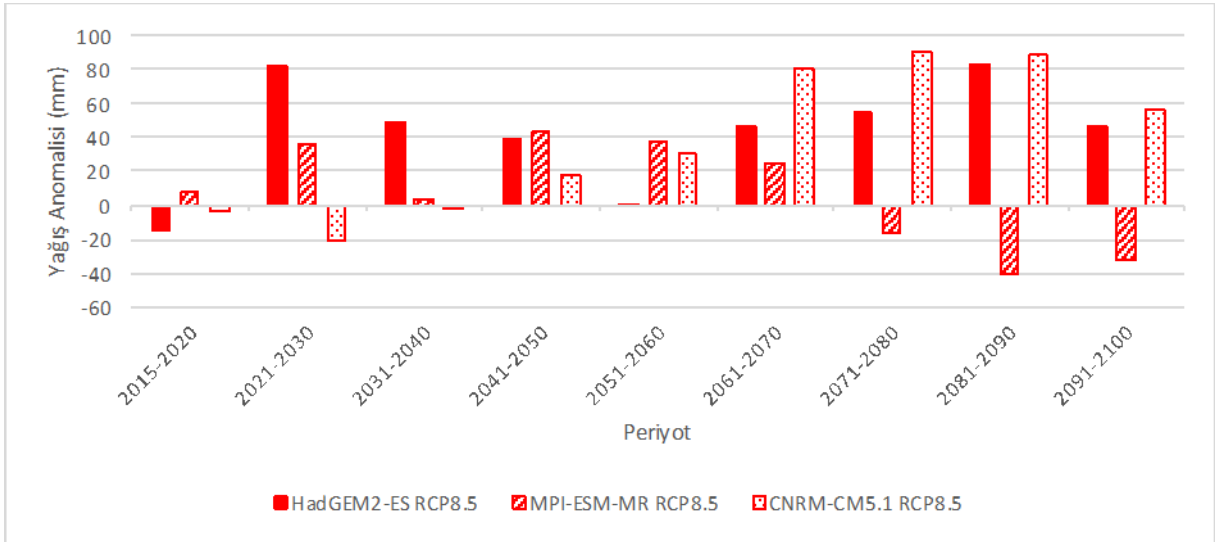
Şekil 5.8 RCP4.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Sıcaklık Anomali Değerleri - Marmara Havzası



Şekil 5.9 RCP8.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Sıcaklık Anomali Değerleri - Marmara Havzası



Şekil 5.10 RCP4.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Yağış Anomali Değerleri - Marmara Havzası

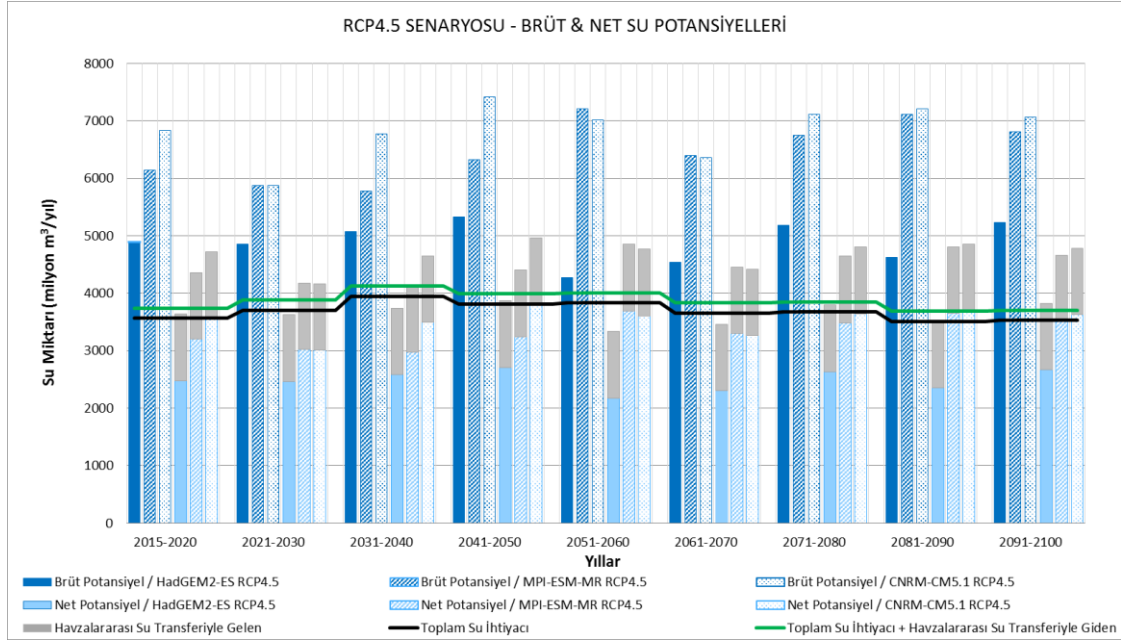


Şekil 5.11 RCP8.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Yağış Anomali Değerleri - Marmara Havzası

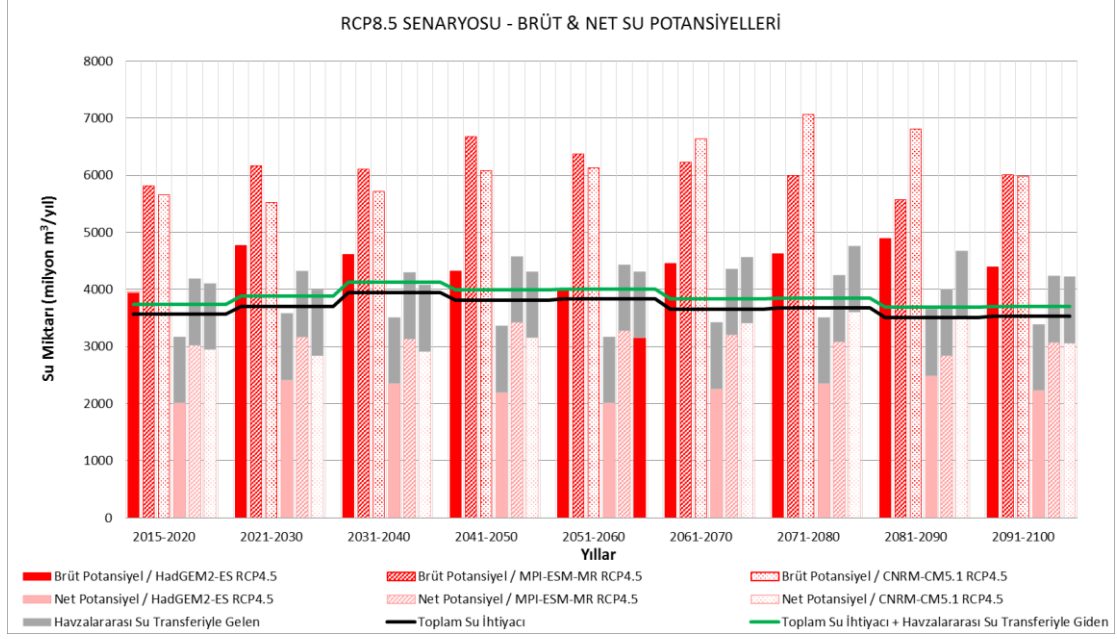
Hidrolojik model projeksiyonlarına göre toplam su ihtiyacı, havzanın brüt ve net su potansiyelleri, havzalararası su transferiyle havzaya giren ve havzadan çıkan net su miktarları Şekil 5.12 ve Şekil 5.13 ile gösterilmektedir. Marmara Havzası'nda toplam su ihtiyacının büyük kısmının içme kullanma suyu olduğu, diğer sektörlerin ihtiyaçlarının göreceli olarak daha düşük seyrettiği görülmektedir. Model sonuçlarına göre projeksiyon dönemi boyunca havzadaki toplam su ihtiyacı karşılanamamakta olup komşu havzalardan su transferi ve atıksu arıtma tesislerinden su geri kazanımını yapılarak havzadaki su açığının kapatılması beklenmektedir. Marmara Havzası su transferleri incelendiğinde, Batı Karadeniz, Sakarya ve Meriç-Ergene Havzalarından su alırken Meriç-Ergene Havzası'na su

vermektedir. Marmara Havzası'na diğer havzalardan su transferi yapılmaması halinde su açığı olabileceği söylenebilir.

Havzalararası su transferi dikkate alınmaksızın değerlendirildiğinde, tüm modeller genel itibariyle projeksiyon dönemi boyunca su açığı olacağını işaret etmektedir. Bunun yanı sıra model sonuçlarına göre projeksiyon dönemi boyunca havzalararası su transferi ile birlikte su açığı beklenmemekte olup, havzadaki su ihtiyacının tüm dönemlerde karşılanabileceği söz konusudur.



Şekil 5.12 Marmara Havzası için İklim Projeksiyonları RCP4.5 Senaryosuna göre Brüt ve Net Su Potansiyellerinin Karşılaştırılması



Şekil 5.13 Marmara Havzası için İklim Projeksiyonları RCP8.5 Senaryosuna göre Brüt ve Net Su Potansiyellerinin Karşılaştırılması

Yapılan hidrojeolojik değerlendirmede en büyük oransal azalmaların %27-29 oran aralığı ile iklim koşullarının yıl bazında doğrudan etkilediği dinamik rezerv değerlerinde ortaya çıktığı, havzanın yeraltısuyu statik rezervinin ise iklim değişikliğinden tüm senaryolar için %1-2 gibi çok düşük bir oranda etkilendiği görülmüştür. Yine de bu durum havzadaki yeraltısuyu hidrojeolojik ve mümkün rezervlerinin, değişik iklim modelleri - senaryoları çerçevesinde sırasıyla %4-6 ve %8-10 oranında azalabileceği olasılığını ortadan kaldırmamaktadır. Yüzyılın sonunda en olumlu iklim modeli-senaryosu gerçekleştiğinde dinamik, hidrojeolojik ve mümkün rezerv varlıklarında sırasıyla %27, %4 ve %8 oranında azalma olması beklenmektedir. Diğer iklim modelleri – senaryoları ise havza yeraltısuyu potansiyelini biraz daha yüksek oranda olumsuz etkiler gözükmemektedir. Yeraltısuyu hidrojeolojik rezervi 53 km³ olarak belirlenen Marmara Havzası'nda yer alan yeraltısuyu mümkün rezervinin toplamda 29 km³ büyüklükte bir kaynak oluşturduğu ifade edilebilir.

Marmara Havzası'nda her üç iklim modeli ve senaryoları için uygulanan Hec-RAS modeli sonuçlarına göre elde edilen debi süreklilik çizgileri 30 yıllık zaman dilimleri bazında değerlendirilmiştir. Marmara Havzası için 52 adet çıkış noktası bulunmakta ve mansap niteliğindeki bu akarsu kolları Marmara Denizi, Karadeniz, İznik Gölü ve Çanakkale Boğazı gibi birbirinden farklı ortamlarda son bulmaktadır. Projede havzaların hidrolik projeksiyon sonuçlarına ilişkin genel değerlendirmeler, su potansiyeli açısından önem taşıyan ve daha yoğun olarak havzanın çıkış noktasına en yakın model enkesitleri üzerinden yapılmıştır. Ancak, Marmara Havzası geniş alana dağınık bir biçimde yayılmış bir havza olduğundan ve

havzadaki akış birden fazla noktada denize boşaldığından, hidrolik modelleme çalışmaları ile belirlenen debi ve seviye değerlerinin havzanın tamamını temsil eder nitelikte tek bir kontrol enkesiti üzerinden değerlendirilmesi uygun olmamıştır. Havzayı temsil eden kontrol noktaları genel olarak değerlendirildiğinde her iki senaryo için de projeksiyon dönemi boyunca tüm modellerin referans değerinin altında sonuçlar vermektedir. Modeller arasında HadGEM2-ES modeli sonuçlarının en olumsuz durumu yansıttığı, MPI-ESM-MR ve CNRM-CM5.1 modellerinin ise nispeten daha olumlu sonuçlar verdiği söylenebilir.

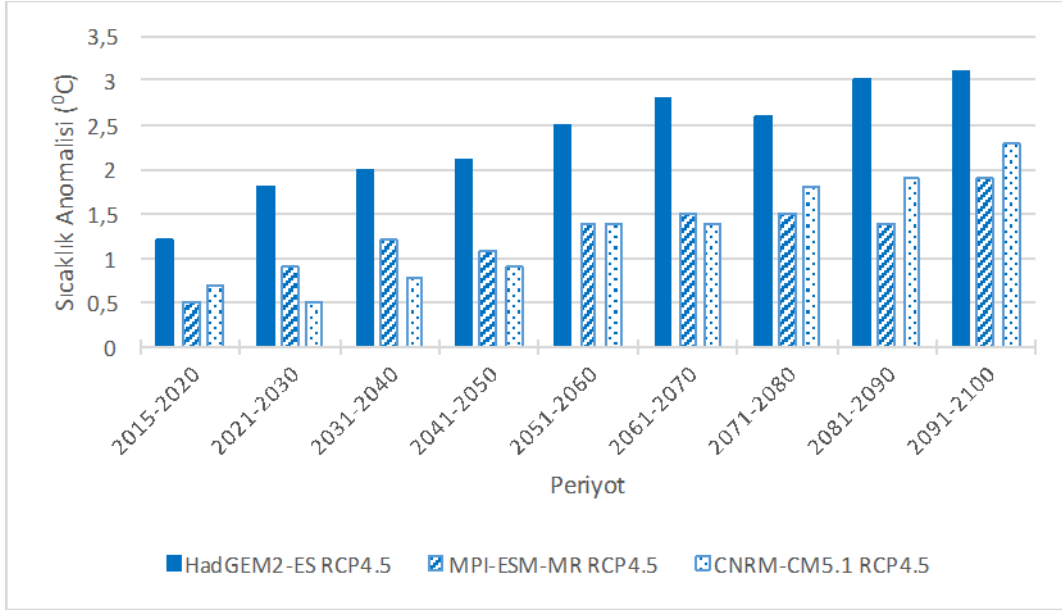
Marmara Havzası için iklim projeksiyonlarından elde edilen sonuçlara göre projeksiyon dönemi boyunca sıcaklıkların artması yağışların ise yüzyılın ortasına kadar pozitif daha sonrasında negatif anomali sergilemesi beklenmektedir. İklim değişikliğinin etkisine bağlı olarak havzadaki su potansiyelinde artışlar görülmesine rağmen havzadaki su açığı projeksiyon dönemi boyunca belirginleşmektedir. Havzadaki toplam su ihtiyacını büyük oranda içme ve kullanma suyu oluşturması sebebiyle bu havzada havzalararası su transferi yapılmaktadır. Havzada yeraltı suyu potansiyelinin de projeksiyon dönemi başlangıcından itibaren genel olarak azalacağı öngörülmekle birlikte havzanın birim alanındaki yeraltısuyu mümkün rezervinin de Türkiye ortalamasının altında olduğu görülmektedir.

5.3 Susurluk Havzası

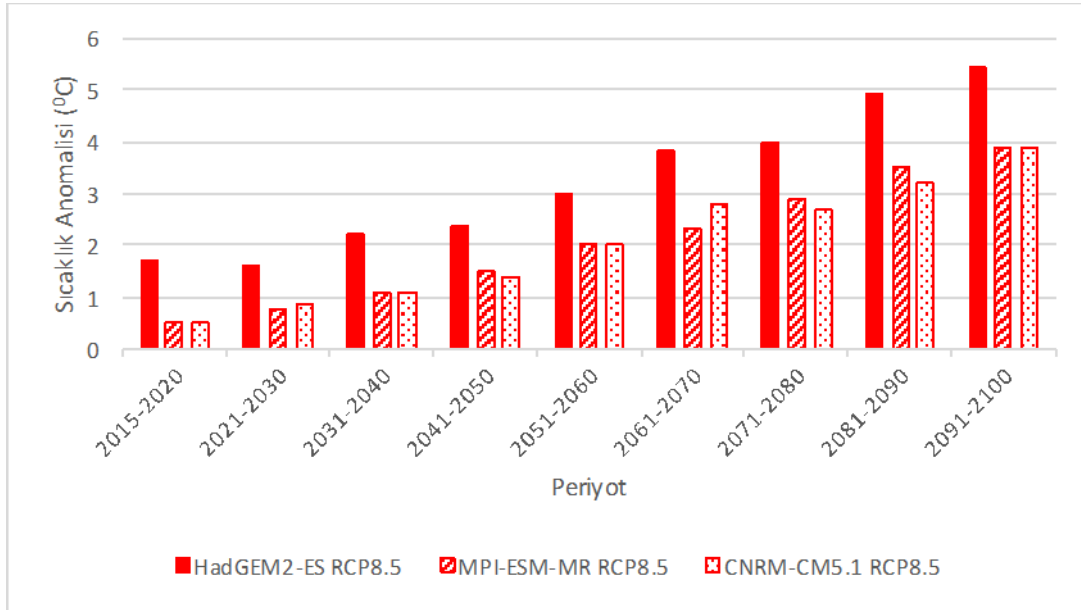
Başlıca akarsuları Nilüfer Çayı, Mustafakemalpaşa Çayı, Simav Çayı ve Kocaçay olan Susurluk Havzası'na ait referans dönem ortalama sıcaklık değerleri havzanın batı kesiminde yaklaşık 14-15°C iken doğu kesiminde 10-11°C civarındadır. İklim değişikliği projeksiyonları sonuçlarına göre, her üç küresel model sonucu için de projeksiyon döneminin sonuna kadar ortalama sıcaklık RCP4.5 için 3,1°C ve RCP8.5 için 5,4°C seviyelerine varması beklenen artışlar öngörülmektedir. HadGEM2-ES modelinde RCP4.5 senaryosu için ortalama sıcaklığın her 50 yılda bir 1°C, RCP8.5 senaryosu için her 20 yılda bir 1°C artacağı tahmin edilmektedir. MPI-ESM-MR yer sistem modeline göre artış trendi benzer olup, RCP4.5 ve RCP8.5 senaryoları arasındaki farkın ise 2070 yılından itibaren artacağı ve projeksiyon dönemi sonunda 2°C'ye ulaşacağı öngörülmektedir. CNRM-CM5.1 modeli için de havzada ortalama, maksimum ve minimum sıcaklık değerleri projeksiyon süresince artma eğilimindedir. Modelin RCP4.5 senaryosunda ortalama sıcaklık artışı her 50 yılda 1°C civarında olurken RCP8.5 senaryosunda her 25 yılda yaklaşık 1°C'lik artış meydana gelmektedir. Tüm model ve senaryo sonuçları dikkate alındığında, Susurluk Havzası'nda 2050 yılı sonrasında sıcaklık artışlarının şiddetlenmesi ve projeksiyon dönemi sonunda maksimum 5,4°C'ye ulaşması beklenmektedir. Bu artış değerleri havzanın güneydoğu kesiminde belirginleşmektedir. 30 yıllık ortalamalar açısından da benzer bir trend söz

konusudur. Sıcaklık artış değerlerinin 30 yıllık ortalamalar için en fazla belirginleştiği dönemin 2071-2100 periyodu olacağı öngörülmüştür. Şekil 5.14 ve Şekil 5.15 ile sırasıyla RCP4.5 ve RCP8.5 senaryoları için sıcaklık anomali değerleri sunulmuştur.

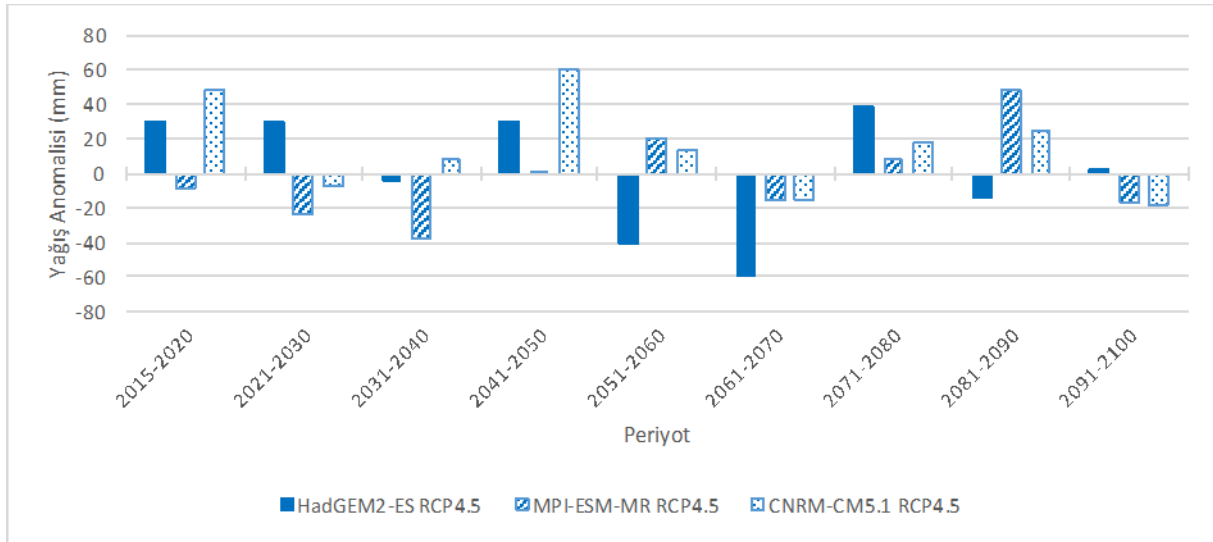
Susurluk Havzası'nda referans değerine ait yağış toplamları 550-700 mm arasında olup gelecek dönem projeksiyonları için yağış miktarlarındaki değişim belirgin bir trendde değildir. Beklenen artış ve azalışlar yer yer ve zaman zaman farklı değerler almaktadır. Yağış değişimindeki bu heterojen yapı 2050'li yıllardan sonra daha belirgin olup, kuzey bölgelerde yağışta artmalar orta ve güney bölgelerde ise azalmaların beklendiği ortaya koyulmaktadır. HadGEM2-ES modeline göre, her iki senaryo için de yıllık anomali değişimleri ağırlıklı olarak negatif yönde beklenmekte ve yağış azalmaları RCP8.5 senaryosunda belirginleşmektedir. MPI-ESM-MR modelinde RCP8.5 senaryosuna göre model sonuçları incelendiğinde, 2015-2100 yılları arasında toplam yağış miktarlarında genel olarak RCP4.5 senaryosuna göre daha fazla yağış azalmasının yaşanacağı tahmin edilmekte, bu azalma bazı yıllar 200 mm'yi aşmaktadır. Bu durum özellikle 2050'li yıllardan sonra daha belirgin olup havzanın kuzey bölümü dışında kalan büyük bir kısmının bu yağış eksikliğinden etkilenmesi beklenmektedir. RCP4.5 senaryosuna göre CNRM-CM5.1 model sonuçları incelendiğinde, havzada projeksiyon dönemi boyunca 9 yıl 100 mm'yi aşan negatif anomali meydana gelmesi beklenirken, 17 yılda pozitif anomali olarak beklenmekte yağışta azalma ve artma değerleri ortaya konmaktadır. CNRM-CM5.1 modelinin RCP8.5 senaryosuna göre ise havzada ve özellikle güney kısımlarında projeksiyon dönemi içerisinde 2040 ve sonrasında daha etkin olmak üzere daha çok yağış azalmaları beklenmektedir. Tüm model ve senaryo sonuçları değerlendirildiğinde, projeksiyon dönemi boyunca havzada belirgin bir yağış artışı ya da azalışı eğiliminden bahsedilemeyeceği bununla birlikte referans dönemine göre %13'e varan yağış azalmaları ve %9'a varan yağış artışlarının tahmin edildiği görülmektedir. Yağış azalmaları her üç model için de havzanın denizden uzak güney kesimlerinde yoğunlaşmakta farklı periyotlarda gözlenen artış eğilimleri ise daha çok havzanın denize yakın kuzey bölgelerinde beklenmektedir. Şekil 5.16 ve Şekil 5.17 ile havzada beklenen yağış anomali değerleri projeksiyonları RCP4.5 ve RCP8.5 senaryoları için verilmiştir.



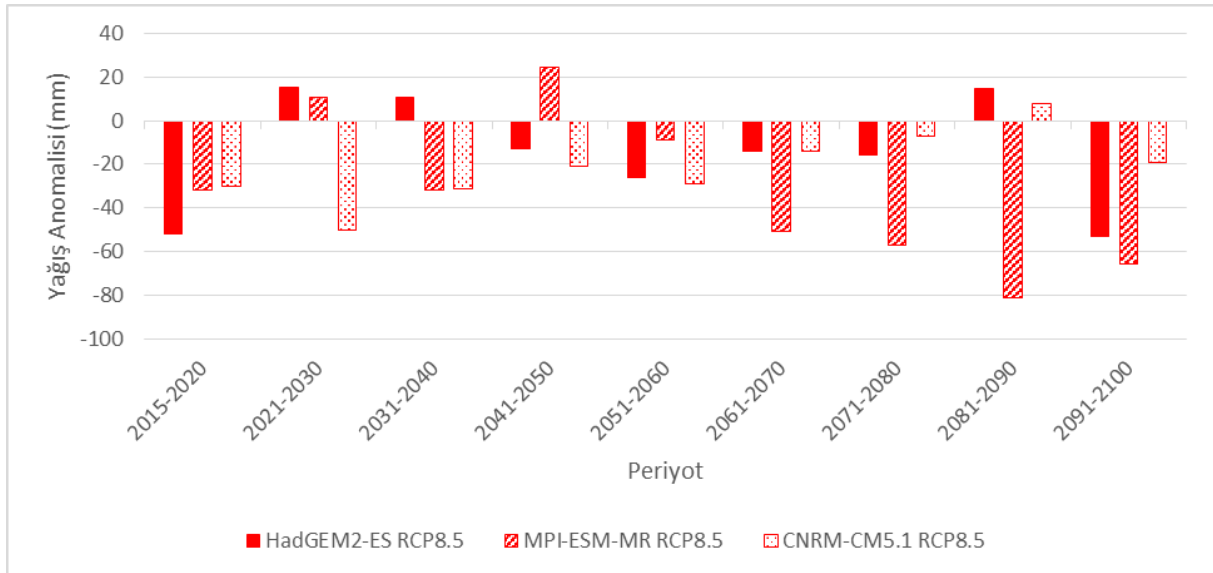
Şekil 5.14 RCP4.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Sıcaklık Anomali Değerleri-Susurluk Havzası



Şekil 5.15 RCP8.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Sıcaklık Anomali Değerleri-Susurluk Havzası



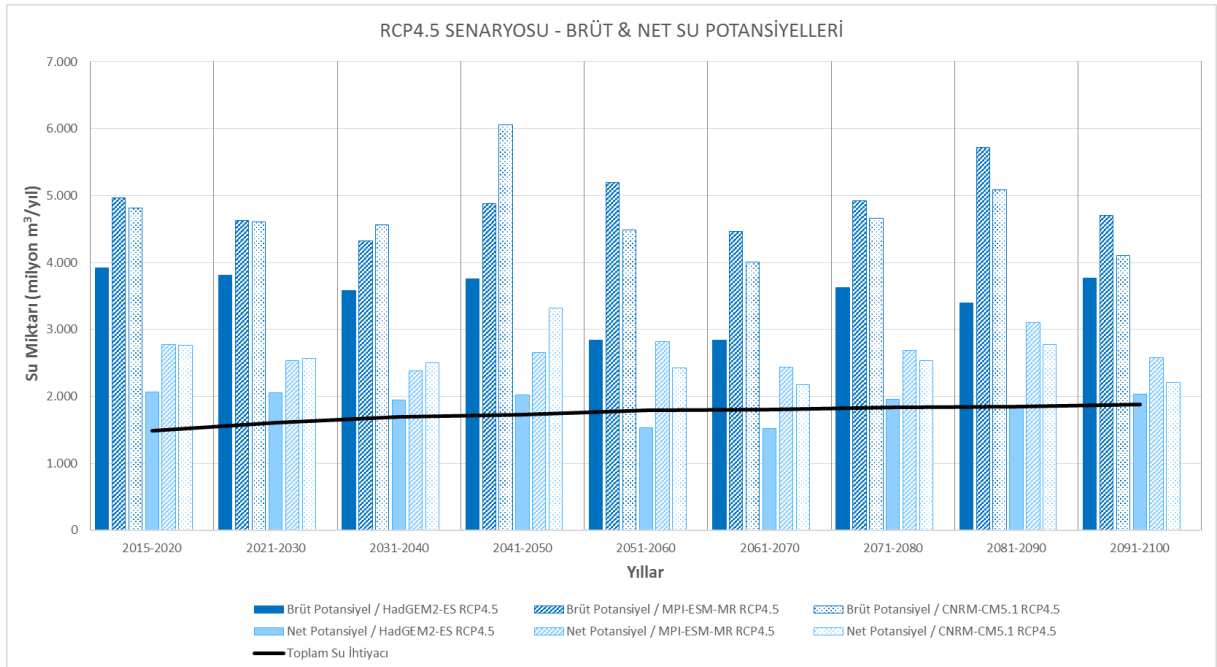
Şekil 5.16 RCP4.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Yağış Anomali Değerleri-Susurluk Havzası



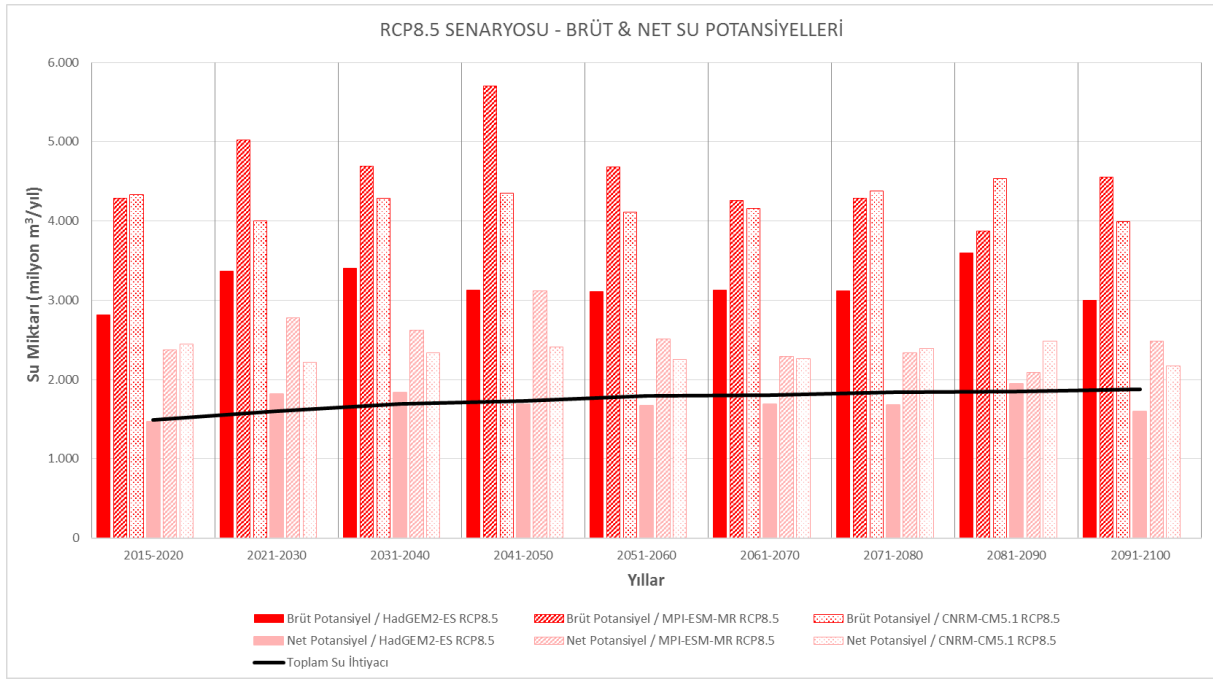
Şekil 5.17 RCP8.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Yağış Anomali Değerleri-Susurluk Havzası

Hidrolojik model projeksiyon sonuçlarına göre, toplam brüt ve net su potansiyellerindeki değişim Şekil 5.18 ve Şekil 5.19 ile verilmiştir. HadGEM2-ES modeli her iki senaryoda da tüm projeksiyon dönemi boyunca en düşük toplam kullanılabilir su rezervlerini öngörmektedir. MPI-ESM-MR modeli RCP4.5 senaryosuna göre projeksiyon döneminin ilk 30 yıllık periyodu boyunca toplam kullanılabilir su rezervinin azalması, daha sonraki 10'ar yıllık dönemlerde artış ve azalışların düzenli olmaması beklenmektedir. 2081-2090 döneminde toplam kullanılabilir su rezervinin en yüksek olacağı öngörülmektedir. RCP8.5 senaryosunda ise, toplam kullanılabilir su rezervinin en yüksek olacağı periyodun 2041-2050, en düşük olacağı periyodun ise 2081-2090 olması beklenmektedir. CNRM-CM5.1 modelinde de MPI-ESM-MR

modeline benzer şekilde RCP4.5 senaryosuna göre projeksiyon döneminin ilk 30 yıllık periyodu boyunca toplam kullanılabilir su rezervinin azalması, daha sonraki 10'ar yıllık dönemlerde artış ve azalışların düzenli olmaması beklenmekte, RCP8.5 senaryo sonuçları için ise, tüm projeksiyon dönemi boyunca birbirine yakın değerler üretilmektedir. Susurluk Havzası'nda toplam su ihtiyacı sulama suyu, sanayi ve içme kullanma sektörlerinde birbirlerine yakın seyretmektedir. HadGEM2-ES modelinde referans döneme kıyasla daha düşük değerlerde seyredecek toplam kullanılabilir su rezervine göre, RCP4.5 senaryosunda 2051-2060 ve 2061-2070 dönemlerinde, RCP8.5 senaryosunda ise 2051-2080 ve 2091-2100 yıllarda su açığının oluşması öngörülmektedir. Havzada 2050 yılından sonra su açığı ihtimali gündeme gelmekte buna rağmen havzanın toplam su ihtiyacının %90'ının karşılanabileceği öngörülmektedir. Diğer model sonuçlarında projeksiyon yılları boyunca herhangi bir su açığının oluşması beklenmemektedir.



Şekil 5.18 Susurluk Havzası için İklim Projeksiyonları RCP4.5 Senaryosuna göre Brüt ve Net Su Potansiyellerinin Karşılaştırılması

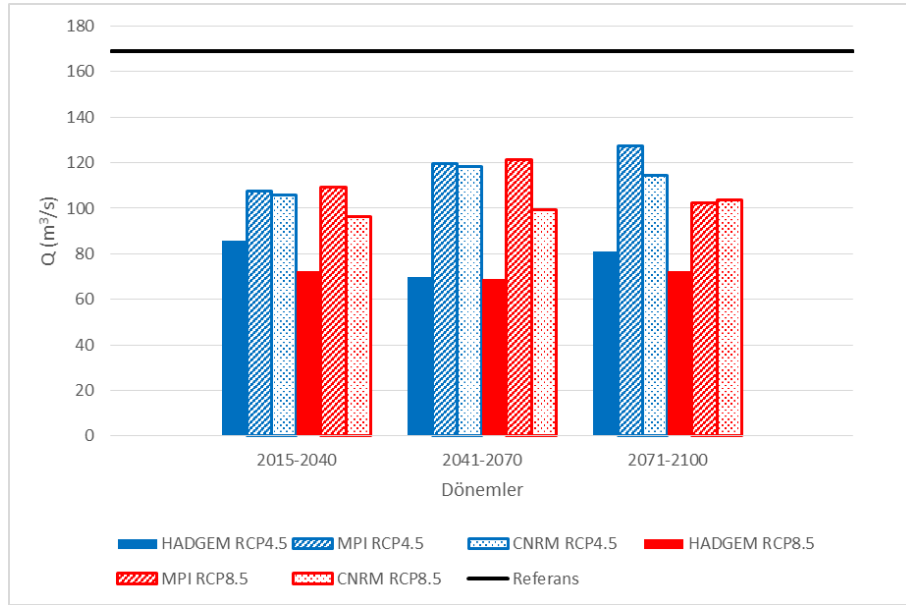


Şekil 5.19 Susurluk Havzası için İklim Projeksiyonları RCP8.5 Senaryosuna göre Brüt ve Net Su Potansiyellerinin Karşılaştırılması

Yapılan hidrojeolojik değerlendirmede en büyük oransal azalmaların %18-19 oran aralığı ile iklim koşullarının yıl bazında doğrudan etkilediği dinamik rezerv değerlerinde ortaya çıktığı, havzanın yeraltısuyu statik rezervinin ise iklim değişikliğinden %2 gibi çok düşük bir oranda etkilendiği görülmüştür. Yine de bu durum havzadaki yeraltısuyu hidrojeolojik ve mümkün rezervlerinin, değişik iklim modelleri - senaryoları çerçevesinde sırasıyla %6 ve %11 oranında azalabileceği olasılığını ortadan kaldırmamaktadır. İrdelenen iklim modeli – senaryosu türlerinin havza yeraltısuyu hidrojeolojik rezervi ve mümkün rezervi üzerindeki azaltıcı etkileri kendi içlerinde ve aralarında son derece yakın bulunmuştur. Dolayısıyla havza yeraltısuyu rezervlerinde ortaya çıkacak azalmaların hangi iklim modeli – senaryosu gerçekleşirse gerçekleşsin kaçınılmaz olacağı, fakat bunlardan herhangi birinin diğerlerine göre farkedilebilir bir baskınlık taşımayacağı sonucuna varılmıştır. Yeraltısuyu hidrojeolojik rezervi 34 km³ olarak belirlenen Susurluk Havzası'nda yer yeraltısuyu mümkün rezervinin toplamda 18 km³ büyüklükte bir kaynak oluşturduğu ifade edilebilir.

Susurluk Havzası'nın genel hidrolik projeksiyonunun değerlendirilmesi için, Kocasu mansabını ifade eden noktada 85 yıllık projeksiyon dönemi için üç farklı iklim modeli sonuçlarına göre üretilen ortalama akım değerleri Şekil 5.20 ile verilmiştir. Hidrolik model sonuçları brüt ve net su potansiyellerindeki değişim ile paralellik göstermektedir. Hidrolik modelleme çalışmaları kapsamında elde edilen debi değerlerinin, her iki senaryo sonuçlarında da tüm modellerin akım değerlerinin projeksiyon dönemi boyunca referans değerinin oldukça altında seyrettiği

görülmektedir. Modeller arasında her iki senaryoya göre MPI-ESM-MR ve CNRM-CM5.1 modelleri birbirlerine daha yakın değerler öngörürken, HadGEM2-ES modeli diğer modellere göre daha düşük akımların oluşacağını tahmin etmektedir. Böylece, HadGEM2-ES modelinin debi değerleri açısından en olumsuz durumu temsil ettiği söylenebilir. Modellerin tüm projeksiyon dönemi boyunca ürettiği akımlar incelendiğinde ise, MPI-ESM-MR modeli RCP4.5 senaryosu haricinde, belirli bir artma veya azalma eğiliminden söz edilememektedir. Söz konusu model ve senaryoda ise, üretilen değerler projeksiyon dönemi boyunca artma eğilimindedir. Tüm model sonuçlarına göre projeksiyon dönemi boyunca ortalama akım değerlerinin referans dönemine göre %59'a varan oranlarda azalması beklenmektedir.



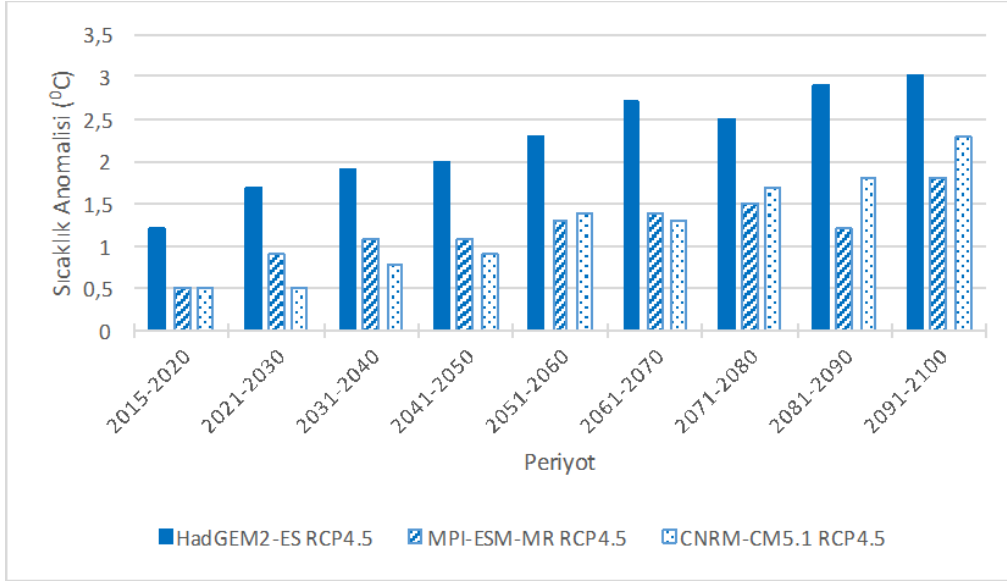
Şekil 5.20 Kocasu Mansabı 30'ar Yıllık Projeksiyon Dönemleri için Elde Edilen Ortalama Debi Değerleri

Susurluk Havzası için elde edilen sonuçlar, projeksiyon dönemi boyunca sıcaklık değerlerinin artma eğiliminde olacağını, yağış parametresinde artış ve azalış dönemlerinin görülebileceğini ancak 2040 yılından itibaren yağıştaki azalmanın belirginleşeceğini göstermektedir. Su rezervi açısından projeksiyon dönemi boyunca sürekli bir artış ya da azalıştan söz edilememekte ancak model ve senaryoya göre farklılık gösterse de 2050 yılı sonrasında havzada su açığı gerçekleşmesi ihtimalinin bulunduğu ortaya konmaktadır. Havzada yeraltı suyu potansiyelinin de projeksiyon dönemi başlangıcından itibaren genel olarak azalacağı öngörülmekle birlikte havzanın birim alanındaki yeraltı suyu mümkün rezervinin de Türkiye ortalamasının altında olduğu görülmektedir.

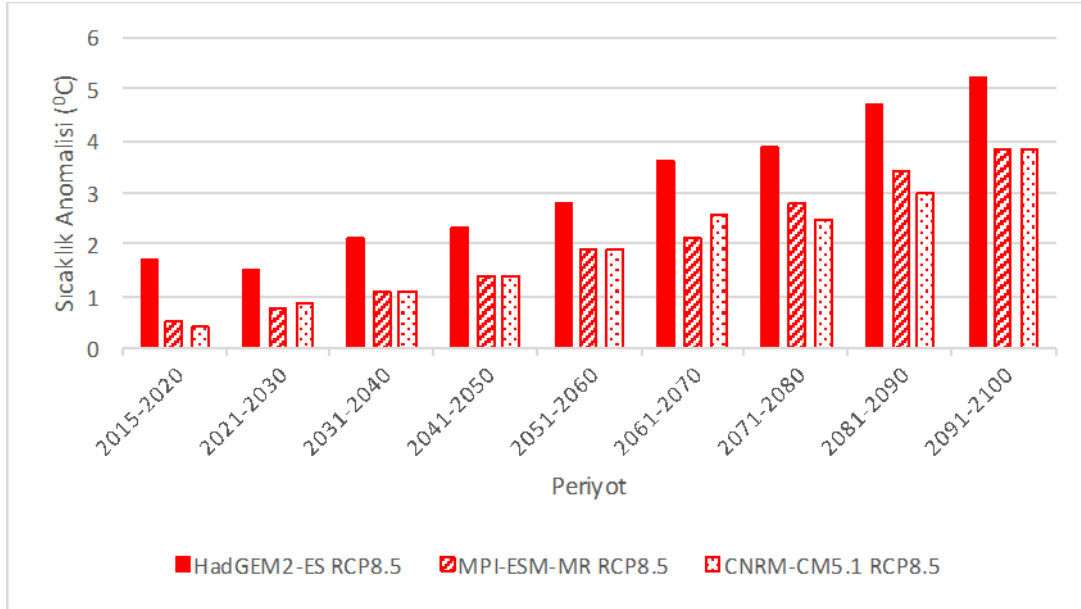
5.4 Kuzey Ege Havzası

Ege Denizi'ne sularını boşaltan Karamenderes Çayı, Tuzla Çayı, Havran Çayı, Madra Çayı, Güzelhisar Çayı ve Bakırçay Nehri'nin su toplama alanlarını kapsamakta olan Kuzey Ege Havzası referans döneme ait ortalama sıcaklık değerleri 15-16°C aralığında değişmektedir. Havzaya ait iklim değişikliği projeksiyonları sonuçlarına göre HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR ve CNRM-CM51 modellerinin sıcaklık sonuçları genel olarak incelendiğinde, projeksiyon dönemi boyunca sıcaklık değerlerinde artış beklendiği görülmektedir. En yüksek sıcaklık farklarını HadGEM2-ES modeli RCP8.5 senaryosu ile üretmektedir. Tüm model ve senaryo sonuçları birlikte değerlendirildiğinde, özellikle 2060 yılından itibaren sıcaklık artışlarının dramatik olarak devam edeceği ve projeksiyon dönemi sonunda iyimser senaryoya göre 3,0°C, kötümser senaryoya göre 5,2°C'ye varan artışların meydana gelebileceği görülmektedir. 30 yıllık ortalamalar açısından da aynı artış trendi söz konusudur ve artış seviyesi 2071-2100 periyodunda en yüksek değerlere ulaşmaktadır. Havzanın güney bölgelerinde sıcaklık artışlarının projeksiyon süresince diğer bölgelere göre daha yüksek olacağı tahmin edilmektedir. Şekil 5.21 ve Şekil 5.22 ile havzada beklenen sıcaklık anomali değerleri her iki senaryo sonucuna göre de verilmiştir.

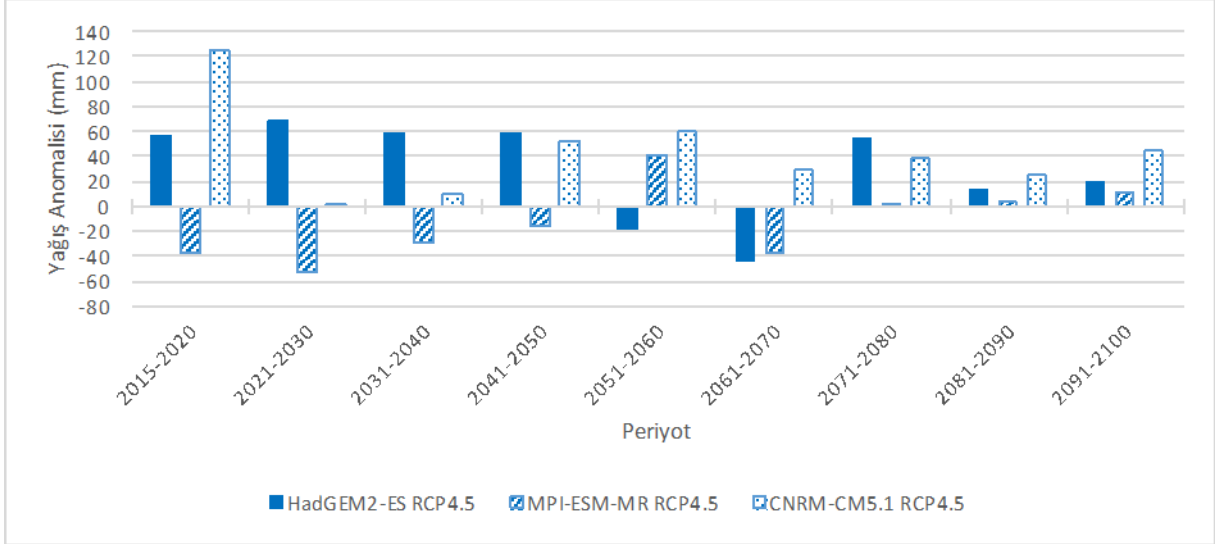
Referans döneme ait toplam yağış değerleri havza genelinde 550-650 mm arasında değişirken bazı kıyı kesimlerinde 350 mm'lere kadar düştüğü görülmektedir. Model sonuçları yağış parametresi için değerlendirildiğinde, dönemlere göre değişkenlik göstermekle birlikte genel olarak projeksiyon döneminin ilk yarısında pozitif anomali öngörüsü yapılabilir de ikinci yarı dönemde tüm sonuçlar negatif anomali değerlerini işaret etmektedir. Model sonuçları 2040 yılına kadar olan süreçte her iki senaryo için de havza genelinde ve özellikle Kuzey Ege kıyıları boyunca toplam yağış değerlerinde bir miktar artış tahmin etmekte, ancak her iki senaryo için de projeksiyon dönemi boyunca havzanın büyük bir kısmında toplam yağışta ciddi azalmalar beklenmektedir. Tüm model ve senaryo sonuçlarına göre havzada yağışlarda azalma öngörülleri baskın olmakla birlikte, projeksiyon dönemi sonunda -100 mm'ye varan azalma değerlerinin beklendiği görülmektedir. Söz konusu senaryo sonucuna göre havzada 2091-2100 periyodunda azalma değeri referans dönemine göre %17 seviyelerinde olacaktır. 30 yıllık ortalamalar için de benzer trend söz konusu olup özellikle MPI-ESM-MR modeli RCP8.5 senaryosuna göre yağış azalma değerleri baskındır. Havzada beklenen yağış anomali değerleri her iki senaryo sonucuna göre de Şekil 5.23 ve Şekil 5.24 verilmiştir.



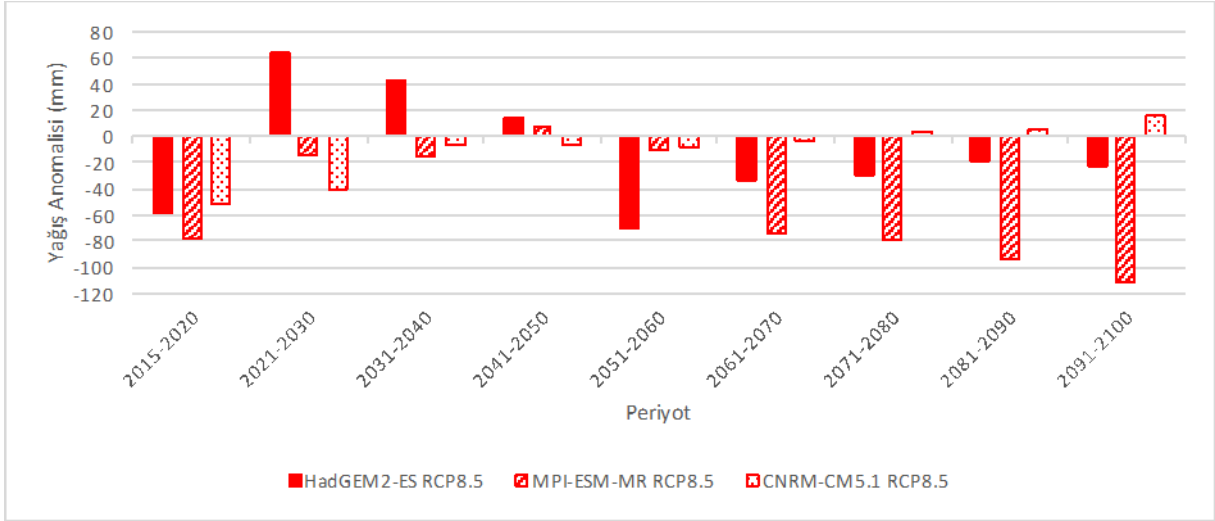
Şekil 5.21 RCP4.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Sıcaklık Anomali Değerleri - Kuzey Ege Havzası



Şekil 5.22 RCP8.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Sıcaklık Anomali Değerleri - Kuzey Ege Havzası



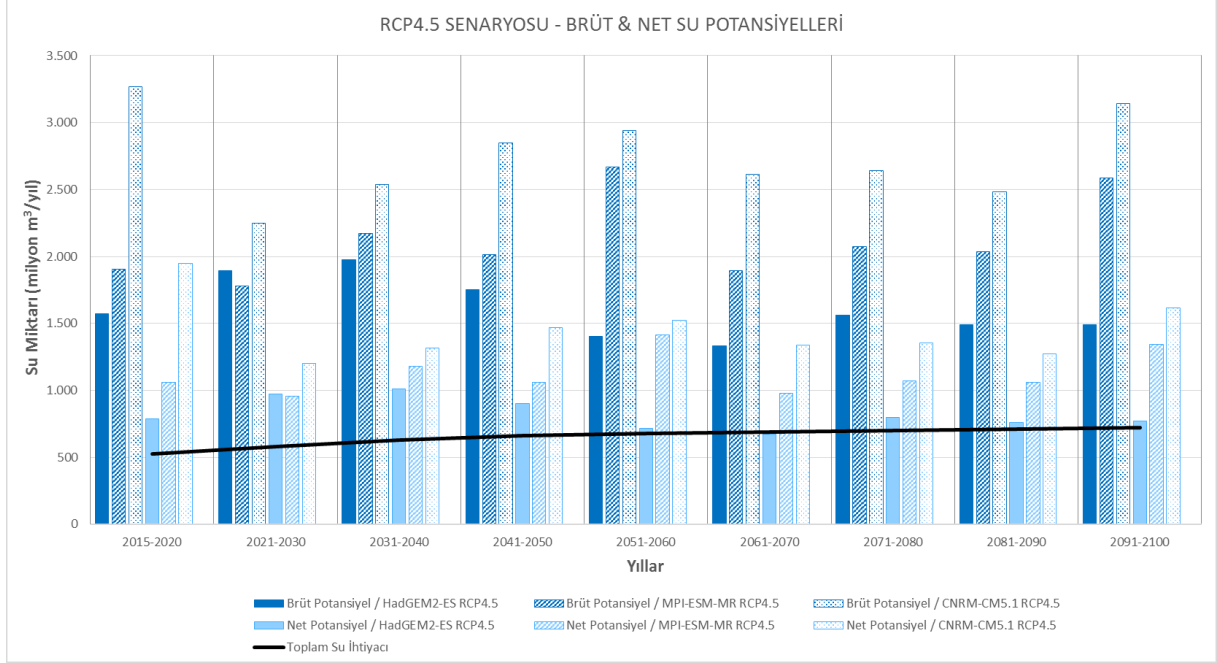
Şekil 5.23 RCP4.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Yağış Anomali Değerleri - Kuzey Ege Havzası



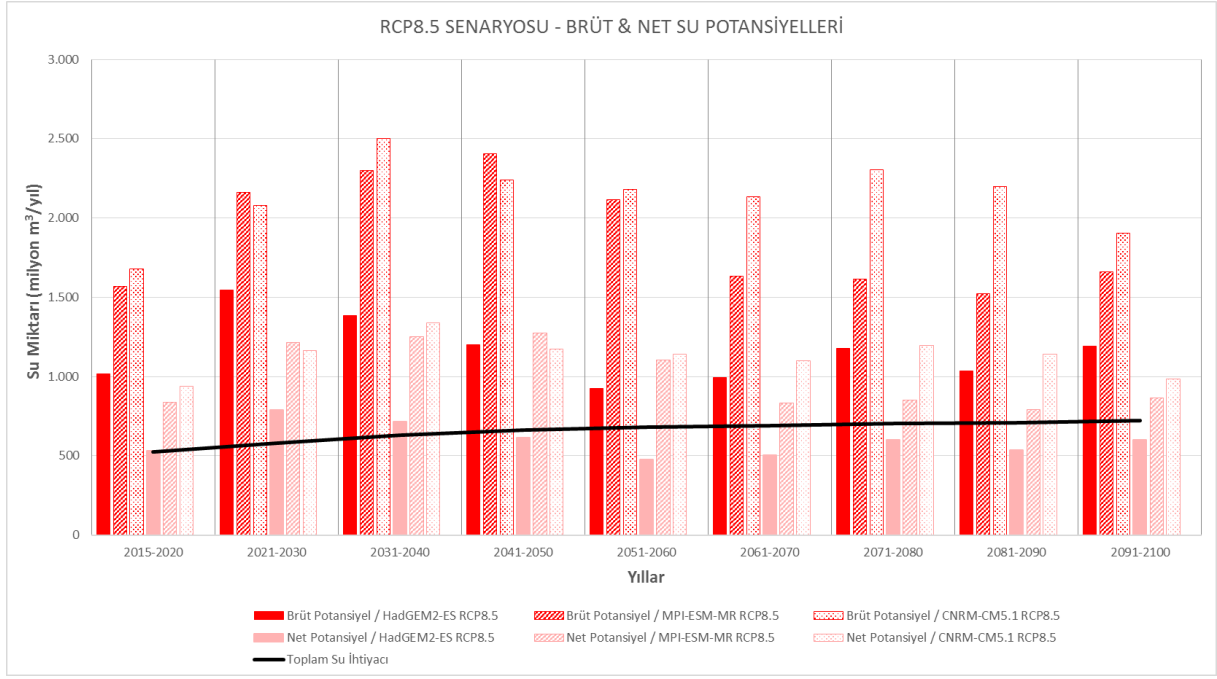
Şekil 5.24 RCP8.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Yağış Anomali Değerleri - Kuzey Ege Havzası

Projeksiyon dönemi boyunca sıcaklık değerlerinde artış ve yağış miktarında düşüş tahminlerine rağmen, hidrolojik projeksiyon sonuçlarına göre Kuzey Ege Havzası'nda su potansiyelinde önemli bir değişim gerçekleşmeyeceği öngörülmektedir. Şekil 5.25 ve Şekil 5.26 ile toplam brüt ve net su potansiyellerindeki değişim, RCP4.5 ve RCP8.5 senaryoları bazında verilmiştir. Havzada su ihtiyacının önemli bir kısmını sulama suyu oluşturmakta ve su ihtiyacının projeksiyon dönemi sonuna kadar karşılanabileceği tahmin edilmektedir. Genel olarak su rezervi açısından projeksiyon dönemi boyunca sürekli bir artış ya da azalıştan söz edilememekte, ancak model ve senaryoya göre farklılık gösterse de 2050 yılı sonrasında havzada su açığı gerçekleşmesi ihtimalinin bulunduğu ortaya konmaktadır. Ancak, RCP8.5 senaryo sonucuna göre HadGEM2-ES modeli bazı dönemlerde havzada su açığı problemine

işaret etmektedir. Her iki senaryo sonucuna göre de en düşük sonuçları HadGEM2-ES modeli verirken, bunu sırasıyla MPI-ESM-MR ve CNRM-CM5.1 modelleri takip etmektedir. RCP8.5 senaryosuna ait 2021-2030 ve 2041-2050 periyotları sonuçlarında genel durumdan farklı olarak MPI-ESM-MR modeli en yüksek değerleri öngörmektedir. En yüksek su açığı değerleri HadGEM2-ES modelinin RCP8.5 senaryosunda 2051-2060 döneminde gözlenmekte olup, Kuzey Ege Havzası'ndaki su ihtiyacının sadece %78'inin karşılanabileceğini öngörmektedir.



Şekil 5.25 Kuzey Ege Havzası için İklim Projeksiyonları RCP4.5 Senaryosuna göre Brüt ve Net Su Potansiyellerinin Karşılaştırılması



Şekil 5.26 Kuzey Ege Havzası için İklim Projeksiyonları RCP8.5 Senaryosuna göre Brüt ve Net Su Potansiyellerinin Karşılaştırılması

Yapılan hidrojeolojik değerlendirmede en büyük oransal azalmaların MPI-ESM-MR modeli RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarında maksimum %39 oranı ile iklim koşullarının yıl bazında doğrudan etkilediği dinamik rezerv değerlerinde ortaya çıkmaktadır. Havzanın yeraltısuyu statik rezervinin ise iklim değişikliğinden %1-2 gibi çok düşük bir oranda etkilendiği görülmüştür. Yine de bu durum havzadaki yeraltısuyu hidrojeolojik ve mümkün rezervlerinin, değişik iklim modelleri - senaryoları çerçevesinde sırasıyla %10–11 ve %19-21 oranında azalabileceği olasılığını ortadan kaldırmamaktadır. En olumlu iklim modeli – senaryosu gerçekleşse bile bu oranlar hidrojeolojik rezerv ve mümkün rezerv varlıklarında sırasıyla %10 ve %19 oranında azalma olacağını işaret etmektedir. Yeraltısuyu hidrojeolojik rezervi 19 km^3 olarak belirlenen Kuzey Ege Havzası'nda yer alan yeraltısuyu mümkün rezervinin ise, toplamda 10 km^3 büyüklükte bir kaynak oluşturduğu ifade edilebilir.

Kuzey Ege Havzası akarsu dağılımı bakımından dağınık bir biçimde yayılmış bir havza olduğundan ve havzadaki akış birden fazla noktada denize boşaldığından, hidrolik modelleme çalışmaları ile belirlenen debi ve seviye değerlerinin havzanın tamamını temsil eder nitelikte tek bir kontrol enkesiti üzerinden değerlendirilmesi uygun olmamaktadır. Proje kapsamında hidrolojik ve hidrolik modelleme çalışmalarında altlık olarak kullanılan ve İdare'den temin edilen su kütlesi verilerine göre Kuzey Ege Havzası için 12 adet çıkış noktası bulunmakta ve mansap niteliğindeki bu akarsu kolları Ege Denizi'ne birbirinden farklı

noktalardan dökülmektedir. Hidrolik modelleme çalışmaları kapsamında elde edilen debi değerleri incelendiğinde, RCP4.5 senaryosu için tüm modellerin referans dönemine yakın ya da altında sonuçlar ürettiği, RCP8.5 senaryosunda CNRM-CM5.1 modelinin referans dönemi üzerinde debi sonucu üretebildiği görülmektedir. RCP4.5 senaryosunda bütün akımlar (düşük, ortalama ve yüksek) için kontrol noktası ve projeksiyon dönemlerine bağlı olarak değişkenlik göstermemekte olup, en yüksek değerler CNRM-CM5.1 modeli ile üretilmiştir. Projeksiyon dönemi boyunca HadGEM2-ES ve MPI-ESM-MR modelleri düşük akım değerlerinin azalma eğiliminde olacağı ya da stabil kalacağı tahminini sunmakta, ancak CNRM-CM5.1 modeli debi değerlerinde artış olabileceğini öngörmektedir.

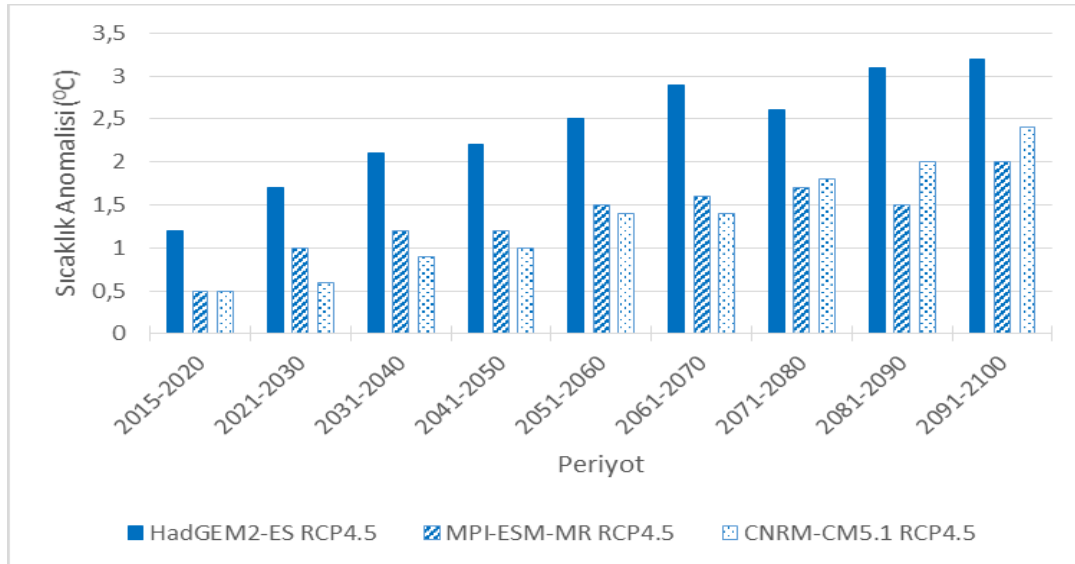
Kuzey Ege Havzası için elde edilen sonuçlar, projeksiyon dönemi boyunca sıcaklık değerlerinin artma eğiliminde olacağını, yağış parametresinde artış ve azalış dönemlerinin görülebileceğini ancak 2050 yılından itibaren yağıştaki azalmanın belirginleşeceğini ve projeksiyon dönemi boyunca sürekli bir artış ya da azalıştan söz edilemeyen su rezervinde de 2050 yılı sonrasında havzada su açığı gerçekleşmesi ihtimalinin bulunduğu ortaya konmaktadır. Havzada yeraltı suyu potansiyelinin de projeksiyon dönemi başlangıcından itibaren genel olarak azalacağı öngörülmekle birlikte havzanın birim alanındaki yeraltı suyu mümkün rezervinin de Türkiye ortalamasının altında olduğu görülmektedir.

5.5 Gediz Havzası

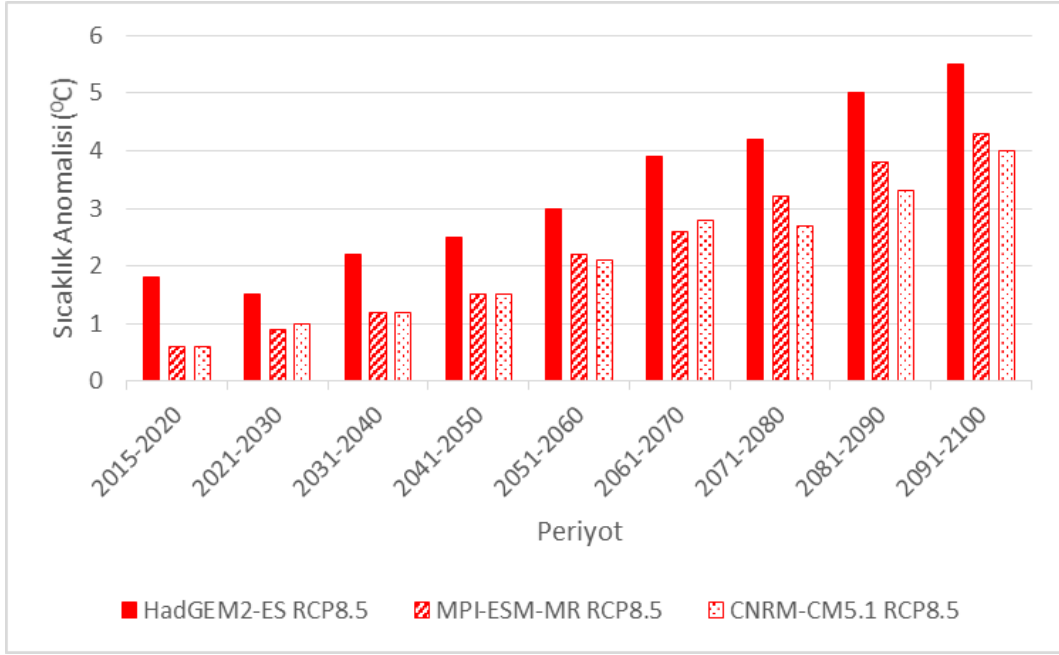
Sularını Gediz Nehri ve kolları vasıtasıyla Ege Denizi'ne boşaltan Gediz Havzası'na ait referans dönem ortalama sıcaklık değerleri 12-17°C arasında değişmektedir. Havzada yapılan iklim değişikliği projeksiyonlarına göre her üç küresel model sonucuna göre de projeksiyon döneminin sonunda, havzada RCP4.5 senaryosu için 2-3,2°C ve RCP8.5 senaryosu için 3,9-5,5°C aralığında değişen sıcaklık artışları öngörülmektedir. Projeksiyon dönemini en sıcak tahmin eden model HadGEM2-ES modeli olarak belirlenmiştir. Her üç model sonucuna göre de 10 yıllık dönemler baz alındığında, havzada 2060 ve sonrasında sıcaklık artışları belirginleşmekte ve havzanın doğu kısmında daha yüksek artış değerleri beklenmektedir. Bu artış değerlerinin özellikle son 30 yıllık periyotta belirginleştiği ve havzanın doğu kesimlerinde yaklaşık 1°C kadar fazla artış beklendiği öngörülmüştür. Sıcaklıklardaki artış eğilimleri 30 yıllık ortalamalar için de beklenmekte ve bu artış değerleri özellikle son 30 yıllık periyotta belirginleşmektedir. Havzada beklenen sıcaklık anomali değerleri her iki senaryo sonucuna göre de Şekil 5.27 ve Şekil 5.28 ile verilmiştir.

Gediz Havzası'nda referans dönem için havzaya gelen toplam yağış miktarı 500-800 mm arasında bulunmaktadır. Havza için uygulanan HadGEM2-ES modelinde RCP4.5 ve RCP8.5

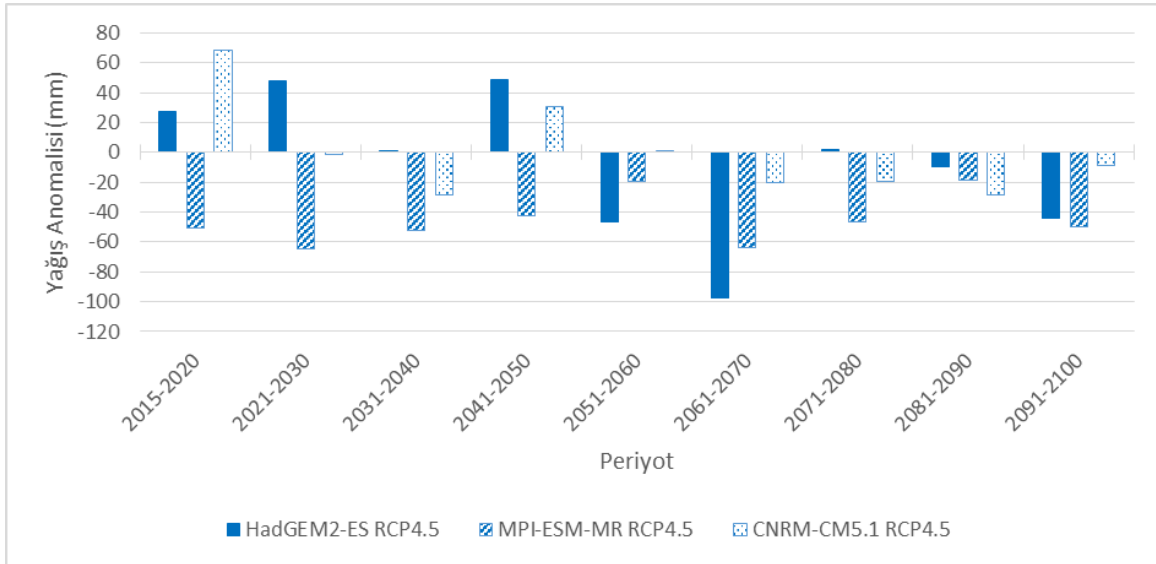
senaryolarına göre toplam yağışta öngörülen sonuçlar karşılaştırıldığında 2050'lerden sonra toplam yağışlarda azalma, yani kuraklığa doğru gidileceği, bu sonuçlardan RCP8.5 senaryosunun değerlerinin beklendiği üzere daha yüksek farklara sahip olduğu öngörülmektedir. HadGEM2-ES modeli ile varılan yağış sonuçları, sıcaklık anomalileri ile birlikte değerlendirildiğinde, RCP8.5 senaryosuna göre kuraklık periyotlarında artış beklentisinin yüksek olmasının havzada beklenen toplam yağış değerlerine yansıdığı söylenebilir. MPI-ESM-MR modelinde ise hem RCP4.5 hem de RCP8.5 senaryolarında negatif anomali yıl sayıları pozitiflere oranla bir hayli yüksektir. CNRM-CM5.1 modelinin RCP4.5 senaryosuna ait yağış simülasyon sonuçları ise projeksiyon dönemi boyunca yağış artış ve azalışlarının etkili olduğu dönemleri vermektedir. Modelin RCP8.5 senaryosunda yağış eksikliğinin RCP4.5 senaryosuna göre daha çarpıcı şekilde ortaya çıktığı görülmektedir. RCP4.5 senaryosu için toplam yağış değişimleri genel olarak değerlendirildiğinde, havzada kimi zaman artışlar gerçekleşse de, genellikle yağışlarda azalma eğilimi mevcuttur. Yağış azalmalarının havzanın iç kesimlerinde özellikle projeksiyon döneminin ikinci yarısında artacağı beklenmektedir. Yağış artışları ise havzanın denize yakın batı kıyılarında gözlenmektedir. RCP8.5 senaryosuna göre de her üç model sonucunda da baskın bir yağış azalması eğilimi beklenmektedir. Özellikle 2050 ve sonrası periyotlarda önemli seviyelere varan yağış azalmaları beklenmekte olup bu azalmaların en fazla havzanın doğu kesimlerinde gerçekleşeceği öngörülmektedir. Gediz Havzası için üretilen tüm model sonuçları dikkate alındığında havzada %25'i geçen yağış azalmaları söz konusudur (Şekil 5.29 ve Şekil 5.30).



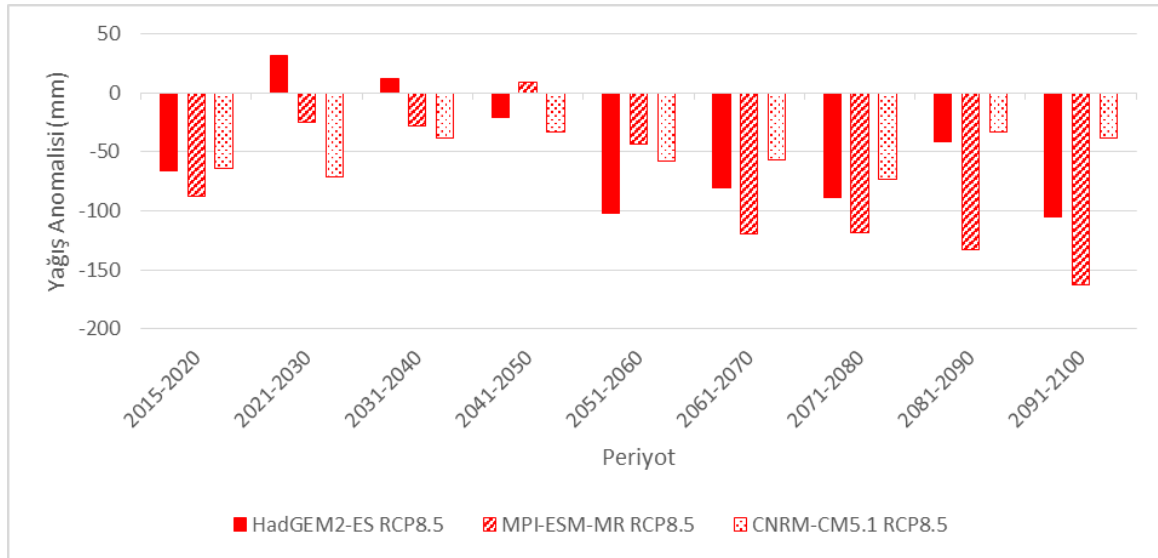
Şekil 5.27 RCP4.5 Senaryosuna Göre Modeller Bazında Sıcaklık Anomali Değerleri - Gediz Havzası



Şekil 5.28 RCP8.5 Senaryosuna Göre Modeller Bazında Sıcaklık Anomali Değerleri - Gediz Havzası

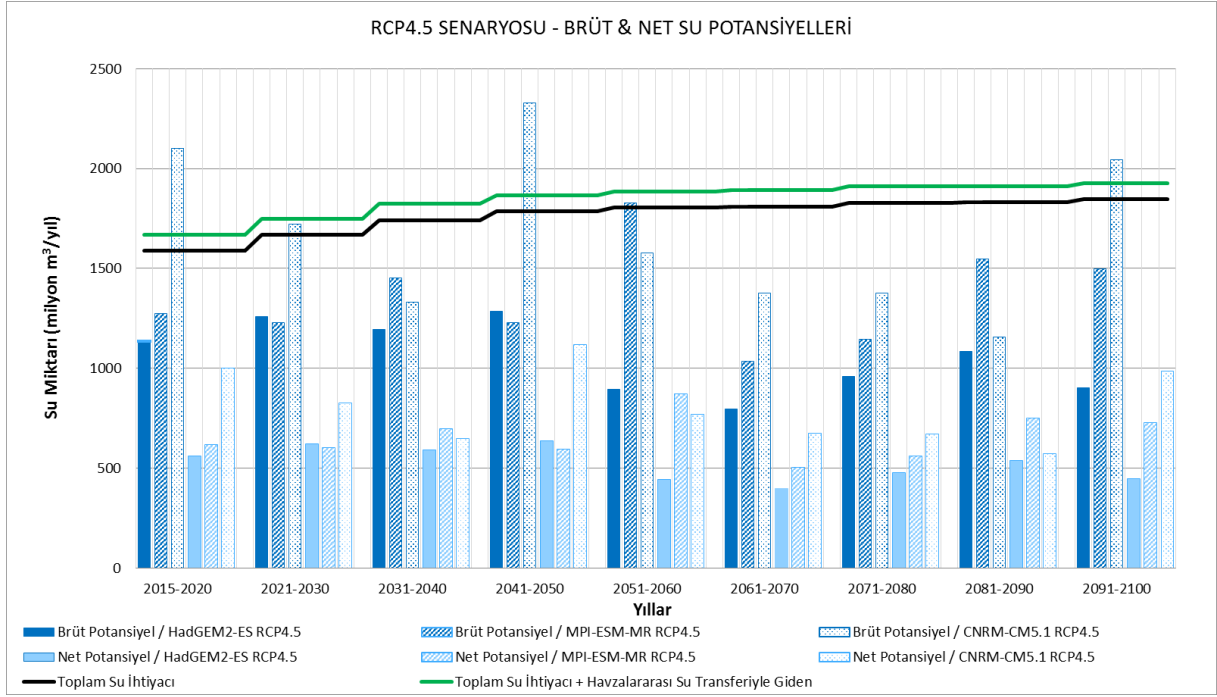


Şekil 5.29 RCP4.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Yağış Anomali Değerleri- Gediz Havzası

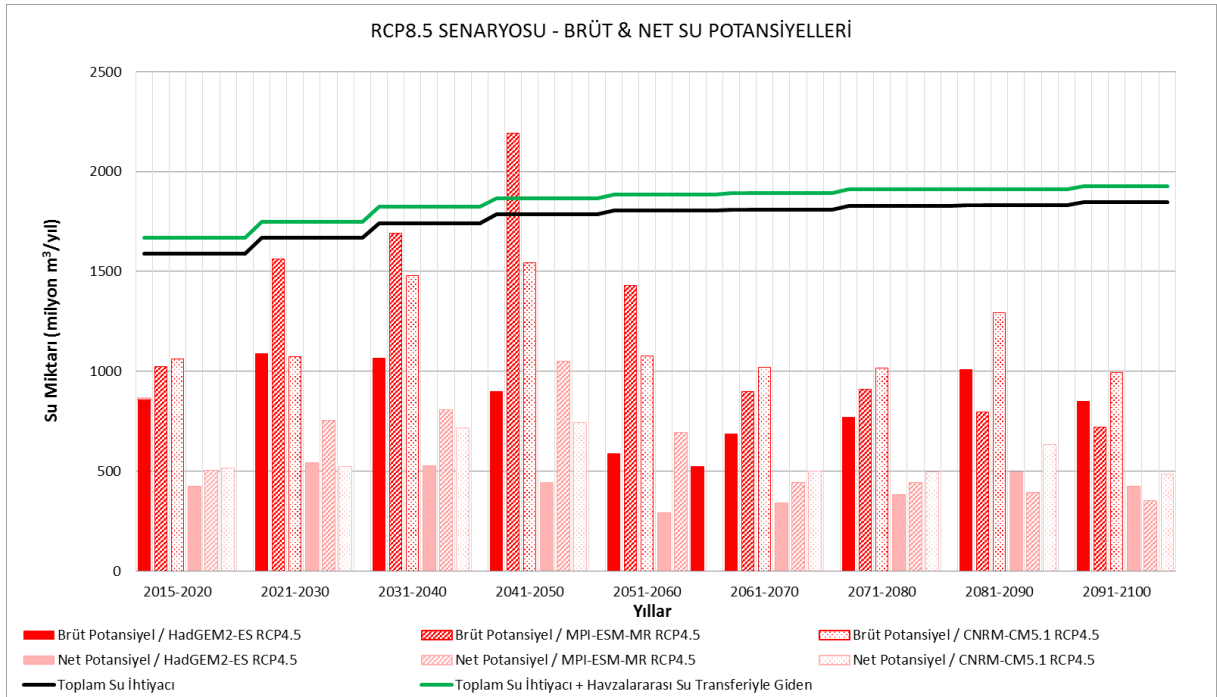


Şekil 5.30 RCP8.5 Senaryosuna Göre Modeller Bazında Yağış Anomali Değerleri- Gediz Havzası

Gediz Havzası'nda toplam su ihtiyacının önemli bir kısmının sulama suyu olduğu, diğer sektörlerin ihtiyaçlarının daha düşük seviyelerde seyrettiği bilinmektedir. Şekil 5.31 ve Şekil 5.32 ile havzada her iki senaryo sonucu için de projekte edilen brüt ve net su potansiyelleri verilmiştir. 2015'ten itibaren projeksiyon dönemi sonuna kadar su ihtiyacının havzada hiçbir şekilde sağlanamadığı ve su açığının tüm dönemler boyunca tüm model senaryo sonuçlarına göre hissedilir bir şekilde devam ettiği anlaşılmaktadır. Su açığının en fazla olacağına işaret eden model her iki senaryo için de HadGEM2-ES'dir. RCP4.5 senaryosuna göre en yüksek su potansiyeli CNRM-CM5.1 için geçerlidir. RCP8.5 senaryosu sonuçlarına göre ise 2060'lı yıllara kadar en yüksek net su potansiyeli MPI-ESM-MR modeli ile öngörülmekte, 2060 sonrasında ise CNRM-CM5.1 modeli ile öngörülmektedir. Gediz Havzası'nın komşu Küçük Menderes Havzası'na su takviyesinde bulunmak üzere su transferi yaptığı da göz önünde bulundurulduğunda havzada projeksiyon dönemi boyunca sürekli su açığı açığının daha da artması beklenmektedir. Gediz Havzası için üretilmiş olan tüm model sonuçları değerlendirildiğinde iklim değişikliğinin de etkisi ile havzadaki su ihtiyacının %14 oranında karşılanabileceği dönemlerin yaşanacağı söylenebilir.



Şekil 5.31 Gediz Havzası için İklim Projeksiyonları RCP4.5 Senaryosuna göre Brüt ve Net Su Potansiyellerinin Karşılaştırılması

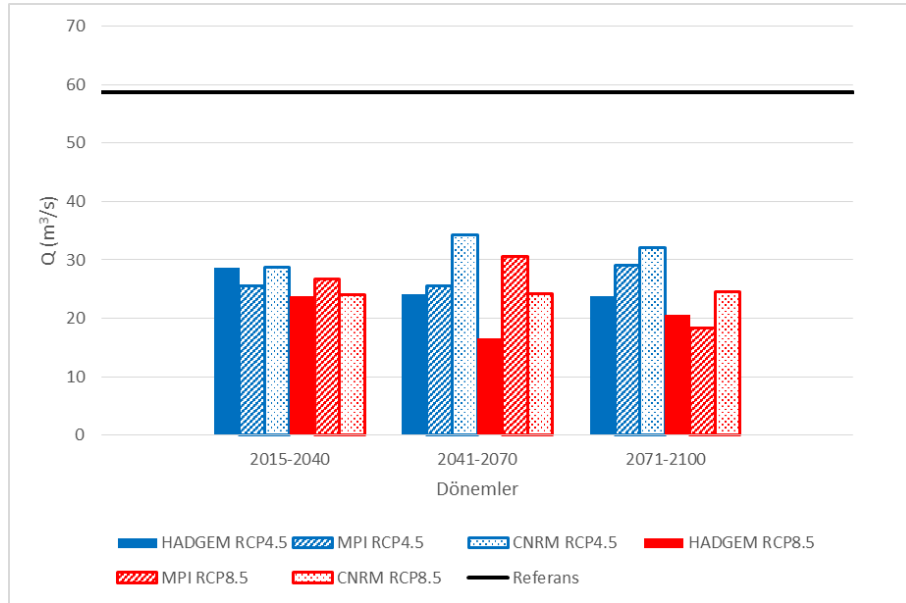


Şekil 5.32 Gediz Havzası için İklim Projeksiyonları RCP8.5 Senaryosuna göre Brüt ve Net Su Potansiyellerinin Karşılaştırılması

Yapılan hidrojeolojik değerlendirmede en büyük oransal azalmaların HadGEM2-ES modeli RCP4.5 senaryosunda maksimum %44 oranı ile iklim koşullarının yıl bazında doğrudan etkilediği dinamik rezerv değerlerinde ortaya çıktığı görülmektedir. Havzanın yeraltısuyu

statik rezervinin ise iklim değişikliğinden %1-4 gibi çok düşük bir oranda etkilendiği görülmüştür. Ayrıca, havzadaki yeraltısu hidrojeolojik ve mümkün rezervlerinin, değişik iklim modelleri-senaryoları çerçevesinde sırasıyla %8–11 ve %14-20 oranında azalacağı tahmin edilmektedir. Yüzyılın sonunda en olumlu iklim modeli-senaryosu gerçekleştiğinde hidrojeolojik ve mümkün rezerv varlıklarında sırasıyla %8 ve %14 oranında azalma olması beklenmektedir. Yeraltısu hidrojeolojik rezervi 40 km³ olarak belirlenen Gediz Havzası'nda yer alan "yeraltısu mümkün rezervi"nin toplamda 21 km³ büyüklükte bir kaynak oluşturduğu ifade edilebilir.

Hidrolik modelleme çalışmaları sonuçlarını genel anlamda değerlendirmek amacıyla Gediz Havzası'nın mansabını ifade eden noktada 85 yıllık projeksiyon dönemi için üç farklı iklim modeli sonuçlarına göre üretilen akım değerleri belirlenmiş ve Şekil 5.33 ile gösterilmiştir. Hidrolik modelleme çalışmaları sonuçlarını genel anlamda değerlendirmek amacıyla Gediz Havzası'nın mansabını ifade eden noktada 85 yıllık projeksiyon dönemi için üç farklı iklim modeli sonuçlarına göre üretilen akım değerleri belirlenmiştir. Hidrolik model sonuçlarına göre havzada her iki senaryo için de projeksiyon dönemindeki akışların referans dönemine oranla kayda değer ölçüde azalacağı öngörülmektedir. Tüm model sonuçları değerlendirildiğinde en düşük ortalama akım değerlerini HadGEM2-ES modeli RCP8.5 senaryosu öngörmekte olup referans dönemine göre %72 oranında düşmesi beklenmektedir.



Şekil 5.33 Gediz Nehri Mansabı 30'ar Yıllık Projeksiyon Dönemleri için Elde Edilen Ortalama Debi Değerleri

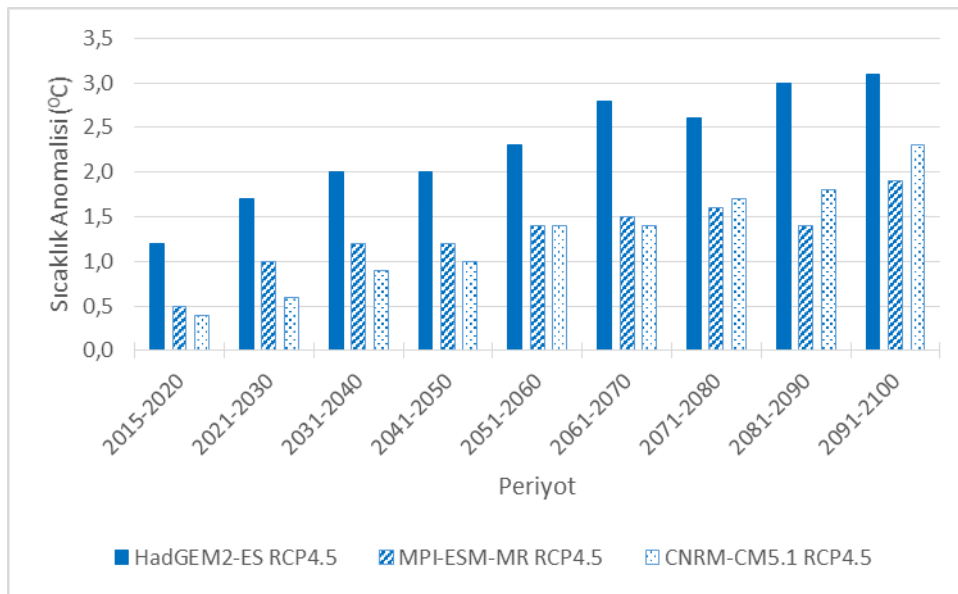
Sonuç olarak iklim modelleri sonuçlarına göre Gediz Havzası'nda beklenen yüksek sıcaklık artışlarının toplam yağışta havzanın tamamına yakın bölümünde genel olarak azalmalara yol açacağı anlaşılmaktadır. Yağışlarda gerçekleşmesi öngörülen bu azalmaya bağlı olarak hidrolojik açıdan tüm projeksiyon döneminde su potansiyeli toplam su ihtiyacı değerlerinin önemli oranda altında seyretmektedir. Bu durum havzada önemli oranda su açığının sürekli olarak görülebileceğinin bir işaretidir. Havzada yeraltı suyu potansiyelinin de projeksiyon dönemi başlangıcından itibaren genel olarak azalacağı öngörülmekle birlikte havzanın birim alanındaki yeraltısuyu mümkün rezervinin de Türkiye ortalamasının altında olduğu görülmektedir. Proje çıktıları, Gediz Havzası su yönetimi stratejilerinin belirlenmesinde dikkate alınması ve havzada öngörülen su açığının minimize edilebilmesi için olanak yaratması açısından oldukça önemlidir.

5.6 Küçük Menderes Havzası

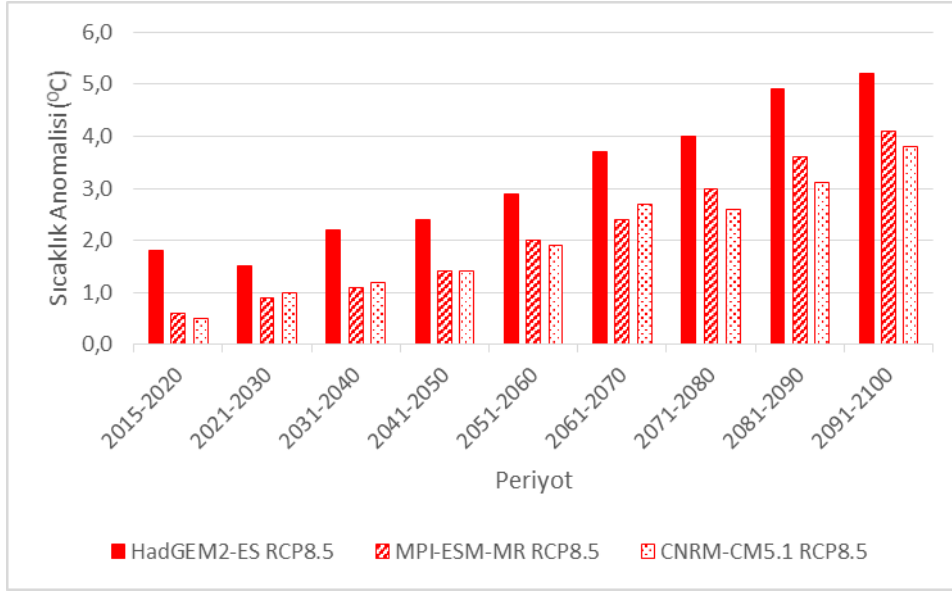
Anadolu'nun batısında yer alan Küçük Menderes Nehri ile sularını Ege Denizi'ne döken alanı kapsamakta olan Küçük Menderes Havzası referans dönem değerlerine göre ortalama sıcaklıklar 15-17°C civarındadır. İklim değişikliği projeksiyonlarına göre her üç küresel model sonucu için de ortalama sıcaklık değerlerinde artışlar olacağı öngörülmüştür. Buna göre projeksiyon döneminin sonuna kadar havzada öngörülen artış değerleri 10 yıllık ortalamalar bazında RCP4.5 senaryosu için 1,9-3,1°C ve RCP8.5 senaryosu için 3,8-5,2°C seviyelerine varmaktadır. Sıcaklık artışlarının en yüksek tahmin edildiği model HadGEM2-ES modeli en düşük tahmin eden model ve senaryo ise MPI-ESM-MR modeli RCP4.5 senaryosu olmuştur. Genel olarak modeller bazında sıcaklık artışlarının 2051-2060 zaman diliminden sonra artması ve artışın havzanın iç kesimlerinde daha yüksek olması ve anomalilerde batıdan doğuya doğru sıcaklıkların artması beklenmektedir. Tüm model ve senaryolar dikkate alındığında, sıcaklıklarda 2050 sonrasında 2°C'nin üzerinde artışlar görüleceği ve en yüksek sıcaklık artışının 5,2°C'ye varan sonuçlar ile 2091-2100 döneminde görülmesi beklenmektedir. Projeksiyon dönemi için her üç modele göre hesaplanan sıcaklık anomali değerleri RCP4.5 ve RCP8.5 senaryoları için Şekil 5.34 ve Şekil 5.35 ile verilmiştir.

Küçük Menderes Havzası için toplam yağış projeksiyonları genel olarak değerlendirildiğinde, HadGEM2-ES modeline göre yağış değerlerinin gelecek dönem projeksiyonunda belirgin bir trend olmamakla birlikte, referans döneme göre 600-700 mm civarında olan toplam yağış değerlerinde bir artış söz konusu olduğu ve iç kesimlerde 2050'lerden sonra daha kurak bir iklim beklendiği söylenebilir. RCP8.5 senaryosuna göre ise negatif anomaliler daha sık ve şiddetli ve peş peşe kurak geçen yılların sayısı daha fazladır. MPI-ESM-MR modelinde ise RCP4.5 ve RCP8.5 senaryoları, bölgenin tamamında yağışta son derece önemli düşüşlerin

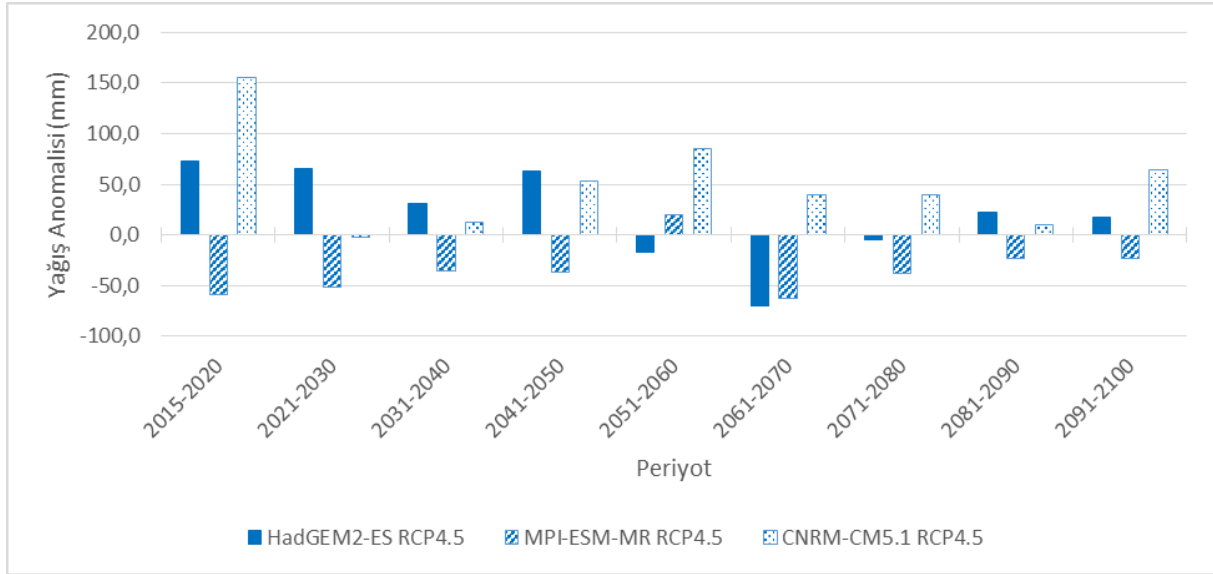
beklendiğini ortaya koymaktadır. Özellikle RCP8.5 senaryosuna dayalı model sonuçları 2050'li yıllardan sonra havzada yağış eksikliğinin önemli seviyelere ulaşacağını göstermektedir. CNRM-CM5.1 modeli sonuçlarına göre ise RCP4.5 senaryosunda havzayı diğer iki modele göre daha yağışlı bir 85 yıllık projeksiyon dönemi beklemekte, diğer taraftan aynı modeli RCP8.5 senaryosuna ait sonuçlarına göre havzada büyük ölçüde yağış eksikliğinin yaşanacağını öngörülmektedir. Tüm model ve senaryo sonuçları bir arada değerlendirildiğinde, özellikle projeksiyon döneminin ikinci yarısında yağışta öngörülen azalmaların şiddetlendiği ve %25 oranında azalma görülebileceği dikkati çekmektedir. Şekil 5.36 ve Şekil 5.37 ile sırasıyla RCP4.5 ve RCP8.5 senaryoları için belirlenen yağış anomali değerleri, her üç model sonucu için de karşılaştırmalı olarak verilmiştir.



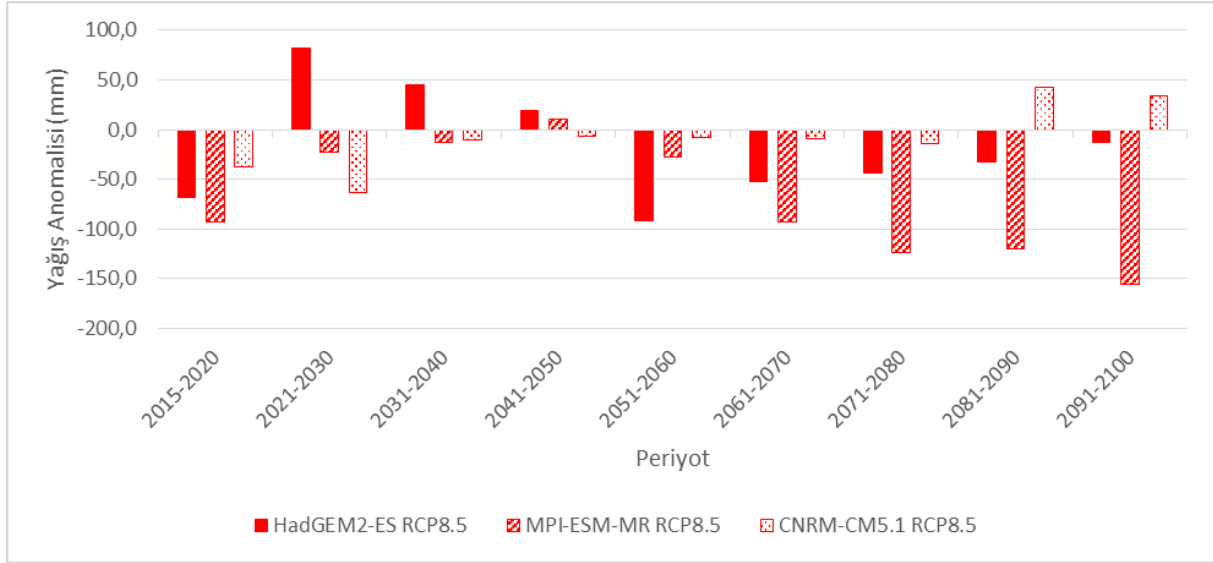
Şekil 5.34 RCP4.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Sıcaklık Anomali Değerleri- Küçük Menderes Havzası



Şekil 5.35 RCP8.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Sıcaklık Anomali Değerleri - Küçük Menderes Havzası

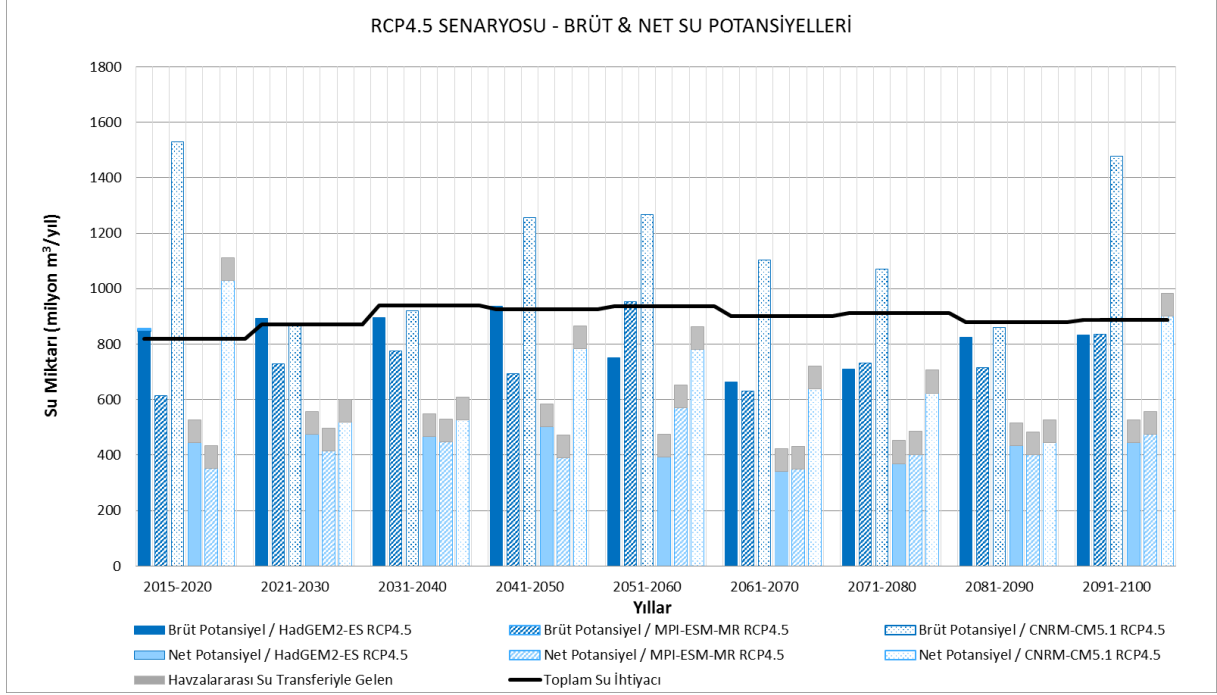


Şekil 5.36 RCP4.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Yağış Anomali Değerleri - Küçük Menderes Havzası

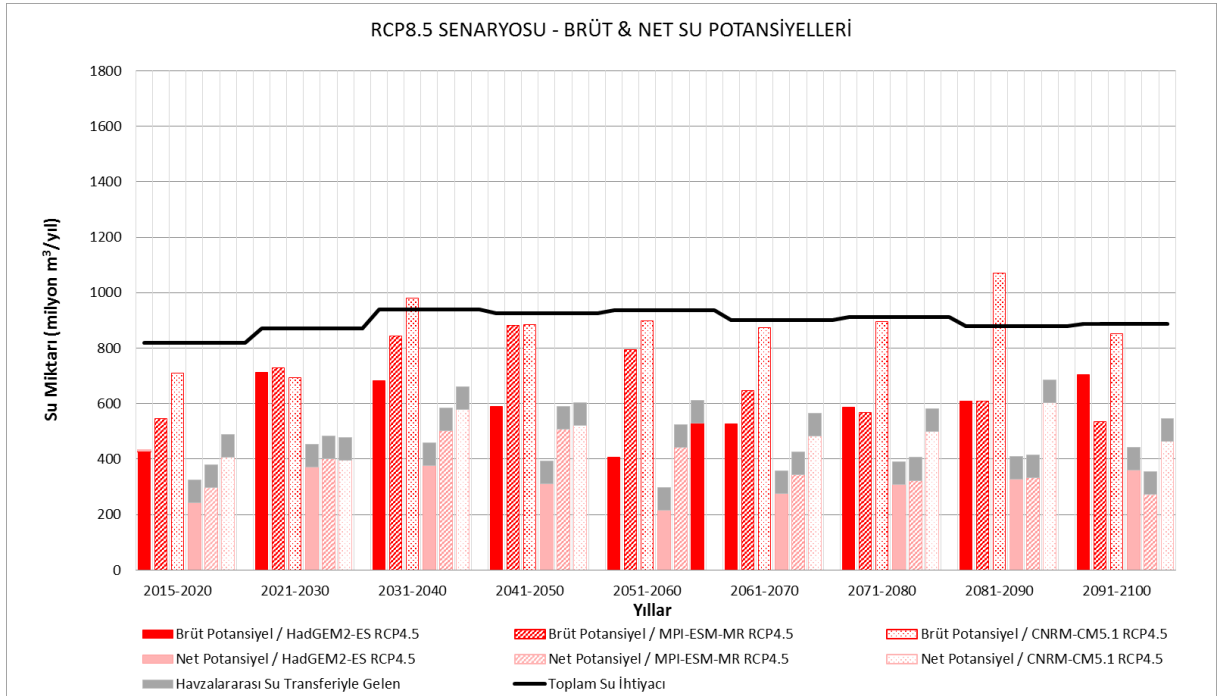


Şekil 5.37 RCP8.5 Senaryosuna Göre Modeller Bazında Yağış Anomali Değerleri - Küçük Menderes Havzası

Hidrolojik model sonuçlarına göre yağışlardaki değişimlere bağlı olarak havzadaki toplam kullanılabilir su rezervinde değişimler olacağı öngörülmektedir. Küçük Menderes Havzası için üretilen model sonuçlarına göre her iki senaryoda da tüm dönemlerde genel olarak toplam su ihtiyacı karşılanamamaktadır. Toplam su ihtiyacı, havzanın brüt ve net su potansiyellerinin yanı sıra havzalararası su transferiyle havzaya giren ve/veya havzadan çıkan net su miktarları da Şekil 5.38 ve Şekil 5.39 ile gösterilmektedir. Havzalararası su transferi dikkate alınmaksızın değerlendirildiğinde her iki senaryo sonuçları tüm dönemlerde toplam su ihtiyacı değerlerinin altında seyretmektedir. RCP4.5 senaryosunda HadGEM2-ES ve MPI-ESM-MR modellerinin ürettiği sonuçlar birbirine yakın olup, CNRM-CM5.1 modeli nispeten yüksek sonuçlar üretmiştir. RCP8.5 senaryosu sonuçlarına göre HadGEM2-ES modeli en düşük net su potansiyelini öngörmekte, MPI-ESM-MR ve CNRM-CM5.1 modellerinin sonuçları genel itibariyle benzer olup özellikle yüzyılın ikinci yarısında CNRM-CM5.1 modeli daha yüksek sonuçlar üretmektedir. CNRM-CM5.1 modeli RCP4.5 senaryosu sonuçları için projeksiyon döneminin başı (2015-2020) ve sonunda (2091-2100) su açığı beklenmemektedir. Toplam su ihtiyacının önemli bir kısmının içme kullanma suyu olduğu, diğer sektörlerin ihtiyaçlarının daha düşük seviyelerde seyrettiği 2015'ten itibaren projeksiyon dönemi sonuna kadar havzalararası su transferiyle takviye edilmesine rağmen su ihtiyacının havzada sağlanamadığı görülmektedir. Su açığının tüm dönemler boyunca tüm model senaryo sonuçlarına göre hissedilir bir şekilde devam edeceği tahmin edilmektedir. Havzada en yüksek su açığı 2051-2060 döneminde beklenmekte olup, bu dönemde su ihtiyacının yaklaşık %36'sı karşılanabilmektedir.



Şekil 5.38 Küçük Menderes Havzası için İklim Projeksiyonları RCP4.5 Senaryosuna göre Brüt ve Net Su Potansiyellerinin Karşılaştırılması

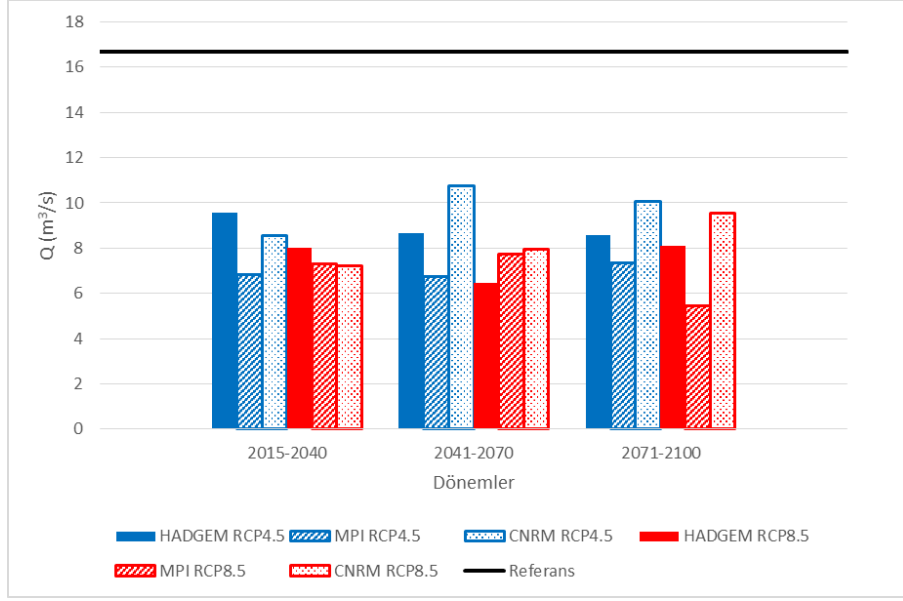


Şekil 5.39 Küçük Menderes Havzası için İklim Projeksiyonları RCP8.5 Senaryosuna göre Brüt ve Net Su Potansiyellerinin Karşılaştırılması

Yapılan hidrojeolojik değerlendirmede, en büyük oransal azalmaların HadGEM2-ES modeli RCP8.5 senaryosunda %21 oranı ile iklim koşullarının yıl bazında doğrudan etkilediği

dinamik rezerv değerlerinde ortaya çıktığı, havzanın yeraltısuyu statik rezervinin ise iklim değişikliğinden %1 gibi çok düşük bir oranda etkilendiği görülmüştür. Yine de bu durum havzadaki yeraltısuyu hidrojeolojik ve mümkün rezervlerinin, değişik iklim modelleri-senaryoları çerçevesinde düşük oranlarla da olsa sırasıyla %2-3 ve %4-5 oranında azalabileceği olasılığını ortadan kaldırmamaktadır. En olumlu iklim modeli-senaryosu gerçekleşse bile bu oranlar hidrojeolojik rezerv ve mümkün rezerv varlıklarında sırasıyla %2 ve %4 oranında azalma olacağını işaret etmektedir. Küçük Menderes Havzası için yeraltısuyu hidrojeolojik rezervi 56 km³ olarak belirlenmiştir. Havzada yer alan tüm serbest-basınçlı karakterdeki taneli-kaya ortam sutaşlıklarına (akifer)-yarısutaşlıklarına (akitard) ait yeraltısuyu mümkün rezervinin toplamda 32 km³ büyüklükte bir kaynak oluşturduğu söylenebilir.

Küçük Menderes Nehri'nin mansabını ifade eden noktada 85 yıllık projeksiyon dönemi için üç farklı iklim modeli sonuçlarına göre üretilen ortalama akım değerleri Şekil 5.40 ile verilmiştir. Buna göre ortalama akım değerleri brüt ve net su potansiyellerindeki değişim ile paralellik göstermektedir. Her iki senaryo sonucuna göre de üç farklı model tarafından elde edilen sonuçlar tüm projeksiyon dönemleri boyunca referans dönemin altında kalmaktadır. Her iki senaryo için MPI-ESM-MR modeli en düşük debi değerlerini üretmiş olup modeller arasındaki olumsuz durumu ifade ettiği söylenebilir. RCP4.5 senaryosuna göre 30'ar yıllık dönemlerde model sonuçları arasında belirgin bir fark görülmemektedir. Söz konusu senaryoda HadGEM2-ES modeli en yüksek ortalama akım değerlerini öngörmekte olup MPI-ESM-MR ve CNRM-CM5.1 modelleri birbirlerine yakın sonuçlar sunmaktadır. RCP8.5 senaryosunda ise CNRM-CM5.1 modeli öne çıkmaktadır. Projeksiyon dönemi boyunca artma eğiliminde olup en yüksek debi değerlerini 2071-2100 dönemi için tahmin etmektedir. RCP4.5 senaryosu sonuçlarına göre en düşük ortalama akım değeri 2041-2070 döneminde referans dönemine göre %60 oranında düşüş ile; RCP8.5 senaryosuna göre ise projeksiyon döneminin sonunda referansa göre %67 oranında düşüş ile görülmektedir.



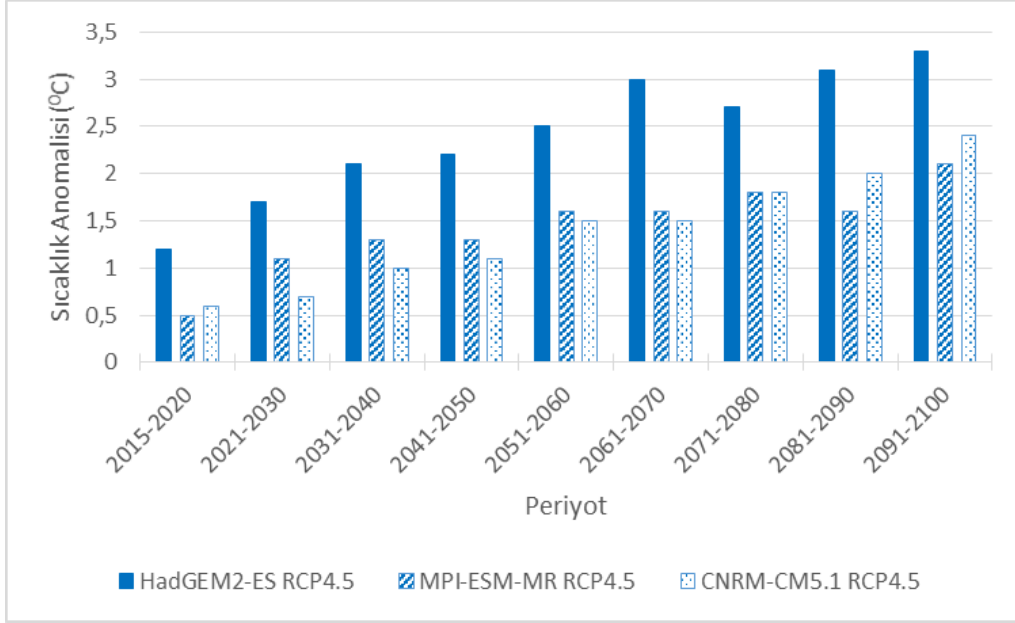
Şekil 5.40 Küçük Menderes Nehri Mansabı 30'ar Yıllık Projeksiyon Dönemleri için Elde Edilen Ortalama Debi Değerleri

Küçük Menderes Havzası için iklim projeksiyonlarından elde edilen sonuçlara göre projeksiyon dönemi boyunca sıcaklıkların artması yağışların ise yüzyılın ortasına kadar pozitif daha sonrasında negatif anomali sergilemesi beklenmektedir. Havzadaki su potansiyelinin dramatik olarak azalması su açığının projeksiyon dönemi boyunca belirginleşmesine sebep olmaktadır. Havzada yeraltı suyu potansiyelinin de projeksiyon dönemi başlangıcından itibaren genel olarak azalacağı öngörülmekte iken, havzanın birim alanındaki yeraltı suyu mümkün rezervinin Türkiye ortalamasının üzerinde olduğu söylenebilmektedir.

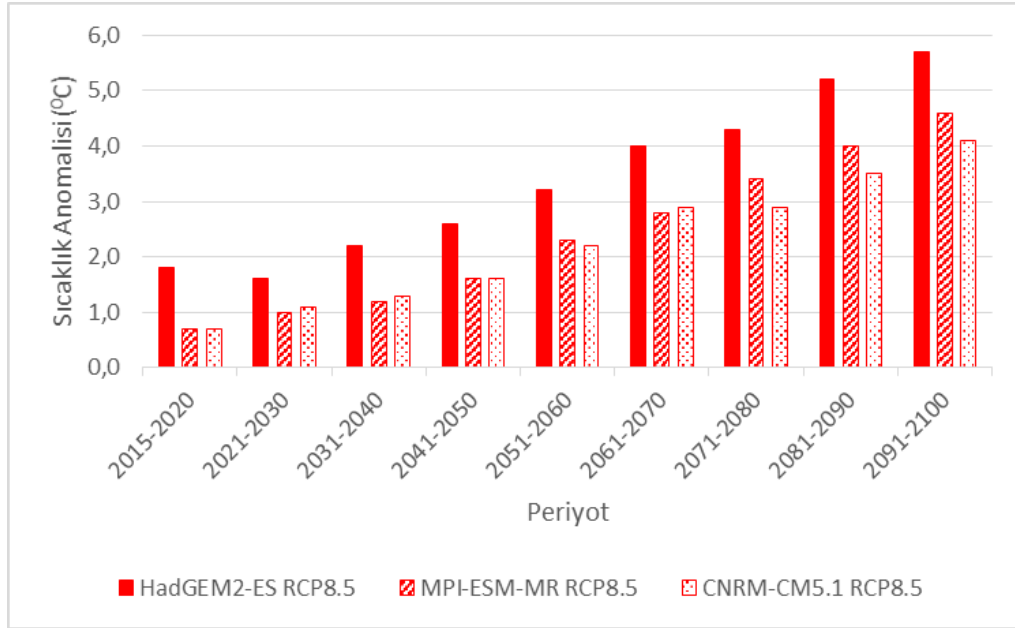
5.7 Büyük Menderes Havzası

Anadolu'nun batısında yer alan Büyük Menderes Nehri ile sularını Ege Denizi'ne döken alanı kapsamakta olan Büyük Menderes Havzası'nda referans dönemine ait ortalama sıcaklık değerleri 16°C seviyelerindedir. Havzaya ait iklim değişikliği projeksiyonları sonuçlarına göre her üç küresel iklim modeli sonucu da 2015-2100 projeksiyon dönemi boyunca lineer bir artış tahmin etmektedir. En yüksek artış değerleri HadGEM2-ES modeli için ve en düşük artışlar CNRM-CM5.1 modeli için tahmin edilmektedir. 10 yıllık ortalamalar baz alındığında, projeksiyon dönemi sonunda RCP4.5 emisyon senaryosuna göre havzada sıcaklık artışlarının 2,1-3,3°C ve RCP8.5 senaryosuna göre 4,1-5,7°C aralığında değişeceği tahmin edilmektedir. Sıcaklık artışları her üç model için de 2060 ve sonrası belirginleşmekte, havzadaki ortalama sıcaklık değerleri yaklaşık 20°C'lere çıkmaktadır. Model sonuçları genel olarak değerlendirildiğinde her iki senaryo için de havza genelinde projeksiyon döneminin sonunda sıcaklık artışlarının beklendiği bu artış değerlerinin RCP8.5 senaryosu için 4°C'nin üzerinde olduğu ve bu artış değerlerinin havzanın denizden uzak doğu kesimlerinde daha yüksek miktarlarda gözleneceği belirlenmiştir. Havza bazında sıcaklık anomali değerleri her üç küresel model ve iki senaryo için Şekil 5.41 ve Şekil 5.42 ile verilmiştir.

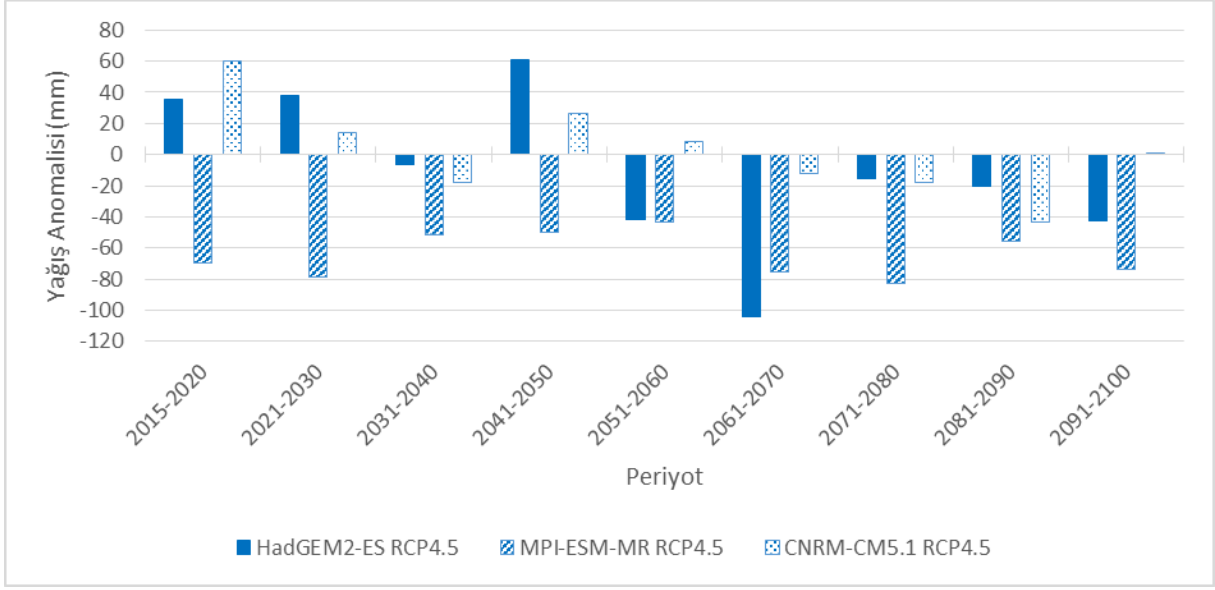
Havzada referans dönem ait toplam yağış değerleri oldukça değişken olmakla birlikte havza iç kesimlerinde genel olarak 500-650 mm arasında değişmektedir. HadGEM2-ES modeli ile 2015-2100 projeksiyon dönemi için elde edilen yağış sonuçlarına göre Büyük Menderes Nehri'nin denize döküldüğü bölgede gelecek döneminin daha yağışlı, iç kısımların ise daha az yağış alacağı öngörülmektedir. Büyük Menderes Havzası'nda en yüksek negatif yağış anomali değerleri MPI-ESM-MR modeli RCP8.5 senaryosunda 2091-2100 döneminde beklenmekte olup havzadaki toplam yağış parametresi için referans dönemine göre %30'lara varan azalışlar gözlenmektedir. Tüm model ve senaryo sonuçları değerlendirildiğinde yağışlardaki maksimum artmanın ise CNRM-CM5.1 modeli RCP4.5 senaryosu 2015-2020 periyodunda %10 seviyelerinde olması beklenmektedir. Genel olarak bir değerlendirme yapıldığında yağışta azalma değerlerinin baskın olduğu ve özellikle havzanın iç kesimlerinde ve 2050 sonrası dönemde yağış eksikliklerinin önemli seviyelere ulaşacağı öngörülmüştür. Havzada her iki senaryo sonuçlarına göre yağış azalmaları baskın olmakla birlikte projeksiyon dönemi boyunca 10'ar ve 30'ar yıllık değerlendirmelerde belirgin bir artma veya azalma eğilimi bulunmamaktadır. Büyük Menderes Havzası yağış anomali projeksiyonları, her üç küresel model ve iki senaryo için Şekil 5.43 ve Şekil 5.44 ile verilmiştir.



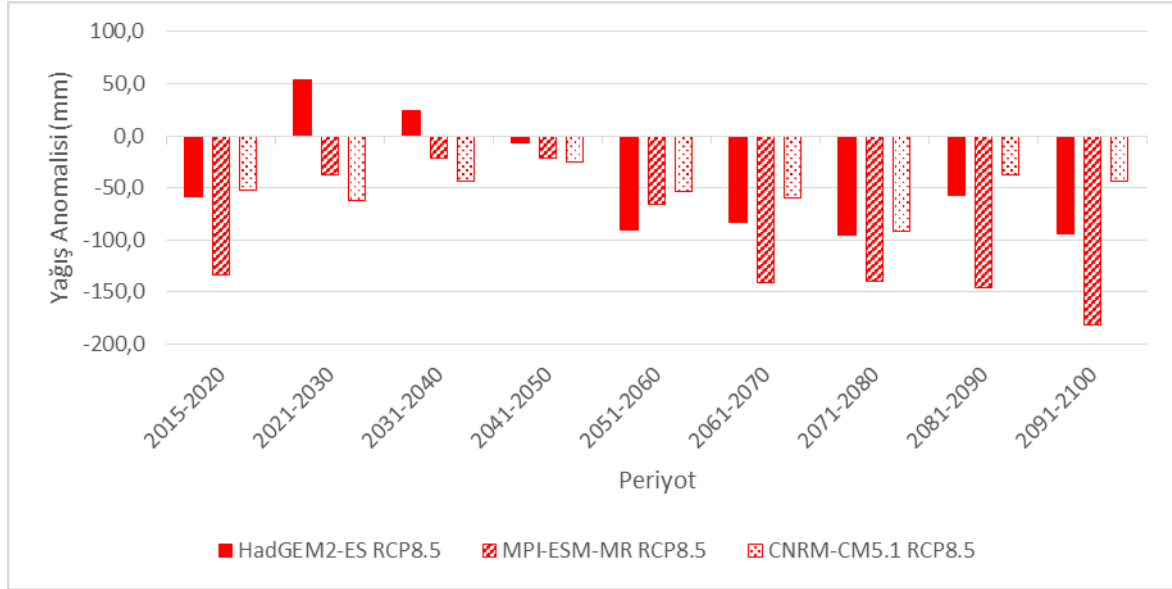
Şekil 5.41 RCP4.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Sıcaklık Anomali Değerleri - Büyük Menderes Havzası



Şekil 5.42 RCP8.5 Senaryosuna Göre Modeller Bazında Sıcaklık Anomali Değerleri - Büyük Menderes Havzası



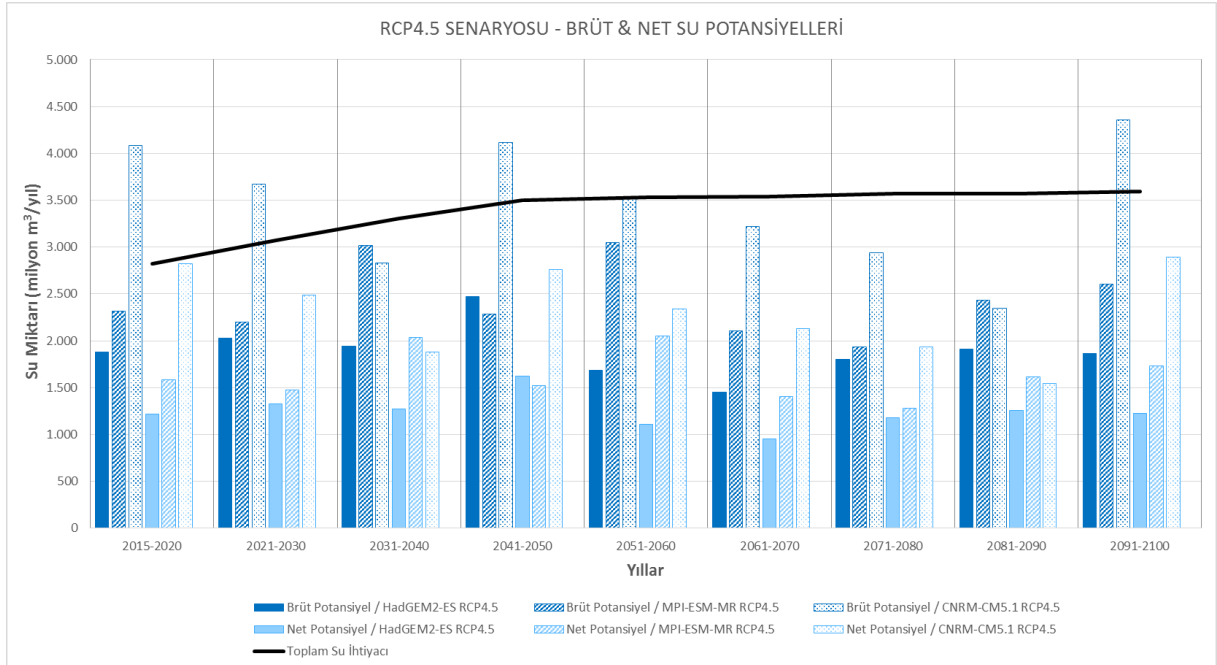
Şekil 5.43 RCP4.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Yağış Anomali Değerleri- Büyük Menderes Havzası



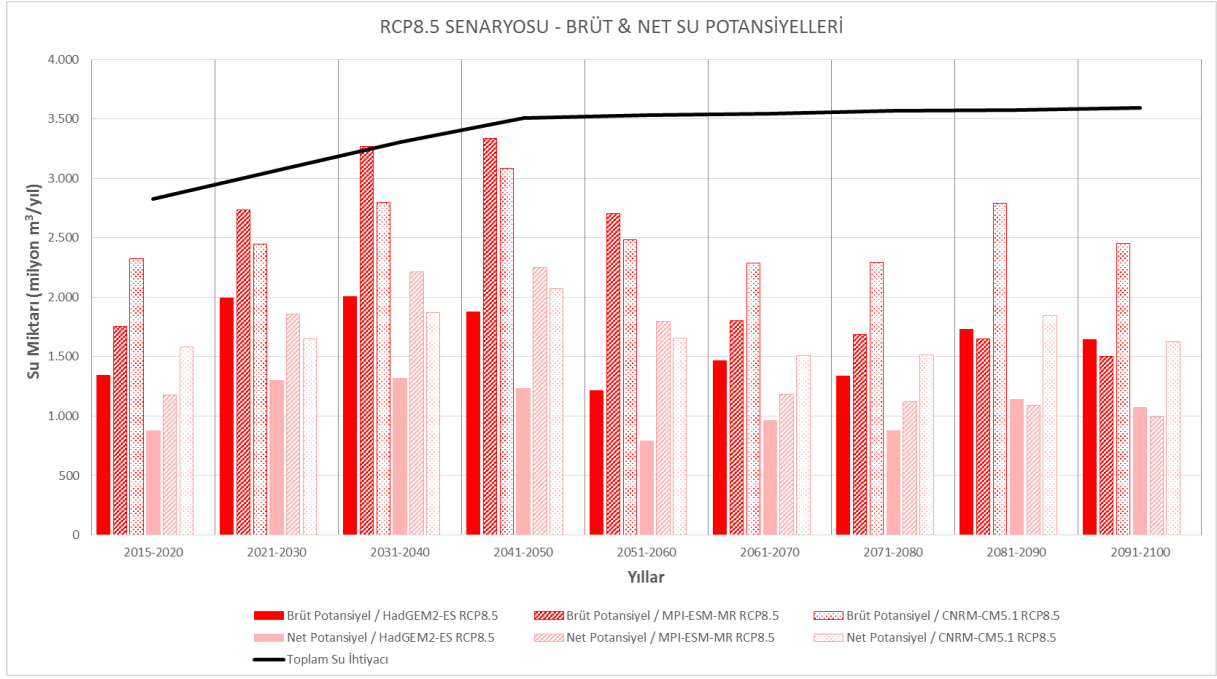
Şekil 5.44 RCP8.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Yağış Anomali Değerleri- Büyük Menderes Havzası

Her üç model ve iki senaryo için de projeksiyon dönemi boyunca havzadaki toplam kullanılabilir su rezervi için düzenli bir artıştan veya azalıştan söz edilmesi mümkün değildir. Her iki senaryo sonuçlarına göre HadGEM2-ES ve MPI-ESM-MR modellerinin sonuçları genel itibariyle benzerdir. RCP4.5 senaryosunda, en yüksek değerleri genel olarak, CNRM-CM5.1 modeli üretmiştir. RCP8.5 senaryosu sonuçları değerlendirildiğinde ise projeksiyon dönemi yarısına kadar MPI-ESM-MR modeli ön plana çıkarken yüzyılın ikinci yarısından itibaren CNRM-CM5.1 modeli yüksek değerler üretmiştir. Büyük Menderes Havzası'nda

toplam su ihtiyacının büyük kısmının sulama suyu olduğu, diğer sektörlerin ihtiyaçlarının çok düşük seyrettiği bilinmektedir. 2015'ten itibaren projeksiyon dönemi sonuna kadar su ihtiyacının havzada hiçbir şekilde sağlanamadığı ve su açığının tüm dönemler boyunca tüm model senaryo sonuçlarına göre hissedilir bir şekilde devam ettiği anlaşılmaktadır. En yüksek su açığı HadGEM2-ES ve MPI-ESM-MR modellerinin her iki senaryosunun sonuçlarında görülmektedir. Özellikle 2051 yılından itibaren her iki senaryo sonuçlarına göre su açığı artmakta ve 2100 yılına kadar aynı miktardaki açık, su ihtiyacına paralel olarak kararlı bir şekilde devam etmektedir. En yüksek su açığı değerleri HadGEM2-ES modelinin RCP8.5 senaryosunda 2051-2060 döneminde gözlenmekte olup Büyük Menderes Havzası'ndaki su ihtiyacının sadece %23'ünün karşılanabileceği beklenmektedir. Şekil 5.45 ve Şekil 5.46 ile havzada brüt ve net su potansiyeli değerleri gösterilmiştir.



Şekil 5.45 Büyük Menderes Havzası için İklim Projeksiyonları RCP4.5 Senaryosuna göre Brüt ve Net Su Potansiyellerinin Karşılaştırılması

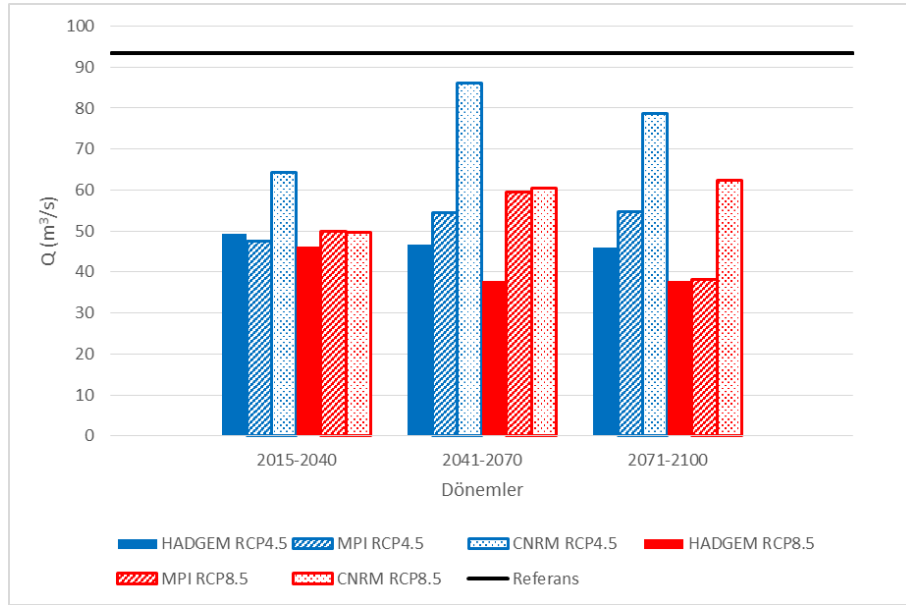


Şekil 5.46 Büyük Menderes Havzası için İklim Projeksiyonları RCP8.5 Senaryosuna göre Brüt ve Net Su Potansiyellerinin Karşılaştırılması

Yapılan hidrojeolojik değerlendirmede en büyük oransal azalmaların HadGEM2-ES modeli RCP8.5 senaryosunda %55 oranı ile iklim koşullarının yıl bazında doğrudan etkilediği dinamik rezerv değerlerinde ortaya çıktığı görülmektedir. Havzanın yeraltı suyu statik rezervinin ise iklim değişikliğinden %1-2 gibi çok düşük bir oranda etkilendiği tahmin edilmektedir. Yüzyılın sonunda en olumlu iklim modeli-senaryosu gerçekleştiğinde hidrojeolojik rezerv ve mümkün rezerv varlıklarında sırasıyla %4 ve %7 oranında azalma olması beklenmektedir. Yeraltı suyu hidrojeolojik rezervi 228 km³ olarak belirlenen Büyük Menderes Havzası'nda yer alan tüm serbest-basınçlı karakterdeki taneli-kaya ortam sutaşlılarına (akifer)-yarısutaşlılarına (akitard) ait yeraltı suyu mümkün rezervinin ise, toplamda 138 km³ büyüklükte bir kaynak oluşturduğu söylenebilir.

Aşağı Büyük Menderes Nehri'nin mansabını ifade eden noktada 85 yıllık projeksiyon dönemi için üç farklı iklim modeli sonuçlarına göre üretilen ortalama akım değerleri Şekil 5.47 ile verilmiştir. Buna göre ortalama akım değerleri brüt ve net su potansiyellerindeki değişim ile paralellik göstermektedir. Hidrolik modelleme çalışmaları kapsamında elde edilen debi değerleri, her iki senaryo sonuçlarında da tüm modellerin akım değerlerinin projeksiyon dönemi boyunca referans değerinin oldukça altında seyrettiği görülmektedir. Ancak CNRM-CM5.1 modeli RCP4.5 senaryosunun diğer model ve senaryolara göre belirgin derecede yüksek değerler ürettiği söylenebilir. Modeller arasında RCP8.5 senaryosuna göre 2015-

2040 döneminde üç farklı iklim modeli de birbirlerine yakın değerler alırken, 2071-2100 döneminde CNRM-CM5.1 modeli diğer iki modelden farklılaşarak daha yüksek akım değerlerini öngörmektedir. HadGEM2-ES modelinin akım değerleri yüzyıl boyunca azalma eğiliminde olup debi değerleri açısından en olumsuz durumu temsil ettiği söylenebilir. CNRM-CM5.1 modeli sonuçları projeksiyon dönemi boyunca artış göstermekte ve 2071-2100 döneminde ise en yüksek ortalama akım değerlerini öngörmektedir. Tüm model sonuçlarına göre ortalama akım değerlerinin referans dönemine göre %60 oranında azalması beklenmektedir.



Şekil 5.47 Aşağı Büyük Menderes Nehri Mansabı 30'ar Yıllık Projeksiyon Dönemleri için Elde Edilen Ortalama Debi Değerleri

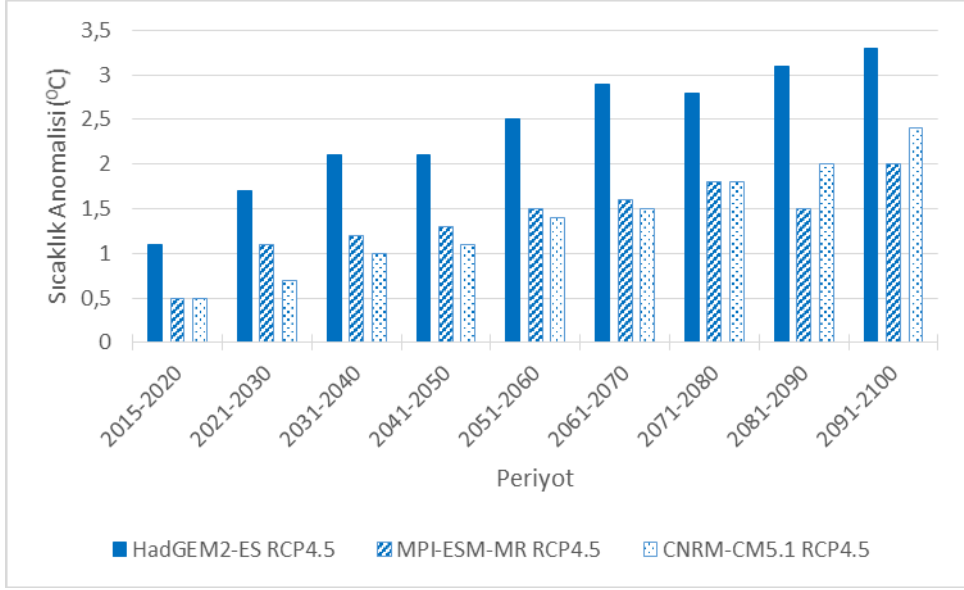
Büyük Menderes Havzası için elde edilen sonuçlar, projeksiyon dönemi boyunca sıcaklık artışı ve yağış azalması öngörmekte olup, özellikle yüzyılın ikinci yarısında su açığının belirginleşeceğini göstermektedir. Havzada yeraltı suyu potansiyelinin de projeksiyon dönemi başlangıcından itibaren genel olarak azalacağı öngörülmekte iken, havzanın birim alanındaki yeraltı suyu mümkün rezervinin Türkiye ortalamasının üzerinde olduğu söylenebilmektedir.

5.8 Batı Akdeniz Havzası

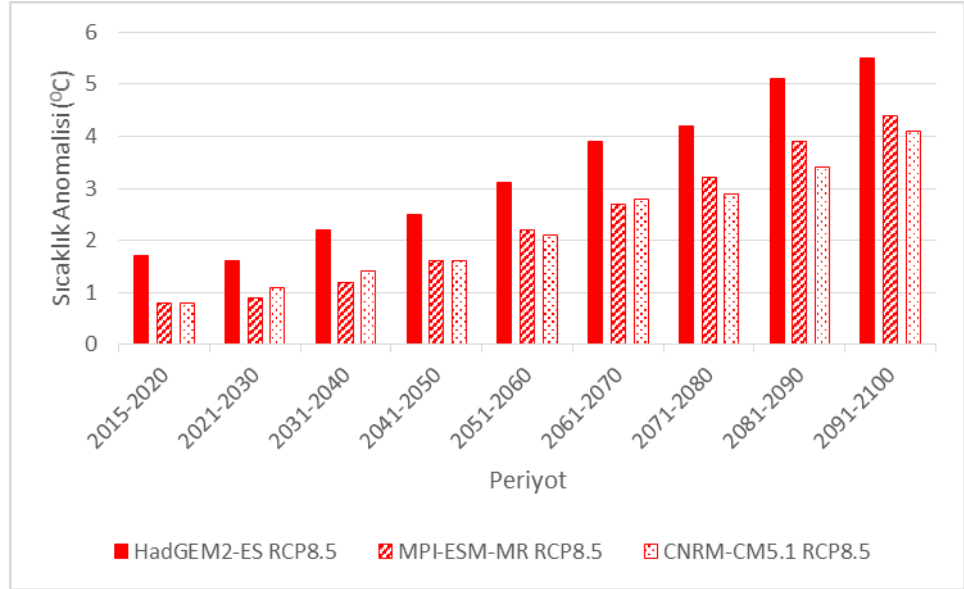
Anadolu'nun güney batısında sularını Ege ve Akdeniz'e boşaltan yağış alanları grubundan oluşan Batı Akdeniz Havzası'na ait referans periyodu ortalama sıcaklıklarına göre değerlerin 16°C civarında olduğu ve bu değerlerin kıyı kesimlere gidildikçe 19°C'lere ulaştığı görülmektedir. İklim değişikliği projeksiyonlarına göre ise HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR ve

CNRM-CM51 modellerinin sıcaklık sonuçları incelendiğinde, her iki senaryoda da 2015-2100 projeksiyon sürecince referans periyoduna göre artış gerçekleşeceği ve en dramatik sıcaklık artışının HadGEM2-ES modeli tarafından üretildiği görülmektedir. Tüm model sonuçları bir arada değerlendirildiğinde, RCP4.5 senaryosu için artış değerlerinin 3,3°C ve RCP8.5 senaryosu için artış değerlerinin 5,5°C'ye ulaşacağı tahmin edilmektedir. MPI-ESM-MR ve CNRM-CM5.1 modelleri tarafından her iki senaryo sonucunda öngörülen sıcaklık artışları, HadGEM2-ES modeline göre daha düşük kalmaktadır. Her üç model sonucu için de havzanın denizden uzak iç kesimlerinde sıcaklık artış değerlerinin daha yüksek olacağı öngörülmektedir. Şekil 5.48 ve Şekil 5.49 ile havzaya ait sıcaklık anomali değerlerinin model ve senaryolar bazında değişimleri verilmiştir.

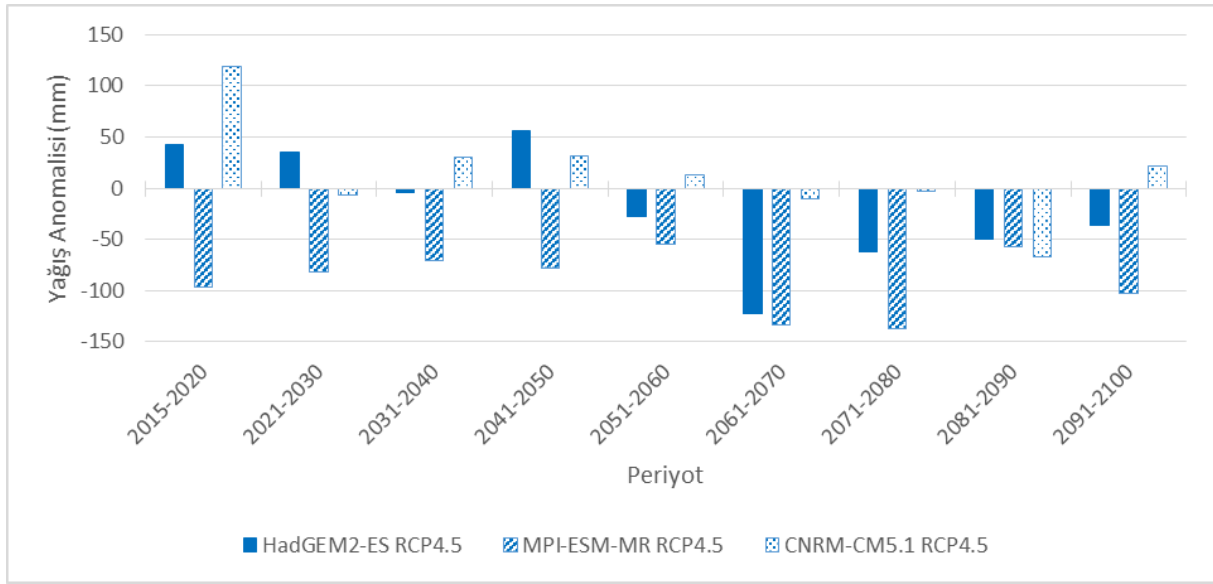
Havza referans döneme ait toplam yağış değerlerine göre havza alanı içinde yağış değerleri değişim aralığının oldukça geniş olduğu, iç kesimlerde 400-500 mm'lere düşen yağış değerlerinin kıyı kesimlerinde oldukça arttığı ve bazı kesimlerde 1400 mm'leri bulduğu görülmektedir. Modeller yağış sonuçları açısından değerlendirildiğinde, projeksiyon dönemi boyunca farklı sonuçlar üretmelerine rağmen, genel olarak yağış rejiminde azalma profili sergilenmektedir. Özellikle, yüzyılın ikinci yarısında negatif anomalilerin daha baskın ve daha sık bir şekilde meydana geleceği öngörülmektedir. MPI-ESM-MR modeli 100 mm ve 200 mm'yi aşan negatif anomali yıl sayıları ile diğer modellerden daha dramatik sonuçlar üretmektedir. Havzadaki en kurak dönemleri MPI-ESM-MR modeli RCP8.5 senaryosu öngörmüştür. Batı Akdeniz Havzası için üretilen model sonuçları kıyaslandığında yağışlarda referans dönemine göre %35'lere varan azalmalar söz konusudur. Model sonuçları havza genelinde değerlendirildiğinde projeksiyon dönemi genelinde özellikle son 30 yıllık periyotta ön plana çıkan bir azalma trendi beklendiği ve bu azalmanın havzanın güney kıyılarında, yüksek değerlerde olduğu gözlenmektedir. Şekil 5.50 ve Şekil 5.51 ile havzada yağış anomali değerlerindeki değişim model ve senaryolar bazında verilmiştir.



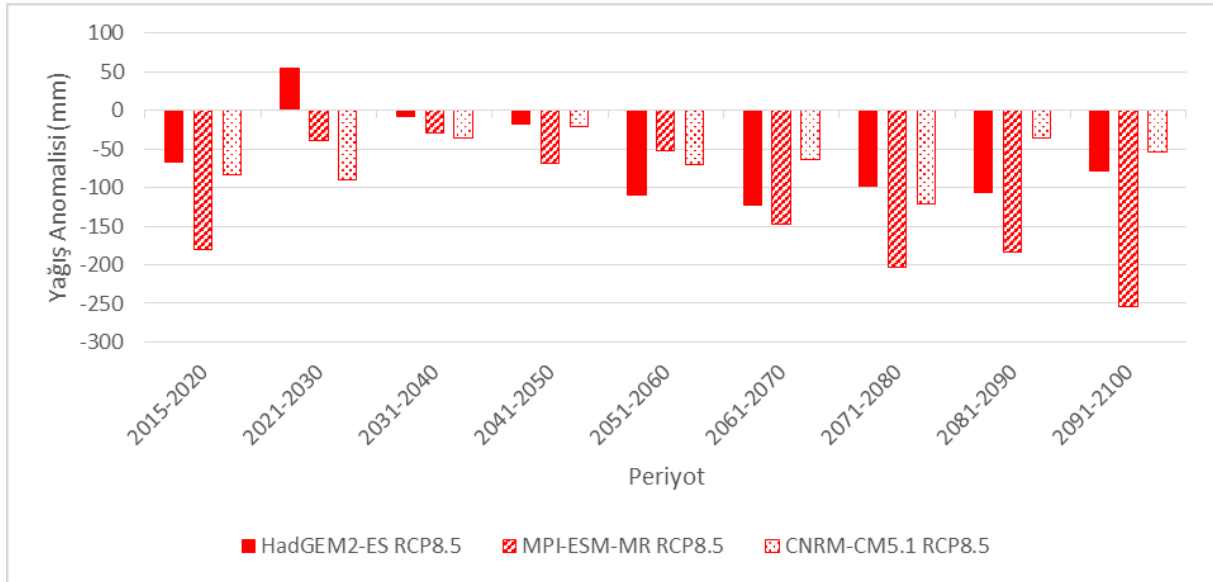
Şekil 5.48 RCP4.5 Senaryosuna Göre Modeller Bazında Sıcaklık Anomali Değerleri - Batı Akdeniz Havzası



Şekil 5.49 RCP8.5 Senaryosuna Göre Modeller Bazında Sıcaklık Anomali Değerleri - Batı Akdeniz Havzası



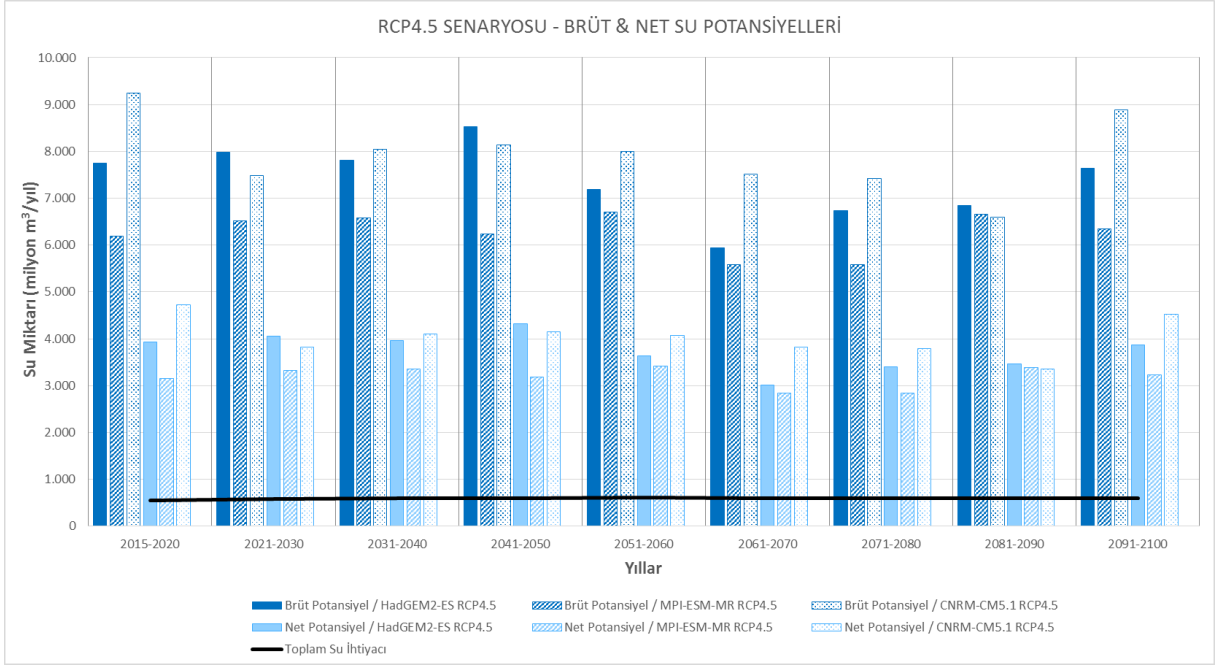
Şekil 5.50 RCP4.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Yağış Anomali Değerleri - Batı Akdeniz Havzası



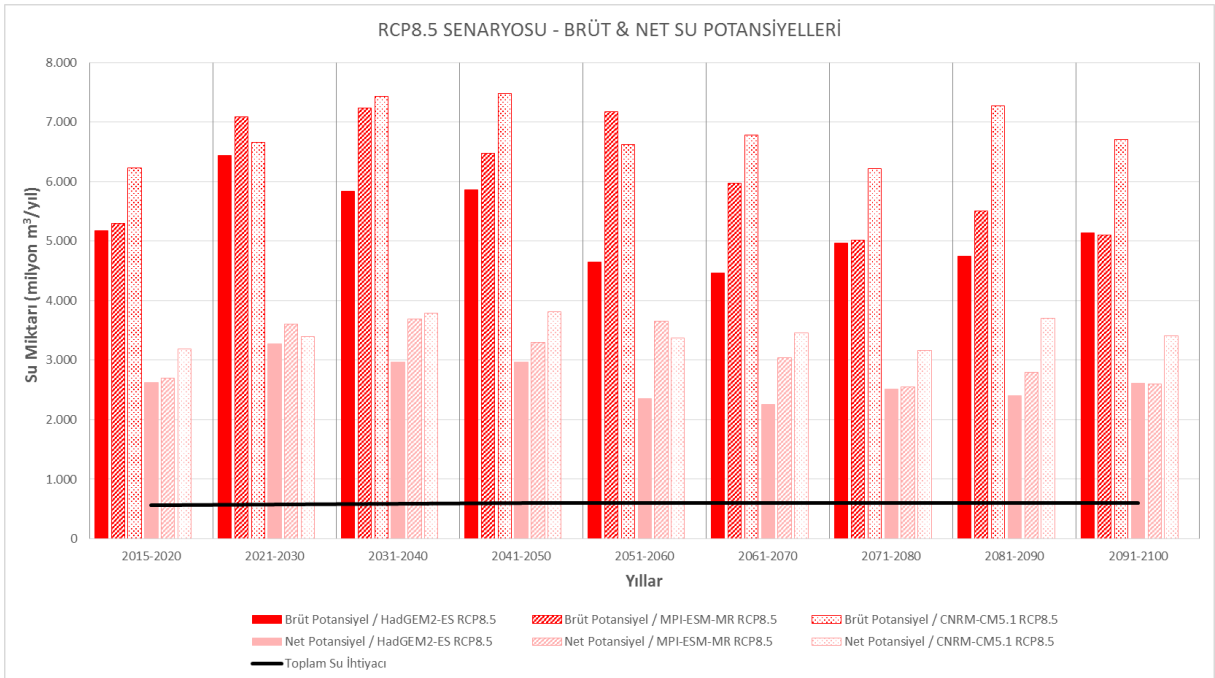
Şekil 5.51 RCP8.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Yağış Anomali Değerleri - Batı Akdeniz Havzası

Projeksiyon dönemi boyunca sıcaklık değerlerinde pozitif, yağış değerlerinde ise negatif anomali tahminleri doğrultusunda, Batı Akdeniz Havzasında su potansiyellerinde özellikle 2050 sonrasında azalma beklenmektedir (Şekil 5.52-Şekil 5.53). Havzada önemli bir kısmını sulama suyunun oluşturduğu ve diğer sektörlerin ihtiyaçlarının düşük seyrettiği, 2015'ten itibaren projeksiyon dönemi sonrasına kadar su ihtiyacının tüm modeller ve senaryo sonuçlarına göre sağlanacağı tahmin edilmektedir. RCP4.5 senaryosu için MPI-ESM-MR modeli, RCP8.5 senaryosu için HadGEM2-ES modeli en düşük su potansiyeli sonuçlarını üretirken, CNRM-CM5.1 modeli daha yüksek su potansiyelini tahmin etmektedir. Tüm

sonuçlar 2100 yılına kadar Batı Akdeniz Havzası'nda toplam su ihtiyacının karşılanabileceğini ve havzada su açığının yaşanmayacağına işaret etmektedir.



Şekil 5.52 Batı Akdeniz Havzası için İklim Projeksiyonları RCP4.5 Senaryosuna göre Brüt ve Net Su Potansiyellerinin Karşılaştırılması



Şekil 5.53 Batı Akdeniz Havzası için İklim Projeksiyonları RCP8.5 Senaryosuna göre Brüt ve Net Su Potansiyellerinin Karşılaştırılması

Yapılan hidrojeolojik değerlendirmede en büyük oransal azalışların CNRM-CM5.1 RCP4.5 senaryosunda %59 oranı ile iklim koşullarının yıl bazında doğrudan etkilediği dinamik rezerv

değerlerinde ortaya çıktığı, havzanın yeraltısuyu statik rezervinin ise iklim değişikliğinden %3-9 gibi etkilendiği görülmüştür. Ayrıca havzadaki yeraltısuyu hidrojeolojik ve mümkün rezervlerinin, değişik iklim modelleri - senaryoları çerçevesinde sırasıyla %6–13 ve %10-22 gibi önemli bir oranda azalacağı tahmin edilmektedir. Yüzyılın sonunda en olumlu iklim modeli–senaryosu gerçekleştiğinde bu oranlar hidrojeolojik rezerv ve mümkün rezerv varlıklarında sırasıyla %6 ve %10 oranında azalma olması beklenmektedir. Yeraltısuyu hidrojeolojik rezervi 70 km³ olarak belirlenmiştir. Batı Akdeniz Havzası'nda yer alan yeraltısuyu mümkün rezervinin toplamda 43 km³ büyüklükte bir kaynak oluşturduğu söylenebilir.

Proje dahilinde havzaların hidrolik projeksiyon sonuçlarına ilişkin genel değerlendirmeler, su potansiyeli açısından önem taşıyan ve daha yoğun olarak havzanın çıkış noktasına en yakın model enkesitleri üzerinden yapılmıştır. Batı Akdeniz Havzası için 16 adet çıkış noktası bulunmakta ve mansap niteliğindeki bu akarsu kolları Ege Denizi ve Akdeniz gibi farklı noktalardan dökülmektedir. Senaryolar bazında model sonuçları genel olarak değerlendirildiğinde tüm modeller, havzada referans dönemine kıyasla akışlarda belirgin bir azalma olacağına işaret etmektedir. HadGEM2-ES ve MPI-ESM-MR modelleri birbirine daha yakın model sonuçları verirken; CNRM-CM5.1 modeli daha yüksek model sonuçları vermekte, buna rağmen referans dönemine göre düşük akış değerleri öngörmektedir.

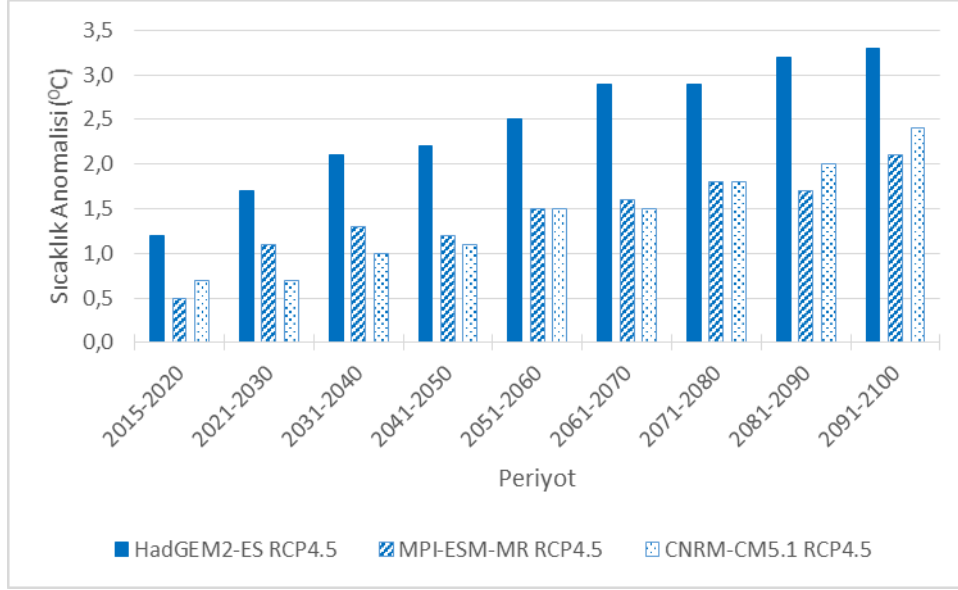
Batı Akdeniz Havzası için elde edilen sonuçlar, projeksiyon dönemi boyunca sıcaklık değerlerinin artma eğiliminde olacağını, yağış parametresinde artış ve azalış dönemlerinin görülebileceğini ancak 2050 yılından itibaren yağıştaki azalmanın belirginleşeceğini göstermektedir. Buna rağmen, projeksiyon dönemi boyunca su potansiyelinde önemli bir değişim beklenmemekte, havzanın su ihtiyacının karşılanabileceği görülmektedir. Havzada yeraltı suyu potansiyelinin projeksiyon dönemi başlangıcından itibaren azalacağı öngörülmekle birlikte, havzanın birim alanındaki yeraltısuyu mümkün rezervinin de Türkiye ortalamasının altında olduğu görülmektedir.

5.9 Antalya Havzası

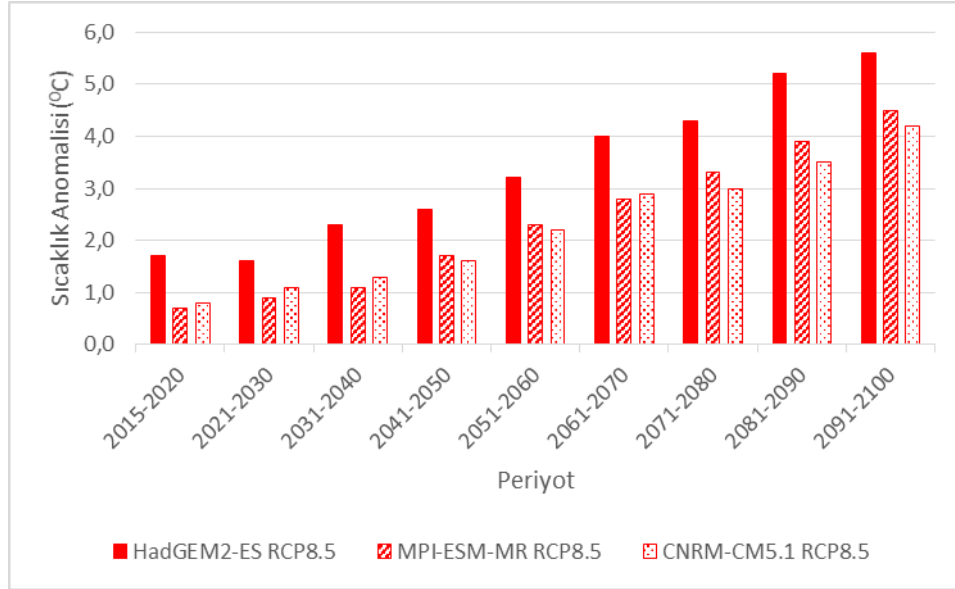
Akdeniz Bölgesi'nde, Batı Akdeniz ve Doğu Akdeniz Havzaları arasında yer alan, Boğaçay, Düden Çayı, Köprüçay, Aksu Çayı, Karpuz, Alara, Kargı, Oba ve Dim Çayı Akarsuları vasıtasıyla sularını Akdeniz'e boşaltan sahayı kapsayan Antalya Havzası'na ait referans dönemi incelendiğinde, ortalama sıcaklık değerlerinin kıyı kesimlerde 19°C ile maksimuma ulaştığı ancak havzanın kuzeyine gidildikçe yükseltinin de etkisiyle değerlerin 11°C'lere kadar düştüğü gözlenmektedir. Havzada yapılan iklim değişikliği projeksiyonlarına göre

HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR ve CNRM-CM5.1 model sonuçları incelendiğinde, projeksiyon dönemi sürecince HadGEM2-ES modelinin her iki senaryo altında da referans periyoda göre lineer bir şekilde en çok sıcaklık artışı gösteren model olduğu ve sıcaklık artışlarının en az beklendiği modelin MPI-ESM-MR küresel modeli olduğu anlaşılmaktadır. Ortalama olarak her üç model için her iki senaryo sonucunda da sıcaklık artışlarının öngörüldüğü ve havzanın denizden uzak iç kesimlerinde daha belirgin olması beklenmektedir. Projeksiyon dönemi boyunca havzadaki sıcaklıkların iyimser senaryo için maksimum 3,3°C ve kötümser senaryo için maksimum 5,6°C artması söz konusudur. Havzada gelecek dönem iklim projeksiyonları için sıcaklık anomali değerleri 10'ar yıllık ortalamalar bazında her üç model ve iki senaryo için Şekil 5.54 ve Şekil 5.55 ile verilmiştir.

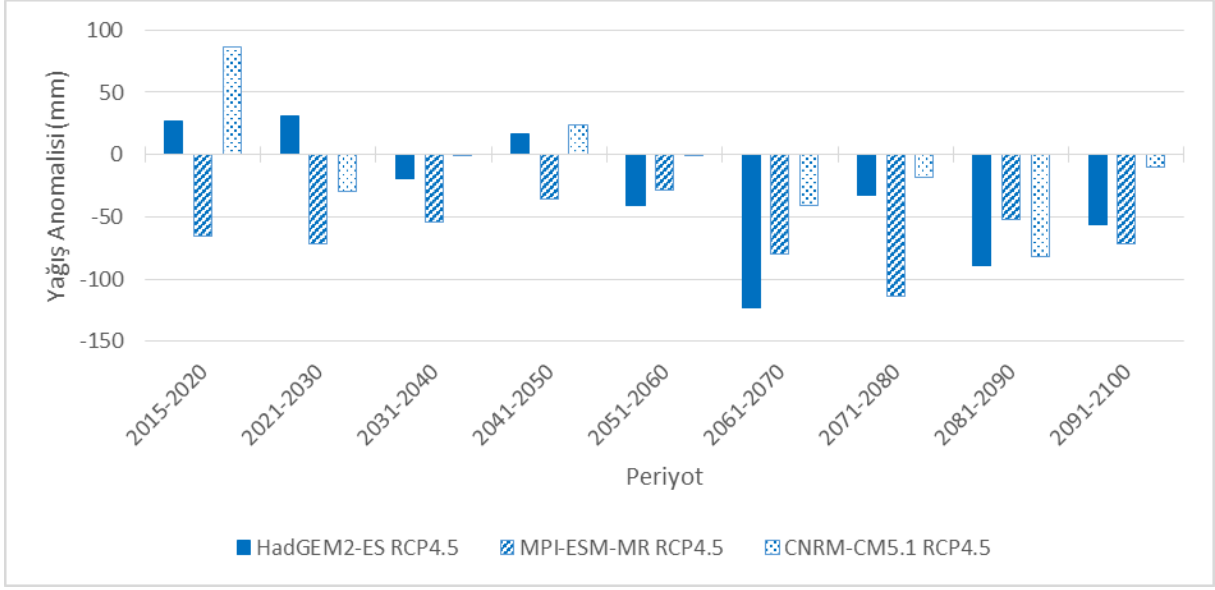
Yağış projeksiyonları baz alındığında, referans dönemine göre havza kıyı kesimlerinde 1000 mm'leri aşan değerler gözlenmekte iken iç kesimlere ve kuzeye doğru gidildikçe yağış değerlerinin azaldığı ve 500 mm'lere düştüğü gözlenmektedir. 2015-2100 projeksiyon dönemi için her üç küresel iklim modeli ile de elde edilen sonuçlara dayanılarak, yüzyıl sonlarına doğru havzanın kuzeyinde bir miktar daha düşük olmakla birlikte, genel olarak tüm havzayı etkileyecek ölçüde ekstrem azalmalar beklenmektedir. RCP4.5 için projeksiyon döneminin ilk yarısında bazı 10 yıllarda yağışta artış beklense de, RCP8.5 için projeksiyon döneminin neredeyse tamamında yağışta eksiklikleri önemli seviyelere ulaşmaktadır. Hem RCP4.5 hem de RCP8.5 senaryosuna göre MPI-ESM-MR modeli diğer iki modelle kıyaslandığında daha dramatik sonuçlar simüle etmekte, yıllık anomaliler bazında bu azalma değeri 2090'lı yıllarda -200 mm'yi aşmaktadır. Antalya Havzası için üretilen model sonuçları kıyaslandığında yağışlarda referans dönemine göre %27'lere varan azalmalar söz konusudur. Model sonuçları havza genelinde değerlendirildiğinde, özellikle projeksiyon döneminin ikinci yarısında belirginleşen ve havzanın özellikle güneyini etkisi altına alan önemli yağış eksikliklerinin yaşanacağı tahmin edilmektedir. Yağış anomali değerleri değişimi her üç model ve iki senaryo için Şekil 5.56 ve Şekil 5.57 ile verilmiştir.



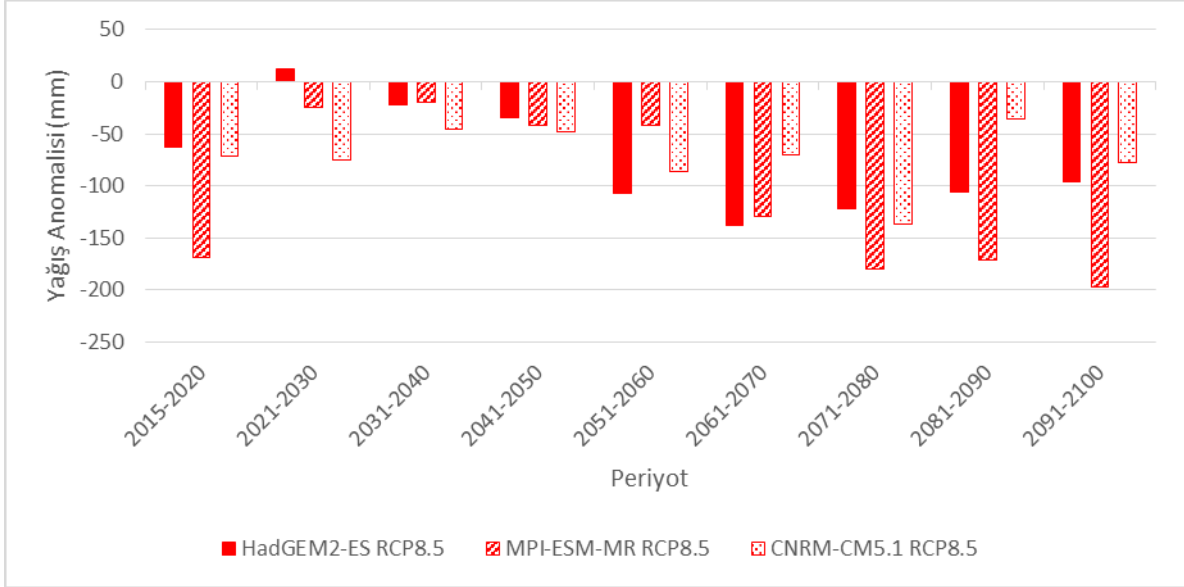
Şekil 5.54 RCP4.5 Senaryosuna Göre Modeller Bazında Sıcaklık Anomali Değerleri - Antalya Havzası



Şekil 5.55 RCP8.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Sıcaklık Anomali Değerleri - Antalya Havzası



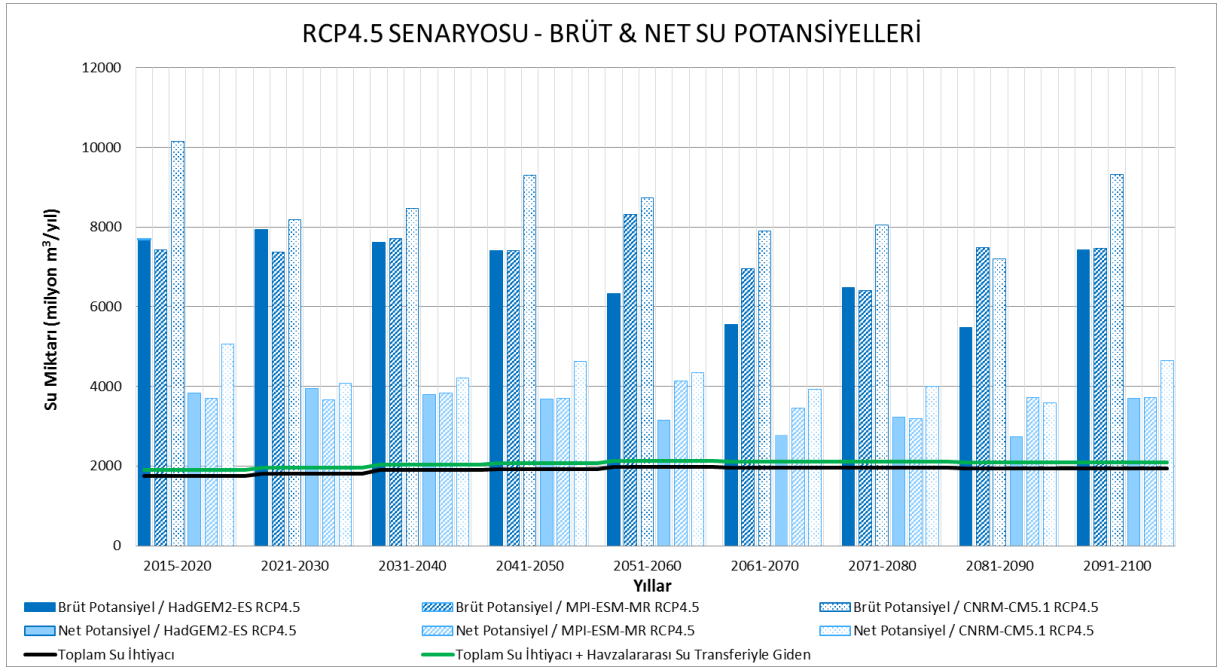
Şekil 5.56 RCP4.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Yağış Anomali Değerleri - Antalya Havzası



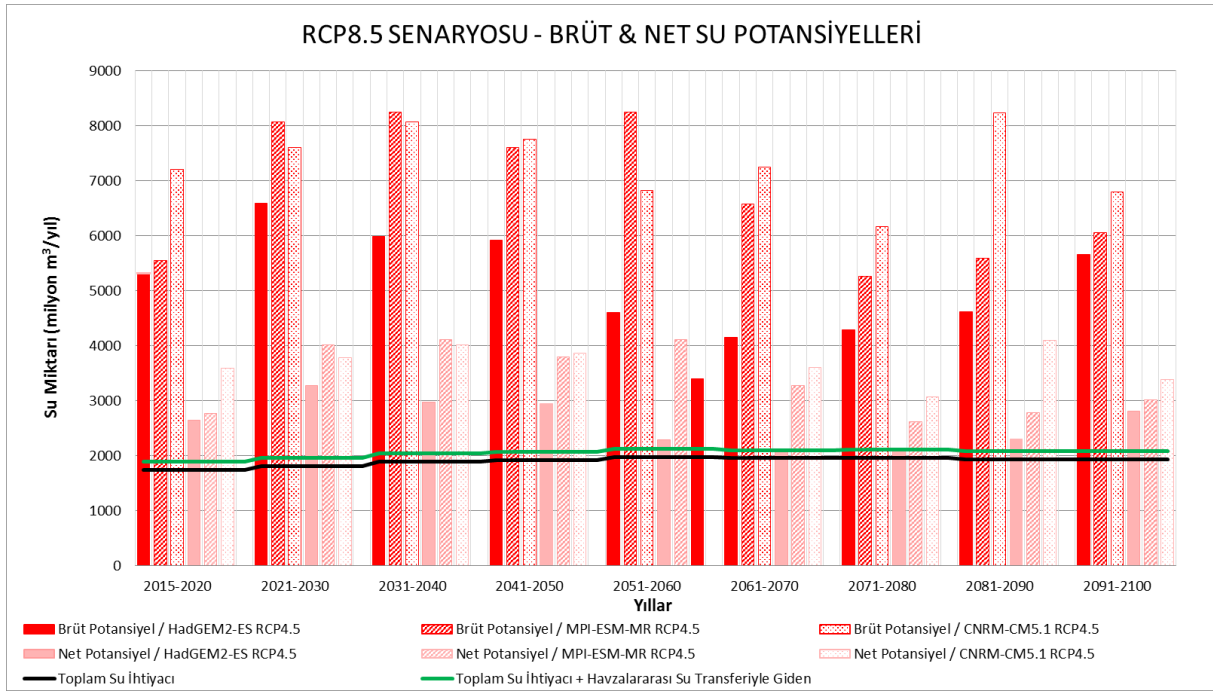
Şekil 5.57 RCP8.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Yağış Anomali Değerleri - Antalya Havzası

İklim modelleri çıktılarına göre yapılan hidrolojik modelleme çalışmalarının sonuçları incelendiğinde; tüm model ve her iki senaryo sonuçları tüm dönemlerde toplam su ihtiyacı değerlerinin üzerinde seyretmektedir. Genel itibariyle her iki senaryo için CNRM-CM5.1 modelinin sonuçları diğer iki modele göre daha yüksek seyretmektedir. RCP4.5 senaryosuna göre HadGEM2-ES ve MPI-ESM-MR modelleri tüm dönemlerde birbirlerine yakın sonuçlar vermektedir. RCP8.5 senaryosunda ise MPI-ESM-MR model sonuçları CNRM-CM5.1 modeline yakınsamaktadır. Her iki senaryo sonuçlarına göre modeller yüzyılın ikinci

yarısında azalama trendi sergilemekte olup, son 10'yıllık dönemde tekrar artarak yüzyılın ilk yarısında elde edilen sonuçlara yaklaşmaktadır. Antalya Havzası'nda toplam su ihtiyacının büyük kısmının sulama suyu olduğu, diğer sektörlerin ihtiyaçlarının düşük seyrettiği bilinmektedir. Şekil 5.58 ve Şekil 5.59 ile toplam su ihtiyacı, havzanın brüt ve net su potansiyellerinin yanı sıra havzalararası su transferiyle havzadan çıkan net su miktarları da göz önüne alınmıştır. Antalya Havzası'nda su transferleri incelendiğinde Konya Kapalı Havzası'na su vermektedir. Havzalararası su transferleri dikkate alındığında Tüm model sonuçları değerlendirildiğinde Antalya Havzası'nda yüzyıl sonuna kadar su açığı görülmeyeceği öngörülmektedir.



Şekil 5.58 Antalya Havzası için İklim Projeksiyonları RCP4.5 Senaryosuna göre Brüt ve Net Su Potansiyellerinin Karşılaştırılması



Şekil 5.59 Antalya Havzası için İklim Projeksiyonları RCP8.5 Senaryosuna göre Brüt ve Net Su Potansiyellerinin Karşılaştırılması

Yapılan hidrojeolojik değerlendirmede en büyük oransal azalmaların CNRM-CM5.1 modeli modeli RCP4.5 senaryosunda maksimum %34 oranı ile iklim koşullarının yıl bazında doğrudan etkilediği dinamik rezerv değerlerinde ortaya çıktığı görülmektedir. Havzanın yeraltısuyu statik rezervinin ise iklim değişikliğinden %1-5 gibi çok düşük bir oranda etkilendiği görülmüştür. Ayrıca havzadaki yeraltısuyu hidrojeolojik ve mümkün rezervlerinin, değişik iklim modelleri-senaryoları çerçevesinde sırasıyla %3–7 ve %5-12 oranında azalacağı tahmin edilmektedir. Yüzyılın sonunda en olumlu iklim modeli-senaryosu gerçekleştiğinde hidrojeolojik ve mümkün rezerv varlıklarında sırasıyla %3 ve %5 oranında azalma olması beklenmektedir. Yeraltısuyu hidrojeolojik rezervi 288 km³ olarak belirlenmiştir. Antalya Havzası'nda yer alan yeraltısuyu mümkün rezervinin ise, toplamda 168 km³ büyüklükte bir kaynak oluşturduğu söylenebilir.

Proje dahilinde havzaların hidrolik projeksiyon sonuçlarına ilişkin genel değerlendirmeler, su potansiyeli açısından önem taşıyan ve daha yoğun olarak havzanın çıkış noktasına en yakın model enkesitleri üzerinden yapılmıştır. Ancak, Antalya Havzası geniş alana dağınık bir biçimde yayılmış bir havza olduğundan ve havzadaki akış birden fazla noktada denize boşaldığından, hidrolik modelleme çalışmaları ile belirlenen debi ve seviye değerlerinin havzanın tamamını temsil eder nitelikte tek bir kontrol enkesiti üzerinden değerlendirilmesi uygun olmamıştır. Antalya Havzası için 12 adet çıkış noktası bulunmakta ve mansap niteliğindeki bu akarsu kolları Akdeniz ve Eğirdir Gölü gibi birbirinden farklı ortamlara, farklı

noktalardan dökülmektedir. Her iki senaryo sonuçlarına göre belirlenen kontrol noktaları için tüm akımlarda projeksiyon dönemi boyunca genel olarak tüm modellerinin referans değerinin altında sonuçlar vermektedir. RCP4.5 senaryosu için modeller arasında HadGEM2-ES modeli sonuçlarının en olumsuz durumu yansıttığı, MPI-ESM-MR ve CNRM-CM5.1 modellerinin ise referans değere göre daha olumlu sonuçlar verdiği söylenebilir. RCP8.5 senaryosuna göre model sonuçları genel itibariyle benzer olup dönem dönem birbirlerinin önüne geçebilmektedir.

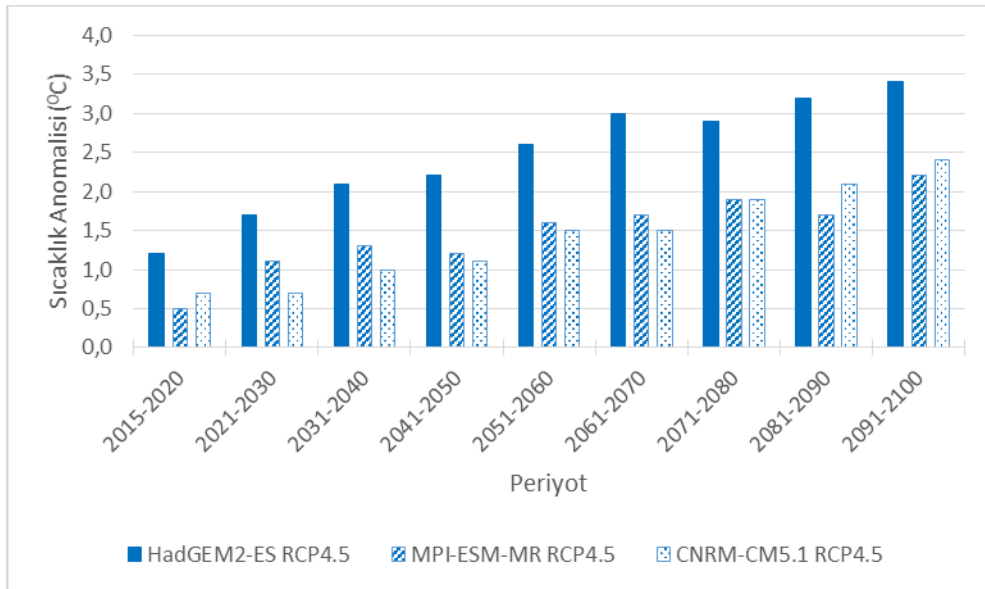
Antalya Havzası'nda projeksiyon dönemi boyunca tüm modeller ve salım senaryoları için sıcaklıkların artacağı ve aynı zamanda yağış miktarlarında da belirgin bir azalma görüleceği tahmin edilmektedir. İklim değişikliğinin etkisi sonucu tespit edilen bu durum, toplam ve yüzeysel su potansiyelinin referans dönemine oranla projeksiyon süresi boyunca genellikle DSİ su potansiyelinin altında olacağını öngörmektedir. Bununla beraber, referans döneme yakın ve üzerinde sonuç veren modeller de söz konusudur. Havzada su potansiyelindeki bu negatif etkiye rağmen, hidrolojik model sonuçları tüm dönemlerde toplam su ihtiyacı değerlerinin üzerinde seyretmektedir. Bu durum havzada su açığının görülmeyeceğinin bir işaretidir. Bunun yanında havzada önemli miktarda kullanılabilir yeraltı suyu rezervi bulunduğu tahmin edilmektedir. Havzanın birim alanındaki yeraltı suyu mümkün rezervinin de Türkiye ortalamasının oldukça üzerinde olduğu belirlenmiştir.

5.10 Burdur Havzası

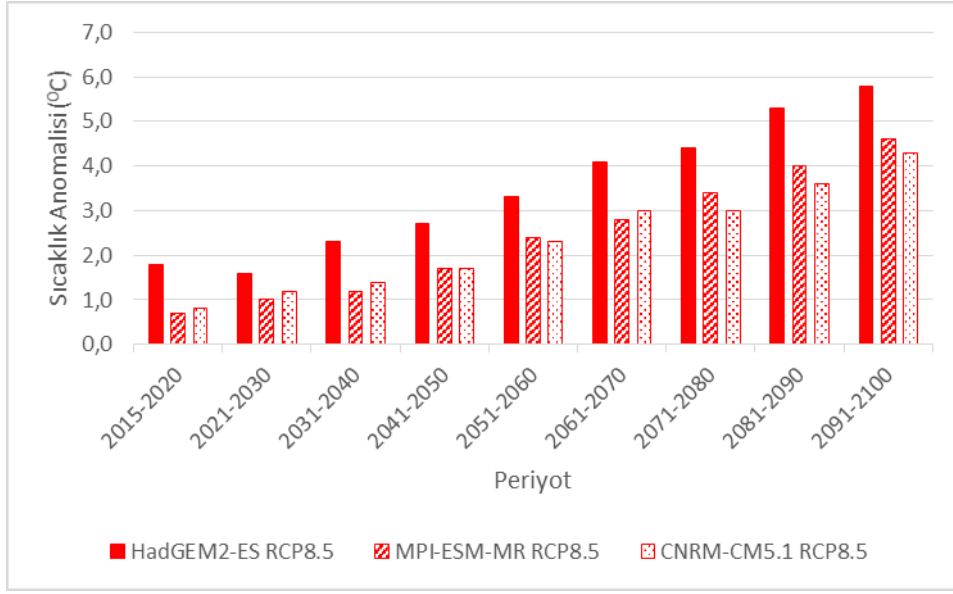
Türkiye'nin güney batısında yer alan ve Büyük Menderes, Antalya ve Batı Akdeniz havzaları arasında bulunan Burdur Havzası'na ait, referans dönem ortalama sıcaklık değerlerinin 10-13°C civarında bulunduğu görülmektedir. Havzada yapılan iklim değişikliği projeksiyonları sonuçlarına göre, havzanın tamamında projeksiyon dönemi boyunca mevcut bir sıcaklık artışı söz konusudur. RCP4.5 senaryosu için projeksiyon döneminin sonunda 2,2-3,4°C ve RCP8.5 senaryosuna göre 4,3-5,8°C seviyelerine ulaşması beklenen sıcaklık artışları için, her üç model sonucuna göre de 2040'lardan sonra senaryo tahminleri arasındaki farkın açılmaya başladığı ve 2060 yılı ve sonrasında havza genelinde belirgin yüksek artışlar beklendiği görülmektedir. En yüksek artış değerleri HadGEM2-ES modeli için tahmin edilmekte ve göllerin hemen kenarında kalan bölgelerde sıcaklık artışları daha düşük olmaktadır. Havzada projeksiyon dönemi sonunda sıcaklıkların 5,8°C artması söz konusudur. Model sonuçları, havza geneli için değerlendirildiğinde, havzada 4°C seviyelerinin üzerinde önemli sıcaklık artışları beklendiği ve bu artışların göllerden uzak bölgelerde bir miktar fazla olmakla birlikte, önemli bölgesel farklılıklar göstermeyeceği öngörülmüştür. Şekil 5.60 ve

Şekil 5.61 ile havzada beklenen sıcaklık anomali değerleri her üç model ve iki senaryo bazında verilmiştir.

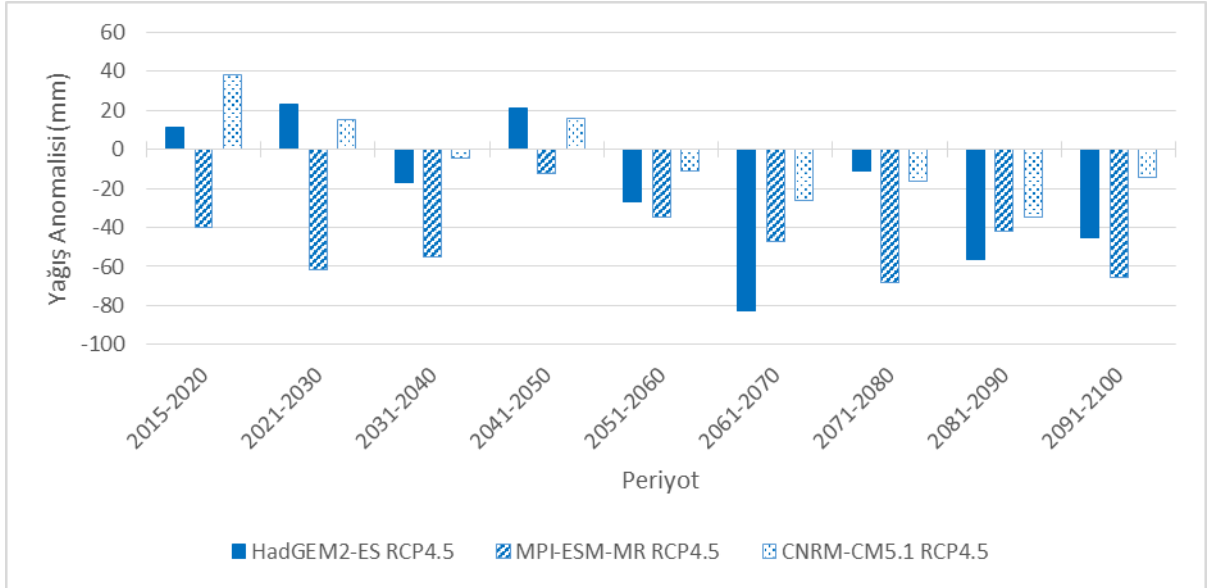
Burdur Havzası için referans döneme ait toplam yağış değerlerinin havza kapsamında değişmekle birlikte 400-600 mm aralığında gerçekleştiği görülmektedir. HadGEM2-ES ve MPI-ESM-MR modelleri ile elde edilen RCP4.5 ve RCP8.5 senaryoları için toplam yağışa ilişkin projeksiyon sonuçlarına göre her iki model sonucu için de bölgenin büyük bir kısmında yağışta önemli azalmalar beklenmektedir. Havzada RCP4.5 senaryosu için 2050'lerden sonra tamamen yağış azalması baskındır ve en yüksek ortalama değerlere 2080'ler için ulaşılmıştır. RCP8.5 için ise projeksiyon döneminin neredeyse tamamında yağış azalmaları hakimdir ve özellikle 2060-2080 döneminde azalma seviyeleri oldukça yüksek seviyelere ulaşmaktadır. CNRM-CM5.1 modeli için özellikle RCP4.5 senaryosu farklı bir projeksiyon önermiş ve bu projeksiyona göre toplam yağış miktarlarında önemli artış ve azalmalar öngörülmüş ve 2071-2090 dönemi havzanın yağış bakımından azalma yönünde en kritik dönemini oluşturmuştur. CNRM-CM5.1 modeli RCP8.5 senaryosu durumunda ise havzada önemli yağış eksikliğinin ortaya çıkacağı öngörülmektedir. Her üç modelin RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarına göre havzada en kurak değerlerin MPI-ESM-MR modeli ile öngörüldüğü anlaşılmaktadır. Her üç model sonucu için de genel olarak yağış azalmalarının en fazla beklendiği bölgeler, havzanın kuzey doğu ucunda kalan bölgeler olmaktadır. Havzada yağışların referans dönemine göre %28 oranında azalması söz konusudur. Şekil 5.62 ve Şekil 5.63 ile havzada beklenen yağış anomalilerindeki değişimler üç model ve iki senaryo bazında verilmiştir.



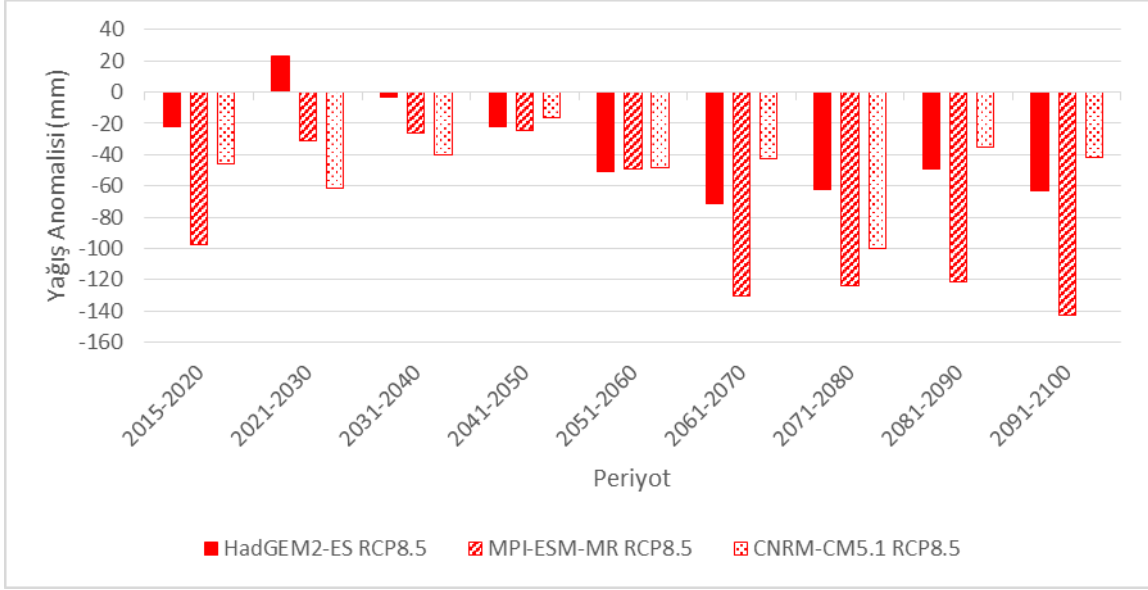
Şekil 5.60 RCP4.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Sıcaklık Anomali Değerleri - Burdur Havzası



Şekil 5.61 RCP8.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Sıcaklık Anomali Değerleri - Burdur Havzası



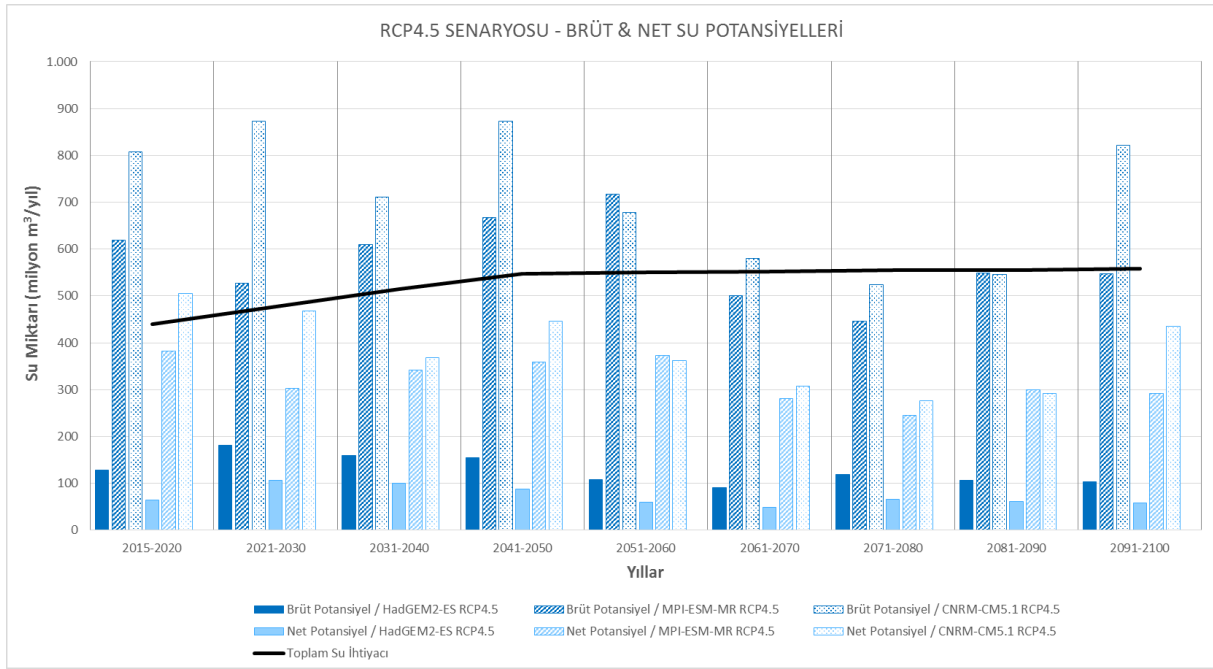
Şekil 5.62 RCP4.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Yağış Anomali Değerleri - Burdur Havzası



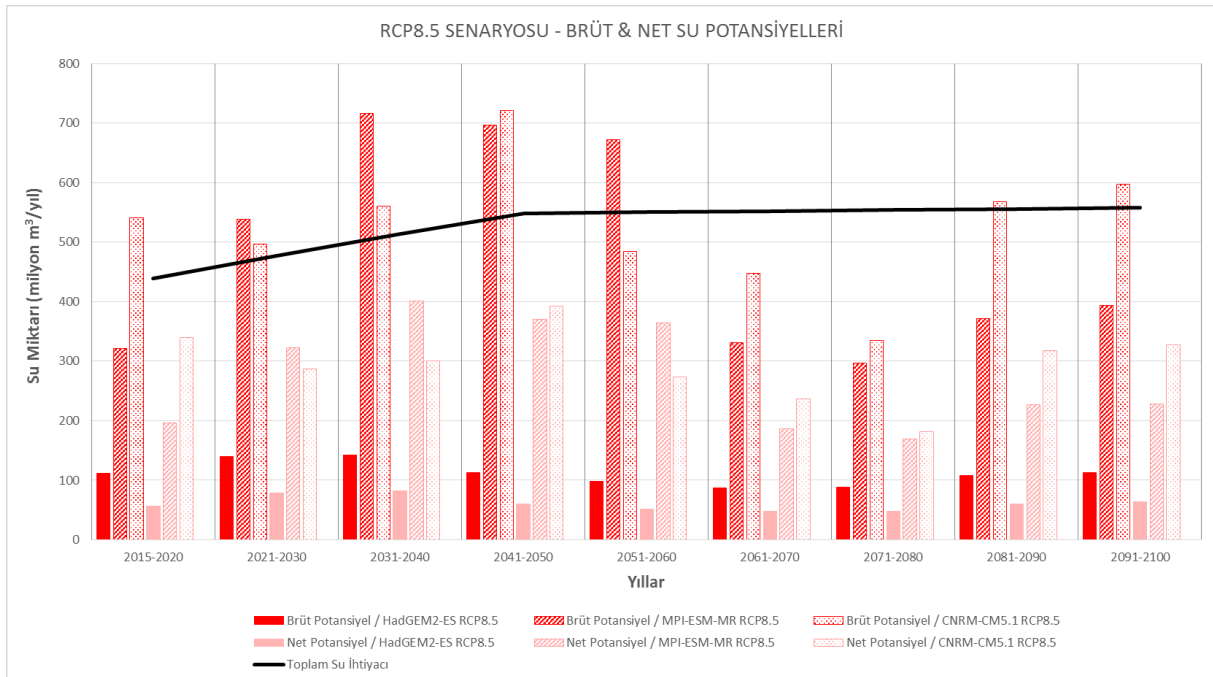
Şekil 5.63 RCP8.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Yağış Anomali Değerleri- Burdur Havzası

Hidrolojik model sonuçlarına göre yağışlardaki azalışlara bağlı olarak havzadaki toplam su rezervinde de azalışlar olacağı öngörülmektedir. Şekil 5.64 ve Şekil 5.65 ile havzada beklenen brüt ve net su potansiyelleri değişim grafikleri verilmiştir. Buna bağlı olarak HadGEM2-ES modeline göre her iki senaryo için de projeksiyon döneminin tamamında havzadaki toplam kullanılabilir su rezervinin referans dönemine göre daha düşük olması beklenmekte ve bu durumun yüzyıl boyunca devam edeceği öngörülmektedir. Genel olarak MPI-ESM-MR ve CNRM-CM5.1 modelleri için elde edilen su rezervi değerleri ise yüzyılın ortalarında oldukça düşük olup projeksiyon dönemi sonunda tekrar artmaktadır. Her iki senaryoya göre de elde edilen model değerleri projeksiyon dönemi boyunca bazı yıllarda pik değerler üreterek referans dönemine göre daha yüksek su potansiyeli değerleri oluşturmaktadır. Havzanın su potansiyeli değişimine bağlı olarak yeraltı suyu beslemesi değerleri HadGEM2-ES modeli için referans döneminin altında diğer iki model için referans dönemi civarında seyretmektedir.

Burdur Havzası'nda toplam su ihtiyacının büyük kısmının sulama suyu olduğu, diğer sektörlerin ihtiyaçlarının çok düşük seyrettiği bilinmektedir. 2015'ten itibaren projeksiyon dönemi sonuna kadar su ihtiyacının havzada hiçbir şekilde sağlanamadığı ve su açığının tüm dönemler boyunca hissedilir bir şekilde devam ettiği anlaşılmaktadır. Tüm model sonuçları dikkate alındığında Burdur Göller Havzası'ndaki en yüksek su açığı 2071-2080 döneminde beklenmekte olup bu dönemde su ihtiyacının yaklaşık %9'unun karşılanabileceği söylenebilir.



Şekil 5.64 Burdur Havzası için İklim Projeksiyonları RCP4.5 Senaryosuna göre Brüt ve Net Su Potansiyellerinin Karşılaştırılması



Şekil 5.65 Burdur Havzası için İklim Projeksiyonları RCP8.5 Senaryosuna göre Brüt ve Net Su Potansiyellerinin Karşılaştırılması

Yapılan hidrojeolojik değerlendirmede en büyük oransal azalmaların MPI-ESM-MR modeli RCP4.5, CNRM-CM5.1 modeli RCP4.5 ve RCP8.5 senaryosunda maksimum %75-76 oranı ile iklim koşullarının yıl bazında doğrudan etkilediği dinamik rezerv değerlerinde ortaya çıktığı görülmektedir. Havzanın yeraltısuyu statik rezervinin ise iklim değişikliğinden %4-8 oranında etkilendiği görülmüştür. Ayrıca, havzadaki yeraltısuyu hidrojeolojik ve mümkün rezervlerinin,

değişik iklim modelleri - senaryoları çerçevesinde sırasıyla %9–14 ve %18-26 oranında azalacağı tahmin edilmektedir. Yüzyılın sonunda en olumlu iklim modeli – senaryosu gerçekleştiğinde hidrojeolojik ve mümkün rezerv varlıklarında sırasıyla %9 ve %18 oranında azalma olması beklenmektedir. Yeraltısuyu hidrojeolojik rezervi 49 km³ olarak belirlenen Burdur Havzası'nda yer alan yeraltısuyu mümkün rezervinin ise, toplamda 26 km³ büyüklükte bir kaynak oluşturduğu ifade edilebilir.

Burdur Havzası diğer havzalara nazaran küçük alana içinde oldukça dağınık bir biçimde yayılmış bir havza olduğundan ve havzadaki akış birden fazla noktada nihai alıcı ortama boşaldığından, hidrolik modelleme çalışmaları ile belirlenen debi değerlerinin havzanın tamamını temsil eder nitelikte tek bir kontrol enkesiti üzerinden değerlendirilmesi uygun olmamıştır. Burdur Havzası için 2 adet çıkış noktası bulunmakta ve birbirinden bağımsız olarak akan akarsu kolları Burdur Gölü ve Acıgöl'de farklı noktalarda son bulmaktadır. Havzayı temsil eden kontrol noktaları genel olarak değerlendirildiğinde her iki senaryo için de projeksiyon dönemi boyunca tüm modellerin referans değerinin altında sonuçlar vermektedir. Modeller arasında HadGEM2-ES modeli sonuçlarının en olumsuz durumu yansıttığı söylenebilir. MPI-ESM-MR modeli referans döneme yakın ve dönem dönem üzerinde sonuçlar verirken modeller arasındaki referans döneme göre en olumlu debi değerlerini CNRM-CM5.1 modeli ortaya koymaktadır.

Burdur Havzası için iklim projeksiyonlarından elde edilen sonuçlara göre projeksiyon dönemi boyunca sıcaklıkların artması yağışların ise yüzyılın ortasına kadar pozitif daha sonrasında negatif anomali sergilemesi beklenmektedir. İklim değişikliğinin etkisine bağlı olarak havzadaki su potansiyelinde artışlar görülmesine rağmen havzadaki su açığı projeksiyon dönemi boyunca belirginleşmektedir. Havzadaki toplam su ihtiyacını büyük oranda sulama suyu oluşturmakta ve toplam su ihtiyacı karşılanmaktadır. Burdur Havzası'nın yeraltı suyu potansiyelinin de projeksiyon dönemi başlangıcından itibaren genel olarak azalacağı öngörülmekte iken havzanın birim alanındaki yeraltı suyu mümkün rezervinin Türkiye ortalamasının üzerinde olduğu söylenebilmektedir.

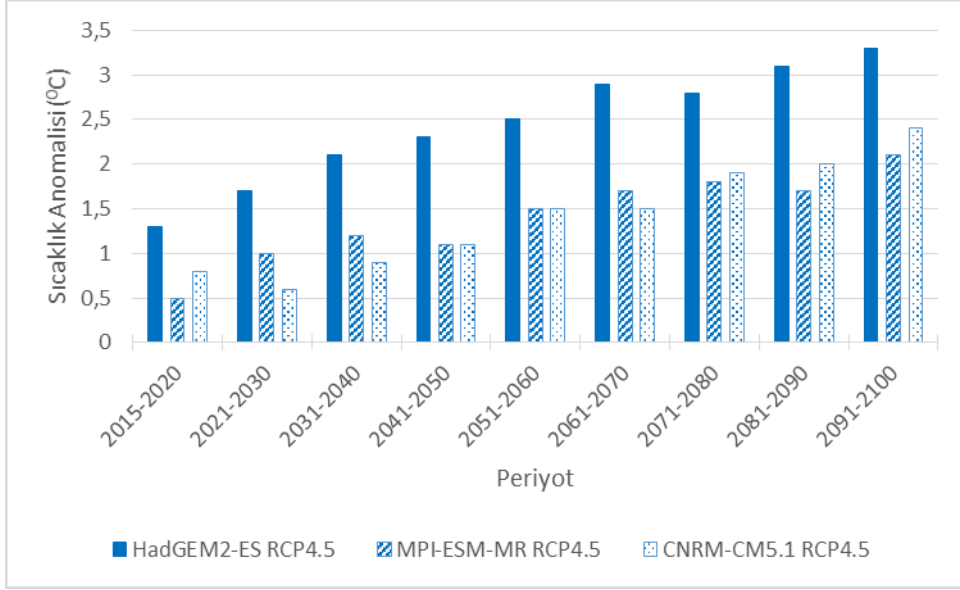
5.11 Akarçay Havzası

Türkiye'nin batısında İç Anadolu, Ege ve Akdeniz Bölgeleri arasında yer alan ve bir çöküntü havzası olan Akarçay Havzası'na ait iklim değişikliği projeksiyonları ve söz konusu değişikliğin havzadaki su kaynakları üzerine etkileri proje kapsamında ayrıntılı olarak değerlendirilmiştir.

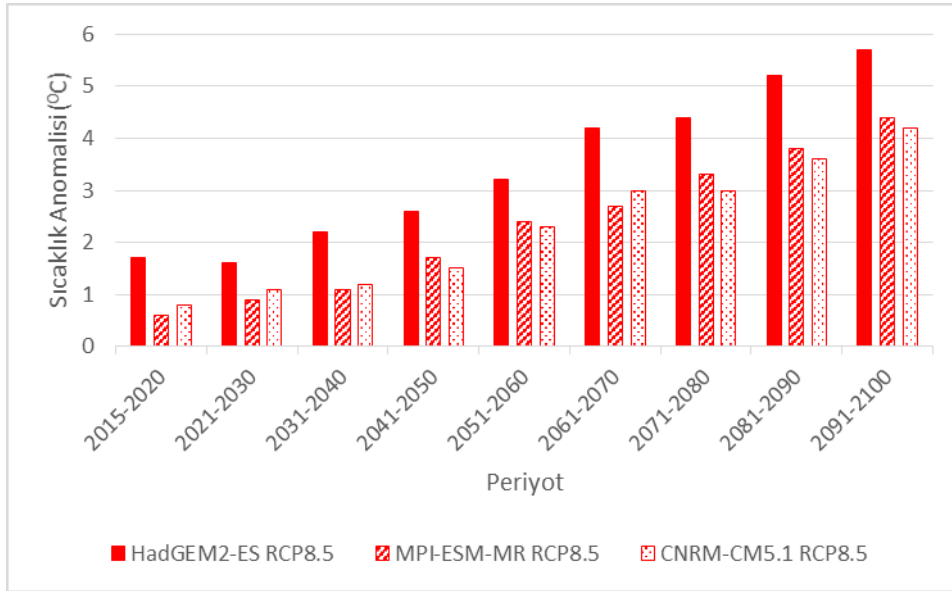
Havzada referans dönem sonuçlarına göre ortalama sıcaklık değerleri 12°C civarında değişmektedir. İklim değişikliği projeksiyonu sonuçlarına göre, üç farklı yer sistem modelinin sonuçları değerlendirildiğinde, projeksiyon yıllarını en sıcak tahmin eden modelin HadGEM2-ES olduğu görülmektedir. HadGEM2-ES modeli hem RCP4.5 hem de RCP8.5 senaryosunda diğer iki modele kıyasla daha dramatik ortalama sıcaklık değerleri ortaya koymakta, özellikle yüzyılın sonlarına doğru diğer modellerle arasındaki fark giderek açılmaktadır. RCP4.5 senaryosuna göre 3,3°C'yi bulan anomali değerleri, kötümser senaryoda 5,5°C'nin üzerine çıkmaktadır. Diğer yandan MPI-ESM-MR modeli, RCP4.5 senaryosunda projeksiyon dönemini nispeten daha soğuk tahmin etmekte, 2090'lı yıllarda ancak 2°C'ye ulaşabilmektedir. CNRM-CM5.1 modelinin RCP4.5 senaryosu, son otuz yıllık periyotta MPI-ESM-MR modeline göre daha yüksek ortalama sıcaklıklar üretmesine rağmen, RCP8.5 senaryosu altında daha düşük değerler simüle etmektedir. Ayrıca, diğer iki modelle kıyaslandığında, RCP8.5 senaryosunun ilk dönemiyle son döneminin anomali değerleri arasındaki değişkenliğin az olacağı öngörülmektedir. Havzadaki en yüksek sıcaklık değerlerini HadGEM2-ES modeli RCP8.5 senaryosu döneminde tahmin etmekte olup sıcaklıkların referans dönemine göre 5,7°C artması beklenmektedir. Tüm model sonuçlarına göre genel olarak sıcaklıklarda artışlar söz konusu olup, önemli bölgesel farklılıklar beklenmemektedir. Şekil 5.66 ve Şekil 5.67 sırasıyla RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarına göre modeller bazında sıcaklık anomali değerleri verilmiştir.

Akarçay Havzası'nda referans periyoduna göre havzanın ortalama toplam yağış miktarı 500 mm civarındadır ve bu ortalama değerler yalnızca havzanın güney kesimlerinde 750 mm'nin üzerine çıkmaktadır. Havzada uygulanan iklim değişikliği projeksiyon sonuçlarına göre RCP4.5 senaryosu genel olarak havzada projeksiyon dönemi boyunca değişen değerlerde artma ve azalma tahmin etmekte, yıllar bazında çok yüksek değerlere ulaşmayan bu değişimler, daha çok azalma yönünde gerçekleşmektedir. Diğer taraftan RCP8.5 senaryosu için tüm model sonuçlarının belirgin olarak yağış azalmaları tahmin ettiği ve en yüksek azalma değerlerine MPI-ESM-MR modeli için ulaşıldığı görülmektedir. HadGEM2-ES modelinin RCP4.5 senaryosu ile yüzyıl ortasına kadar artması tahmin edilen toplam yağışlar genellikle havzanın güneyinde maksimuma ulaşmaktadır. Ancak; RCP8.5 senaryosundan

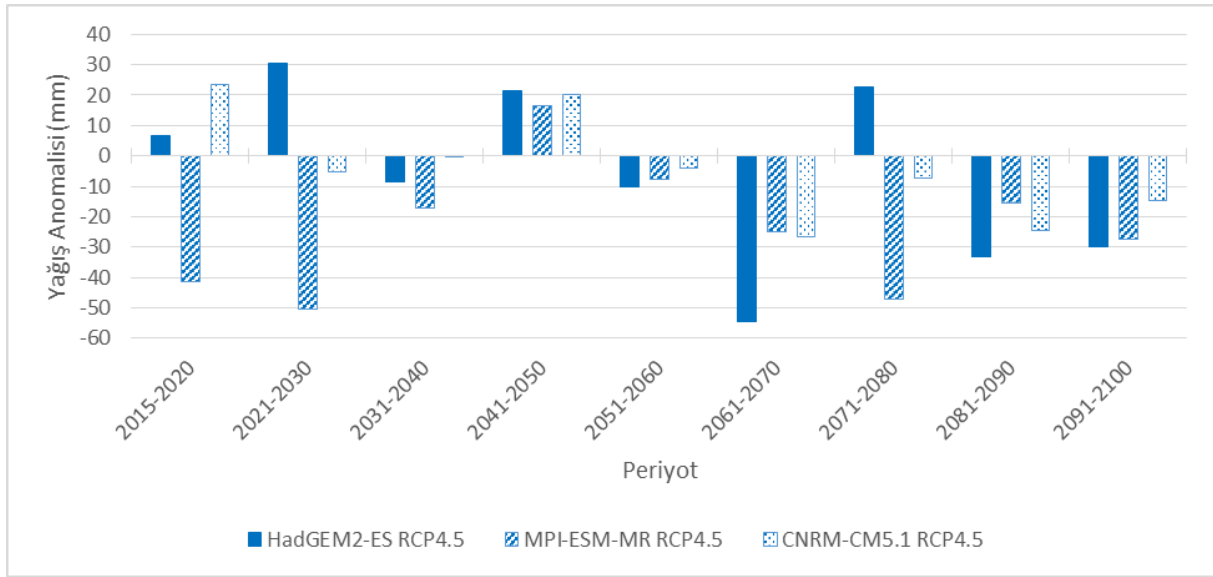
elde edilen negatif ve pozitif anomali değerleri havza alanında bölgesel farklılıklar göstermemektedir. MPI-ESM-MR modelinin RCP8.5 senaryosu, RCP4.5 senaryo sonuçlarına kıyasla daha yüksek şiddette azalmaların yaşanacağını öngörmektedir. CNRM-CM5.1 modelinin sonuçları ise senaryolar arasında büyük farklar ortaya koymamaktadır. Tüm model sonuçlarına göre havzadaki yağışlarda referans dönemine göre %20'lere varan azalmalar söz konusudur. Senaryo sonuçları genel olarak değerlendirildiğinde havzada yağış azalmalarının projeksiyon döneminin tamamında etkili olduğu ve söz konusu azalma değerlerinin havzanın kuzeyinde arttığı anlaşılmaktadır. Şekil 5.68 ve Şekil 5.69 ile sırasıyla RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarına göre modeller bazında sıcaklık anomali değerleri verilmiştir.



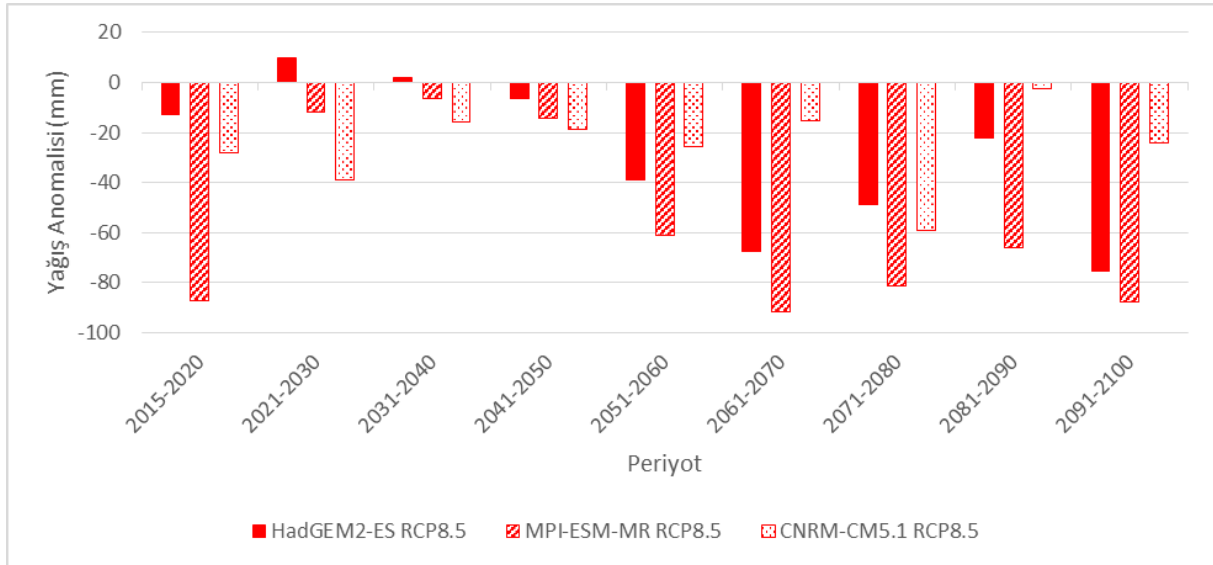
Şekil 5.66 RCP4.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Sıcaklık Anomali Değerleri - Akarçay Havzası



Şekil 5.67 RCP8.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Sıcaklık Anomali Değerleri - Akarçay Havzası



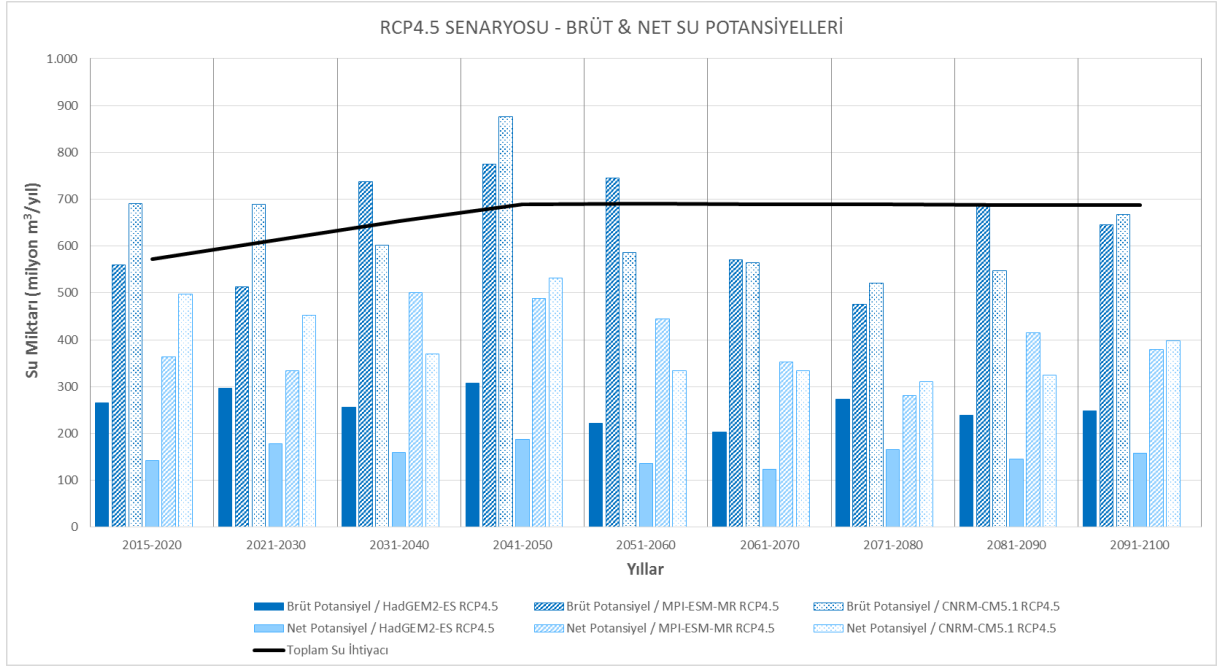
Şekil 5.68 RCP4.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Yağış Anomali Değerleri - Akarçay Havzası



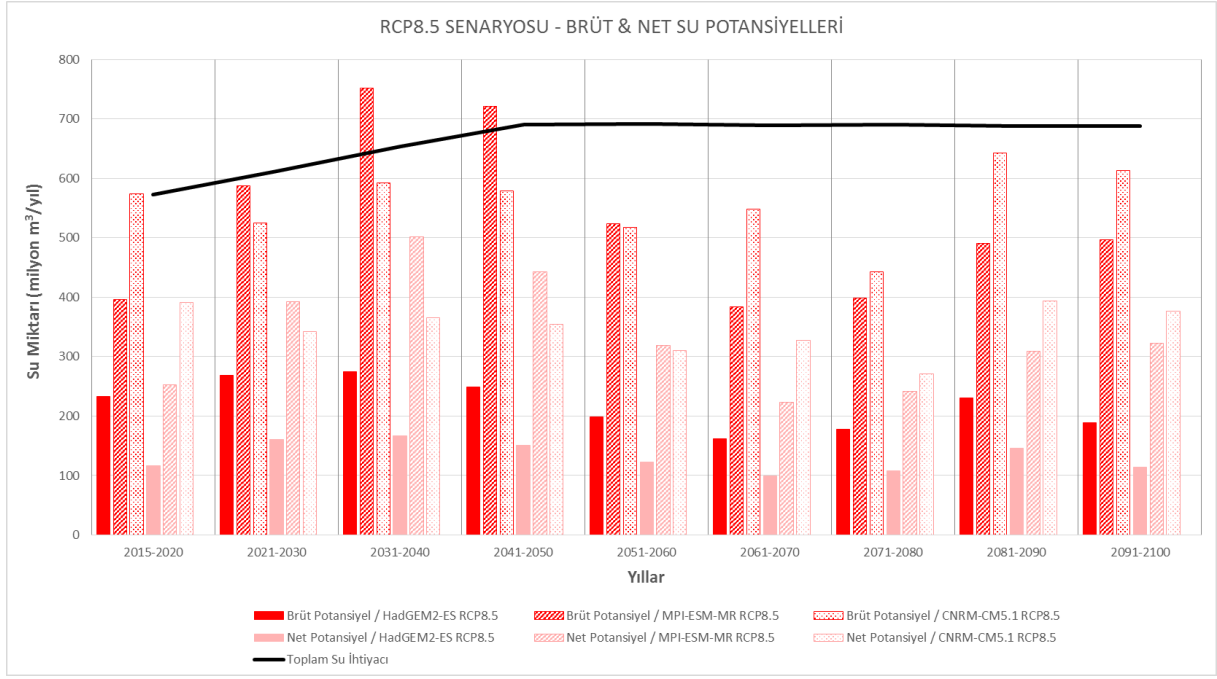
Şekil 5.69 RCP8.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Yağış Anomali Değerleri - Akarçay Havzası

Havzada uygulanan hidrolojik modelleme sonuçları değerlendirildiğinde, her iki senaryo sonuçları da net su potansiyeli açısından tüm dönemlerde toplam su ihtiyacı değerlerinin altında seyretmektedir. Bu durum havzada önemli oranda su açığının sürekli olarak görülebileceğinin bir işaretidir. Şekil 5.70 ve Şekil 5.71 ile havzadaki net ve brüt su potansiyeli değerleri model ve senaryolar bazında değerlendirilmiştir. Genel itibariyle her iki senaryo için de HadGEM2-ES modelinin sonuçları diğer iki modele göre daha düşük seyretmektedir. 2050'li yıllardan sonra genel olarak tüm model sonuçları önceki dönemlere göre daha düşük değerler vermektedir.

Akarçay Havzası'nda toplam su ihtiyacının büyük kısmının sulama suyu olduğu, diğer sektörlerin ihtiyaçlarının çok düşük seyrettiği bilinmektedir. 2015'ten itibaren projeksiyon dönemi sonuna kadar mevcut su ihtiyacının havzada sağlanamadığı ve su açığının tüm dönemler boyunca, tüm model ve senaryo sonuçlarına göre hissedilir bir şekilde devam ettiği anlaşılmaktadır. Özellikle 2051 yılından itibaren her iki senaryo sonucuna göre su açığı artmakta ve 2100 yılına kadar aynı miktardaki açık su ihtiyacına paralel olarak kararlı bir durumda devam etmektedir. Model sonuçlarında Akarçay Havzası'ndaki su ihtiyacının sadece %15'inin karşılanabileceği dönemler de yer almaktadır.



Şekil 5.70 Akarçay Havzası için İklim Projeksiyonları RCP4.5 Senaryosuna göre Brüt ve Net Su Potansiyellerinin Karşılaştırılması

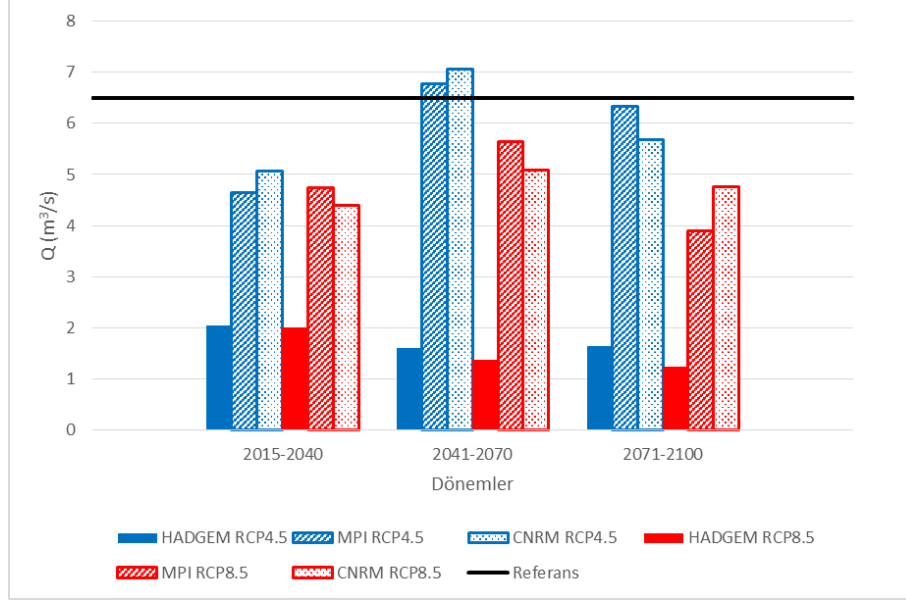


Şekil 5.71 Akarçay Havzası için İklim Projeksiyonları RCP8.5 Senaryosuna göre Brüt ve Net Su Potansiyellerinin Karşılaştırılması

Yapılan hidrojeolojik değerlendirmede en büyük oransal azalmaların HadGEM2-ES RCP8.5 senaryosunda %84 oranı ile iklim koşullarının yıl bazında doğrudan etkilediği dinamik rezerv değerlerinde ortaya çıktığı görülmektedir. Havzanın yeraltısuyu statik rezervinin ise iklim değişikliğinden %4-5 oranında etkilendiği görülmüştür. Ayrıca havzadaki yeraltısuyu hidrojeolojik ve mümkün rezervlerinin, değişik iklim modelleri - senaryoları çerçevesinde sırasıyla %9–11 ve %17-20 oranında azalması beklenmektedir. Yeraltısuyu hidrojeolojik rezervi 105 km³ olarak belirlenmiştir. Akarçay Havzası'nda yer alan yeraltısuyu mümkün rezervinin ise, toplamda 57 km³ büyüklükte bir kaynak oluşturduğu söylenebilir.

Hidrolik model sonuçlarının genel değerlendirmesini yapmak amacıyla, Akarçay Deresi mansabını ifade eden noktada 85 yıllık projeksiyon dönemi için üç farklı iklim modeli sonuçlarına göre üretilen ortalama akım değerleri Şekil 5.72 ile verilmiştir. Ortalama akım değerlerindeki değişim, brüt ve net su potansiyellerindeki değişim ile paralellik göstermektedir. Hidrolik modelleme çalışmaları kapsamında elde edilen debi değerlerinin, RCP4.5 senaryosu için 2041-2070 döneminde referans değerinin üzerine çıkabildiği, RCP8.5 senaryosu için ise tüm modellerin akım değerlerinin projeksiyon dönemi boyunca referans değerinin altında seyrettiği görülmektedir. Her iki senaryo için de MPI-ESM-MR ve CNRM-CM5.1 modelleri birbirlerine daha yakın değerler öngörmektedir. Bununla birlikte HadGEM2-ES modeli her iki senaryoda da en düşük akımları tahmin etmekte olup, bu modelin debi değerleri açısından en olumsuz durumu temsil ettiği söylenebilir. Modellerin tüm projeksiyon

dönemi boyunca ürettiği akımlar incelendiğinde ise her iki senaryo sonuçları ile, HadGEM2-ES modelinin azalma eğilimi sergilediği, MPI-ESM-MR ve CNRM-CM5.1 modellerinin 2041-2070 döneminde artış, 2071-2100 döneminde ise azalma tahmini sunduğu görülmektedir. Tüm model sonuçları göz önünde bulundurulduğunda ortalama akım değerlerinde referans dönemine göre %80'lere varan azalmalar olması söz konusudur.



Şekil 5.72 Akarçay Deresi Mansabı 30'ar Yıllık Projeksiyon Dönemleri için Elde Edilen Ortalama Debi Değerleri

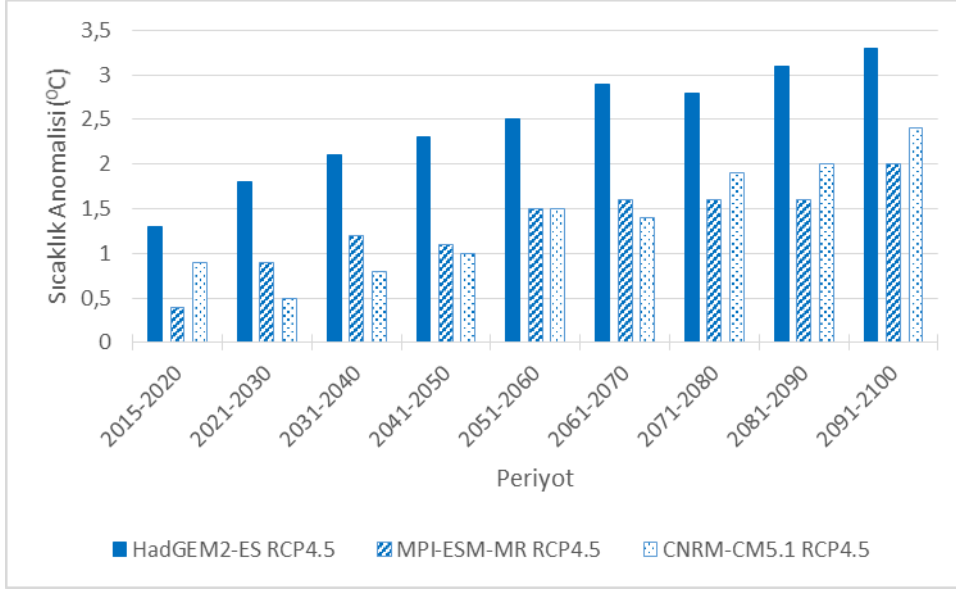
Akarçay Havzası için elde edilen sonuçlar, projeksiyon dönemi boyunca sıcaklık değerlerinin artma eğiliminde olacağını, yağış parametresinde artış ve azalış dönemlerinin görülebileceğini ancak her iki senaryoda da 2070-2080 döneminde yağıştaki azalmanın belirginleşeceğini göstermektedir. Su rezervi açısından projeksiyon dönemi boyunca sürekli bir artış ya da azalıştan söz edilememekte ancak model ve senaryoya göre farklılık gösterse de tüm projeksiyon dönemi boyunca öngörülen su açığı 2050 yılı sonrasında daha da şiddetlenmektedir. Havzada yeraltısu potansiyelinin de projeksiyon dönemi başlangıcından itibaren genel olarak azalacağı öngörülmekte iken, havzanın birim alanındaki yeraltısu mümkün rezervinin Türkiye ortalamasının üzerinde olduğu söylenebilmektedir.

5.12 Sakarya Havzası

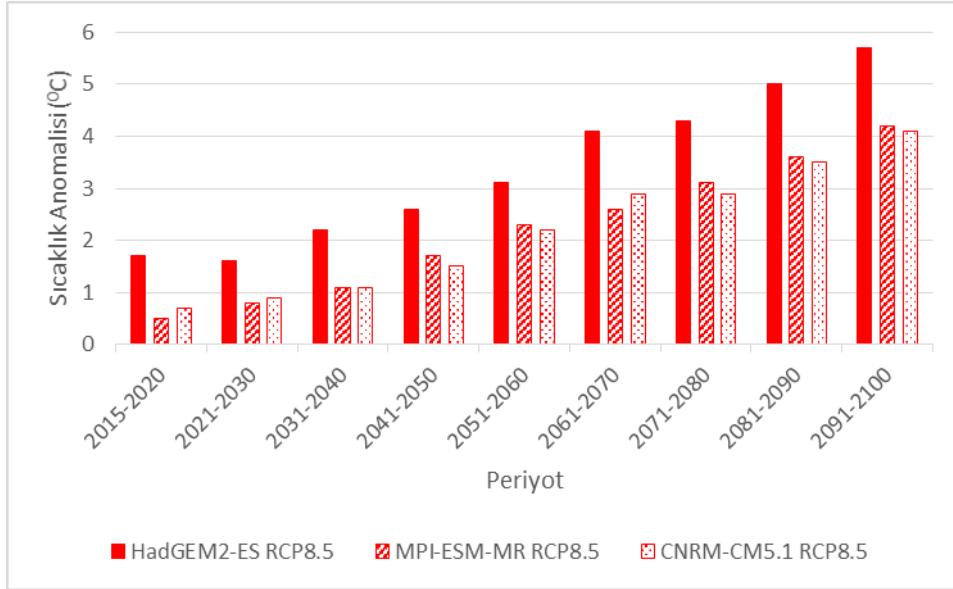
Anadolu Yarımadası'nın kuzeybatısında yer alan ve batıda Susurluk, güneyde Akarçay ve Konya Kapalı Havzaları, doğuda Kızılırmak ve Batı Karadeniz Havzaları ile çevrili olan Sakarya Havzası'nda referans döneme ait ortalama sıcaklıkların 10-14°C civarında bulunduğu görülmektedir. Havzada uygulanan iklim değişikliği projeksiyonlarına göre HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR ve CNRM-CM51 modellerinin sıcaklık sonuçları genel olarak

incelendiğinde, projeksiyon dönemi boyunca referans dönemine göre ortalama sıcaklık değerlerinin artış eğiliminde olacağı görülmektedir. Modellerin her iki senaryo için ürettiği anomali değerleri farklılık göstermekte olup, en yüksek pozitif anomali değeri HadGEM2-ES modeli RCP8.5 senaryosu sonuçlarında bulunmaktadır. Buna göre projeksiyon döneminin ikinci yarısında sıcaklık artışının belirginleşeceği ve projeksiyon dönemi sonunda 5,7°C'yi bulabileceği öngörülmektedir. HadGEM2-ES modeli havzanın doğu sınırı ve özellikle güneydoğu kesimlerinde sıcaklık artışının daha yüksek olacağını öne sürerken, MPI-ESM-MR ve CNRM-CM5.1 modelleri sıcaklık anomalilerin özellikle havzanın güney kesimlerinde daha yüksek değerler alacağını tahmin etmektedir. Tüm model ve senaryo sonuçları değerlendirildiğinde, Sakarya Havzasında 2015-2020 döneminden itibaren 1°C'yi bulan sıcaklık artışlarının 2050 yılından itibaren 2°C üzerinde çıkarak şiddetlendiği ve projeksiyon dönemi sonunda 5,7°C'ye varan sıcaklık artışlarının beklendiği görülmektedir. Projeksiyon dönemi sonuna kadar havzada sıcaklık artışlarının söz konusu olduğu ve 2060 sonrası dönemde belirginleşecek bu artış değerlerinin, havzanın doğu ve güneydoğu kısımlarında daha yüksek seviyelerde hissedileceği öngörülmektedir. Şekil 5.73 ve Şekil 5.74 ile havzada projeksiyon dönemi boyunca öngörülen sıcaklık anomali değerleri her üç model ve iki senaryo bazında verilmiştir.

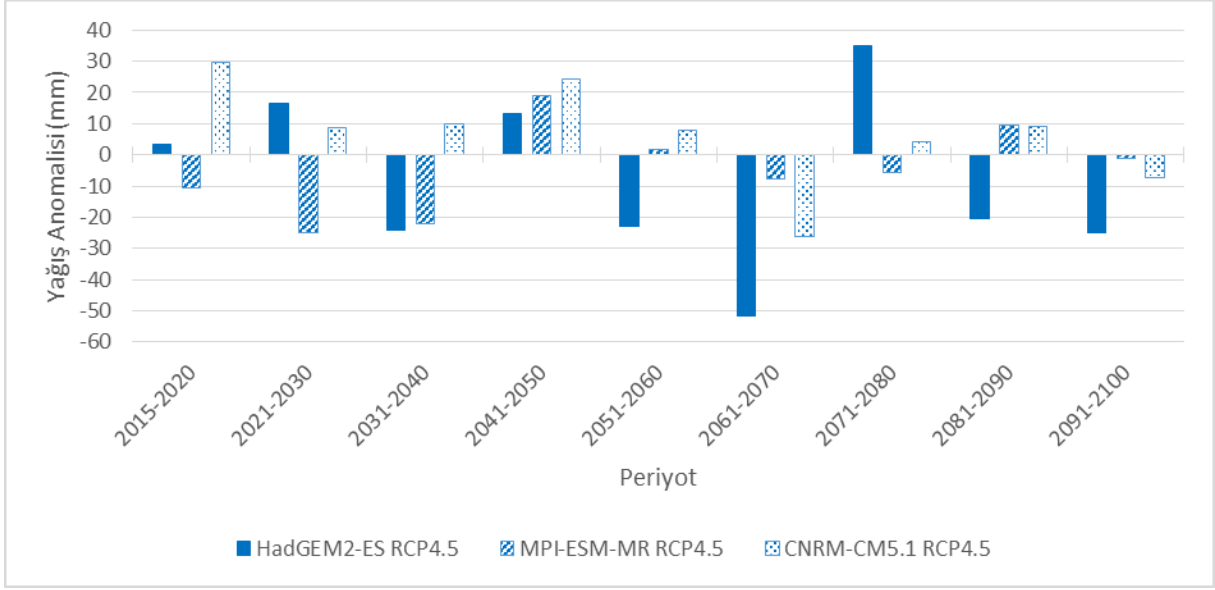
Sakarya Havzası için referans dönem toplam yağış parametresi için değerlendirildiğinde havzada genel olarak değerlerin 350-400 mm'lerde kaldığı sadece havzanın kuzey kesimlerinde yağışların 500 mm civarında belirlendiği gözlenmektedir. Model sonuçları yağış parametresi için değerlendirildiğinde, her iki senaryo için de projeksiyon dönemi boyunca yağış rejiminde artış ve azalışların görülebileceği ancak projeksiyon dönemi sonuna doğru azalma eğiliminin belirginleşeceği tahmin edilmektedir. HadGEM2-ES modeli diğer iki modele göre projeksiyon dönemi boyunca daha kurak bir iklim yapısı öngörmektedir. MPI-ESM-MR modelinde ise projeksiyon döneminin sonunda, her iki senaryo için de yağış azalmaları etkindir ancak 200 mm'nin üzerinde negatif anomali gözlenmemiştir. CNRM-CM5.1 modelinde ise RCP4.5 senaryosunda havzada yüksek değerlerde gerçekleşmeyecek yağış artış ve azalışların projeksiyon dönemi boyunca meydana geleceği tahmin edilmektedir. Tüm model ve senaryo sonuçları değerlendirildiğinde, projeksiyon dönemi boyunca yağışların dönem dönem azalma ve artış gösterebileceği, ancak %14'e varan yağış azalmalarının baskın olduğu ve yağış azalma değerlerinin, havzanın kuzeyi dışında kalan bölgelerde şiddetleneceği öngörülmüştür. Şekil 5.75 ve Şekil 5.76 ile havzada yağış anomali değerlerindeki değişimler 10 yıllık periyotlarda üç model ve iki senaryo bazında verilmiştir.



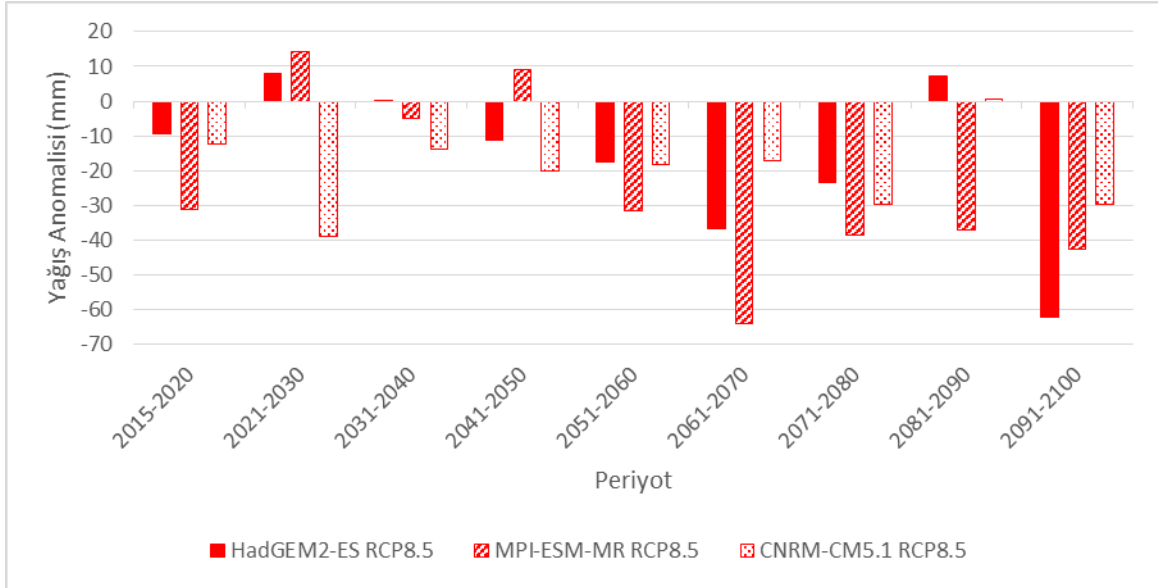
Şekil 5.73 RCP4.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Sıcaklık Anomali Değerleri- Sakarya Havzası



Şekil 5.74 RCP8.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Sıcaklık Anomali Değerleri- Sakarya Havzası



Şekil 5.75 RCP4.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Yağış Anomali Değerleri - Sakarya Havzası



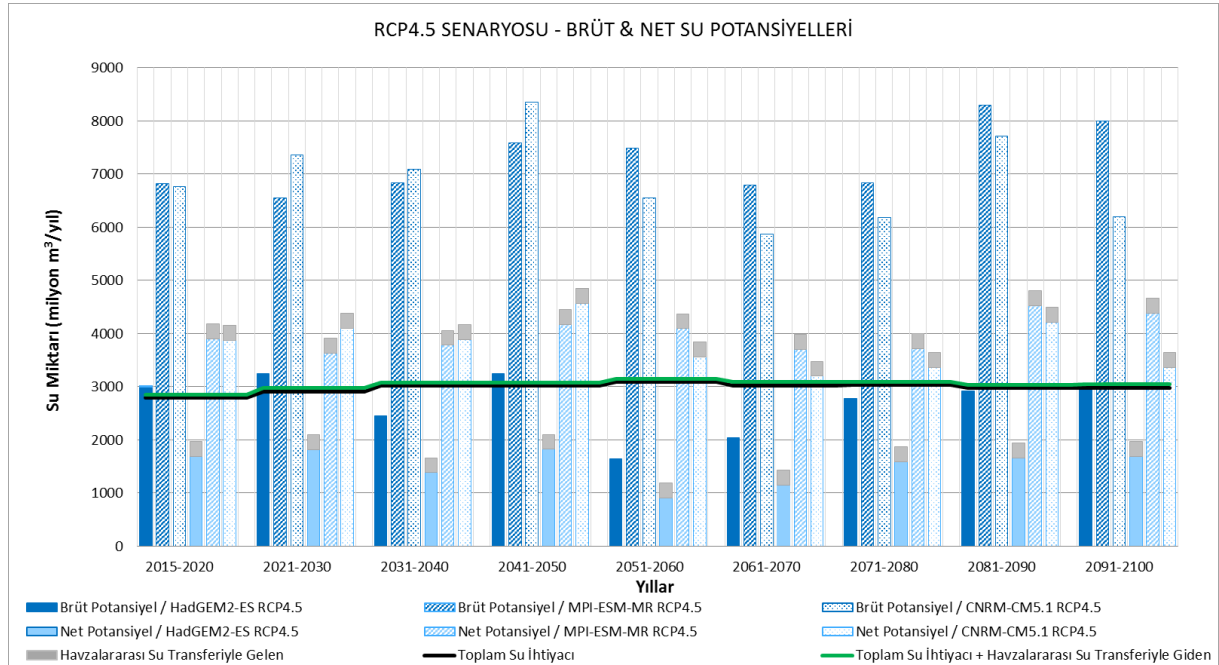
Şekil 5.76 RCP8.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Yağış Anomali Değerleri - Sakarya Havzası

Projeksiyon dönemi boyunca sıcaklık değerlerinde artış ve yağış miktarında düşüş tahminlerinin sonucu olarak, Sakarya Havzası'nda su potansiyelinin referans döneme kıyasla önemli bir düşüş sergileyeceği görülmektedir. Buna göre HadGEM2-ES modelinin tüm projeksiyon dönemi boyunca su açığı verdiği ve RCP4.5 senaryosuna göre en fazla açığa ulaşıldığı gözlenmektedir. MPI-ESM-MR ve CNRM-CM5.1 model sonuçlarına göre tüm

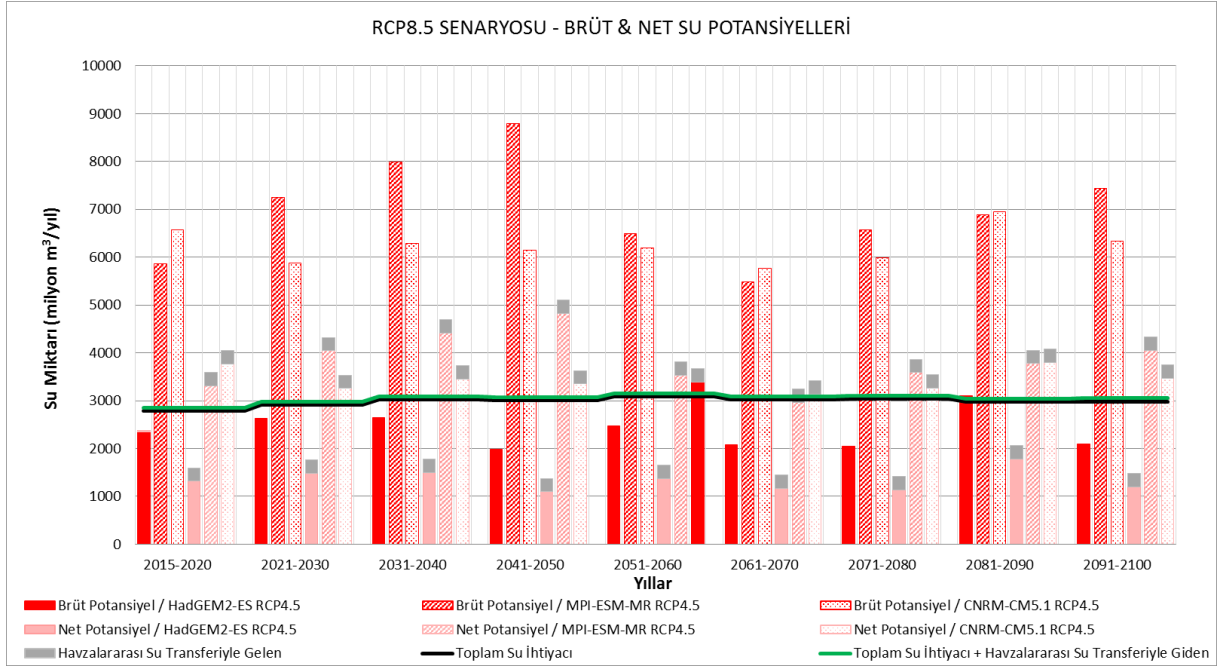
projeksiyon döneminde su açığı yaşanması söz konusu değildir. Sakarya Havzası'na diğer havzalardan su transferi yapılmaması halinde su açığının projeksiyon döneminde daha fazla olacağı söylenebilir. Projeksiyon dönemi boyunca en yüksek su açığı 2051-2060 döneminde beklenmekte olup, bu dönemde havzanın toplam su ihtiyacının yaklaşık %37'sinin karşılanabileceği görülmektedir.

Havzada büyük kısmını sulama ve içme kullanma suyunun oluşturduğu su ihtiyacının karşılanması amacıyla, mevcut durumda diğer havzalardan su transfer edilmektedir. Şekil 5.77 ve Şekil 5.78 ile toplam su ihtiyacı, havzanın brüt ve net su potansiyellerinin yanı sıra havzalararası su transferiyle havzaya giren ve/veya havzadan çıkan net su miktarları da gösterilmektedir. Havzaya Batı Karadeniz ve Kızılırmak Havzalarından su girdisi olurken, Marmara Havzası'na su aktarımı olmaktadır. Modellerin projeksiyon dönemine ilişkin tahminleri farklılık göstermektedir.

Havzalararası su transferi dikkate alınmaksızın değerlendirildiğinde her iki senaryo sonuçları HadGEM2-ES modeli hariç tüm dönemlerde toplam su ihtiyacı değerlerinin civarında ve/veya üzerinde seyretmekte, HadGEM2-ES modeline göre ise su açığının sürekli olarak görülebileceğini işaret etmektedir. Havzalararası su transferleri dikkate alındığında tüm dönemler boyunca havzadaki su açığı/fazlalığı üzerinde çok etkili değişimler beklenmemektedir.



Şekil 5.77 Sakarya Havzası için İklim Projeksiyonları RCP4.5 Senaryosuna göre Brüt ve Net Su Potansiyellerinin Karşılaştırılması

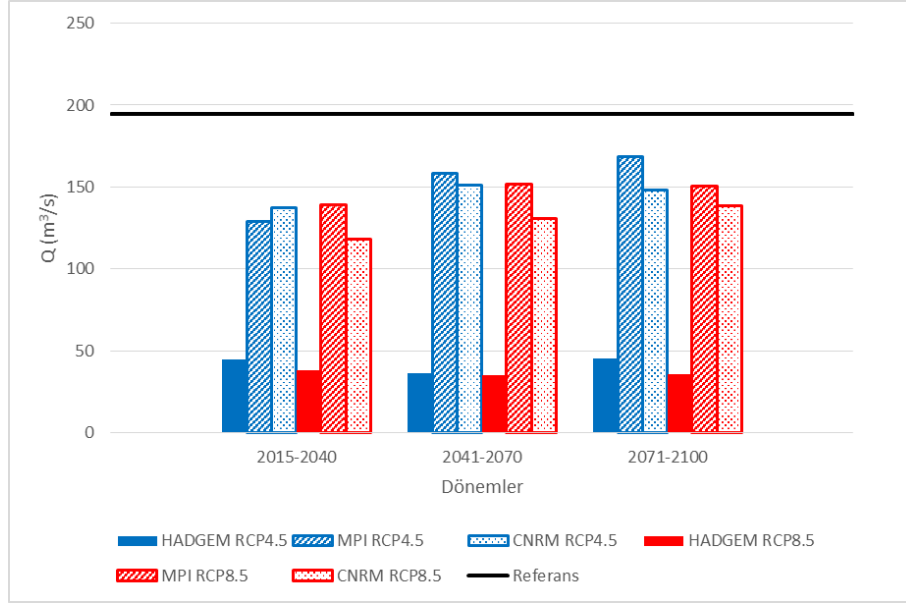


Şekil 5.78 Sakarya Havzası için İklim Projeksiyonları RCP8.5 Senaryosuna göre Brüt ve Net Su Potansiyellerinin Karşılaştırılması

Yapılan hidrojeolojik değerlendirmede en büyük oransal azalmaların HadGEM2-ES RCP8.5 senaryosunda %34 oranı ile iklim koşullarının yıl bazında doğrudan etkilediği dinamik rezerv değerlerinde ortaya çıktığı, havzanın yeraltısu statik rezervinin ise iklim değişikliğinden %2 gibi düşük bir oranda etkilendiği görülmüştür. Ayrıca havzadaki yeraltısu hidrojeolojik ve mümkün rezervlerinin, değişik iklim modelleri - senaryoları çerçevesinde sırasıyla %5 ve %9-10 oranında azalacağı tahmin edilmektedir. En olumlu iklim modeli – senaryosu gerçekleştiğinde hidrojeolojik rezerv ve mümkün rezerv varlıklarında sırasıyla %5 ve %9 oranında azalma olması beklenmektedir. Yeraltısu hidrojeolojik rezervi 377 km³ olarak belirlenen Sakarya Havzası'nda yer alan yeraltısu mümkün rezervinin ise, toplamda 200 km³ büyüklükte bir kaynak oluşturduğu ifade edilebilir.

Hidrolik projeksiyon sonuçlarının genel değerlendirmesi için Sakarya Nehri'nin mansabını ifade eden noktada 85 yıllık projeksiyon dönemi için üç farklı iklim modeli sonuçlarına göre üretilen akım değerlerinin ortalamaları Şekil 5.79 ile verilmiştir. Hidrolik modelleme çalışmaları kapsamında elde edilen debi değerleri incelendiğinde, projeksiyon dönemindeki akışların referans dönemi ile karşılaştırıldığında genel olarak daha düşük olduğu göze çarpmaktadır. HadGEM2-ES modeli RCP8.5 senaryosu en düşük debi sonuçlarını üreterek, en olumsuz durumu temsil etmektedir. MPI-ESM-MR ve CNRM-CM5.1 modelleri benzer şekilde projeksiyon dönemi boyunca referans döneminin altında kalmakta, ancak birbirlerine yakın ve HadGEM2-ES modeline göre daha yüksek akım değerleri öngörmektedir. 2071-

2100 döneminde MPI-ESM-MR modeli modeller arasındaki en yüksek ortalama debi değerini vermektedir. Tüm model ve senaryo sonuçlarına göre projeksiyon dönemi boyunca ortalama akım değerlerinin referans dönemine göre %82'ye varan oranlarda azalması beklenmektedir.



Şekil 5.79 Sakarya Nehri Mansabı 30'ar Yıllık Projeksiyon Dönemleri için Elde Edilen Ortalama Debi Değerleri

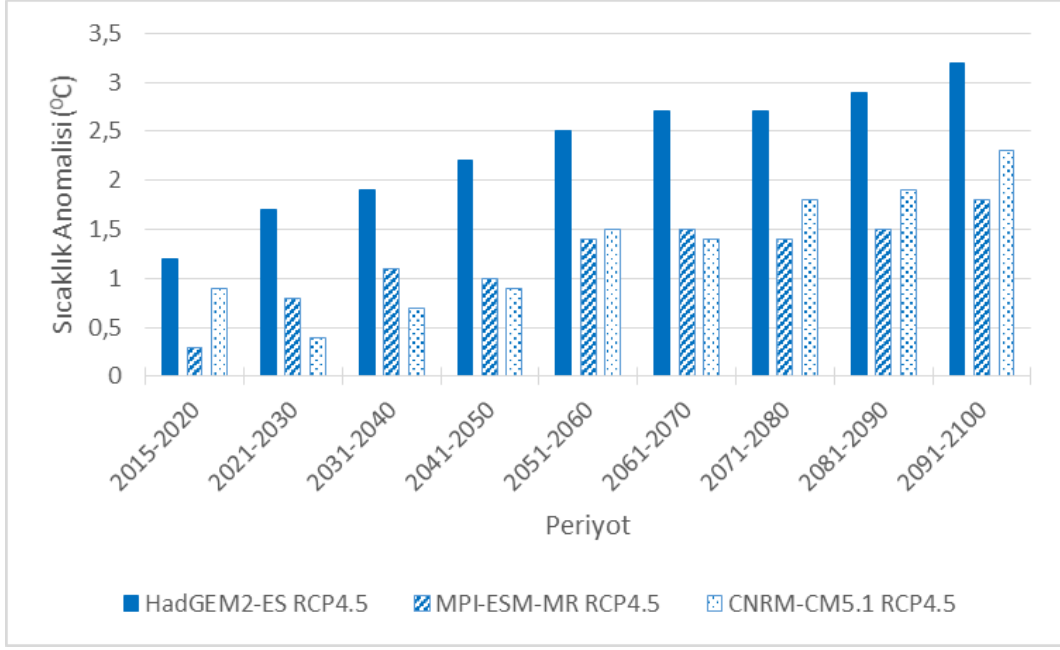
Sakarya Havzası için elde edilen sonuçlar, projeksiyon dönemi boyunca sıcaklık değerlerinin artma eğiliminde olacağını, yağış parametresinde artış ve azalış dönemlerinin görülebileceğini ancak 2050 yılından itibaren yağıştaki azalmanın belirginleşeceğini göstermektedir. Su rezervi açısından projeksiyon dönemi boyunca sürekli bir artış ya da azalıştan söz edilememekte ancak model ve senaryoya göre farklılık gösterse de havzada su açığı gerçekleşmesi ihtimalinin bulunduğu ortaya konmaktadır. Havzada yeraltı suyu potansiyelinin de projeksiyon dönemi başlangıcından itibaren genel olarak azalacağı öngörülmekte iken, havzanın birim alanındaki yeraltı suyu mümkün rezervinin Türkiye ortalamasının üzerinde olduğu söylenebilmektedir.

5.13 Batı Karadeniz Havzası

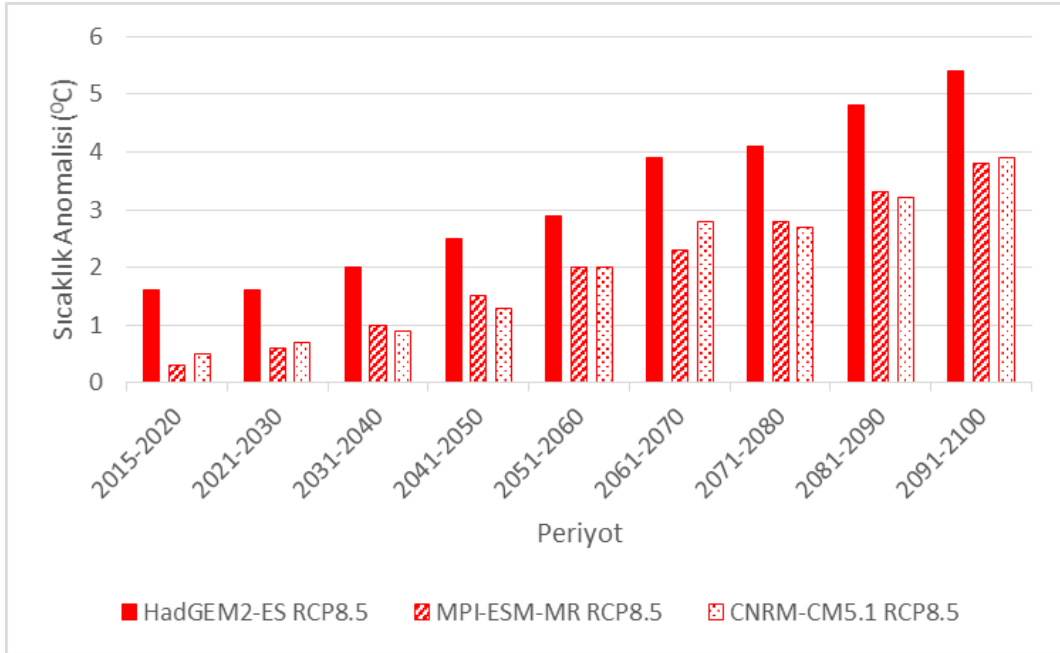
Filyos Çayı başta olmak üzere, irili ufaklı ve birbirinden bağımsız birçok akarsuyun oluşturduğu Batı Karadeniz Havzası'na ait referans dönem ortalama sıcaklıkların 10-14°C civarında bulunduğu görülmektedir. İklim değişikliği projeksiyon çalışmaları kapsamında havzada sıcaklık anomali değerlerindeki değişimleri 10'ar yıllık periyotlar için model ve senaryolar bazında Şekil 5.80 ve Şekil 5.81 ile verilmiştir. Havza genelinde en yüksek sıcaklık artışı HadGEM2-ES modeli ve en düşük sıcaklık artışı MPI-ESM-MR modeli

tarafından tahmin edilmiştir. Sözü edilen maksimum ve minimum anomali değerleri sırası ile 5,4°C ve 0,3°C'dir. Her üç model baz alındığında RCP4.5 senaryosu için projeksiyon dönemi sonuna kadar sıcaklık artışlarının 2-3°C ve RCP8.5 senaryosuna göre 4-5,5°C seviyelerine ulaşacağı öngörülmüştür. CNRM-CM5.1 modeline dair sonuçların her iki senaryo için de MPI-ESM-MR model sonuçlarına benzerlik gösterdiği görülmektedir. Bu iki model sonucu HadGEM2-ES sonuçlarından önemli ölçüde ayrılmakta ve daha düşük kalmaktadır. Model sonuçlarına göre havzanın tamamında sıcaklık artışları meydana gelmekte, ancak havzanın iç kesimlerindeki sıcaklık artışının daha fazla olması beklenmekte ve bu bölgeselliğin projeksiyon döneminin sonuna doğru artacağı öngörülmektedir. Batı Karadeniz Havzası'nda en yüksek ortalama sıcaklık artışının 5°C'nin üzerine çıkması beklenmektedir.

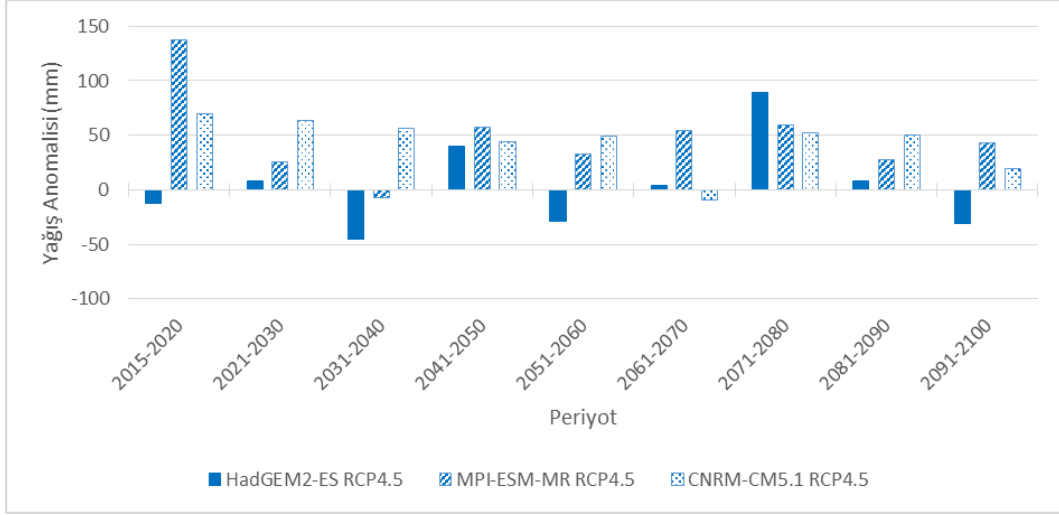
Havzada toplam yağış parametresi için referans dönem değerleri iç kesimlerde 300 mm mertebelerinde iken kıyılara doğru gidildikçe 1000 mm'lere ulaşmaktadır. Şekil 5.82 ve Şekil 5.83 ile havzada iklim projeksiyon sonuçlarına göre model ve senaryolar bazında yağış anomali değişimleri verilmiştir. İklim projeksiyonları sonuçları incelendiğinde; HadGEM2-ES modelinin, diğer modellere göre her iki senaryo sonucu için de yıllar bazında önemli değerlere ulaşan yağış fazlalıkları öngörmektedir. Yağışlardaki bu artışların havzanın kıyı kesimlerinde ve özellikle kuzeybatıda en fazla bekleneceği tahmin edilmiştir. MPI-ESM-MR modeline göre RCP4.5 senaryosunda referans dönemi civarında yağış beklenen 2031-2040 dönemi hariç projeksiyon döneminin kalanında yağış artışları öngörülmektedir. RCP8.5 senaryosu için de benzer şekilde tüm projeksiyon periyodu boyunca artış değerleri öngörülmekte olup, pozitif anomaliler 80 mm'lere kadar ulaşmaktadır. CNRM-CM5.1 modelinde de diğer iki modele benzer şekilde havzada yağış artışları öngörülmekte, yağış artışlarının daha baskın olduğu dönemler 2071-2090'lı yıllar olmaktadır. Söz konusu dönem için RCP8.5 senaryosu 100 mm civarındaki en yüksek pozitif anomalileri üretmektedir. Her üç model için de havzada projeksiyon döneminin tamamında beklenen yağış artış seviyeleri, özellikle 100 mm'yi aşan yağışların sayısını önemli ölçüde arttırmaktadır. Model sonuçları genel olarak değerlendirildiğinde, havzada özellikle, 2050 sonrası dönemde önemli seviyelere varan ve havzanın denize yakın özellikle kuzeydoğu kesimlerini etkisi altına alacak yağış artışlarının beklendiği öngörülmüştür.



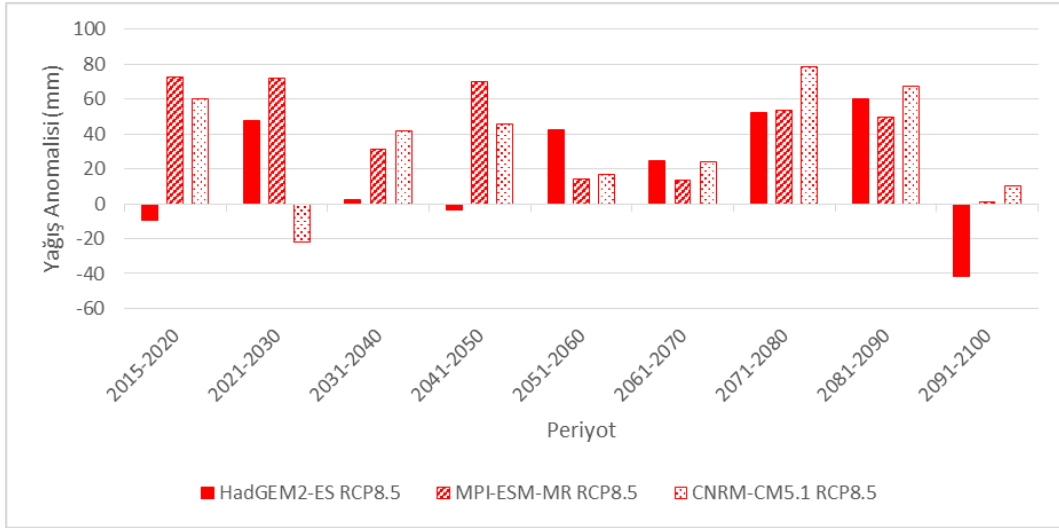
Şekil 5.80 RCP4.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Sıcaklık Anomali Değerleri - Batı Karadeniz Havzası



Şekil 5.81 RCP8.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Sıcaklık Anomali Değerleri- Batı Karadeniz Havzası



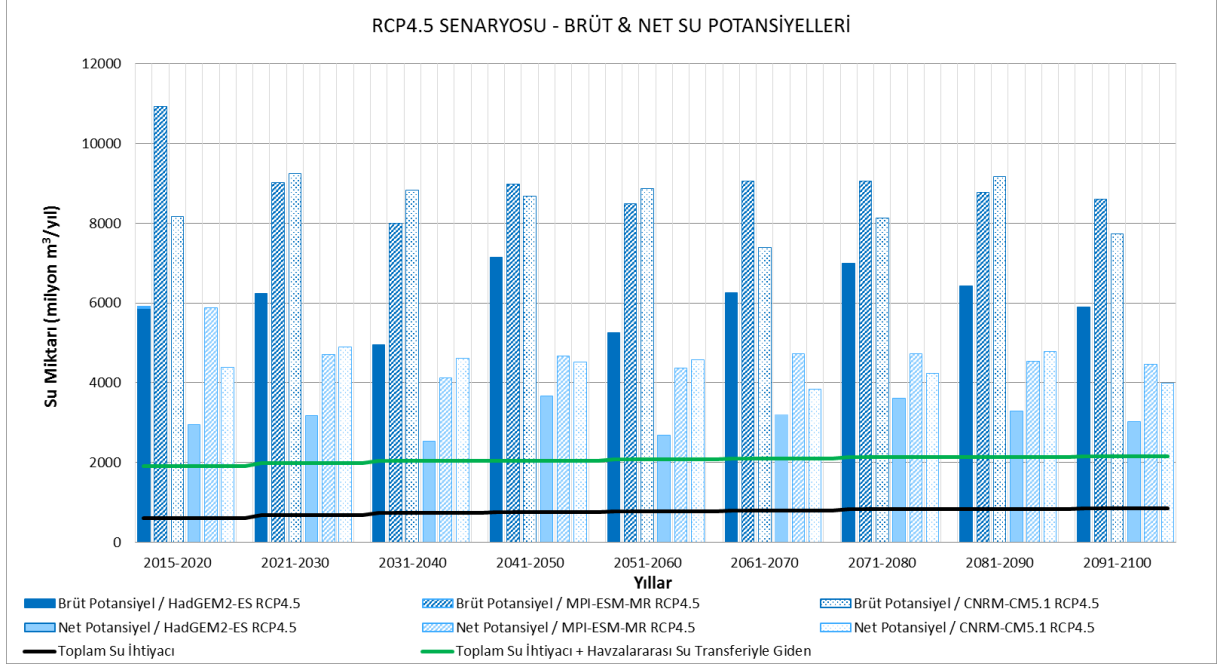
Şekil 5.82 RCP4.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Yağış Anomali Değerleri - Batı Karadeniz Havzası



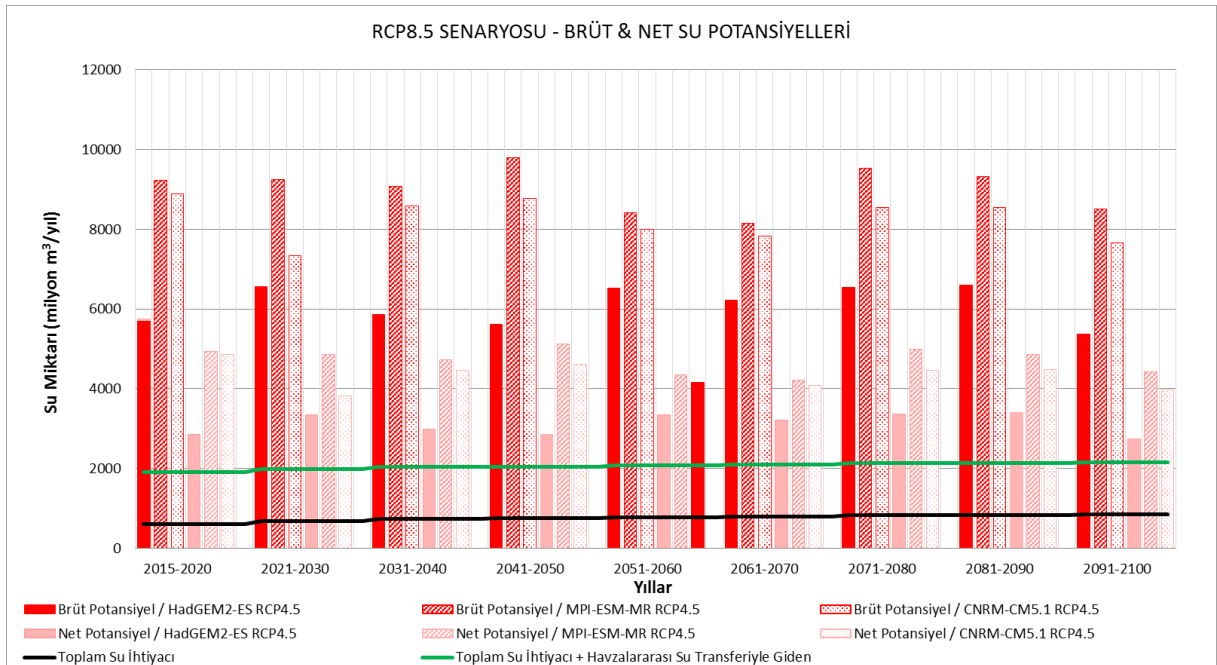
Şekil 5.83 RCP8.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Yağış Anomali Değerleri - Batı Karadeniz Havzası

İklim projeksiyonu sonuçları ile çalıştırılan hidrolojik model sonuçlarına göre RCP4.5 ve RCP8.5 senaryoları her üç model için incelendiğinde Batı Karadeniz Havzası'nda toplam su ihtiyacının tüm dönemlerde düşük seyrettiği, buna karşılık her üç modelin iki senaryo sonuçlarına göre su açığı sorunuyla karşılaşılacağı tahmin edilmektedir. Burada dikkat edilmesi gereken önemli husus 2000'li yıllardan itibaren havzadan Marmara Havzası-İstanbul'a Büyük Melen Çayı'ndan su transferi başlaması sebebiyle su potansiyelinde azalmalar görülebileceğidir. Şekil 5.84 ve Şekil 5.85 ile toplam su ihtiyacı, havzanın brüt ve net su potansiyellerinin yanı sıra havzalararası su transferiyle havzaya giren ve/veya havzadan çıkan net su miktarları ile birlikte verilmektedir. Batı Karadeniz Havzası'nda su transferleri kapsamında Marmara ve Sakarya Havzaları'na su verilmektedir. Havzalararası su

transferi dikkate alınmaksızın değerlendirildiğinde tüm model ve her iki senaryo sonuçları tüm dönemlerde havzanın toplam su ihtiyacı değerinin üzerinde seyretmektedir. Havzalararası su transferleri dikkate alındığında da tüm dönemler boyunca farklı bir durum yaşanması beklenmemektedir.



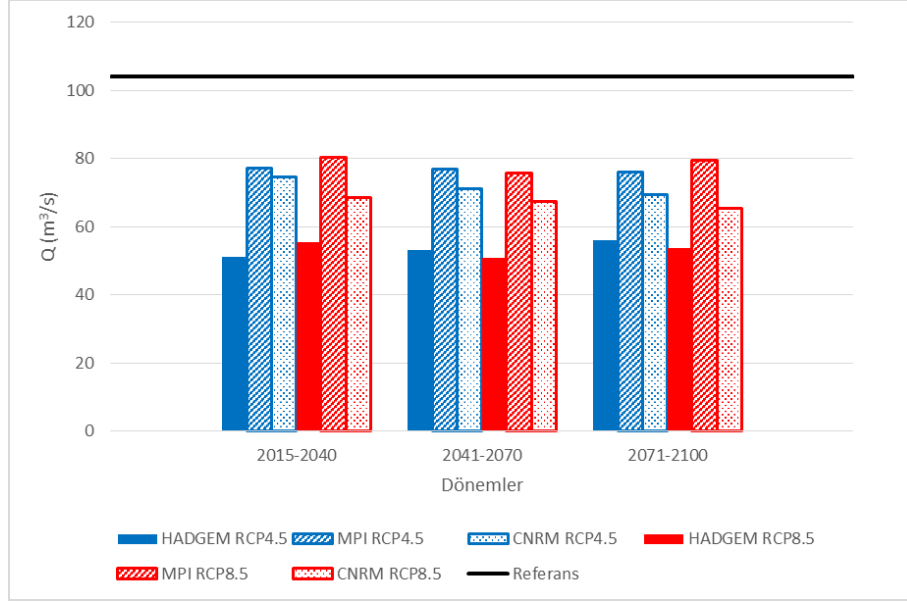
Şekil 5.84 Batı Karadeniz Havzası için İklim Projeksiyonları RCP4.5 Senaryosuna göre Brüt ve Net Su Potansiyellerinin Karşılaştırılması



Şekil 5.85 Batı Karadeniz Havzası için İklim Projeksiyonları RCP8.5 Senaryosuna göre Brüt ve Net Su Potansiyellerinin Karşılaştırılması

Yapılan hidrojeolojik değerlendirmede en büyük oransal azalmaların CNRM-CM5.1 RCP8.5 senaryosunda %19 oranı ile iklim koşullarının yıl bazında doğrudan etkilediği dinamik rezerv değerlerinde ortaya çıktığı görülmektedir. Havzanın yeraltısuyu statik rezervinin ise iklim değişikliğinden %0-10 gibi değişken bir oransal aralıkta etkilendiği görülmüştür. Ayrıca havzadaki yeraltısuyu hidrojeolojik ve mümkün rezervlerinin, değişik iklim modelleri-senaryoları çerçevesinde sırasıyla %0-11 ve %0-18 oranında azalacağı tahmin edilmektedir. Yüzyılın sonunda en olumlu iklim modeli-senaryosu gerçekleştiğinde dinamik, hidrojeolojik ve mümkün rezerv varlıklarında kaydadeğer bir değişim beklenmemektedir. Yeraltısuyu hidrojeolojik rezervi 93 km³ olarak belirlenen Batı Karadeniz Havzası'nda yer alan yeraltısuyu mümkün rezervinin ise, toplamda 55 km³ büyüklükte bir kaynak oluşturduğu söylenebilir.

Hidrolojik model sonuçları ile çalıştırılan hidrolik model sonuçlarına göre havza genelinde bir değerlendirme yapabilmek için Batı Karadeniz Havzası'nın mansabını ifade eden noktada 85 yıllık projeksiyon dönemi için üç farklı iklim modeli sonuçlarına göre üretilen akım değerleri belirlenmiştir (Şekil 5.86). Model sonuçlarına göre projeksiyon dönemindeki akışların referans dönemine göre modeller bazında farklılık göstereceği anlaşılmaktadır. RCP4.5 senaryosuna göre projeksiyon dönemi boyunca HadGEM2-ES modeli artma trendi sergilemesine rağmen modeller arasındaki en düşük akım sonuçlarını vermektedir. MPI-ESM-MR modeli yüzyıl boyunca belirgin bir trend göstermemektedir. Buna rağmen referans değerine göre en olumlu sonuçları bu model öngörmektedir. CNRM-CM5.1 modeli ise projeksiyon dönemi boyunca azalma eğiliminde olmasına rağmen her zaman HadGEM2-ES modelinin üzerinde sonuçlar vermektedir. RCP8.5 senaryosuna göre RCP4.5 senaryosuna benzer şekilde tüm model sonuçları referans değerinin altında kalmaktadır. Modeller arasındaki en olumsuz durum HadGEM2-ES modeli tarafından öngörülmektedir. MPI-ESM-MR modeli 2041-2070 döneminde azalma eğiliminde olsa da yüzyıl boyunca en yüksek debi değerlerini ortaya koymaktadır. CNRM-CM5.1 modeli tüm dönemlerde modeller arasındaki en orta debi değerlerini öngörmektedir. Havzalararası su transferinin de dahil edilmesiyle yapılan değerlendirmeler sonucunda Batı Karadeniz Havzası'nda projeksiyon dönemi boyunca su açığı oluşmayacağı öngörülmektedir. Modeller arasındaki en kurak duruma göre akımlarda referans dönemine kıyasla %51'lere varan azalmalar söz konusudur.



Şekil 5.86 Filyos Çayı Mansabı 30'ar Yıllık Projeksiyon Dönemleri için Elde Edilen Ortalama Debi Değerleri

Batı Karadeniz Havzası için genel bir değerlendirme yapıldığında iklim projeksiyonları sonuçlarına göre havzada ortalama sıcaklıkların giderek artması ve her üç model sonucu için de havzanın denize kıyısı olan kenar kesimlerinde yağış artışı daha fazla beklenmekte ve bu bölgelerde ekstrem yağışlarda artışlar tahmin edilmektedir. Hidrolojik açıdan projeksiyon dönemi boyunca havzalararası su transferi de gerçekleşmesine rağmen bir su açığı sorunu olmayacağı söylenebilir. Havzada yeraltı suyu potansiyelinin tüm projeksiyon dönemi boyunca model sonuçları arasında kayda değer salınımlar gözlenmekle birlikte referans dönem şartlarının korunduğu söylenebilir. Havzada yeraltı suyu potansiyelinin tüm projeksiyon dönemi boyunca model sonuçları arasında kayda değer salınımlar gözlenmekle birlikte referans dönem şartlarının korunduğu veya azaldığı söylenebilir. Bununla beraber, havzanın birim alanındaki yeraltısuyu mümkün rezervinin de Türkiye ortalamasının altında olduğu belirlenmiştir.

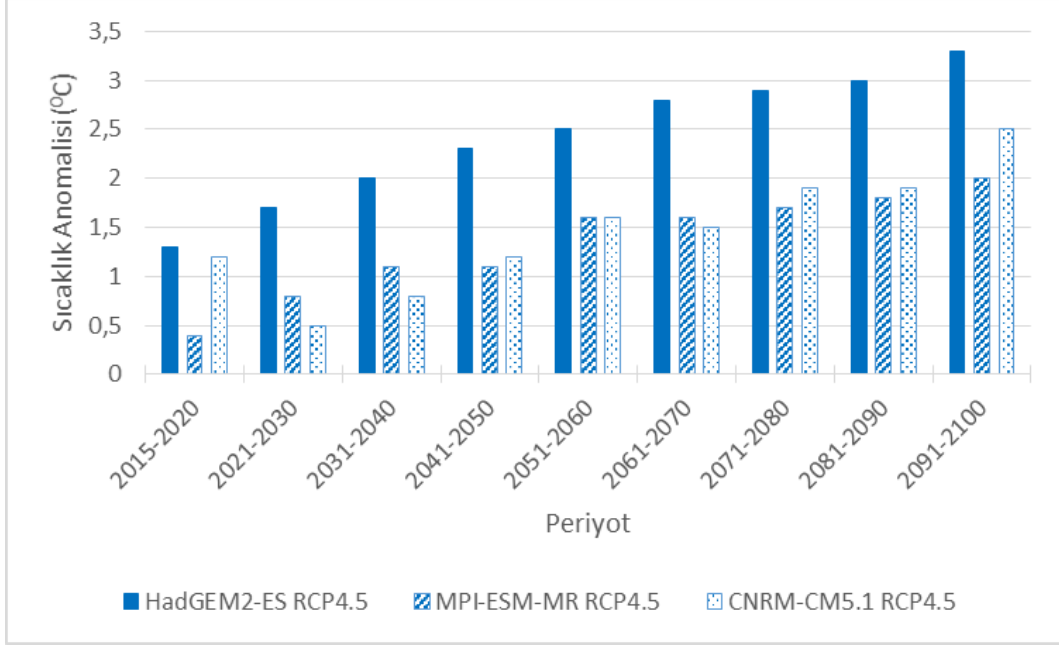
5.14 Yeşilirmak Havzası

Başlıca akarsuları Yeşilirmak Nehri ve yan kolları olan Yeşilirmak Havzası'na ait referans dönemindeki değerlere göre ortalama sıcaklıkların güneybatıdan ve doğudan kuzeye arttığı ve havzanın batısında ortalama sıcaklıkların 8°C kuzeyinde ise 15°C'nin üzerinde olduğu belirlenmiştir. Şekil 5.87 ve Şekil 5.88 ile projeksiyon döneminde havzada beklenen sıcaklık anomali değerleri her üç model ve iki senaryo bazında verilmiştir. İklim değişikliği projeksiyon sonuçlarına göre havzada artan sıcaklıklar, RCP4.5 senaryosu altında bölgesel farklılık göstermemesine rağmen RCP8.5 senaryosu altında havzanın doğusunda daha ekstrem

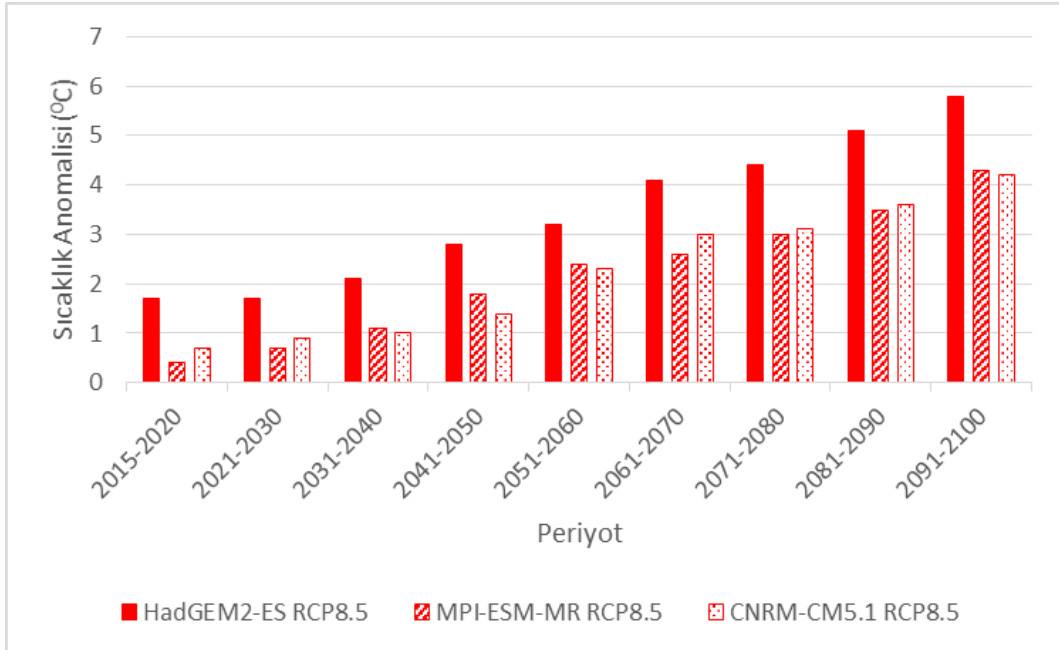
değerler öne sürmektedir. Her üç model için bu senaryodaki en büyük ivmelenmenin 2080 sonrasında gerçekleşeceği öngörülmektedir. RCP8.5 senaryosu altında koşturulan HadGEM2-ES modeline göre, 1,7°C ile 5,8°C arasında değişmesi beklenen sıcaklık farkları, MPI-ESM-MR modeli sonuçlarına göre ortalama 0,4°C ile 4,3°C arasındadır. CNRM-CM5.1 modeli ise çoğunlukla MPI-ESM-MR model sonuçlarına yakın ortalama sıcaklık değerleri simüle etmekte ve projeksiyon periyodunun sonunda 4,2°C'lik sıcaklık artışına ulaşması beklenmektedir. Bu ise yaklaşık olarak 50 yılda 2°C'lik artışa karşı gelmektedir. Oysa CNRM-CM5.1 modelinde RCP4.5 senaryosu altında projeksiyon dönemi sonunda 2,5°C'lik sıcaklık artışına erişilmektedir. Tüm model sonuçları değerlendirildiğinde havzada en fazla 5,8°C sıcaklık artışı beklenmektedir .

Yeşilirmak Havzası'na referans döneminde gelen toplam yağış miktarı güney ve batı kesimlerinde 500 mm'nin altında; denize sınırı olan kuzey kesiminde ise 740 mm'nin üzerinde bulunmaktadır. Şekil 5.89 ve Şekil 5.90 ile havzada beklenen yağış anomali değerleri her üç model ve iki senaryo bazında verilmiştir. Toplam yağış sonuçlarına göre modellerin RCP4.5 senaryolarında referans dönemine göre daha çok yağış ortaya koyan MPI-ESM-MR modeli iken, en fazla yağış düşüşü gösteren HadGEM2-ES modelidir. HadGEM2-ES modelinde genel beklenen durumdan farklı bir durum ortaya çıkmaktadır. RCP8.5 senaryosu çoğunlukla RCP4.5'tan daha kurak sonuçlar doğurmasına rağmen Yeşilirmak Havzası için HadGEM2-ES modeli simülasyonlarında tam tersi olacağı öngörülmektedir. HadGEM2-ES modeline göre iki senaryosunda da kurak geçmesi beklenen dönem 2091-2100 yılları arasındadır. RCP4.5 senaryosuna göre en yüksek -70 mm civarında olan anomali değeri, kötümser senaryoda -60 mm civarında kalmaktadır. Pozitif anomaliler açısından ise, 100 mm'yi aşan yıl sayısı her iki senaryoda da aynıyken 200 mm'yi aşan yıl sayısı bulunmamaktadır. MPI-ESM-MR modelinde ise HadGEM2-ES modelinin aksi bir durum söz konusudur. RCP4.5 senaryosunda havzaya artan yağışlar hakimken, RCP8.5 senaryosunda on yıllık dönemlerin bir kısmında havzada yağışların azaldığı bölgelere rastlanmaktadır ve bu bölgeler havzanın genellikle batısında kalmaktadır. CNRM-CM5.1 modelinin RCP4.5 senaryosunda ise, genel eğilim referans dönemine göre yağışların artması yönündedir. Zaman zaman MPI-ESM-MR modelinin RCP4.5 senaryosu sonuçlarından daha yüksek miktarda artış gösterse de, MPI-ESM-MR modeli daha çok 100 mm aşan pozitif anomali yılına sahiptir. CNRM-CM5.1 modelinin RCP8.5 senaryosunda ise yağış artış ve azalışların projeksiyon dönemi boyunca devam edeceği öngörülmektedir. Bu durum 100 mm'yi aşan pozitif ve negatif anomali yıl sayılarının eşitliği ile de desteklenmektedir. Bu sonuçlara göre havzada yağış eksiklikleri daha çok 2050 ve 2070'li yıllarda görülecektir. Havzada en yüksek yağış azalması %14 oranındadır. RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarına göre

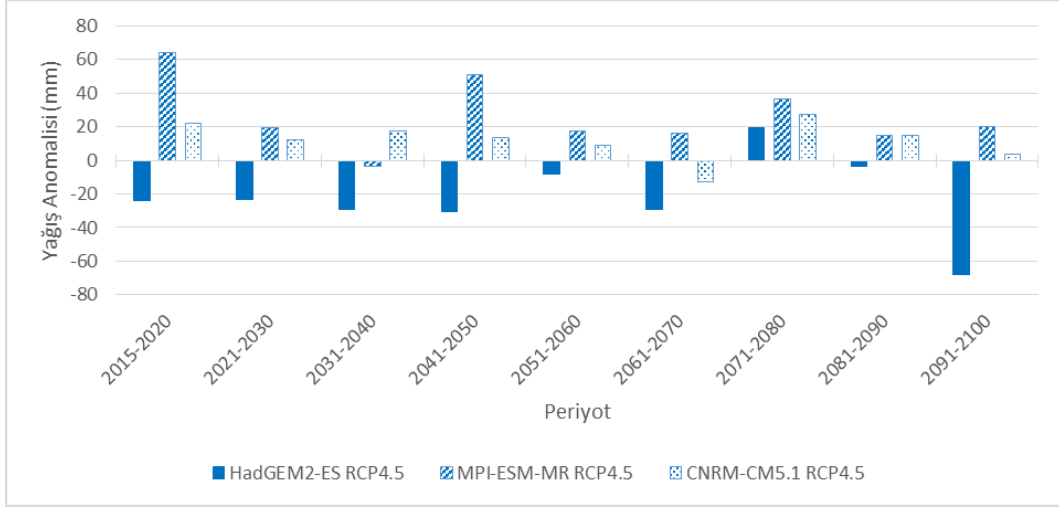
10'ar ve 30'ar yıllık ortalamalar değerlendirildiğinde havza genelinde yağışta belirgin bir artış ya da azalma eğiliminin olmadığı görülmektedir. Lokasyona bağlı değişim açısından değerlendirildiğinde yağışların azaldığı bölge havzanın batı kesimleri iken, yağışların arttığı bölge ise havzanın kuzey kesimlerinde olması beklenmektedir.



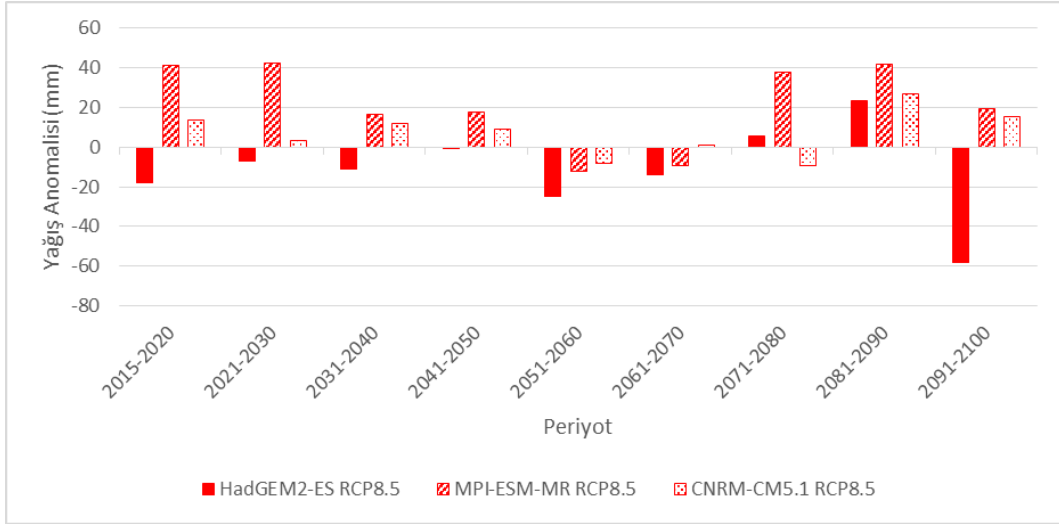
Şekil 5.87 RCP4.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Sıcaklık Anomali Değerleri- Yeşilirmak Havzası



Şekil 5.88 RCP8.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Sıcaklık Anomali Değerleri- Yeşilirmak Havzası



Şekil 5.89 RCP4.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Yağış Anomali Değerleri - Yeşilirmak Havzası

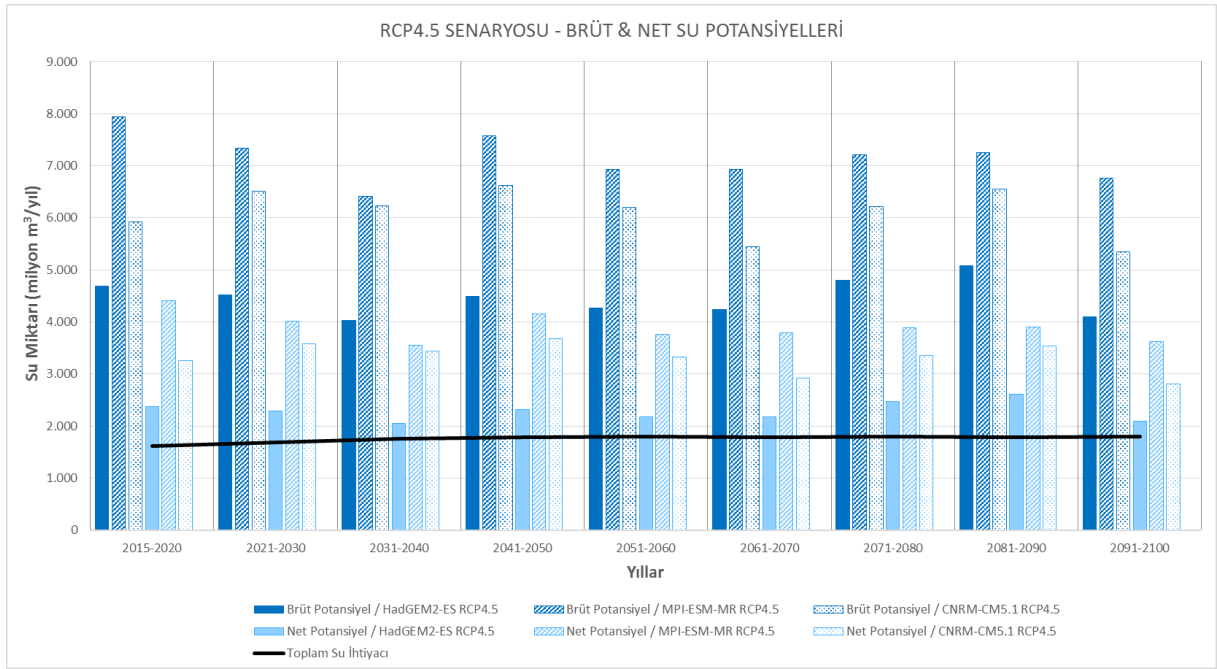


Şekil 5.90 RCP8.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Yağış Anomali Değerleri - Yeşilirmak Havzası

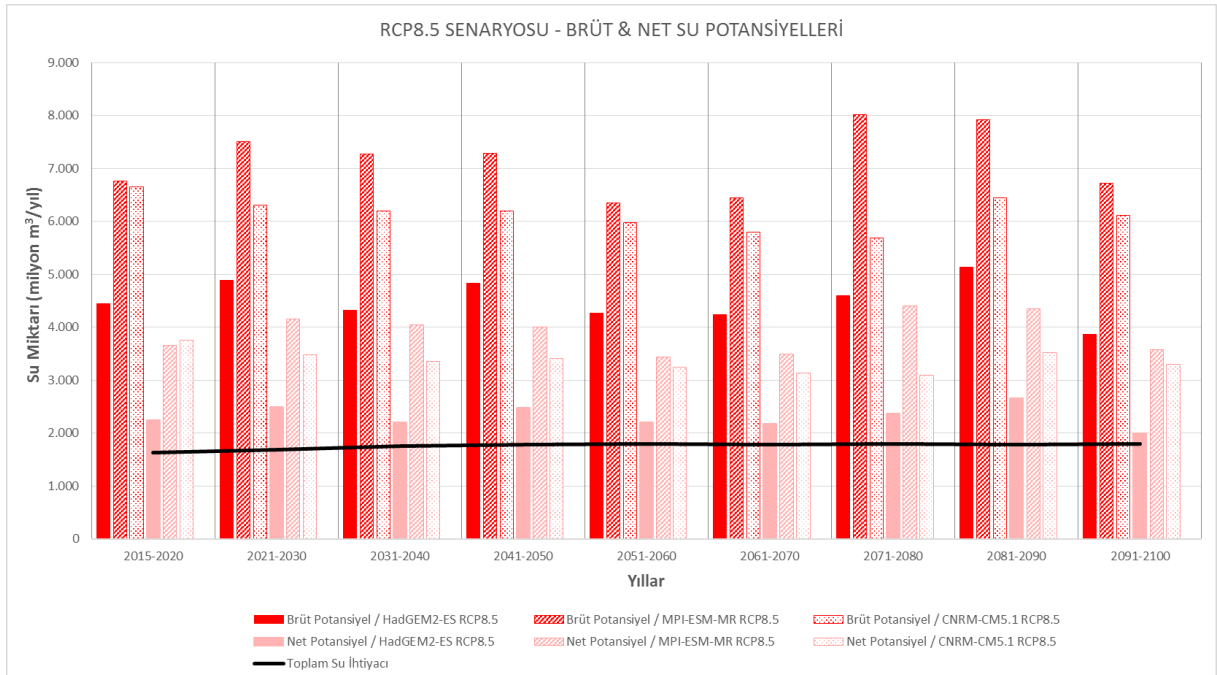
Hidrolojik model sonuçlarına göre yağışlardaki değişimlere bağlı olarak havzadaki toplam kullanılabilir su rezervinde de değişimler olacağı öngörülmektedir. Buna bağlı olarak HadGEM2-ES modeline göre her iki senaryo için de projeksiyon döneminin tamamında havzadaki toplam kullanılabilir su rezervinin referans dönemine göre daha düşük olacağı öngörülmektedir. Genel olarak MPI-ESM-MR ve CNRM-CM5.1 modelleri için elde edilen su rezervi değerleri için referans dönemine göre belirgin bir artıştan veya azalıştan söz etmek mümkün değildir. Her iki senaryoya göre de elde edilen değerler genel olarak referans dönemine yakın değerler olmasına rağmen CNRM-CM5.1 modeli genel olarak referans değerinin altında yer almaktadır. MPI-ESM-MR modeli ise her iki senaryo sonuçlarına göre en

yüksek kullanılabilir su potansiyeli değerlerini ortaya koymaktadır. Havzanın su potansiyeli değişimine bağlı olarak yeraltı suyu potansiyeli değerleri HadGEM2-ES modeli için referans döneminin altında diğer iki model için referans dönemi civarında veya üzerinde seyretmektedir. Şekil 5.91 ve Şekil 5.92 ile havzada brüt ve net su potansiyeli değerleri her üç model ve iki senaryo için de verilmiştir. Yeşilirmak Havzası'nda toplam su ihtiyacının önemli bir kısmı sulama suyundan oluşmakta olduğu ve diğer sektörlerin payının çok düşük olduğu görülmektedir. Projeksiyon dönemi boyunca su ihtiyacının tüm modeller ve senaryo sonuçlarına göre rahatlıkla sağlanacağı görülmektedir.

Yapılan hidrojeolojik değerlendirmede en büyük oransal azalmaların, tüm senaryolar için geçerli olup %61-62 oranı ile iklim koşullarının yıl bazında doğrudan etkilediği dinamik rezerv değerlerinde ortaya çıkmaktadır. Havzanın yeraltısuyu statik rezervinin ise iklim değişikliğinden %4 oranında etkilendiği görülmüştür. Ayrıca, havzadaki yeraltısuyu hidrojeolojik ve mümkün rezervlerinin, değişik iklim modelleri - senaryoları çerçevesinde sırasıyla %9 ve %16-17 oranında azalacağı tahmin edilmektedir. Yüzyılın sonunda en olumlu iklim modeli-senaryosu gerçekleştiğinde dinamik, hidrojeolojik ve mümkün rezerv varlıklarında sırasıyla %61, %9 ve %16 oranında azalma olması beklenmektedir. Havza yeraltısuyu potansiyelini tüm iklim modelleri – senaryoları, hemen hemen eşdeğer oranlarla olumsuz etkiler gözükmektedir. Yeraltısuyu hidrojeolojik rezervi 86 km³ olarak belirlenmiştir. Yeşilirmak Havzası'nda yer alan yeraltısuyu mümkün rezervinin ise, toplamda 48 km³ büyüklükte bir kaynak oluşturduğu ifade edilebilir.



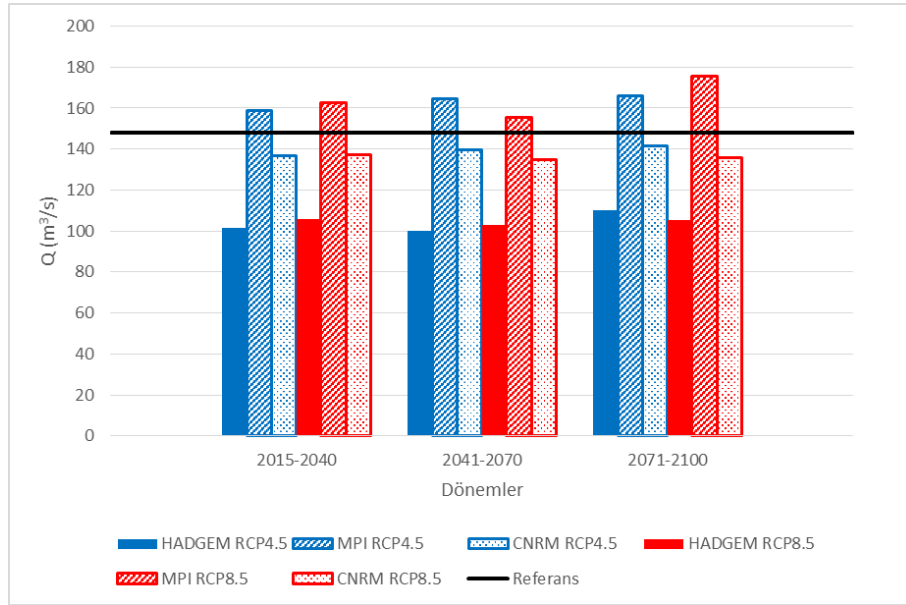
Şekil 5.91 Yeşilirmak Havzası için İklim Projeksiyonları RCP4.5 Senaryosuna göre Brüt ve Net Su Potansiyellerinin Karşılaştırılması



Şekil 5.92 Yeşilirmak Havzası için İklim Projeksiyonları RCP8.5 Senaryosuna göre Brüt ve Net Su Potansiyellerinin Karşılaştırılması

Hidrolik açıdan genel bir değerlendirme yapabilmek amacıyla, Yeşilirmak Nehri'nin mansabını ifade eden noktada 85 yıllık projeksiyon dönemi için üç farklı iklim modeli sonuçlarına göre üretilen ortalama akım değerleri Şekil 5.93 ile verilmiştir. İklim modeli sonuçlarına göre üretilen ortalama akım değerleri incelendiğinde brüt ve net su

potansiyellerindeki değişim ile paralellik göstermektedir. Her iki senaryo sonuçlarına göre tüm dönemlerde HadGEM2-ES ve CNRM-CM5.1 modelleri referans değerin altında, MPI-ESM-MR modeli ise referans değerin üzerinde sonuçlar vermektedir. Model sonuçlarına göre tüm dönemlerde HadGEM2-ES modeli en düşük akım değerlerini öngörmekte olup debi değerleri açısından en olumsuz durumu temsil etmektedir. MPI-ESM-MR modeli projeksiyon dönemi sonunda en yüksek akım değerlerini üreterek en iyi durumun 2071-2100 döneminde oluşacağına işaret etmektedir. Tüm model sonuçlarına bakıldığında Yeşilirmak Nehri'nin mansabında referans değerine göre ortalama akımın en fazla %30 civarında düşmesi beklenmektedir.



Şekil 5.93 Yeşilirmak Nehri Mansabı 30'ar Yıllık Projeksiyon Dönemleri için Elde Edilen Ortalama Debi Değerleri

Yeşilirmak Havzası için iklim projeksiyonlarından elde edilen sonuçlara göre projeksiyon dönemi boyunca sıcaklıkların artması yağışların ise yüzyılın ortasına kadar pozitif daha sonrasında negatif anomali sergilemesi beklenmektedir. Havzadaki su potansiyelinde dönem dönem azalışlar görülmesine rağmen havzada su açığı projeksiyon dönemi boyunca öngörülmemektedir. Havzada yeraltı suyu potansiyelinin de projeksiyon dönemi başlangıcından itibaren genel olarak azalacağı öngörülmekle birlikte havzanın birim alanındaki yeraltı suyu mümkün rezervinin de Türkiye ortalamasının altında olduğu görülmektedir.

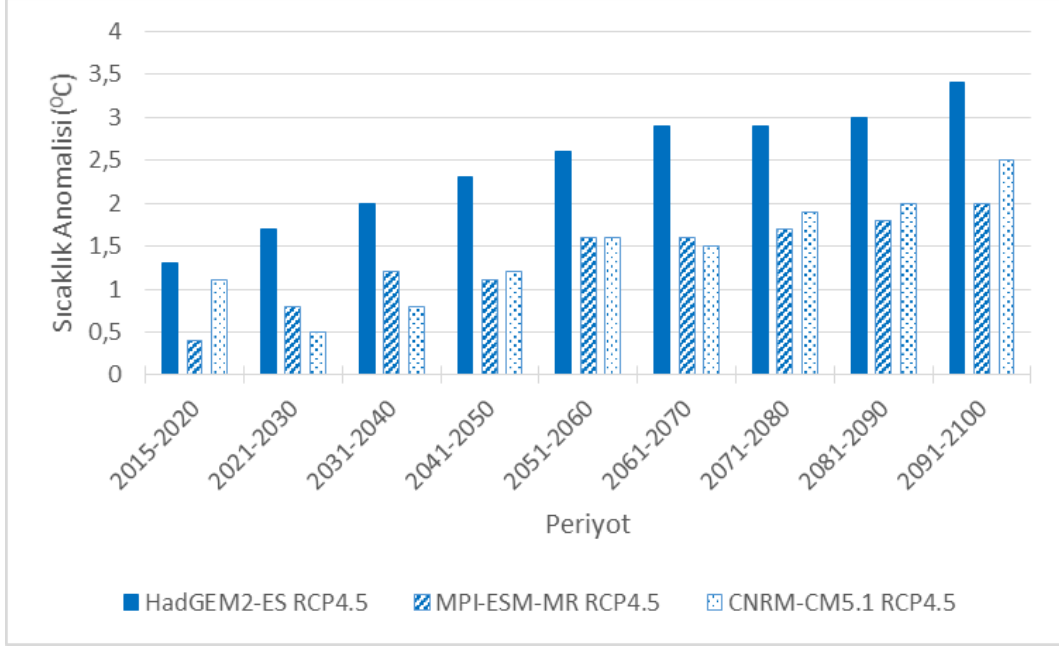
5.15 Kızılırmak Havzası

Türkiye akarsularının en uzun olan Kızılırmak Nehri ile sularını Bafra Ovası'ndan Karadeniz'e döken alanı kapsamakta olan Kızılırmak Havzası'na ait referans dönem

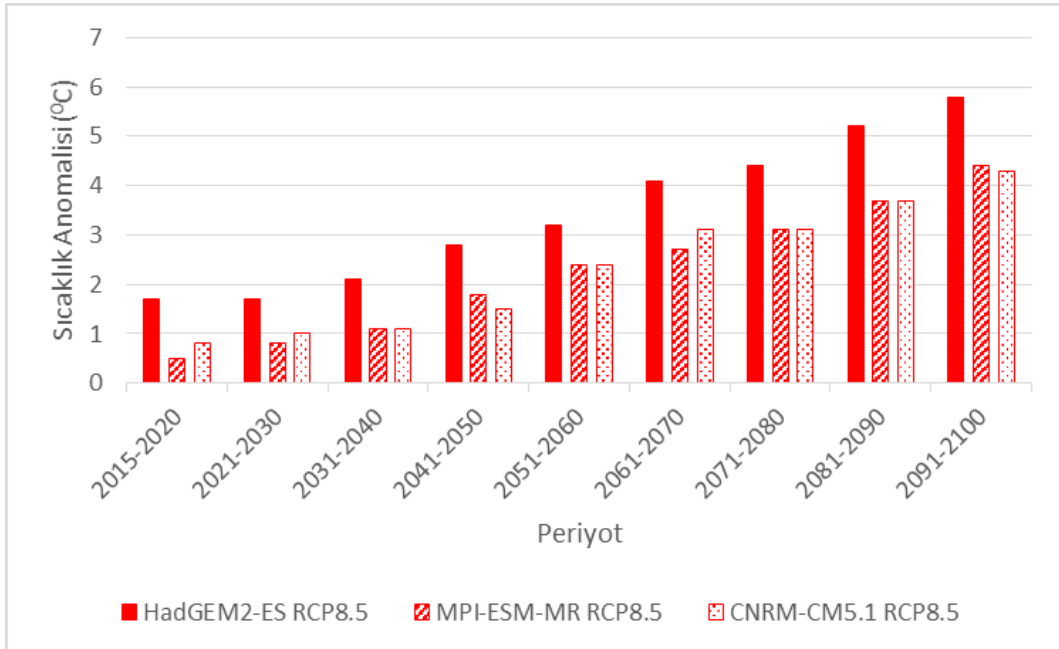
ortalama sıcaklık değerleri 8-15°C arasında değişmektedir. Şekil 5.94 ve Şekil 5.95 ile projeksiyon döneminde havzada beklenen sıcaklık anomali değerlerinin değişimi üç model ve senaryo bazında verilmiştir. Her üç küresel iklim modeli de havzada projeksiyon dönemi sonuna kadar artan bir trendde sıcaklık artışları olacağını öngörmektedir. HadGEM2-ES modeli RegCM4.3 bölgesel iklim modeli ile kuple edildiğinde, 1971-2000 referansına göre RCP8.5 senaryosu altında oluşan anomalilerin RCP4.5 senaryosuna kıyasla daha geniş bir aralıkta değiştiği görülmektedir. Öyle ki, RCP8.5 zaman zaman iki katına yakın sıcaklık artışları önermektedir. RCP8.5 kötümser senaryo sonuçlarına göre, havzada sıcaklık artış değerleri 1,7°C ile 5,8°C arasında değişirken, MPI-ESM-MR modeline göre bu değişim 0,5°C ile 4,4°C arasında kalmaktadır. HadGEM2-ES ve MPI-ESM-MR modelleri, havzanın kuzeyini referans periyoduna göre zaman zaman daha soğuk tahmin etmektedir. CNRM-CM5.1 modeli ise RCP4.5 senaryosunda projeksiyon dönemi boyunca 0,5°C ile 2,5°C; RCP8.5 senaryosunda ise 0,8°C ile 4,3°C sıcaklık artışları öngörmektedir. RCP8.5 senaryosuna göre elde edilen model sonuçları diğer iki modele nazaran en az soğuk olan sonuçları oluşturmaktadır. CNRM-CM5.1 modeli, RCP8.5 senaryosunda MPI-ESM-MR modeline çok yakın sonuçlar üretmektedir. Tüm model sonuçları bir arada değerlendirildiğinde projeksiyon dönemi boyunca havzada beklenen sıcaklık artışları 0,4°C ile 5,8°C arasındadır.

Havzada referans döneme ait toplam yağış değerleri havzanın denize kıyısı olan kuzey bölgesinde maksimum toplam yağış 750 mm'den büyük iken, genel ortalama ise 400 mm civarındadır. Şekil 5.96 ve Şekil 5.97 ile havzada beklenen yağış anomali değerlerindeki değişimler üç model ve senaryolar bazında verilmiştir. Havza için simüle edilen HadGEM2-ES modelinde RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarına göre toplam yağışta öngörülen sonuçlar karşılaştırıldığında, RCP8.5 senaryosunun değerlerinin beklendiğinin aksine daha düşük farklara sahip olduğu ön plana çıkmaktadır. Her iki RCP senaryosunda da belirgin bir artış veya azalış paternine rastlanmamaktadır. Ancak ikisinde de en yüksek azalmaların 2091-2100 yılları arasında gerçekleşmesi beklenmektedir. MPI-ESM-MR modelinin RCP4.5 senaryosunda, on yıllık periyotların çoğu için yağışların 1971-2000 referansına göre artması beklenirken, RCP8.5 senaryosunda özellikle 2050 yılından sonra azalış ön plana çıkmaktadır. RCP senaryolarının ikisinde de havzanın kuzeyi genellikle, referans dönemine kıyasla daha fazla yağış almasının yanı sıra, RCP8.5 senaryosunda havzanın iç kesimlerinde dönem dönem azalan yağışlar gözlenmiştir. CNRM-CM5.1 model sonuçları RCP4.5 senaryosunda havzada projeksiyon dönemi boyunca yağış artış ve azalışlarını öngörürken, RCP8.5 durumunda ise yağış eksikliğinin daha hakim olacağını işaret etmektedir. Tüm model sonuçları dikkate alındığında havzada genelde yağış azalmaları beklenmesine rağmen bazı dönemlerde yağış artışları da öngörülmektedir. Kızılırmak

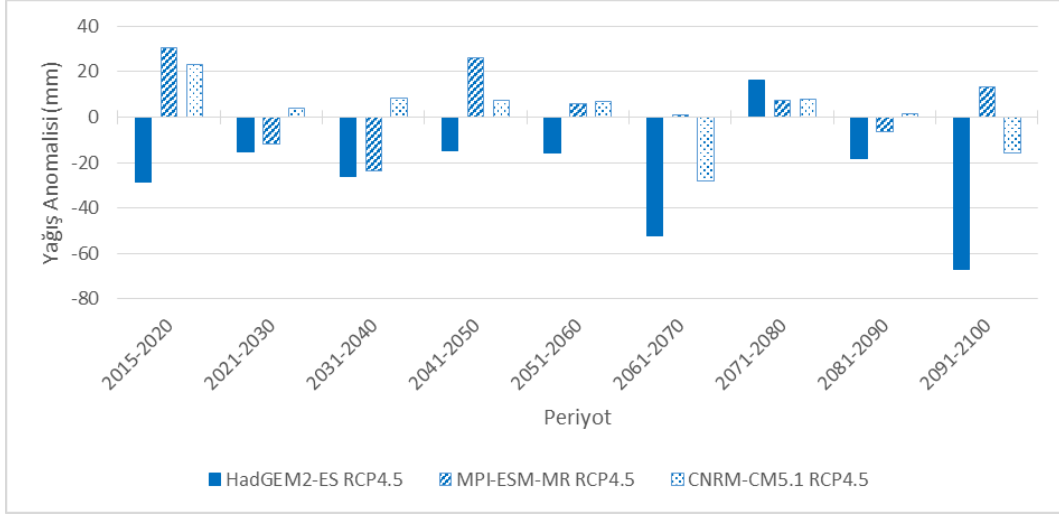
Havzası için referans dönemine göre %15'e varan yağış azalmalarının görülmesi muhtemeldir.



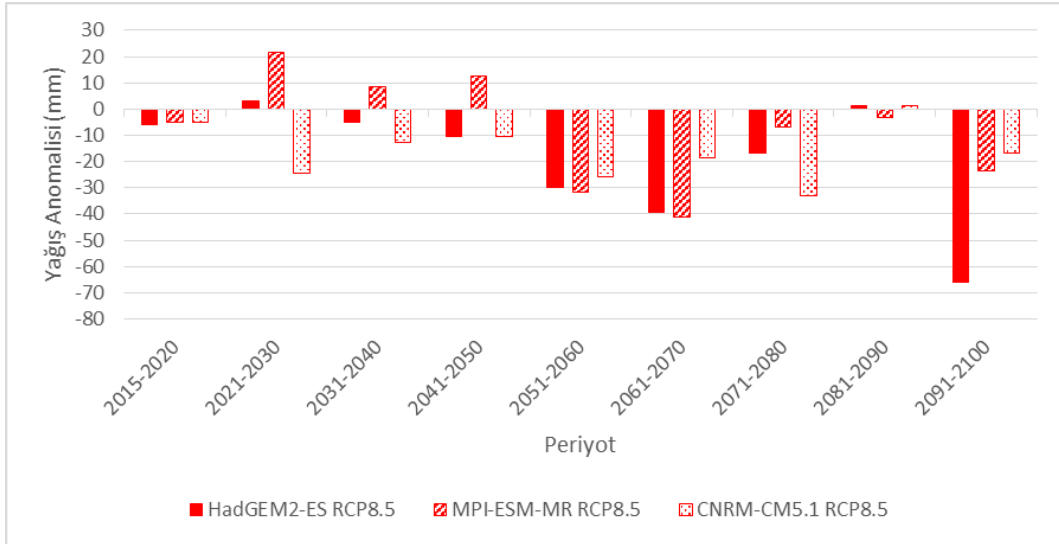
Şekil 5.94 RCP4.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Sıcaklık Anomali Değerleri-Kızılırmak Havzası



Şekil 5.95 RCP8.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Sıcaklık Anomali Değerleri-Kızılırmak Havzası



Şekil 5.96 RCP4.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Yağış Anomali Değerleri - Kızılırmak Havzası

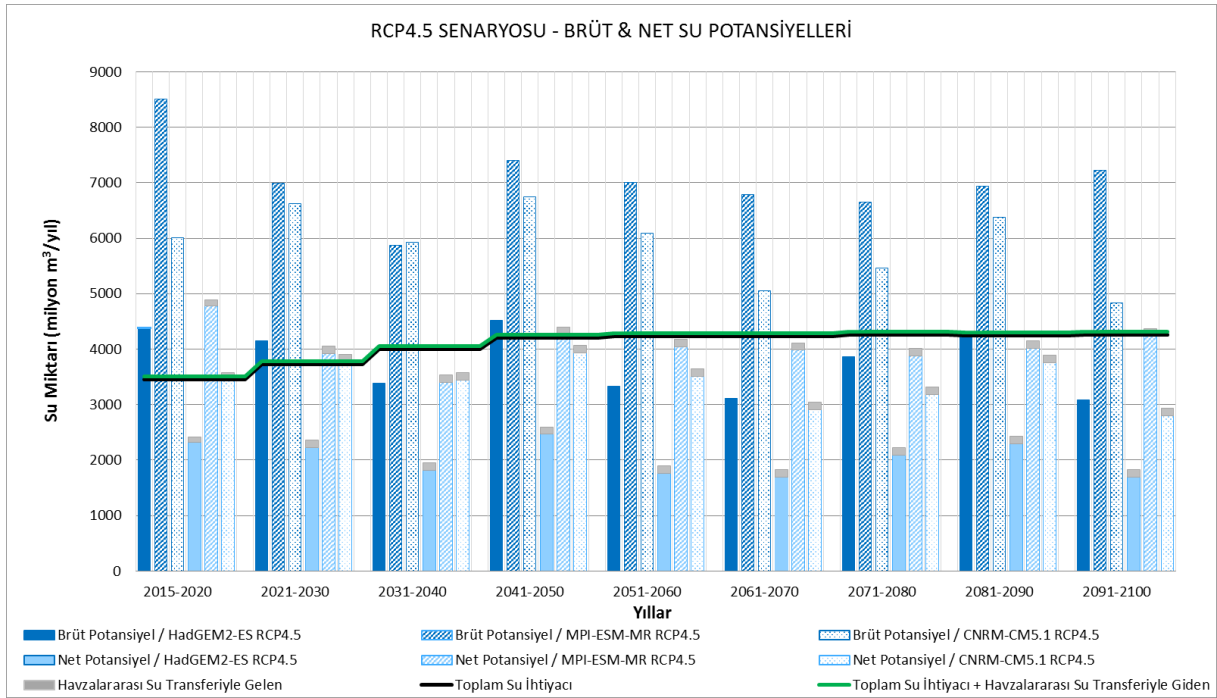


Şekil 5.97 RCP8.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Yağış Anomali Değerleri- Kızılırmak Havzası

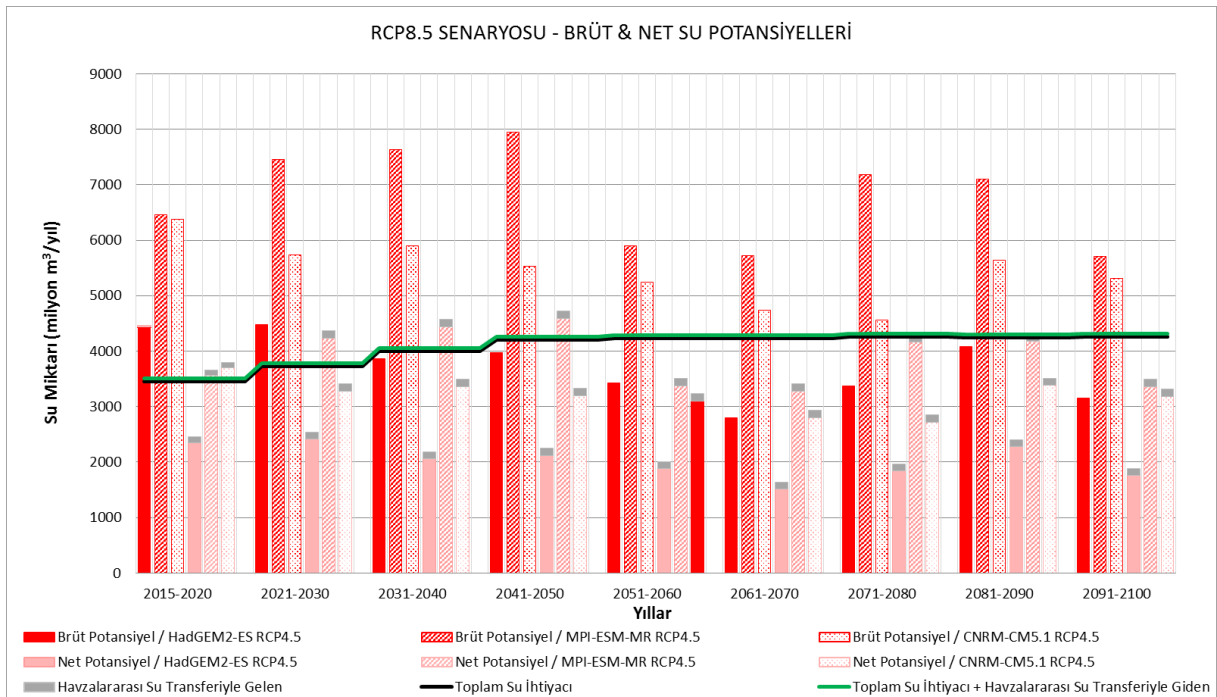
Her üç model ve iki senaryo için de projeksiyon dönemi boyunca havzadaki toplam kullanılabilir su rezervi için belirgin bir artıştan veya azalıştan söz edilmesi mümkün değildir. RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarına göre HadGEM2-ES model sonucunu sırasıyla CNRM-CM5.1 ve MPI-ESM-MR modelleri takip etmektedir. Bu sıralama 2015-2020 dönemi RCP8.5 senaryosunda olduğu gibi bazı dönemlerde değişkenlik gösterebilmektedir. Şekil 5.98 ve Şekil 5.99 ile toplam su ihtiyacı, havzanın brüt ve net su potansiyellerinin yanı sıra havzalararası su transferiyle havzaya giren ve/veya havzadan çıkan net su miktarları gösterilmektedir. Kızılırmak Havzası su transferi kapsamında Seyhan Havzası'ndan su

alırken Sakarya Havzası'na ise su vermektedir. Havzada toplam su ihtiyacının büyük kısmının sulama suyu olduğu, diğer sektörlerin ihtiyaçlarının daha düşük seyrettiği 2015'ten itibaren projeksiyon dönemi sonuna kadar genel itibariyle su ihtiyacının havzada sağlanamadığı ve su açığının tüm dönemler boyunca hissedilir bir şekilde devam ettiği anlaşılmaktadır. En yüksek ve en düşük su açığı değerleri ise her iki senaryo sonuçlarına göre sırası ile HadGEM2-ES ve MPI-ESM-MR modelleri tarafından üretilmiştir. Havzada genel itibariyle projeksiyon dönemi boyunca su açığı problemi ile karşı karşıya kalınacağı ve havzadaki su ihtiyacının %38 oranında karşılanabileceği durumlar söz konusudur. Ancak yine de komşu havzaya su takviyesi yapmak için su transfer edildiği de göz önüne alınmalıdır.

Yapılan hidrojeolojik değerlendirmede en büyük oransal azalmaların CNRM-CM5.1 modeli RCP4.5 senaryosunda maksimum %26 oranı ile iklim koşullarının yıl bazında doğrudan etkilediği dinamik rezerv değerlerinde ortaya çıktığı görülmektedir. Havzanın yeraltısuyu statik rezervinin ise iklim değişikliğinden %1-3 gibi düşük bir oranda etkilendiği görülmüştür. Ayrıca, havzadaki yeraltısuyu hidrojeolojik ve mümkün rezervlerinin, değişik iklim modelleri - senaryoları çerçevesinde sırasıyla %4-7 ve %7-13 oranında azalacağı tahmin edilmektedir. Yüzyılın sonunda en olumlu iklim modeli-senaryosu gerçekleştiğinde hidrojeolojik ve mümkün rezerv varlıklarında sırasıyla %4 ve %7 oranında azalma olması beklenmektedir. Yeraltısuyu hidrojeolojik rezervi 494 km³ olarak belirlenmiştir. Kızılırmak Havzası'ndaki yeraltısuyu mümkün rezervinin ise toplamda 266 km³ büyüklükte bir kaynak oluşturduğu ifade edilebilir.



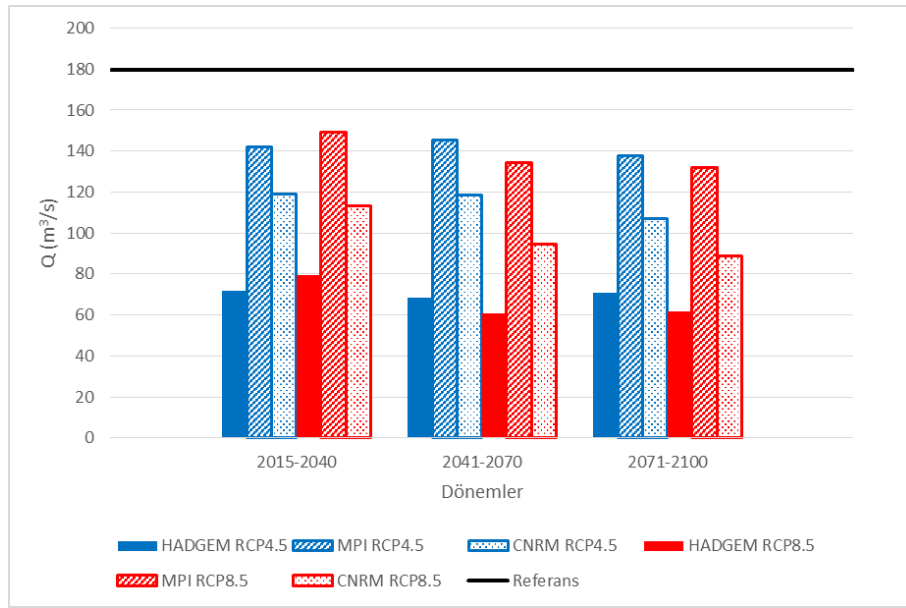
Şekil 5.98 Kızılırmak Havzası için İklim Projeksiyonları RCP4.5 Senaryosuna göre Brüt ve Net Su Potansiyellerinin Karşılaştırılması



Şekil 5.99 Kızılırmak Havzası için İklim Projeksiyonları RCP8.5 Senaryosuna göre Brüt ve Net Su Potansiyellerinin Karşılaştırılması

Kızılırmak Havzası'nın hidrolik model projeksiyonlarının genel değerlendirmesini yapabilmek için, Kızılırmak Nehri'nin mansabını ifade eden noktada 85 yıllık projeksiyon dönemi için üç farklı iklim modeli sonuçlarına göre üretilen ortalama akım değerleri incelenmiş ve Şekil

5.100 ile verilmiştir. Hidrolik modelleme çalışmaları kapsamında elde edilen debi değerleri, her iki senaryo sonuçlarında da tüm modellerin akım değerlerinin projeksiyon dönemi boyunca referans değerinin oldukça altında seyrettiği görülmektedir. Ancak MPI-ESM-MR modeli sonuçlarının diğer iki model göre daha yüksek değerler ürettiği de söylenebilmektedir. Modeller arasında her iki senaryoya göre de MPI-ESM-MR ve CNRM-CM5.1 modelleri sonuçları birbirlerine yakın değerler alırken, HadGEM2-ES modeli diğer iki modelden farklılaşarak daha düşük akım değerlerini öngörmektedir. HadGEM2-ES modeli akım değerleri yüzyıl boyunca azalma eğiliminde olup debi değerleri açısından en olumsuz durumu temsil ettiği söylenebilir. MPI-ESM-MR modeli sonuçları tüm projeksiyon dönemi boyunca azalma eğilimi göstermesine rağmen, en yüksek akım değerlerini üretme kararlılığını tüm projeksiyon dönemi boyunca korumuştur. CNRM-CM5.1 modeli sonuçları da projeksiyon dönemi boyunca azalış göstermektedir. Kızılırmak Nehri'nin mansabında referans dönemine göre %66'lara varan azalmalar beklenmektedir.



Şekil 5.100 Kızılırmak Nehri Mansabı 30'ar Yıllık Projeksiyon Dönemleri için Elde Edilen Ortalama Debi Değerleri

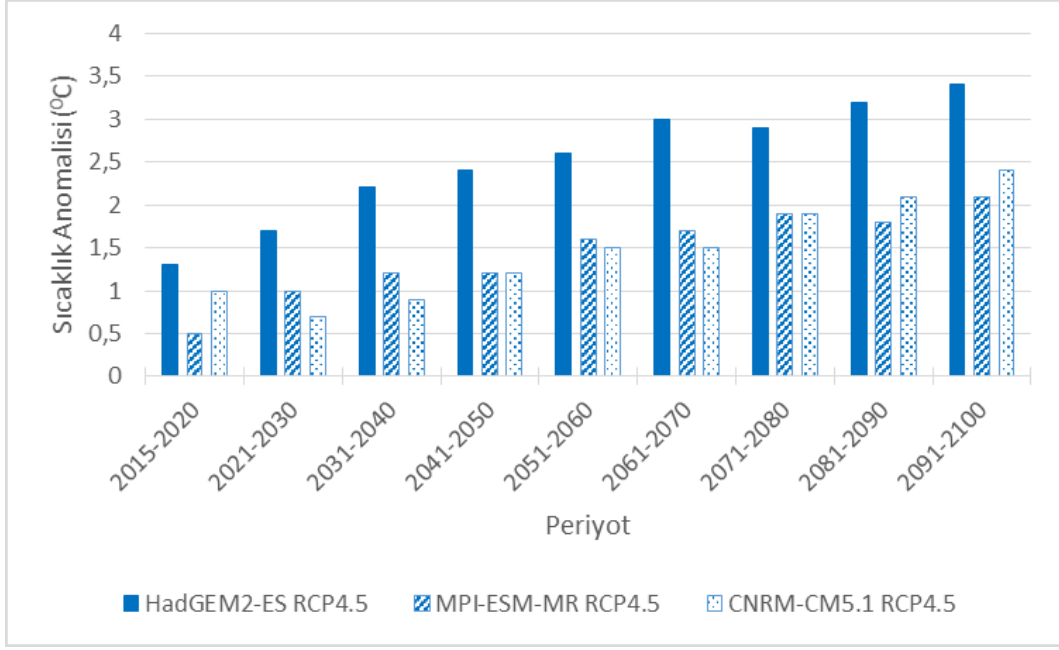
Kızılırmak Havzası için elde edilen sonuçlar, projeksiyon dönemi boyunca sıcaklık değerlerinin artma eğiliminde olacağını, yağış parametresinde artış ve azalış dönemlerinin görülebileceğini ancak projeksiyon döneminin sonunda azalmanın belirginleşeceğini göstermektedir. Su rezervi açısından projeksiyon dönemi boyunca sürekli bir artış ya da azalıştan söz edilememekte ancak model ve senaryoya göre farklılık gösterse de projeksiyon döneminin başından itibaren öngörülen su açıklarının 2050 yılından sonra şiddetlenmesi

beklenmektedir. Havzada yeraltı suyu potansiyelinin projeksiyon dönemi boyunca azalacağı öngörülmekle iken havzanın birim alanındaki yeraltısuyu mümkün rezervinin Türkiye ortalamasının üstünde olduğu görülmektedir.

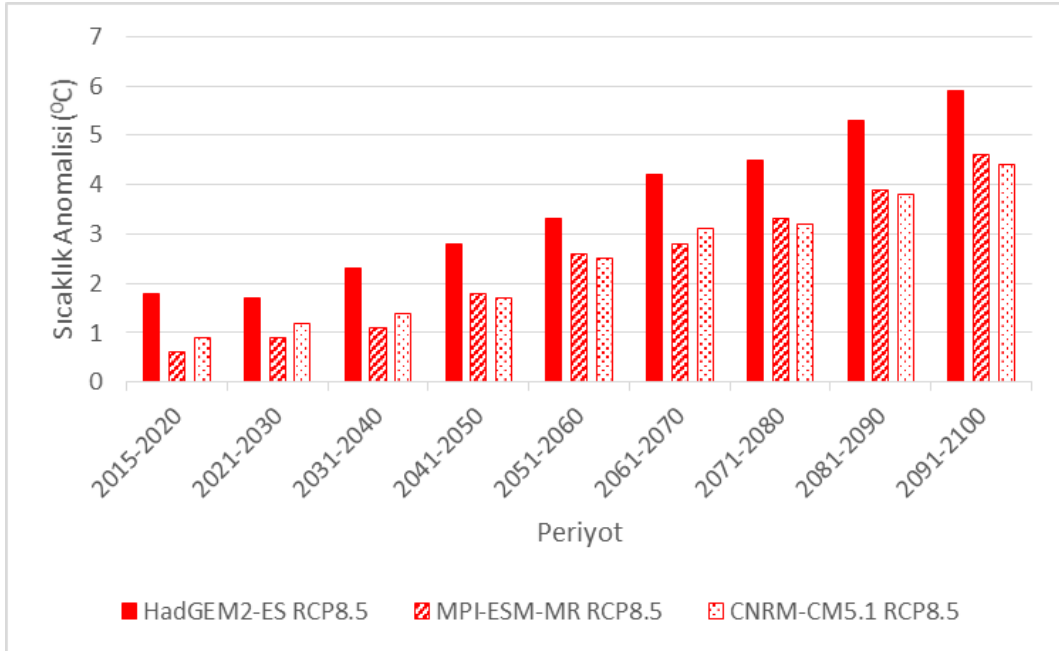
5.16 Konya Kapalı Havzası

Anadolu'nun ortasında yer alan, kuzeyde Sakarya ve Kızılırmak, güneyde Antalya ve Doğu Akdeniz, doğuda Seyhan havzaları ile çevrili, sularını içerisindeki göllere boşalttığı için kapalı havza niteliğinde olan, Konya Kapalı Havzası'na ait referans dönemi ortalama sıcaklık değerleri 7-12°C arasında değişmektedir. Projeksiyon döneminde sıcaklık anomali değerlerinde 10 yıllık değişimler her üç model ve iki senaryo bazında Şekil 5.101 ve Şekil 5.102 ile verilmiştir. HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR ve CNRM-CM5.1 modellerinin sıcaklık sonuçları genel olarak incelendiğinde, projeksiyon dönemi boyunca referans dönemine kıyasla sıcaklık değerlerinin artış eğiliminde olduğu görülmektedir. Her üç model için de yüksek emisyon değerine sahip RCP8.5 senaryosu sonuçları RCP4.5 sonuçlarına oranla daha yüksek sıcaklık farkları öngörmektedir. Sıcaklık artış değerleri projeksiyon döneminin ikinci yarısında belirgin bir şekilde yükselmekte olup, havzanın özellikle doğu kesimlerinde sıcaklık artışlarının daha yüksek olması beklenmektedir. Tüm model ve senaryolar dikkate alındığında, en yüksek sıcaklık artışının 6°C'ye varan sonuçlar ile 2091-2100 döneminde görülmesi beklenmektedir.

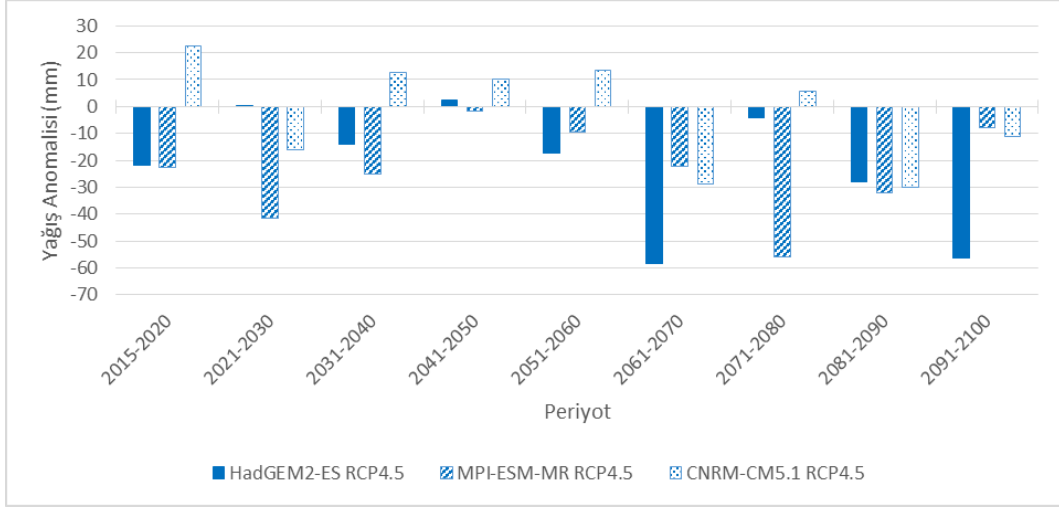
Konya Kapalı Havzası'nda referans dönem için havzaya gelen ortalama toplam yağış miktarı bölgesel olarak değişmekle birlikte ortalama 380-400 mm arasında bulunmaktadır. Şekil 5.103 ve Şekil 5.104 ile havzada yağış anomali değerlerindeki değişimler üç model ve iki senaryo için verilmiştir. Model sonuçları yağış parametresi için değerlendirildiğinde, tüm 10 yıllık periyotlarda yağışlardaki değişimin genel eğilimi her üç model için azalma yönünde olmaktadır. Havzada beklenen yağış eksikliği RCP8.5 senaryo sonuçlarında son derece yüksektir. Tüm sonuçlarda yağış rejiminde öngörülen azalmaların projeksiyon döneminin ortalarından itibaren şiddetlenmesi öngörülmekte ve %18 oranına varan yağış azalmaları beklenmektedir. Model sonuçlarında bir bölgesellik gözlenmemekle birlikte havzanın güney batı ucunda yağış eksikliği bazı 10 yıllarda daha belirgindir.



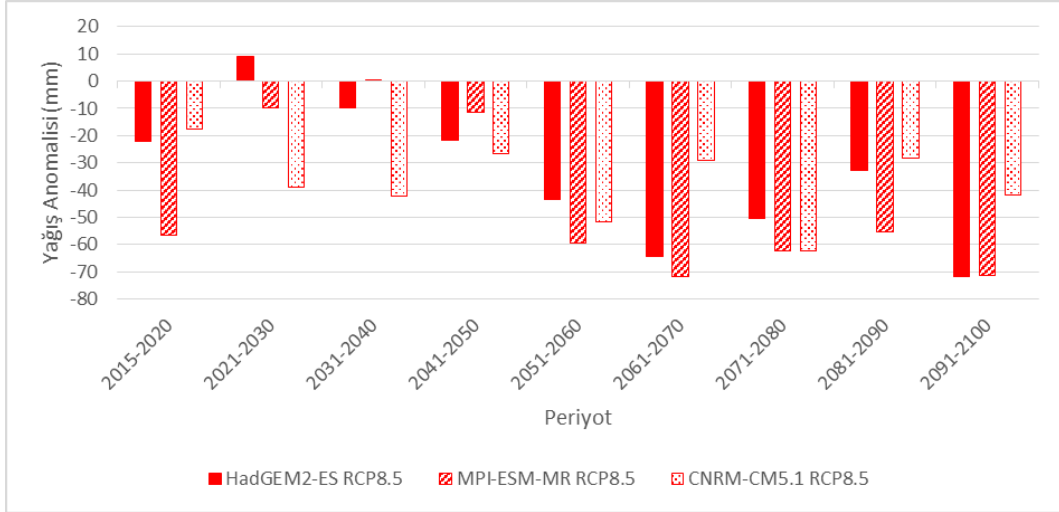
Şekil 5.101 RCP4.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Sıcaklık Anomali Değerleri- Konya Kapalı Havzası



Şekil 5.102 RCP8.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Sıcaklık Anomali Değerleri- Konya Kapalı Havzası



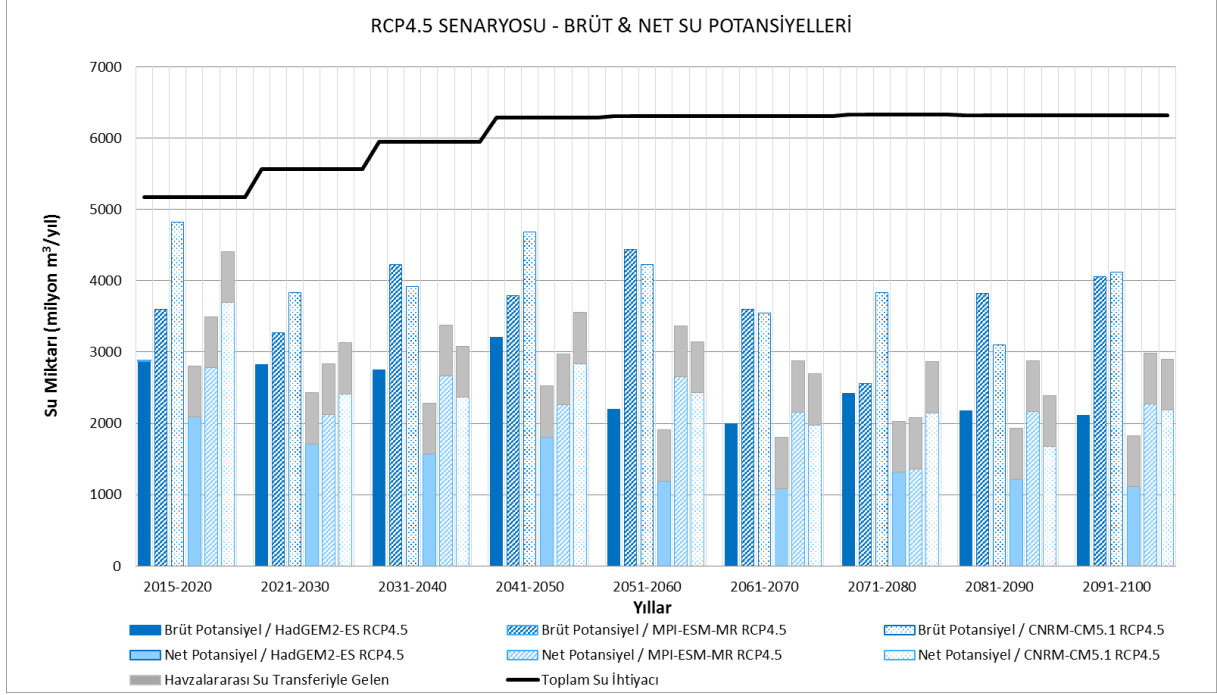
Şekil 5.103 RCP4.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Yağış Anomali Değerleri- Konya Kapalı Havzası



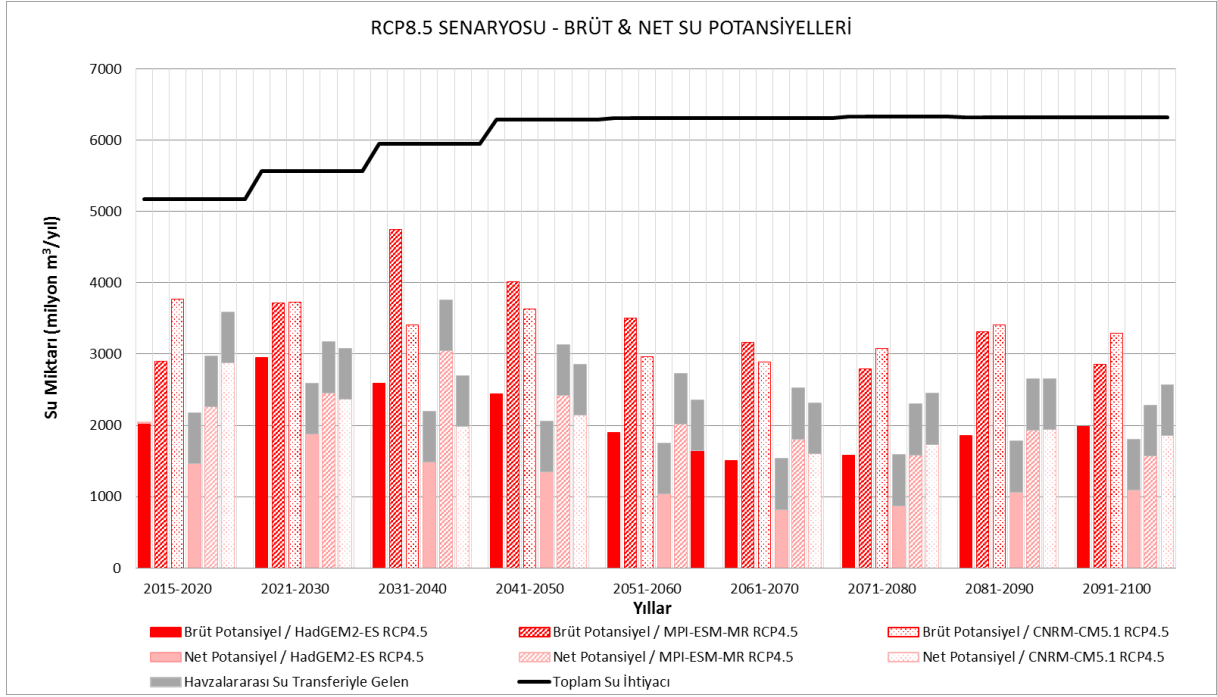
Şekil 5.104 RCP8.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Yağış Anomali Değerleri- Konya Kapalı Havzası

Projeksiyon dönemi boyunca sıcaklık değerlerinde artış ve yağış miktarında düşüş tahminlerinin sonucu olarak, Konya Kapalı Havzası'nda su potansiyelinin azalma eğiliminde olacağı öngörülmektedir. Toplam su ihtiyacı, havzanın brüt ve net su potansiyellerinin yanı sıra havzalararası su transferiyle havzaya giren ve/veya havzadan çıkan net su miktarları Şekil 5.105 ve Şekil 5.106 ile gösterilmektedir. Havzaya Antalya ve Doğu Akdeniz Havzaları'ndan içme kullanma suyu ihtiyacı kadar bir su transferi söz konusu olmasına rağmen özellikle 2051 yılından itibaren her iki senaryo sonuçlarına göre su açığı artmaktadır. Havzada önemli bir kısmını sulama suyunun oluşturduğu toplam su ihtiyacının, projeksiyon dönemi süresince hiçbir şekilde sağlanamadığı ve su açığının tüm dönemler boyunca tüm

model ve senaryo sonuçlarına göre hissedilir bir şekilde devam ettiği anlaşılmaktadır. En yüksek su açığı HadGEM2-ES modelinin her iki senaryo sonuçlarında görülmektedir. Havzaya yapılan su transferine rağmen özellikle 2051 yılından itibaren her iki senaryo sonuçlarına göre su açığı artmaktadır. En yüksek su açığı 2061-2070 döneminde gözlenmekte olup, bu dönemde Konya Havzası'ndaki su ihtiyacının sadece %15'inin karşılanabilmesi beklenmektedir.



Şekil 5.105 Konya Kapalı Havzası için İklim Projeksiyonları RCP4.5 Senaryosuna göre Brüt ve Net Su Potansiyellerinin Karşılaştırılması



Şekil 5.106 Konya Kapalı Havzası için İklim Projeksiyonları RCP8.5 Senaryosuna göre Brüt ve Net Su Potansiyellerinin Karşılaştırılması

Yapılan hidrojeolojik değerlendirmede en büyük oransal azalmaların HadGEM2-ES modeli RCP8.5 senaryosunda maksimum %32 oranı ile iklim koşullarının yıl bazında doğrudan etkilediği dinamik rezerv değerlerinde ortaya çıktığı görülmektedir. Havzanın yeraltısuyu statik rezervinin ise iklim değişikliğinden %1-2 aralığındaki bir oranla etkilendiği görülmüştür. Ayrıca, havzadaki yeraltısuyu hidrojeolojik ve mümkün rezervlerinin, değişik iklim modelleri - senaryoları çerçevesinde sırasıyla %2-3 ve %4-6 oranında azalacağı tahmin edilmektedir. En olumlu iklim modeli – senaryosu gerçekleşse bile bu oranlar hidrojeolojik rezerv ve mümkün rezerv varlıklarında sırasıyla %2 ve %4 oranında azalma olacağını işaret etmektedir. Yeraltısuyu hidrojeolojik rezervi 518 km³ olarak belirlenmiştir. Konya Kapalı Havzası'nda yer alan yeraltısuyu mümkün rezervinin ise, toplamda 306 km³ büyüklükte bir kaynak oluşturduğu ifade edilebilir.

Konya Kapalı Havzası geniş alana dağınık bir biçimde yayılmış bir havza olduğundan ve havzadaki akış birden fazla noktada alıcı ortamlara boşaldığından, hidrolik modelleme çalışmaları ile belirlenen debi değerinin havzanın tamamını temsil eder nitelikte tek bir kontrol enkesiti üzerinden değerlendirilmesi uygun olmamıştır. Konya Kapalı Havzası için 4 adet çıkış noktası bulunmakta ve mansap niteliğindeki bu akarsu kolları Tuz Gölü ve Beyşehir Gölü'ne dökülmektedir. Hidrolik projeksiyon çalışmalarını genel değerlendirmesini yapmak amacıyla, modelleme çalışmaları kapsamında elde edilen debi değerleri incelendiğinde, her

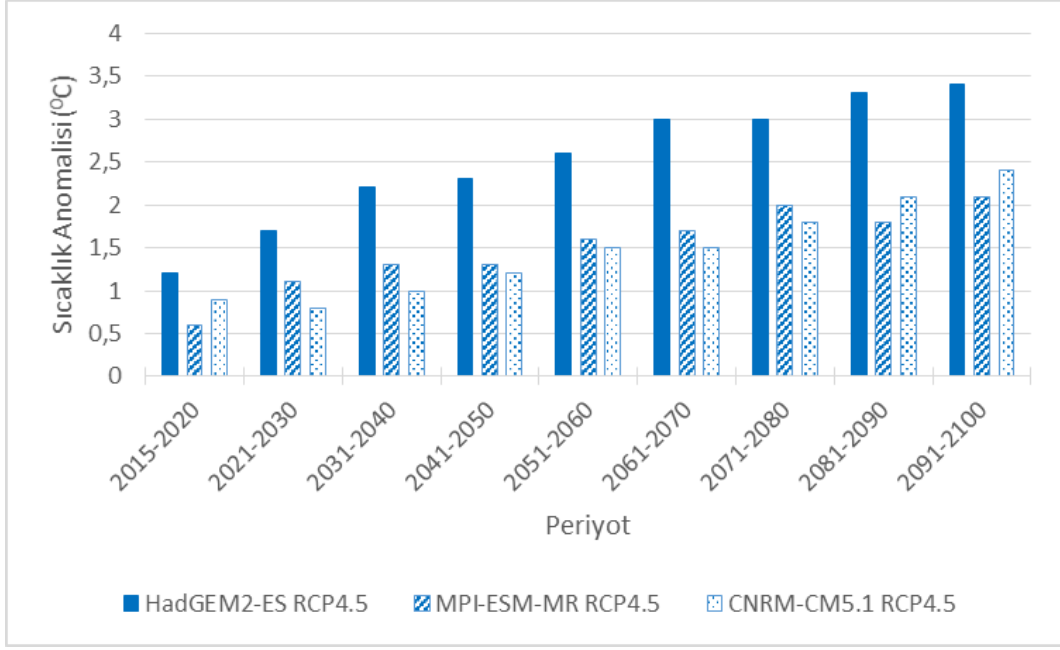
iki senaryo için de HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR ve CNRM-CM5.1 modellerinin genel olarak referans döneminin altında sonuçlar ürettiği görülmektedir. Her iki senaryo için de üretilen sonuçlar projeksiyon dönemine ve modele göre farklılık göstermektedir. Bununla birlikte tüm projeksiyon dönemleri için, CNRM-CM5.1 modelinin daha yüksek debi sonuçları üreterek öne çıktığı ve HadGEM2-ES modelinin özellikle ortalama ve düşük akımlar için en düşük debi değerlerini tahmin ettiği görülebilir.

Konya Kapalı Havzası için elde edilen sonuçlar, projeksiyon dönemi boyunca sıcaklık değerlerinin artma eğiliminde olacağını, yağış rejiminde önemli azalmaların görülebileceğini ve 2050 yılından itibaren yağıştaki azalmanın belirginleşeceğini göstermektedir. Buna bağlı olarak da havzada su potansiyelindeki düşüş ile birlikte su ihtiyacının karşılanamaması ve projeksiyon dönemi boyunca su açığının artarak devam etmesi beklenmektedir. Havzada yeraltı suyu potansiyelinin de projeksiyon dönemi başlangıcından itibaren önemli oranda azalacağı öngörülmekte iken, havzanın birim alanındaki yeraltısu muhtemelen rezervinin Türkiye ortalamasının üzerinde olduğu söylenebilmektedir.

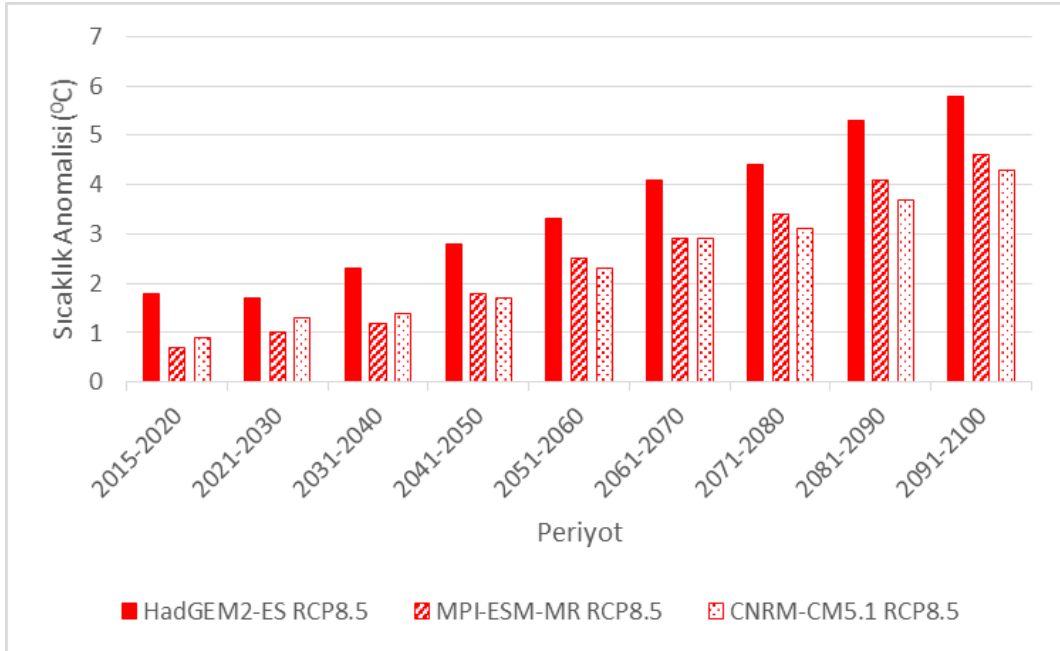
5.17 Doğu Akdeniz Havzası

Başlıca akarsuları Göksu Nehri ve Berdan (Tarsus) Çayı olmak üzere birbirinden bağımsız birçok akarsudan oluşan Doğu Akdeniz Havzası'na ait referans dönem ortalama sıcaklıkların 11-19°C civarında bulunduğu görülmektedir. Şekil 5.107 ve Şekil 5.108 ile havzada beklenen sıcaklık anomali değerlerinin 10 yıllık değişimleri her üç model ve iki senaryo bazında verilmiştir. İklim projeksiyonları sonuçlarına göre, havzada projeksiyon döneminin tamamında sıcaklık artışlarının öngörüldüğü en yüksek artışların HadGEM2-ES modeli için beklenirken MPI-ESM-MR ve CNRM-CM5.1 modellerinin birbirine yakın seviyelerde ve daha düşük sıcaklıklar tahmin ettiği görülmektedir. Sıcaklık artış seviyelerinin her üç model sonucu baz alındığında projeksiyon döneminin sonunda RCP4.5 senaryosu için 2,1-3,4°C ve RCP8.5 senaryosu için 4,3-5,8°C seviyelerine ulaşacağı tahmin edilmektedir. Havzalardaki artışların özellikle HadGEM2-ES modeli için 2060 ve sonrasında ivme kazanacağı ve üç model için de havzanın iç kesimlerindeki artışların, kıyı kesimlere nazaran daha yüksek olacağı tahmin edilmektedir. En yüksek bölgesel değişimler HadGEM2-ES modeli tarafından tahmin edilmiştir. Havzada uygulanan modeller sonucu en yüksek sıcaklık artış değerleri HadGEM2-ES modeli RCP8.5 senaryosu için önerilmiş olup, yüzyıl sonunda sıcaklıkların 5,8°C gibi önemli bir seviyede artacağı öngörülmektedir.

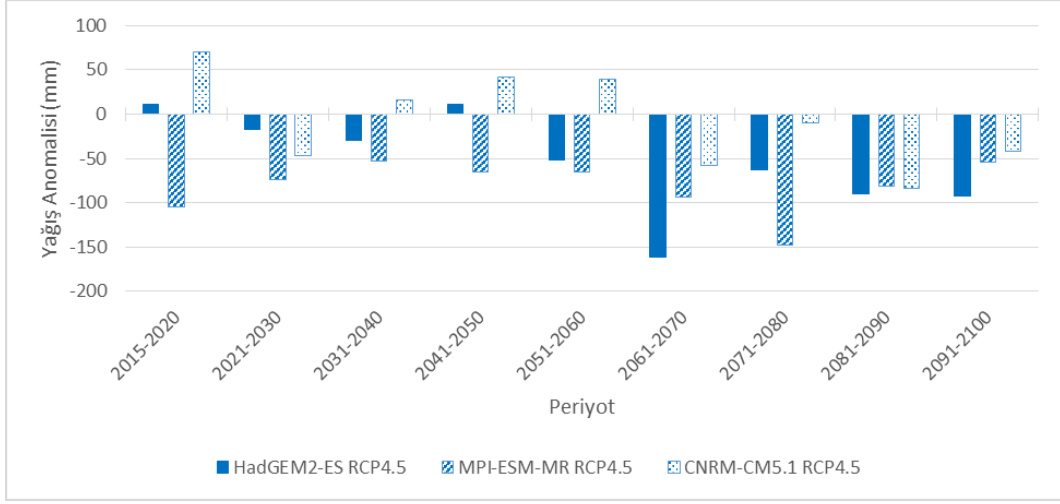
Toplam yağış parametresi için referans dönem değerleri havzada değişkenlik göstermekle birlikte genel olarak 400-650 mm arasında değişmektedir. Projeksiyon sonuçları genel olarak değerlendirildiğinde; HadGEM2-ES modeli her iki senaryo sonucuna göre de 85 yıllık projeksiyon süresince bölgenin kuzeybatısında yer alan kıyı bölgeleri dışında, yağışta son derece şiddetli azalmaların beklendiğini ortaya koymaktadır (Şekil 5.109, Şekil 5.110). Toplam yağış parametresi için projeksiyon sonuçları genel olarak değerlendirildiğinde; HadGEM2-ES modeli her iki senaryo sonucuna göre de 85 yıllık projeksiyon süresince bölgenin kuzeybatısında yer alan kıyı bölgeleri dışında, yağışta son derece şiddetli azalmaların beklendiğini ortaya koymaktadır. Yağış azalma değerlerinin projeksiyon döneminin ikinci yarısında belirginleşmesi ve havzanın tamamında etkili olması beklenmektedir. MPI-ESM-MR modeli sonuçlarına göre her iki senaryo sonucunda da projeksiyon döneminin tamamında havzanın tamamında etkili ve özellikle 2060 ve sonrası dönemde artan önemli yağış eksiklikleri beklenmektedir. CNRM-CM5.1 modeli ise havzada RCP4.5 senaryosunda projeksiyon dönemi boyunca dengeli bir yağış artışı ve azalışı öngörürken, RCP8.5 senaryosunda projeksiyon dönemi boyunca yağış eksikliği öngörmektedir. Bu model için yağış azalması 2040'lı yıllardan sonra dramatik bir duruma gelmektedir. Her üç model için de uygulanan model sonuçlarına göre havzada projeksiyon dönemi boyunca çok önemli seviyelerde yağış eksiklikleri beklentisi mevcuttur ve özellikle 100 mm'nin altında negatif anomali yıl sayılarında önemli artışlar bulunmaktadır. Tüm model ve senaryo sonuçları dikkate alındığında, havzada özellikle 2050 yılından sonra şiddetli yağış azalmaları beklenmekte olup, projeksiyon dönemi boyunca %30'lara varan oranlarda yağış azalmalarının gerçekleşmesi muhtemeldir. Her iki senaryo sonuçlarına göre 30 yıllık ortalamalar açısından havza genelinde yağışta belirgin bir azalma eğiliminin gerçekleştiği, özellikle 2071-2100 döneminde yağış eksikliklerinin -169 mm seviyelerine varabileceği belirlenmiştir.



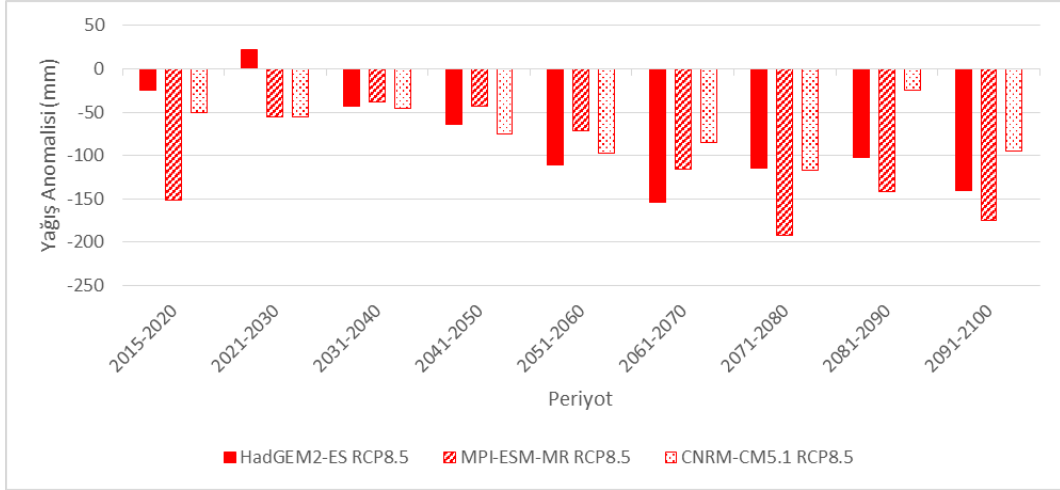
Şekil 5.107 RCP4.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Sıcaklık Anomali Değerleri - Doğu Akdeniz Havzası



Şekil 5.108 RCP8.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Sıcaklık Anomali Değerleri - Doğu Akdeniz Havzası



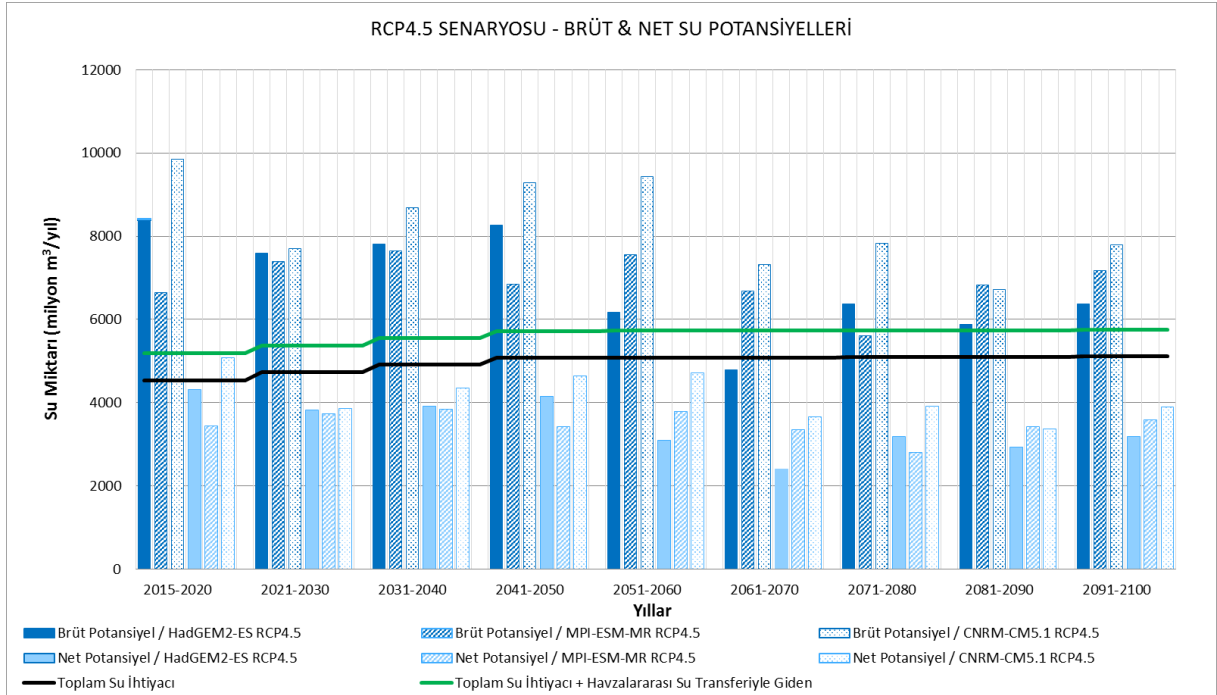
Şekil 5.109 RCP4.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Yağış Anomali Değerleri - Doğu Akdeniz Havzası



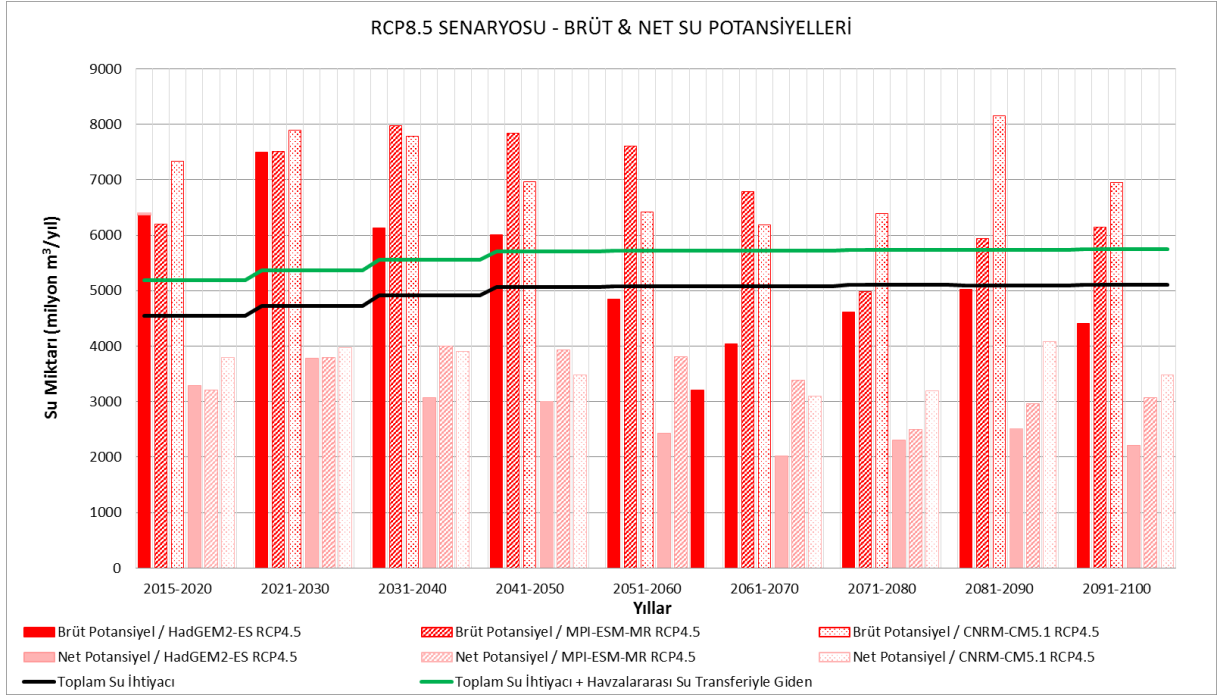
Şekil 5.110 RCP8.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Yağış Anomali Değerleri-Doğu Akdeniz Havzası

İklim Projeksiyonu RCP4.5 ve RCP8.5 senaryoları için hidrolojik model sonuçları referans dönemle kıyaslandığında yıllar boyunca havzadaki toplam su potansiyelinin azalma eğiliminde olduğu ve 1970'li yıllardaki potansiyele göre son yıllarda oldukça düştüğü söylenebilir. Genel itibariyle bazı istisnalar haricinde tüm model sonuçlarının DSİ brüt yüzeysel su potansiyeli değerinin altında seyrettiği görülmektedir. Bu değer üzerinde bazı dönemlerde MPI-ESM-MR ve CNRM-CM5.1 modellerinin her iki senaryo sonuçlarının çıktığı izlenmektedir. Doğu Akdeniz Havzası'nda toplam su ihtiyacının büyük kısmının sulama suyu olduğu, diğer sektörlerin ihtiyaçlarının düşük seyrettiği 2015'ten itibaren projeksiyon dönemi sonrasına kadar su açığının tüm dönemler boyunca tüm model senaryo sonuçlarına göre

hissedilir bir şekilde devam ettiği anlaşılmaktadır. En yüksek su açığı HadGEM2-ES modelinin her iki senaryo sonuçlarında görülmektedir, diğer iki model de genel itibariyle bazı istisnalar hariç olmak üzere her iki senaryo için birbirine benzer sonuçlar üretmektedir. Özellikle su açığının 2050'li dönemlerden itibaren her iki senaryo için tüm modeller dikkate alınarak daha da önemli hale gelebileceği söylenebilir. Şekil 5.111 ve Şekil 5.112 ile toplam su ihtiyacı, havzanın brüt ve net su potansiyellerinin yanı sıra havzalararası su transferiyle havzaya giren ve/veya havzadan çıkan net su miktarları gösterilmektedir. Bu havza, havzalararası su transferi yaparak hem Konya Kapalı Havzası'na, hem de Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti'ne (KKTC) su veren konumda olduğundan su açığı/su fazlası hesaplamalarında bu durum göz önüne alınmıştır. Havzalararası su transferi olmasa dahi havzanın projeksiyon dönemi boyunca su açığıyla karşı karşıya kalacağı model sonuçlarından anlaşılmaktadır. Tüm dönemler boyunca tüm modeller ve her iki senaryo sonuçlarına göre havzadaki su açığının daha da artması ve en yüksek su açığı tahmin edilen 2061-2070 döneminde havzanın toplam su ihtiyacının %14'ünün karşılanabilmesi beklenmektedir.



Şekil 5.111 Doğu Akdeniz Havzası için İklim Projeksiyonları RCP4.5 Senaryosuna göre Brüt ve Net Su Potansiyellerinin Karşılaştırılması

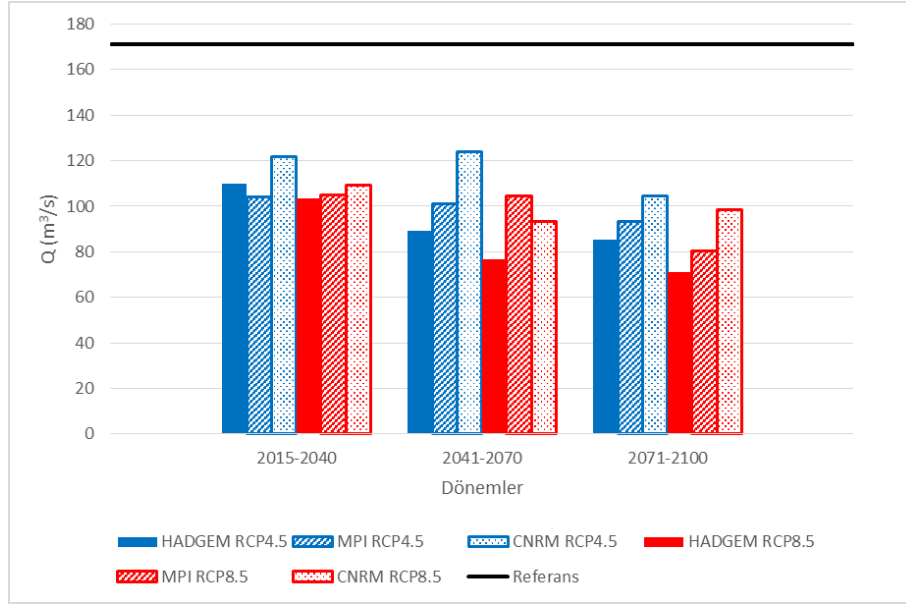


Şekil 5.112 Doğu Akdeniz Havzası için İklim Projeksiyonları RCP8.5 Senaryosuna göre Brüt ve Net Su Potansiyellerinin Karşılaştırılması

Yapılan hidrojeolojik değerlendirmede en büyük oransal azalmaların HadGEM2-ES model sonuçları hariç tüm model ve senaryolardaki maksimum %21-23 oranı ile iklim koşullarının yıl bazında doğrudan etkilediği dinamik rezerv değerlerinde ortaya çıktığı, havzanın yeraltısuyu statik rezervinin ise iklim değişikliğinden %6-7 oranında etkilendiği görülmüştür. Ancak havzadaki yeraltısuyu hidrojeolojik ve mümkün rezervlerinin, değişik iklim modelleri - senaryoları çerçevesinde sırasıyla %7-10 ve %10-13 oranında azalacağı tahmin edilmektedir. En olumlu iklim modeli – senaryosu gerçekleşse bile bu oranlar hidrojeolojik rezerv ve mümkün rezerv varlıklarında sırasıyla %7 ve %10 oranında olması beklenmektedir. Yeraltısuyu hidrojeolojik rezervi 10 km³ olarak belirlenen Doğu Akdeniz Havzası'nda yer alan yeraltısuyu mümkün rezervinin ise, toplamda 6 km³ büyüklükte bir kaynak oluşturduğu ifade edilebilir.

Hidrolik modelleme çalışmaları kapsamında Doğu Akdeniz Havzası'nın genel durumunu değerlendirmek amacıyla, havzanın mansabını ifade eden noktada 85 yıllık projeksiyon dönemi için üç farklı iklim modeli sonuçlarına göre üretilen akım değerleri belirlenmiş ve Şekil 5.113 ile verilmiştir. RCP4.5 senaryosu için üç farklı model tarafından elde edilen sonuçlar tüm projeksiyon dönemleri boyunca referans dönemin altında kalmaktadır. Her iki senaryo sonuçlarına göre HadGEM2-ES modeli genel olarak en düşük ortalama akım değerlerini vermektedir. RCP4.5 senaryosuna göre yüzyıl boyunca CNRM-CM5.1 modeli en yüksek debi

değerlerini üretmiştir. Tüm model sonuçlarına göre ortalama akım değerlerinin projeksiyon dönemi sonunda referans dönemine göre %58'e varan oranlarda azalması beklenmektedir.



Şekil 5.113 Göksu Nehri Mansabı 30'ar Yıllık Projeksiyon Dönemleri için Elde Edilen Ortalama Debi Değerleri

Doğu Akdeniz Havzası için genel bir değerlendirme yapıldığında, iklim projeksiyonları model sonuçlarına göre sıcaklık değerlerinin tüm küresel iklim modelleri ve salım senaryoları için özellikle projeksiyon döneminin ikinci yarısından sonra artış göstereceği öngörülmektedir. Toplam yağışta ise hemen hemen tüm model sonuçlarına göre dramatik azalmalar gerçekleşeceği söylenebilir. İklim değişikliğinin etkisine bağlı olarak havzadaki su potansiyelinde de referans döneme oranla azalma gerçekleşmesi ve su ihtiyacının yüksek olması sebebiyle önemli ölçüde su açığı oluşacağı öngörülmektedir. Su açığının 2050'li yıllardan itibaren daha da önemli hale gelebileceği her üç model sonucundan anlaşılmaktadır. Havzanın birim alanındaki yeraltısuyu mümkün rezervinin de Türkiye ortalamasının oldukça altında olduğu tespit edilmiştir.

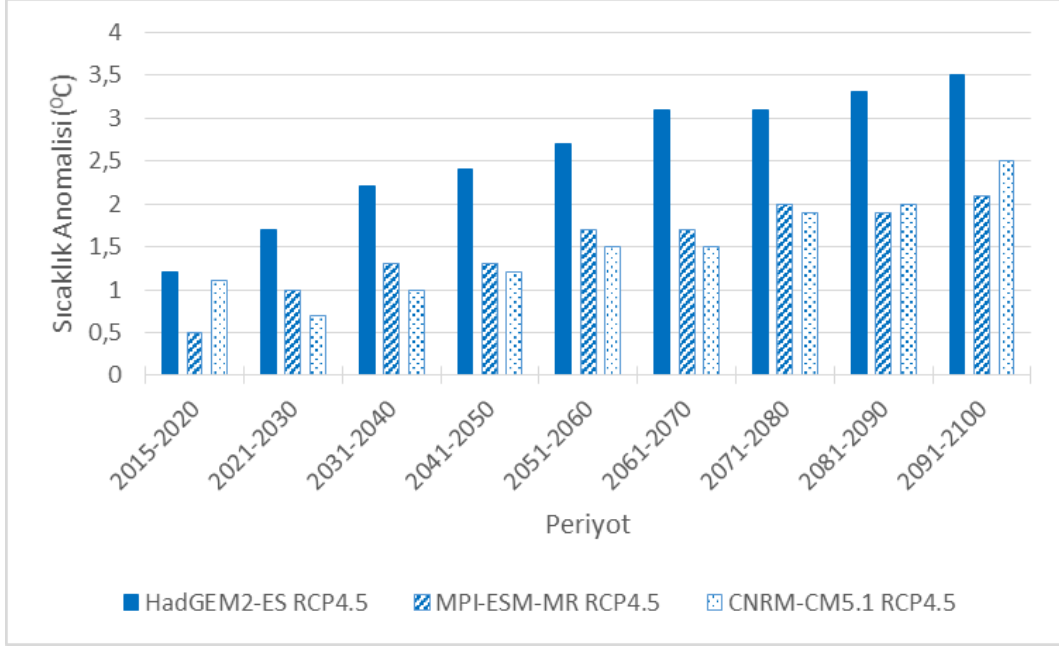
5.18 Seyhan Havzası

Başlıca akarsuları Seyhan Nehri ve yan kolları olan Seyhan Havzası'na ait referans dönem ortalama sıcaklık değerlerine göre havzanın kuzeyinde 10°C civarında olan değerlerin havzanın güneyine gidildikçe 20°C'lere kadar yükseldiği; havzanın iç kesimlerinin ise ortalama 13°C'de kaldığı görülmektedir. Şekil 5.114 ve Şekil 5.115 ile projeksiyon döneminde havzada sıcaklık anomali değerlerindeki değişimler model ve senaryolar bazında verilmiştir.

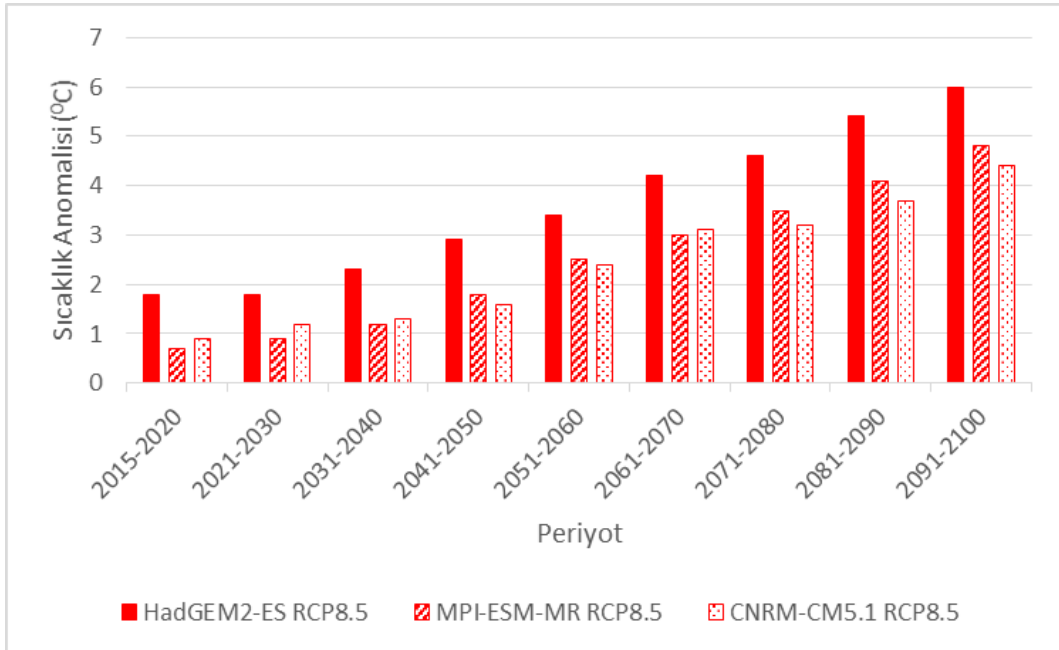
İklim değişikliği projeksiyon sonuçlarına göre maksimum, ortalama ve minimum sıcaklıklarda 2015-2100 projeksiyon dönemi boyunca meydana gelmesi beklenen en az değişimi CNRM-CM5.1 modelinin simüle ettiği ön plana çıkmaktadır. Bu durum iki farklı senaryo için de geçerlidir. RCP8.5 senaryosunun daha dramatik sıcaklık artışları öngördüğü havzada, ortalama sıcaklık değişimlerinde genel olarak bölgesel farklılıklara rastlanmamaktadır. Yüzyıl ortasına kadar iki senaryo altında da benzer anomali değerleri üreten HadGEM2-ES modeli, özellikle son on yıllık periyodu RCP8.5 senaryosu ile RCP4.5 senaryosundan 2,5°C; referans dönemine göre ise 6°C daha sıcak tahmin etmiştir. On yıllık ortalama sıcaklık anomali değerleri incelendiğinde, her iki senaryoda da MPI-ESM-MR modelinin CNRM-CM5.1 model sonuçlarına yakın sıcaklık değerleri ürettiği ve RCP8.5 senaryosuna göre 2091-2100 yılları arasında 4,8°C ile maksimum anomali değerine ulaştığı görülmektedir. Bununla birlikte, CNRM-CM5.1 modeli RCP4.5 senaryosunda projeksiyon dönemi sonunda 2,5°C lik sıcaklık artışı öngörürken, RCP8.5 durumunda havzada sıcaklık artışı 4,4°C e ulaşmaktadır. Tüm model sonuçları dikkate alındığında 6°C'ye varan sıcaklık artışları söz konusudur. Model sonuçları havza bazında genel olarak değerlendirildiğinde, havzanın denizden uzak kuzey kesimlerinde etkinliğini arttıracak şekilde özellikle RCP8.5 senaryosu için önemli sıcaklık artışlarının olduğu ve sıcaklıklardaki artış değerlerinin özellikle son 30 yıllık periyotta oldukça belirgin hale geleceği tahmin edilmektedir.

Referans döneminde Seyhan Havzası'na gelen toplam yağış miktarı kuzey ve güney bölgelerinde farklılık göstermektedir. Havzanın kuzey bölgeleri 400 mm civarında az yağış alırken güneyinde yağış değerleri 900 mm'leri bulmaktadır. Şekil 5.116 ve Şekil 5.117 ile havzada beklenen yağış anomali değerlerindeki değişimler üç model ve senaryo bazında verilmiştir. Toplam yağış sonuçlarına göre RCP4.5 ve RCP8.5 senaryoları için HadGEM2-ES modeli Seyhan Havzası'nın güney kesimlerinin özellikle yüzyıl ortasından itibaren daha az yağış alacağını öngörmektedir. RCP4.5 senaryosu neredeyse bütün on yıllık dönemlerde referans periyoduna göre daha az yağış üretirken, RCP8.5 senaryosu 2040 yılından sonra kısmen daha kurak sonuçlar üretmektedir. RCP4.5 senaryosuna göre en yüksek -100 mm olan anomali değeri kötümser senaryoda -115 mm seviyelerine ulaşmaktadır. MPI-ESM-MR modelinde ise HadGEM2-ES modelinin tam tersi bir durum söz konusudur. 2021-2050 dönemi için RCP4.5 senaryosu altındaki azalan yağışlar RCP8.5 senaryosunda yerini referans değerlerine daha yakın yağışlara bırakırken; yüzyıl sonrasında beklenen yağış azalmaları RCP8.5 senaryosunda yerini kısmen daha kurak koşullara bırakmaktadır. RCP8.5 senaryosu altında en yüksek negatif anomali değeri 100 mm ile 2090'lı yıllarda görülmektedir. Havza için model sonuçlarına göre de RCP8.5 senaryosu ile çalıştırılan MPI-ESM-MR modeli, daha fazla 100 mm ve 200 mm'yi aşan negatif anomali yılına sahiptir.

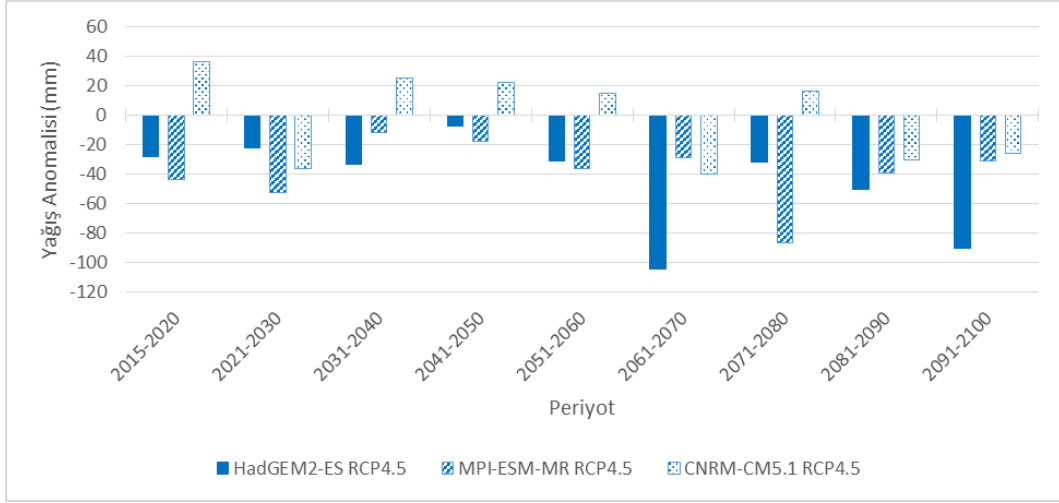
CNRM-CM5.1 modelinin RCP4.5 senaryosunda ise belirgin bir eğilim bulunmamakla birlikte, yağış miktarı referans dönemine kıyasla kısmen azalmaktadır. Oysa CNRM-CM5.1 RCP8.5 senaryo sonuçları havzada projeksiyon dönemi boyunca son derece şiddetli yağış azalması öngörmektedir. Tüm model sonuçları için havzada en fazla %21 oranında yağış azalması beklenmektedir. Model sonuçları Seyhan Havzası için genel olarak değerlendirildiğinde, havzada yağış azalması eğiliminin söz konusu olduğu ve bu azalma değerlerinin, havzanın güney ve orta kesimlerinde daha yoğun hissedileceği tahmin edilmektedir.



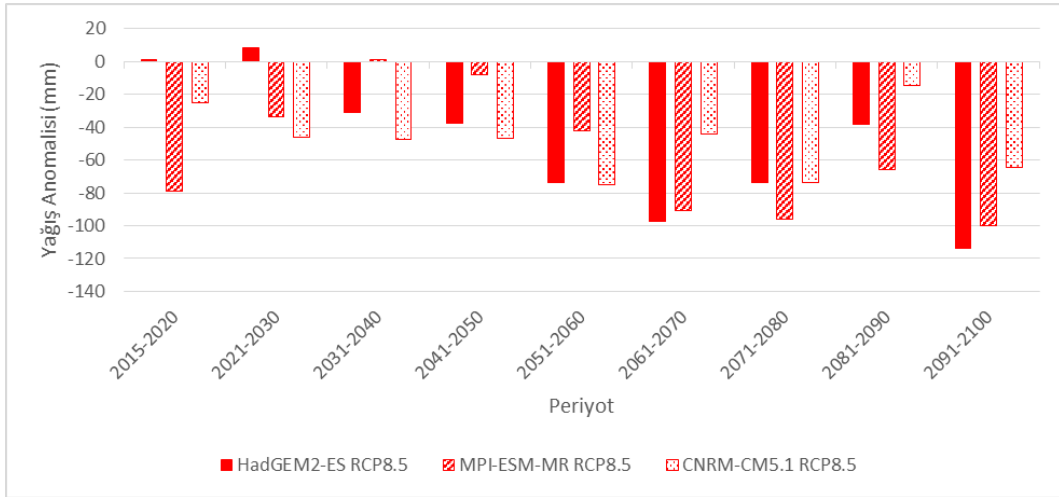
Şekil 5.114 RCP4.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Sıcaklık Anomali Değerleri - Seyhan Havzası



Şekil 5.115 RCP8.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Sıcaklık Anomali Değerleri - Seyhan Havzası



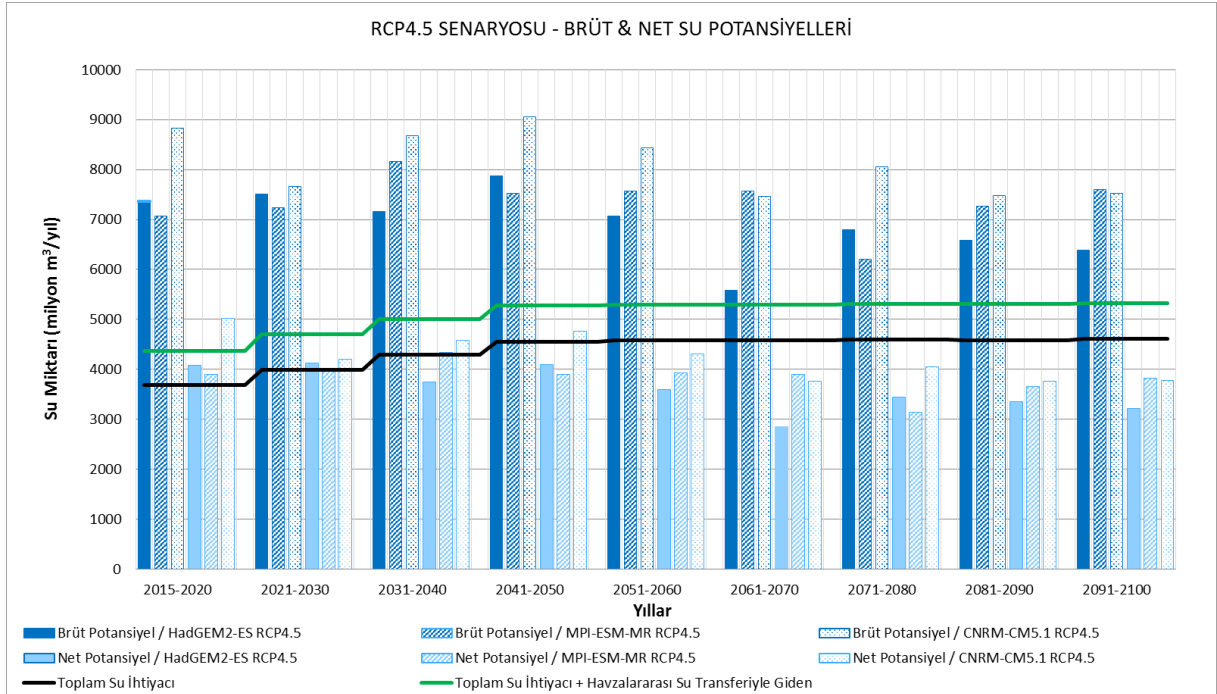
Şekil 5.116 RCP4.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Yağış Anomali Değerleri - Seyhan Havzası



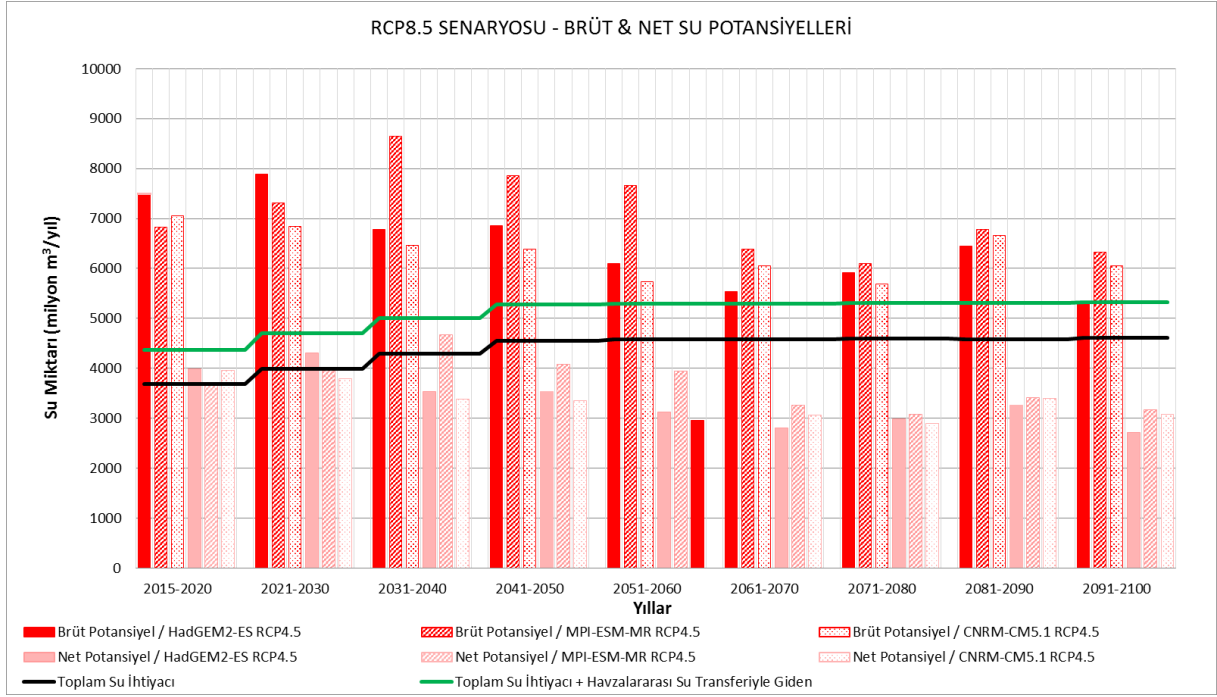
Şekil 5.117 RCP8.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Yağış Anomali Değerleri - Seyhan Havzası

Hidrolojik model sonuçlarına göre yağışlardaki değişimlere bağlı olarak havzadaki toplam kullanılabilir su rezervinde de değişimler olacağı öngörülmektedir. Havzadaki toplam su ihtiyacı, havzanın brüt ve net su potansiyellerinin yanı sıra havzalararası su transferiyle havzaya giren ve/veya havzadan çıkan net su miktarları Şekil 5.118 ve Şekil 5.119 ile gösterilmektedir. Havzalararası su transferleri dikkate alındığında Kızılırmak ve Ceyhan Havzaları'na su transfer eden Seyhan Havzası'nda tüm dönemler boyunca havzadaki su açığının daha da artması beklenmektedir. Havzada toplam su ihtiyacının neredeyse tamamına yakınının sulama suyu olduğu, diğer sektörlerin ihtiyaçlarının düşük seyrettiği 2015'ten itibaren projeksiyon dönemi sonuna kadar su ihtiyacının havzada büyük ölçüde

sağlanamadığı ve su açığının neredeyse tüm dönemler boyunca hissedilir bir şekilde devam ettiği anlaşılmaktadır. Bu durum havzada önemli oranda su açığının bazı istisnai durumlar haricinde sürekli olarak görülebileceğinin bir işaretidir. Modeller arası bir değerlendirme yapıldığında her iki senaryo sonuçlarına göre HadGEM2-ES modeli en düşük sonuçları üretmekte, MPI-ESM-MR ve CNRM-CM5.1 modellerinin sonuçları genel itibariyle benzer olup dönem dönem birbirlerinin önüne geçebilmektedir. Model sonuçları yüzyılın ortasından itibaren azalma eğilimi sergilemekte ve su potansiyelinin 2015 değerine göre bir miktar azalacağını öngörmektedir. Su potansiyelindeki azalma, havzadaki su ihtiyacının karşılanamaması ve su açığı görülmesi ile sonuçlanmaktadır. Seyhan Havzası'nda tüm dönemler boyunca havzadaki su açığının daha da artması beklenmektedir ve projeksiyon dönemi sonunda havzadaki su ihtiyacının ancak %50'si karşılanabilecektir.



Şekil 5.118 Seyhan Havzası için İklim Projeksiyonları RCP4.5 Senaryosuna göre Brüt ve Net Su Potansiyellerinin Karşılaştırılması

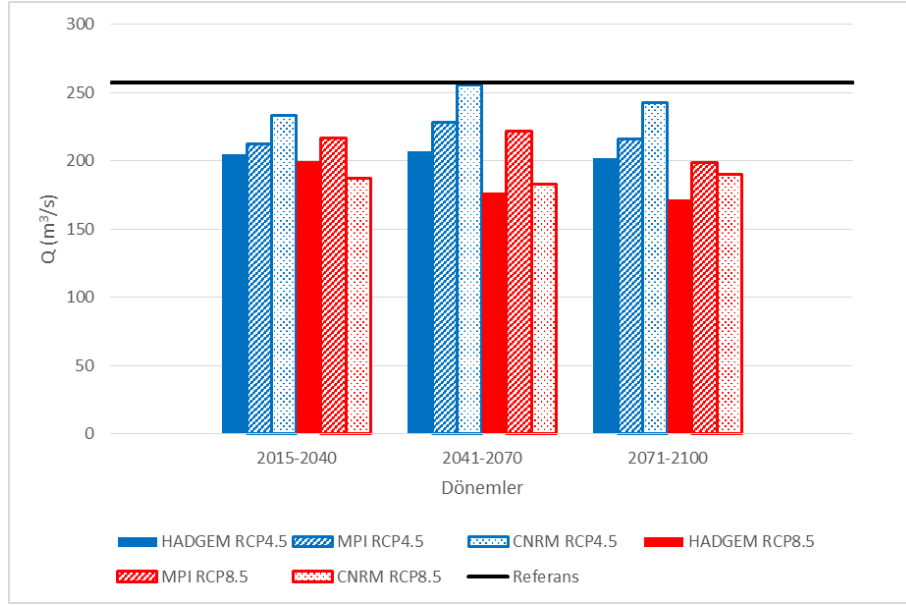


Şekil 5.119 Seyhan Havzası için İklim Projeksiyonları RCP8.5 Senaryosuna göre Brüt ve Net Su Potansiyellerinin Karşılaştırılması

Yapılan hidrojeolojik değerlendirmede en büyük oransal azalmaların tüm senaryolarda maksimum. %27 oranı ile iklim koşullarının yıl bazında doğrudan etkilediği dinamik rezerv değerlerinde ortaya çıktığı görülmüştür. Havzanın yeraltısuyu statik rezervinin ise iklim değişikliğinden %2 gibi düşük bir oranda etkilendiği görülmüştür. Ayrıca, havzadaki yeraltısuyu hidrojeolojik ve mümkün rezervlerinin, değişik iklim modelleri-senaryoları çerçevesinde sırasıyla %5 ve %8 oranında azalacağı tahmin edilmektedir. Yüzyılın sonunda en olumlu iklim modeli-senaryosu gerçekleştiğinde dinamik, hidrojeolojik ve mümkün rezerv varlıklarında sırasıyla %27, %5 ve %8 oranında azalma olması beklenmektedir. Havzadaki yeraltısuyu potansiyelini tüm iklim model ve senaryoları aynı oranda etkilemektedir. Yeraltısuyu hidrojeolojik rezervi 112 km^3 olarak belirlenmiştir. Seyhan Havzası'ndaki yeraltısuyu mümkün rezervinin ise, toplamda 70 km^3 büyüklükte bir kaynak oluşturduğu ifade edilebilir.

Seyhan Nehri'nin mansabını ifade eden noktada 85 yıllık projeksiyon dönemi için üç farklı iklim modeli sonuçlarına göre üretilen ortalama akım değerleri incelendiğinde brüt ve net su potansiyellerindeki değişim ile paralellik gösterdiği anlaşılmaktadır. Şekil 5.120 ile havza mansabına ait noktada ortalama akım değerleri model ve senaryolar bazında verilmiştir. Her iki senaryo sonuçlarına göre üç farklı model tarafından elde edilen sonuçlar tüm projeksiyon dönemleri boyunca referans dönemin altında kalmaktadır. RCP4.5 senaryosuna göre tüm dönemlerde HadGEM2-ES modeli en düşük akım değerlerini öngörmekte olup debi değerleri

açısından en olumsuz durumu temsil etmektedir. Bu senaryoya göre en yüksek akım değerleri CNRM-CM5.1 modeli tarafından üretilmiş olup 2041-2070 döneminde referans değerini yakalayarak tüm model sonuçları için en yüksek debi değerini ortaya koymaktadır. RCP8.5 senaryosu için üretilen model sonuçları RCP4.5 senaryosuna göre daha düşük debi değerleri öngörmektedir. Bu senaryo sonuçlarına göre yüzyıl boyunca en yüksek akım değerlerini MPI-ESM-MR modeli tahmin etmektedir. Sonuç olarak tüm model sonuçları yüzyılın ikinci yarısından itibaren azalma eğilimi göstermekte olup ortalama akımlarda referansa göre %33'lere varan azalmalar beklenmektedir.



Şekil 5.120 Karaçay Mansabı 30'ar Yıllık Projeksiyon Dönemleri için Elde Edilen Ortalama Debi Değerleri

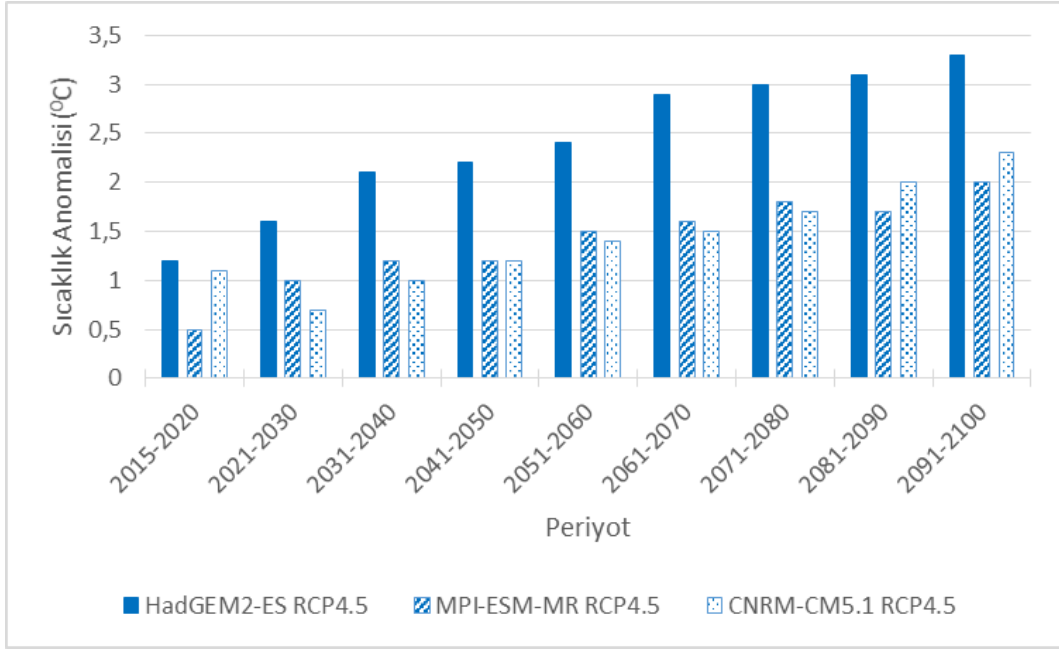
Seyhan Havzası için iklim projeksiyonlarından elde edilen sonuçlara göre projeksiyon dönemi boyunca sıcaklıkların artması yağışların ise yüzyılın ortasına kadar pozitif daha sonrasında negatif anomali sergilemesi beklenmektedir. İklim değişikliğinin etkisine bağlı olarak havzadaki su potansiyelinde artışlar görülmesine rağmen havzadaki su açığı projeksiyon dönemi boyunca belirginleşmektedir. Havzada yeraltı suyu potansiyelinin de projeksiyon dönemi başlangıcından itibaren genel olarak azalacağı öngörülmekte iken, havzanın birim alanındaki yeraltı suyu mümkün rezervinin Türkiye ortalamasının üzerinde olduğu söylenebilmektedir.

5.19 Asi Havzası

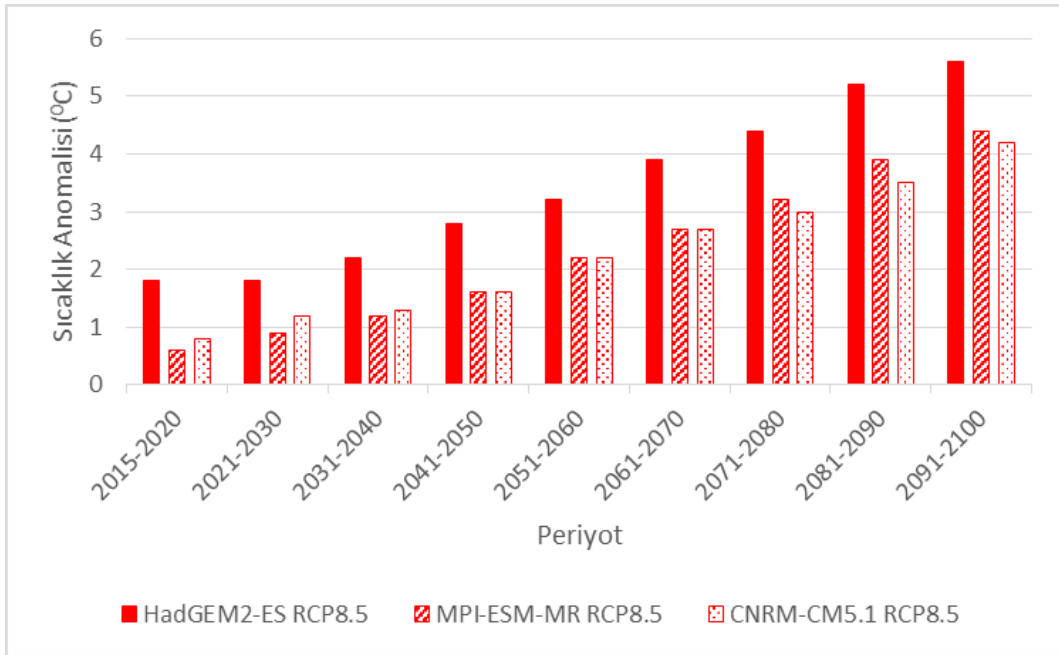
Asya, Avrupa ve Afrika kıtalarının birbirine en çok yaklaştığı güneybatı Asya'da, Akdeniz'in doğu ucunda yer alan Asi Nehri Havzası'na ait referans dönem ortalama sıcaklıkların 18°C civarında olduğu ve havzanın batısına gidildikçe sıcaklık değerlerinin arttığı görülmektedir.

Havzada sıcaklık anomalilerinin 10 yıllık değişimler üç model ve iki senaryo bazında Şekil 5.121 ve Şekil 5.122 ile verilmiştir. HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR ve CNRM-CM51 modellerinin RegCM4.3 bölgesel modeliyle kuple edilmesiyle üretilen maksimum, ortalama ve minimum sıcaklık sonuçları, Asi Havzası için değerlendirildiğinde, en sıcak tahmin eden modelin HadGEM2-ES modeli olduğu anlaşılmaktadır. Bu modelin her iki senaryo sonuçları da diğer iki modele göre daha yüksek değerdedir. RCP4.5 senaryosunda HadGEM2-ES modelini CNRM-CM5.1 ve MPI-ESM-MR model sonuçları izlerken, RCP8.5 senaryosunda HadGEM2-ES modelini MPI-ESM-MR ve CNRM-CM5.1 sonuçları izlemektedir. En yüksek sıcaklıkların öngörüldüğü RCP8.5 senaryosunda HadGEM2-ES modeli projeksiyon dönemi sonunda 5,6°C sıcaklık anomalisi değeri verirken, MPI-ESM-MR modelinde 4,4°C ve CNRM-CM5.1 modelinde 4,2°C'lik yükselmeler beklenmektedir. Her üç model sonucuna göre de sıcaklık değerlerindeki artışlar, 2050 yılından sonra ivme kazanmakta ve havzanın karaya sokulan iç kısımlarında daha yüksek olmaktadır. Tüm model sonuçları dikkate alındığında havzadaki sıcaklık artışlarının yüzyıl boyunca 0,5-5,6°C aralığında değişeceği beklenmektedir.

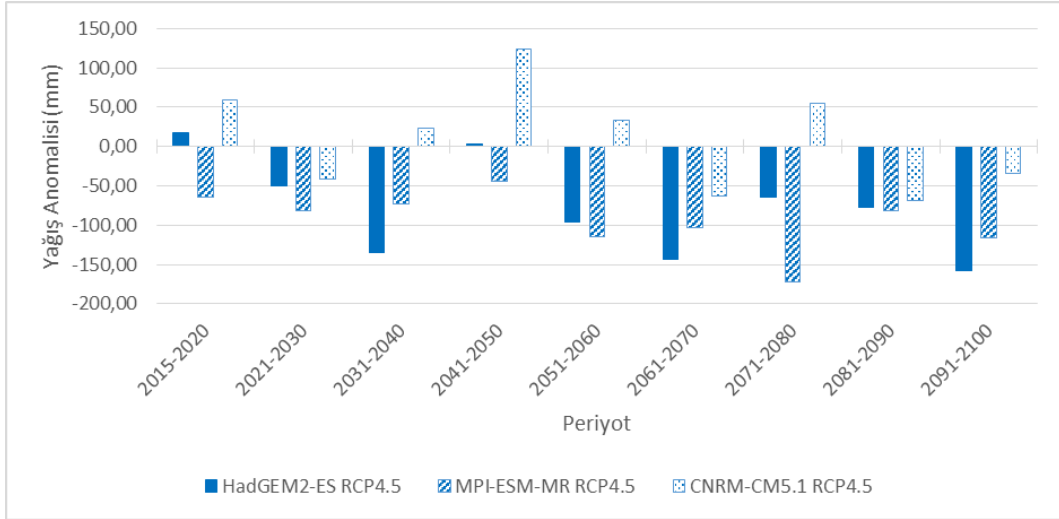
Toplam yağış değerleri incelendiğinde referans periyoduna göre havzanın aldığı toplam yağış miktarının 900 mm'nin üzerinde olduğu ve havzasının kuzeybatı bölgesinde toplam yağışların 1900 mm'yi bulduğu belirlenmiştir. Yağış anomali değerlerinin 10 yıllık eğilimleri model ve senaryolar bazında Şekil 5.123 ve Şekil 5.124 ile verilmiştir. RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarına dayalı HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR ve CNRM-CM5.1 model sonuçlarına göre Asi Havzası'nda 2100 yılına dek son derece belirgin yağış eksikliğinin yaşanması beklenmektedir. HadGEM2-ES ve MPI-ESM-MR modelleri CNRM-CM5.1 modeline göre daha yüksek yağış azalması değerleri öngörmektedir. Bu durum havzada gerçekteşen 100 ve 200 mm'lik negatif yağış anomali değerlerinin hakimiyeti ile de anlaşılabilir. Yağış azalmalarının en fazla beklendiği bölgeler havzanın Dört Yol ve Hassa mevkileri civarında olan kuzey kesimleridir. Havzada en fazla yağış eksikliği değeri MPI-ESM-MR modeli RCP8.5 senaryosu için üretilmiş olup 2050 yılı ve sonrasında şiddetlenmektedir. Havzada referans dönemine göre %27'lere varan yağış azalmaları söz konusudur. Model sonuçları havza bazında genel olarak değerlendirildiğinde, havzada projeksiyon döneminin tamamında etkin olan önemli seviyelerde yağış eksiklikleri beklendiği ve yağışta azalma değerlerinin havzanın tamamında önemli seviyelere varacağı tahmin edilmektedir.



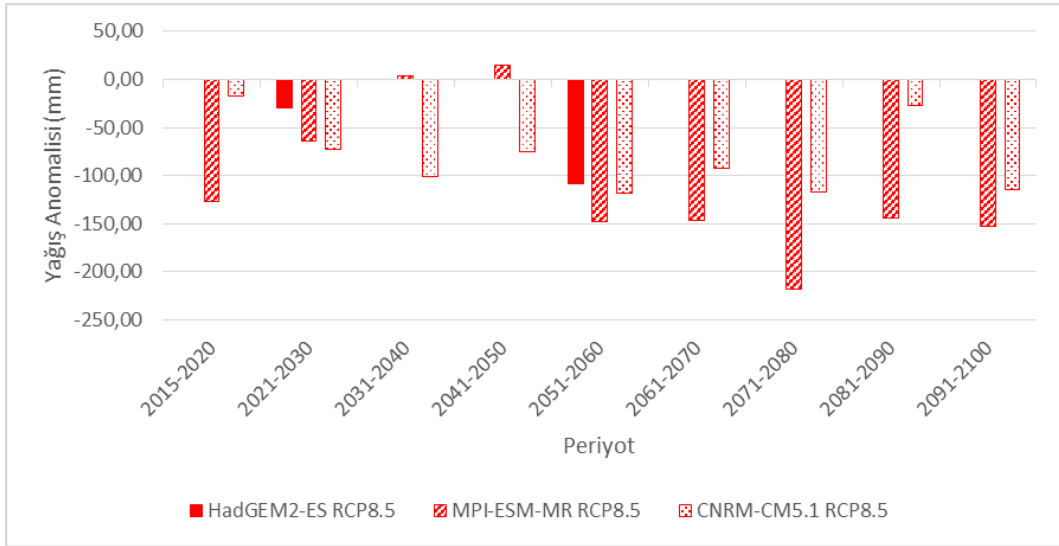
Şekil 5.121 RCP4.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Sıcaklık Anomali Değerleri-Asi Havzası



Şekil 5.122 RCP8.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Sıcaklık Anomali Değerleri-Asi Havzası



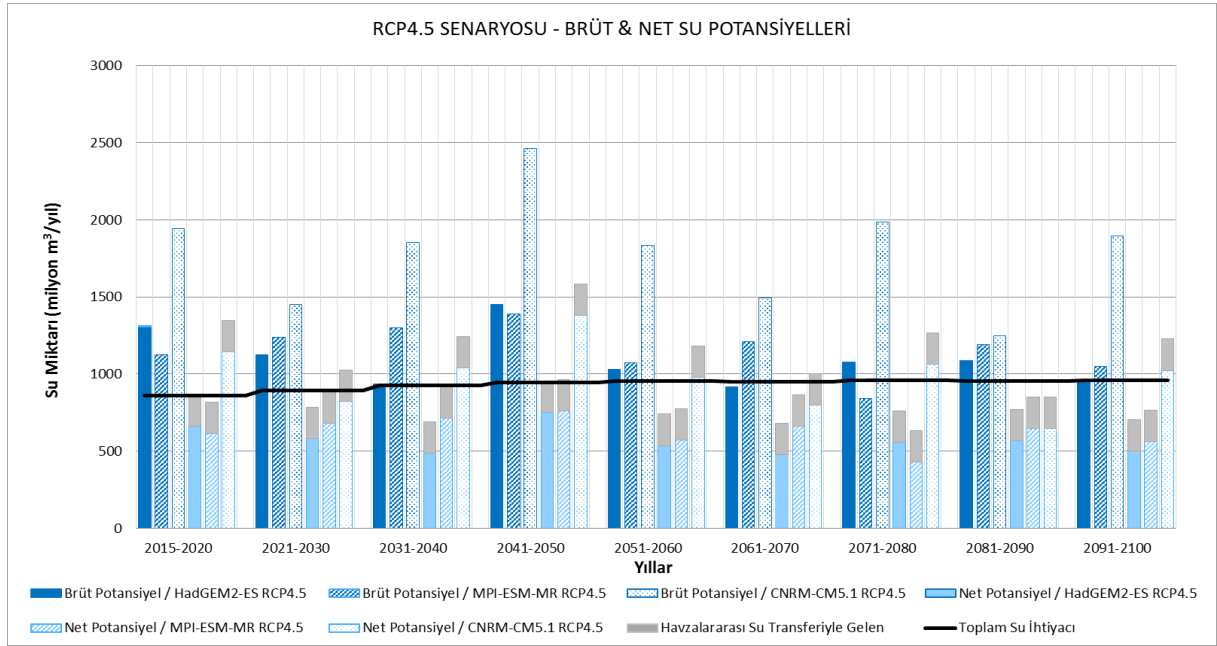
Şekil 5.123 RCP4.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Yağış Anomali Değerleri- Asi Havzası



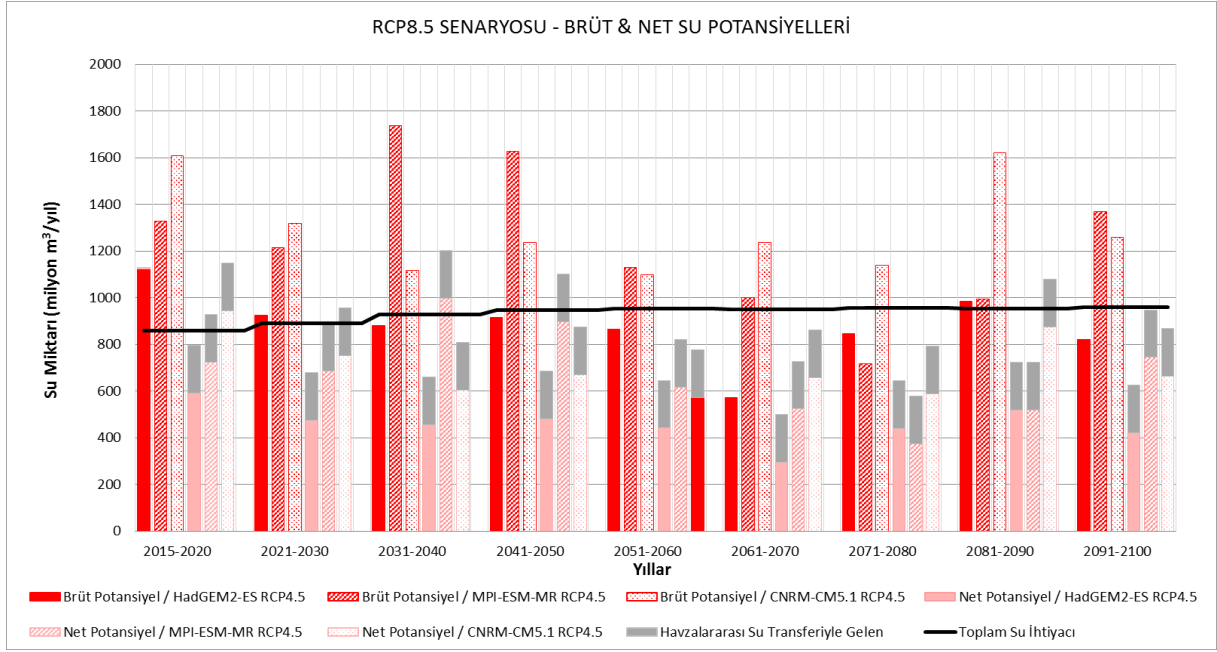
Şekil 5.124 RCP8.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Yağış Anomali Değerleri- Asi Havzası

Her üç model ve iki senaryo için de projeksiyon dönemi boyunca havzadaki toplam kullanılabilir su rezervi için düzgün bir artıştan veya azalıştan söz edilmesi mümkün değildir. Genel itibariyle RCP4.5 senaryosu sonuçlarına göre, dönemlere göre değişiklik göstermekle birlikte en düşük sonuçları HadGEM2-ES veya MPI-ESM-MR modelleri üretmiştir. RCP8.5 senaryosu için HadGEM2-ES modelinin sonuçları diğer iki modele göre daha düşük seyretilmektedir. Toplam su ihtiyacı, havzanın brüt ve net su potansiyellerinin yanı sıra havzalararası su transferiyle havzaya giren ve/veya havzadan çıkan net su miktarları Şekil 5.125 ve Şekil 5.126 ile gösterilmektedir. Asi Havzası'nda su transferleri kapsamında Ceyhan Havzası'ndan su almaktadır. Asi Havzası'nda toplam su ihtiyacının büyük kısmının sulama suyu olduğu, diğer sektörlerin ihtiyaçlarının düşük seyrettiği görülmektedir. Model sonuçları

genel itibariyle tüm dönemlerde toplam su ihtiyacı değerlerinin altında seyretmektedir. Bu durum havzada önemli oranda su açığının sürekli olarak görülebileceğinin bir işaretidir. Her üç model ve iki senaryo sonucuna göre Ceyhan Havzası'ndan transfer edilen su miktarının havzaya olumlu bir etkisi olmakla birlikte genel itibariyle HadGEM2-ES ve MPI-ESM-MR modelleri sonuçlarına göre su transferlerine rağmen havzada sürekli olarak su açığı yaşanacağı öngörülmektedir. Sadece CNRM-CM5.1 modeli sonuçları bu senaryo bazında genel itibariyle su açığının yaşanmayacağını tahmin etmektedir. Tüm model sonuçları düşünüldüğünde 2061-2070 döneminde havzadaki su ihtiyacının %44'ünün ancak karşılanabileceği sonuçlar da göze çarpmaktadır.



Şekil 5.125 Ası Havzası için İklim Projeksiyonları RCP4.5 Senaryosuna göre Brüt ve Net Su Potansiyellerinin Karşılaştırılması

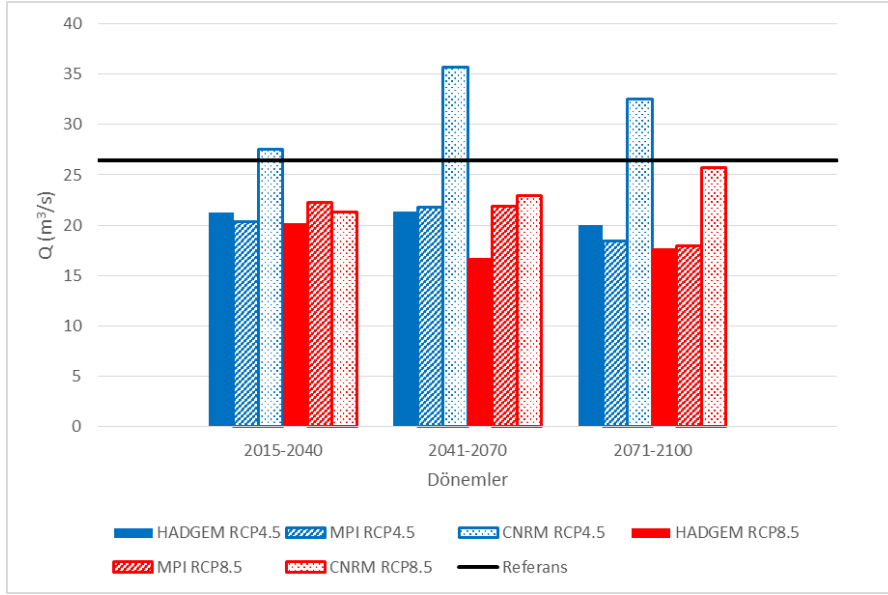


Şekil 5.126 Ası Havzası için İklim Projeksiyonları RCP8.5 Senaryosuna göre Brüt ve Net Su Potansiyellerinin Karşılaştırılması

Yapılan hidrojeolojik çalışmalara göre en büyük oransal azalmaların CNRM-CM5.1 modeli RCP4.5 senaryosunda maksimum %77 oranı ile iklim koşullarının yıl bazında doğrudan etkilediği dinamik rezerv değerlerinde ortaya çıktığı görülmektedir. Havzanın yeraltısuyu statik rezervinin ise iklim değişikliğinden %11-17 oranında etkilendiği görülmüştür. Ayrıca havzadaki yeraltısuyu hidrojeolojik ve mümkün rezervlerinin, değişik iklim modelleri - senaryoları çerçevesinde sırasıyla %17-29 ve %32-54 oranında azalacağı tahmin edilmektedir. Yüzyılın sonunda en olumlu iklim modeli-senaryosu gerçekleştiğinde hidrojeolojik ve mümkün rezerv varlıklarında sırasıyla %17 ve %32 oranında azalma olması beklenmektedir. Yeraltısuyu hidrojeolojik rezervi 16 km³ olarak belirlenmiştir. Havzada yer alan tüm serbest-basınçlı karakterdeki taneli-kaya ortam sutaşlılarına (akifer)-yarısutaşlılarına (akitard) ait yeraltısuyu mümkün rezervinin toplamda 9 km³ büyüklükte bir kaynak oluşturduğu söylenebilir.

Hidrolik projeksiyonların genel değerlendirmesini yapmak amacıyla, Ası Nehri mansabını ifade eden noktada 85 yıllık projeksiyon dönemi için üç farklı iklim modeli sonuçlarına göre üretilen ortalama akım değerleri Şekil 5.127 ile verilmiştir. Hidrolik modelleme çalışmaları kapsamında elde edilen debi değerlerinin, genel olarak her iki senaryo sonuçlarında da tüm modellerin akım değerlerinin projeksiyon dönemi boyunca referans değerinin altında seyrettiği görülmektedir. İstisnai durum, 2041-2100 döneminde MPI-ESM-MR modelinin RCP4.5 senaryosu sonuçlarında görülmektedir. Modeller arasında her iki senaryoda da HadGEM2-ES ve MPI-ESM-MR modelleri birbirlerine daha yakın değerler öngörmektedir. En

düşük akımları üreten model ise senaryo ve döneme göre farklılık göstermekte olup, HadGEM2-ES veya MPI-ESM-MR modelleridir. Modellerin tüm projeksiyon dönemi boyunca ürettiği akımlar incelendiğinde ise, MPI-ESM-MR ve CNRM-CM5.1 modelleri RCP 8.5 senaryosu haricinde, belirli bir artma veya azalma eğiliminden söz edilememektedir. Söz konusu modeller ve senaryolarda ise, sırasıyla azalma ve artma eğilimi olması beklenmektedir. Tüm model sonuçlarına göre ortalama akımların referansa göre en fazla %37 oranında düşeceği söylenebilir.



Şekil 5.127 Asi Nehri Mansabı 30'ar Yıllık Projeksiyon Dönemleri için Elde Edilen Ortalama Debi Değerleri

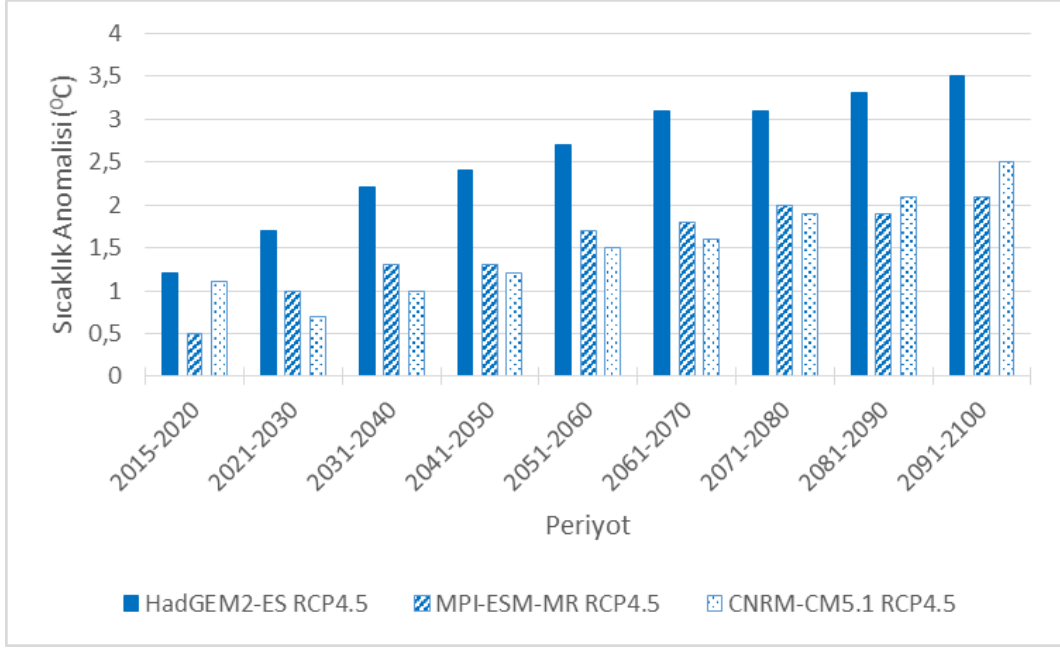
Asi Havzası için elde edilen sonuçlar, projeksiyon dönemi boyunca sıcaklık değerlerinin artma eğiliminde olacağını, yağış parametresinde de 2100 yılına dek son derece belirgin yağış eksikliğinin yaşanması beklenmektedir. Su rezervi açısından projeksiyon dönemi boyunca sürekli bir artış ya da azalıştan söz edilememekte ancak model ve senaryoya göre farklılık gösterse de tüm projeksiyon dönemi boyunca öngörülen su açığı 2050 yılı sonrasında daha da şiddetlenmektedir. Havzada yeraltısu potansiyelinin de projeksiyon dönemi başlangıcından itibaren genel olarak azalacağı öngörülmekte birlikte havzanın birim alanındaki yeraltısu mümkün rezervinin de Türkiye ortalamasının altında olduğu görülmektedir.

5.20 Ceyhan Havzası

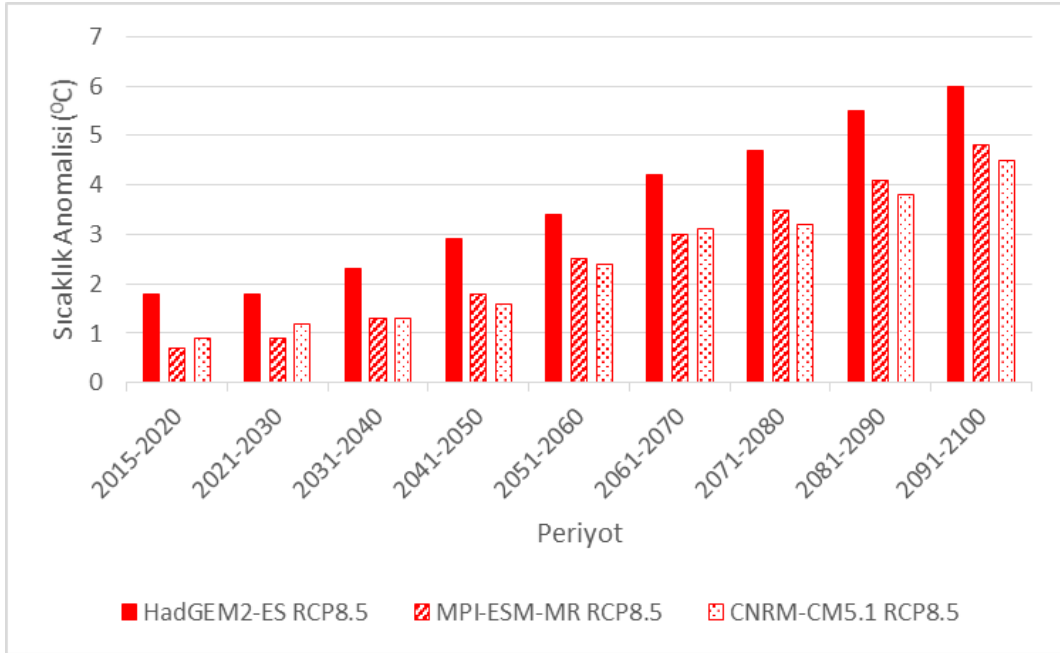
Anadolu'nun güneyinde yer alan, batısında Seyhan, doğusunda Fırat-Dicle, güneyinde Asi havzaları ile çevrili, Ceyhan Nehri ile sularını Akdeniz'e boşaltan alanı kapsayan Ceyhan Havzası referans dönemine ait ortalama sıcaklık değerleri havzanın kuzey kesimlerinde

8°C'nin altına düşerken 19°C'lerin üzerine çıkmaktadır. Şekil 5.128 ve Şekil 5.129 ile havzada beklenen sıcaklık anomali değerlerinin modeller ve senaryolar bazında değişimleri verilmiştir. Ceyhan Havzası için modellerin ortalama sıcaklık simülasyonları ele alındığında, her iki senaryo için de model sonuçlarının sıcaklık artışı eğilimi öngörmekte olduğu ve modeller arasında sıcaklık artışında dönemsel ve bölgesel farklılıklar bulunduğu görülmektedir. RCP4.5 senaryosu altında HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR ve CNRM-CM5.1 modellerinde 2060 yılından sonra havzanın kuzey bölgelerinde güney kesimlerine kıyasla daha fazla sıcaklık artışı görüleceği tahmin edilmektedir. RCP8.5 senaryosunda ise daha yüksek değerlerde pozitif anomali sonuçları üretilmekte, HadGEM2-ES modelinin anomali değerleri projeksiyon boyunca artan bir trendle 6°C'ye kadar ulaşmaktadır. Bununla birlikte RCP8.5 senaryosu için son 10 yıllık periyotta anomali değerlerinin MPI-ESM-MR modeli ile 4,8°C'ye; CNRM-CM5.1 modeli ile ise 4,5°C'ye kadar çıkması beklenmektedir.

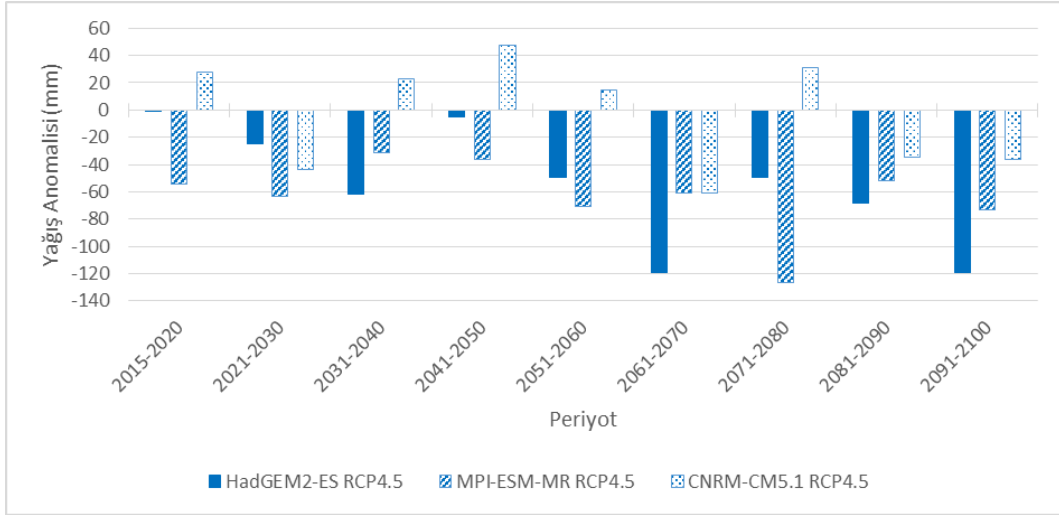
Ceyhan Havzası için iklim modellerinin yağış parametresi sonuçları referans dönem için değerlendirildiğinde, havzanın kuzey kesimlerinin ortalama 500 mm yağış alırken, güney bölgelerinde toplam yağış miktarının 900 mm'lere kadar çıktığı görülmektedir. Şekil 5.130 ve Şekil 5.131 ile projeksiyon dönemi boyunca havzada beklenen yağış anomali değerlerinin modeller ve senaryolar bazında değişimleri verilmiştir. Ceyhan Havzası için iklim modellerinin yağış parametresi sonuçları değerlendirildiğinde, anomali değerleri ve bölgesel farklılıkların yanında her iki senaryo için de yağış rejiminde azalma tahmini öne çıkmaktadır. Tüm modeller RCP8.5 senaryosu altında daha yüksek negatif anomali değerleri ile daha kurak yıllara maruz kalınacağını işaret etmektedir. HadGEM2-ES modelinin her iki senaryosu da yüzyıl ortasından sonra negatif anomalilerin daha sık bir şekilde meydana geleceği tahminini sunmaktadır. MPI-ESM-MR modeli RCP8.5 senaryosu 140 mm'yi aşan azalma ile 2071-2080 yılları arasına Ceyhan Havzası'nda en kurak dönemin yaşanacağını öngörmektedir. HadGEM2-ES ve MPI-ESM-MR modelinde kurak koşullar daha çok havzanın güneyinde hakim olmaktadır. Diğer modeller gibi CNRM-CM5.1 modeli de RCP8.5 senaryosu altında negatif anomali beklenen yılların sayısında önemli artışlar öngörmektedir. CNRM-CM5.1 modeli için belirgin bir bölgesellik beklenmemekle birlikte, havzanın orta kesimlerinde yağış azalma beklentisi artmaktadır. Tüm model sonuçları göz önünde bulundurulduğunda havzada %22'lere varan yağış azalmaları söz konusudur.



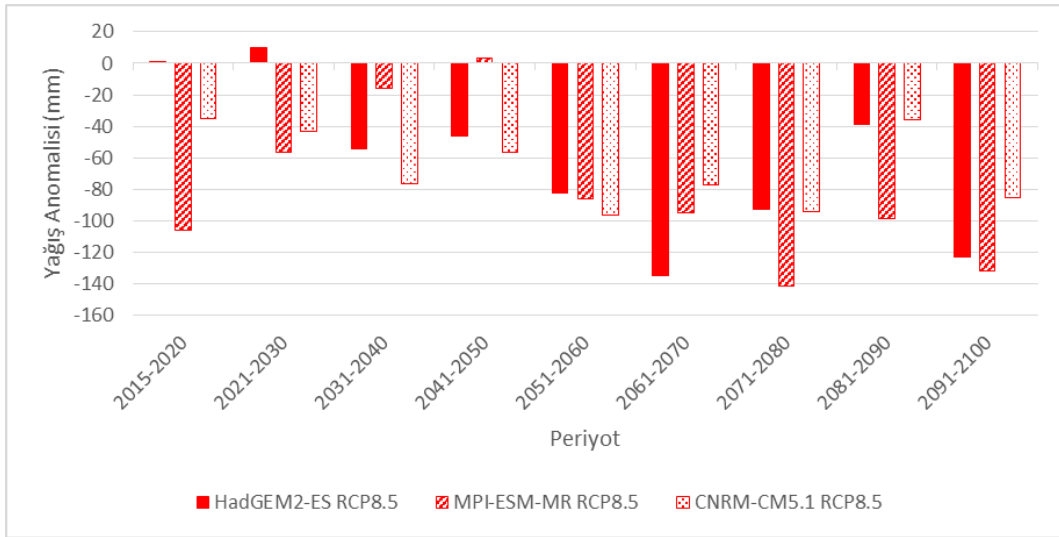
Şekil 5.128 RCP4.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Sıcaklık Anomali Değerleri- Ceyhan Havzası



Şekil 5.129 RCP8.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Sıcaklık Anomali Değerleri- Ceyhan Havzası



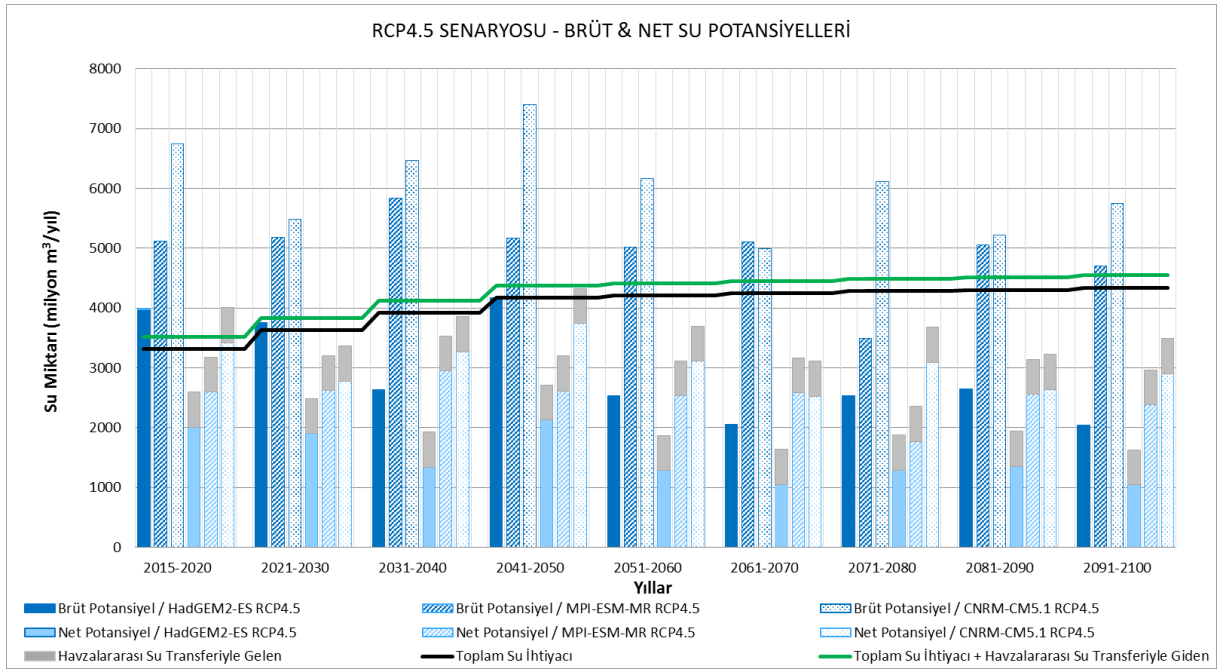
Şekil 5.130 RCP4.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Yağış Anomali Değerleri- Ceyhan Havzası



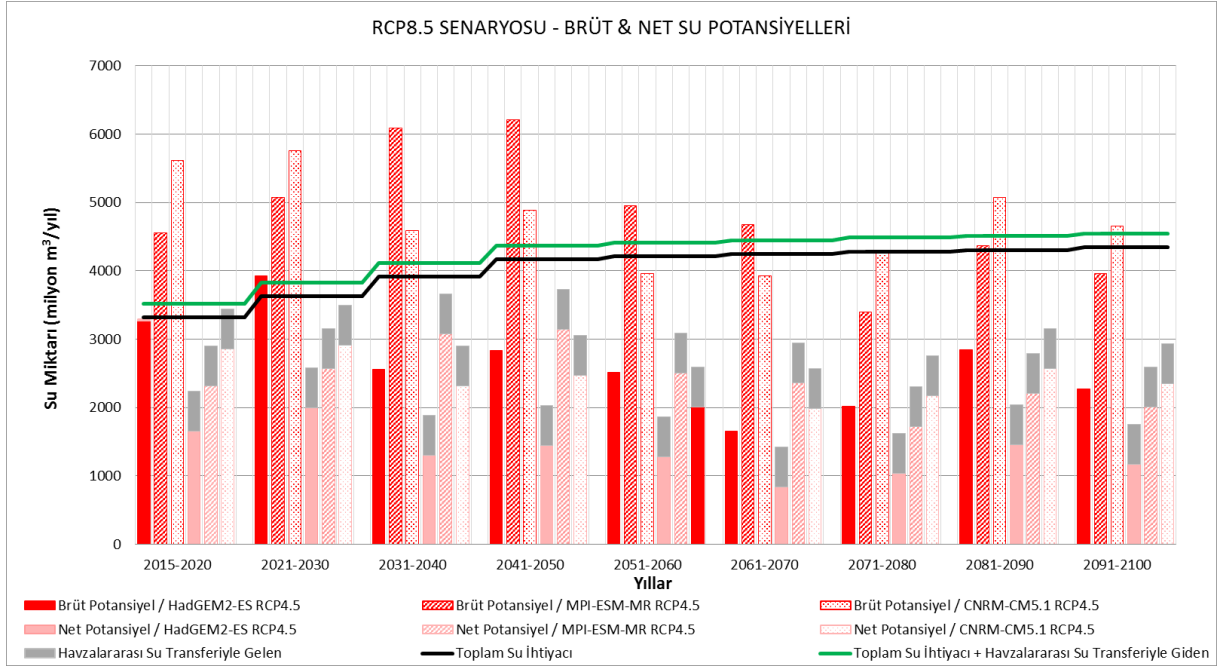
Şekil 5.131 RCP8.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Yağış Anomali Değerleri- Ceyhan Havzası

Projeksiyon dönemi boyunca, modellerin sıcaklık değerlerinde artış ve yağış rejiminde azalma tahminlerinin bir sonucu olarak, Ceyhan Havzası'nda su potansiyelinin referans döneme kıyasla önemli miktarda düşeceği görülmektedir. Projeksiyon dönemi boyunca büyük kısmını sulama suyunun oluşturduğu su ihtiyacının karşılanamayacağı ve su açığının tüm dönemler boyunca tüm model senaryo sonuçlarına göre hissedilir bir şekilde devam ettiği anlaşılmaktadır. En yüksek su açığı ise HadGEM2-ES modelinin her iki senaryo sonuçlarında görülmektedir, diğer iki model de her iki senaryo için birbirine benzer sonuçlar üretmektedir. Özellikle 2051 yılından itibaren tüm model ve senaryo sonuçları su açığının çok daha hissedilir olacağına işaret etmektedir. Toplam su ihtiyacı, havzanın brüt ve net su potansiyellerinin yanı sıra havzalararası su transferiyle havzaya giren ve/veya havzadan

çıkan net su miktarları Şekil 5.132 ve Şekil 5.133 ile gösterilmektedir. Ceyhan Havzası su transferi kapsamında, Seyhan Havzası'ndan su alırken Asi Havzası'na ise su vermektedir. Havzalararası su transferi dikkate alınmaksızın değerlendirildiğinde tüm model ve senaryo sonuçları tüm dönemlerde toplam su ihtiyacı değerlerinin altında seyretmektedir. Havzalararası su transferleri dikkate alındığında tüm dönemler boyunca havzadaki su açığı/fazlalığı üzerinde çok etkili değişimler beklenmemektedir. Genel itibariyle her iki senaryo için HadGEM2-ES modelinin sonuçları diğer iki modele göre daha düşük seyretmektedir. En yüksek değerler her iki senaryo için CNRM-CM5.1 modeli tarafından üretilmektedir. Model sonuçları 2060'lı yıllardan sonra önceki dönemlere göre daha şiddetli su açığına işaret etmektedir. İki senaryo sonuçları için de tüm dönemler boyunca bir paralellik olduğu söylenebilir. Su açığı miktarı RCP8.5 senaryosunda tüm modeller için daha fazladır. Havzalararası su transferleri dikkate alındığında tüm dönemler boyunca havzadaki su açığı/fazlalığı üzerinde çok etkili değişimler beklenmemektedir. Ceyhan Havzası'ndaki en yüksek su açığı 2061-2070 döneminde beklenmekte olup bu dönemde su ihtiyacının yaklaşık %22'sinin karşılanabileceği söz konusudur.



Şekil 5.132 Ceyhan Havzası için İklim Projeksiyonları RCP4.5 Senaryosuna göre Brüt ve Net Su Potansiyellerinin Karşılaştırılması

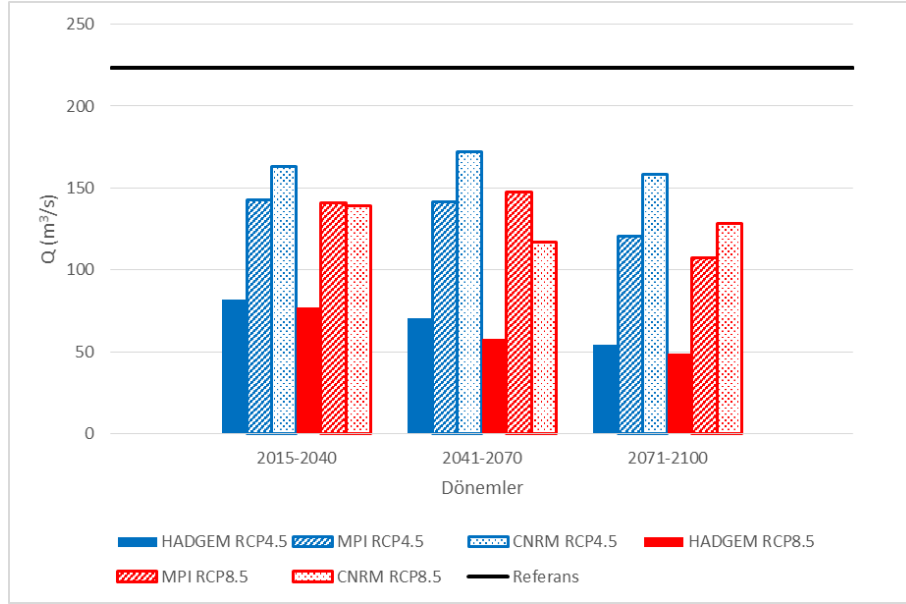


Şekil 5.133 Ceyhan Havzası için İklim Projeksiyonları RCP8.5 Senaryosuna göre Brüt ve Net Su Potansiyellerinin Karşılaştırılması

Yapılan hidrojeolojik değerlendirmede en büyük oransal azalmaların CNRM-CM5.1 modeli RCP4.5 senaryosunda maksimum %45 oranı ile iklim koşullarının yıl bazında doğrudan etkilediği dinamik rezerv değerlerinde ortaya çıktığı görülmektedir. Havzanın yeraltısuyu statik rezervinin ise iklim değişikliğinden %1-2 gibi çok düşük bir oranda etkilendiği görülmüştür. havzadaki yeraltısuyu hidrojeolojik ve mümkün rezervlerinin, değişik iklim modelleri-senaryoları çerçevesinde sırasıyla %4-8 ve %7-15 oranında azalacağı tahmin edilmektedir. En olumlu iklim modeli – senaryosu gerçekleşse bile bu oranlar hidrojeolojik rezerv ve mümkün rezerv varlıklarında sırasıyla %4 ve %7 oranında azalma tahmin etmektedir. Yeraltısuyu hidrojeolojik rezervi 76 km³ olarak belirlenmiştir. Ceyhan Havzası'nda yer alan yeraltısuyu mümkün rezervinin ise toplamda 41 km³ büyüklükte bir kaynak oluşturmaktadır.

Hidrolik modelleme çalışmaları kapsamında elde edilen debi değerlerinin, her iki senaryo için de projeksiyon dönemindeki akışların referans dönemine kıyasla kayda değer ölçüde azalması beklenmektedir. Ceyhan Havzası'nın mansabını ifade eden noktada 85 yıllık projeksiyon dönemi için üç farklı iklim modeli sonuçlarına göre üretilen akım değerlerinin ortalamaları Şekil 5.134 ile verilmiştir. RCP4.5 ve RCP8.5 senaryosunda modeller arasındaki en düşük akımları tüm dönemlerde HadGEM2-ES modeli öngörmekte olup, projeksiyon dönemi boyunca azalma eğilimi ile en olumsuz durumu 2071-2100 döneminde sergilemektedir. CNRM-CM5.1 modelinin ise genel olarak en yüksek debi değerlerini üretmesi açısından modeller arasında en olumlu sonuçları sunduğundan bahsedilebilir. Tüm

model sonuçlarına göre ortalama akım değerlerinin referans dönemine göre %78'e varan oranlarda azalacağı söz konusudur.



Şekil 5.134 Ceyhan Nehri Mansabı 30'ar Yıllık Projeksiyon Dönemleri için Elde Edilen Ortalama Debi Değerleri

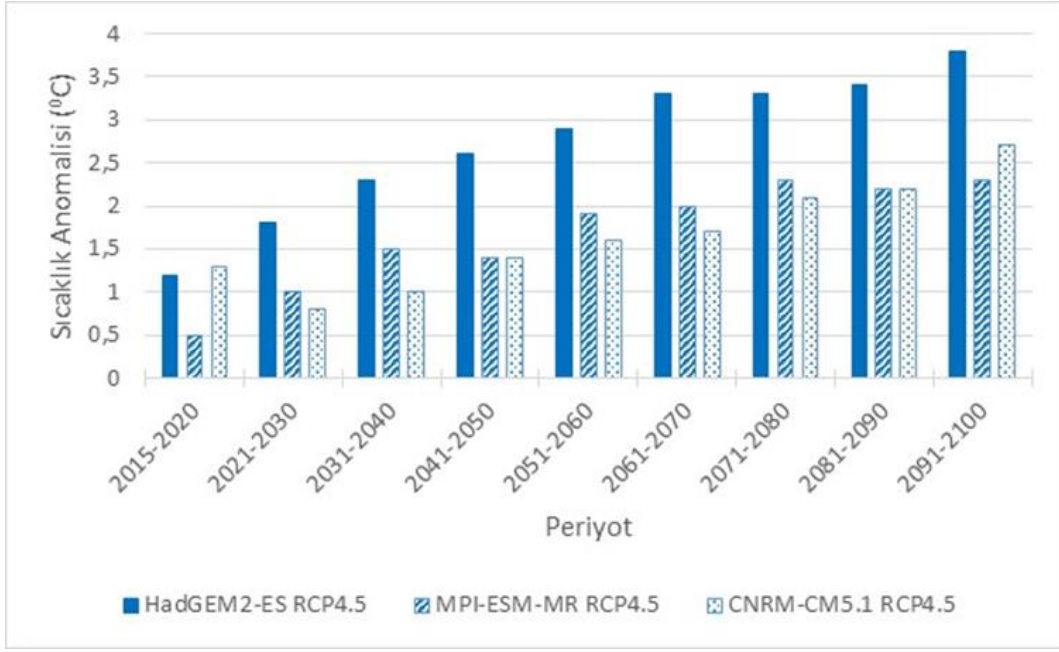
Ceyhan Havzası için elde edilen sonuçlar, projeksiyon dönemi boyunca sıcaklık değerlerinin artma eğiliminde olacağını, yağış rejiminde ise önemli azalmalar yaşanacağını ve 2050 yılından itibaren yağıştaki azalmanın belirginleşeceğini göstermektedir. Buna bağlı olarak havzanın su potansiyelinin önemli oranda düşmesi ile su ihtiyacının projeksiyon dönemi boyunca karşılanamayacağı ve havzada su açığının sürekli olarak görüleceği dikkati çekmektedir. Havzada yeraltı suyu potansiyelinin de projeksiyon dönemi başlangıcından itibaren genel olarak azalacağı öngörülmekle birlikte havzanın birim alanındaki yeraltı suyu mümkün rezervinin de Türkiye ortalamasının altında olduğu görülmektedir.

5.21 Fırat-Dicle Havzası

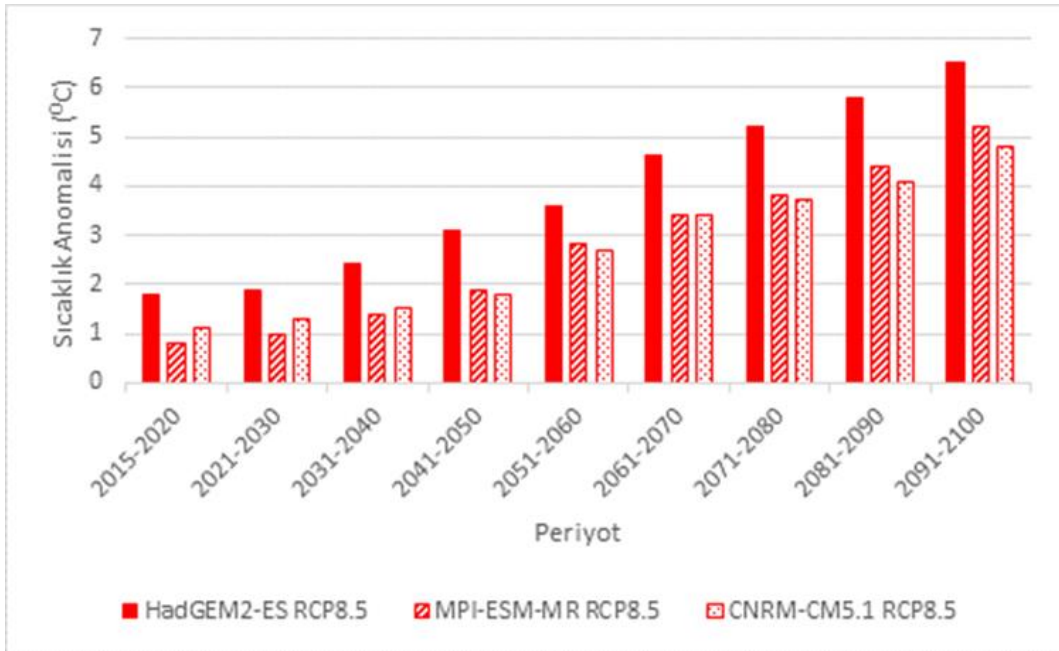
Başlıca akarsuları Fırat ve Dicle Nehirleri ile yan kolları olan Fırat-Dicle Havzası'na ait referans dönemindeki ortalama sıcaklıklara bakıldığında, havzanın güneyinde 17°C civarında olan değerlerin, özellikle havzanın kuzeydoğu ve güneydoğusunda 6°C'lere kadar düştüğü görülmektedir. Her iki senaryoya ait 10'ar yıllık projeksiyon değerleri Şekil 5.135 ve Şekil 5.136 ile verilmiştir. İklim projeksiyonları sonuçlarına göre Fırat-Dicle Havzası'nda gerek RCP4.5 ve gerekse de RCP8.5 senaryoları altında en yüksek sıcaklıkları öngören iklim modeli HadGEM2-ES'dir. Havzada en düşük sıcaklık artışları ise RCP8.5 senaryosu altında

CNRM-CM5.1 modelinde; RCP4.5 senaryosunda ise en düşük sıcaklık artışı MPI-ESM-MR modelinde gerçekleşmektedir. İki senaryoya göre de havzaya neredeyse eşit bir şekilde yayılan sıcaklık değişimleri, bazı dönemlerde havzanın kuzeybatısında daha az artış göstermektedir. Fırat-Dicle Havzası için en yüksek sıcaklık artışları HadGEM2-ES modeli ile 2091-2100 dönemi için belirlenmiş olup iyimser senaryo sonuçlarına göre 3,8°C, kötümser senaryo sonuçlarına göre ise sıcaklıkların 6,5°C artacağı beklenmektedir.

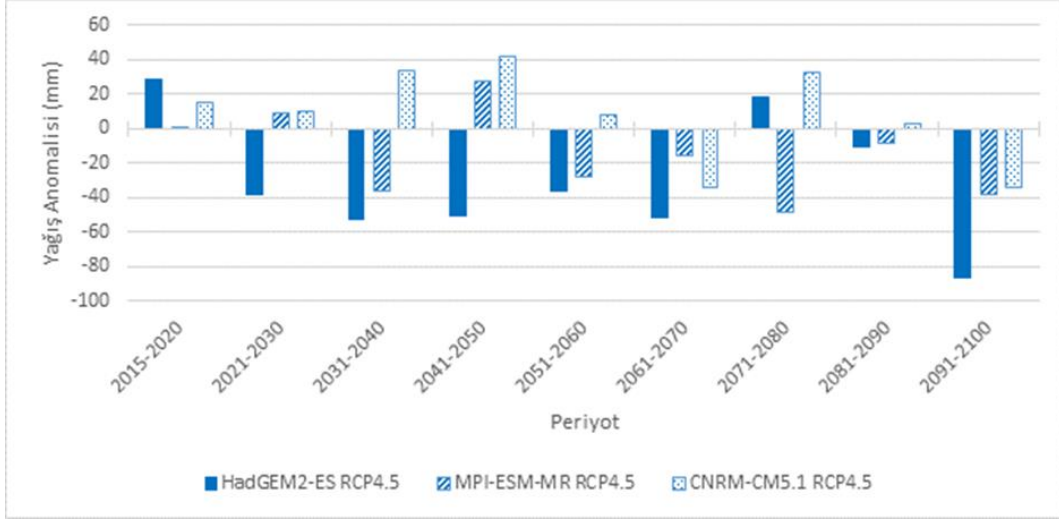
Fırat-Dicle Havzası için referans periyodunda havzaya düşen toplam yağış miktarı doğu-iç bölgelerinde yaklaşık 1000 mm'ye kadar ulaşırken kuzeybatı ve güneydeki bazı bölgelerinde 300 mm'ye düşmektedir. Şekil 5.137 ve Şekil 5.138 ile projeksiyon dönemi boyunca havzada beklenen yağış anomali değerlerinin modeller ve senaryolar bazında değişimleri verilmiştir. HadGEM2-ES modelinin toplam yağış simülasyonları değerlendirildiğinde RCP4.5 ve RCP8.5 senaryosunun da yağışlarda referans periyoduna kıyasla azalma eğiliminde olduğu, ancak beklenenin aksine; kötümser senaryoda azalma şiddetinin zayıfladığı görülmektedir. Sadece 2061-2080 yılları arasında kuraklık şiddetlenmekte ve 2061-2070 döneminde referans döneme göre maksimum azalma öngörülmektedir. Her iki senaryoda da ortak olarak 2031-2060 yıllarında havzanın güney kesimlerinin daha az yağış alacağı tahmin edilmektedir. Bununla birlikte, 2060-2070 periyodunun hem HadGEM2-ES hem de MPI-ESM-MR modelinin RCP8.5 senaryosu altında en kurak geçmesi beklenmektedir. CNRM-CM5.1 modelinde RCP4.5 senaryosuna dayalı sonuçlar havzada yağış artış ve azalışlarının bekleneceğini gösterirken, RCP8.5 senaryo sonuçları havzada projeksiyon dönemi boyunca yağış eksikliğini hakim olacağını işaret etmektedir. Projeksiyon dönemi boyunca 2061-2070 döneminde en yüksek negatif anomali değeri yaklaşık 100 mm olarak belirlenmiş olup, HadGEM2-ES modeli RCP8.5 senaryosu sonuçlarında gözlenmektedir. Fırat-Dicle Havzası'nda toplam yağış parametresi için referans dönemine göre %20'lere varan azalışlar ve %10'lara varan artışlar gözlenmektedir.



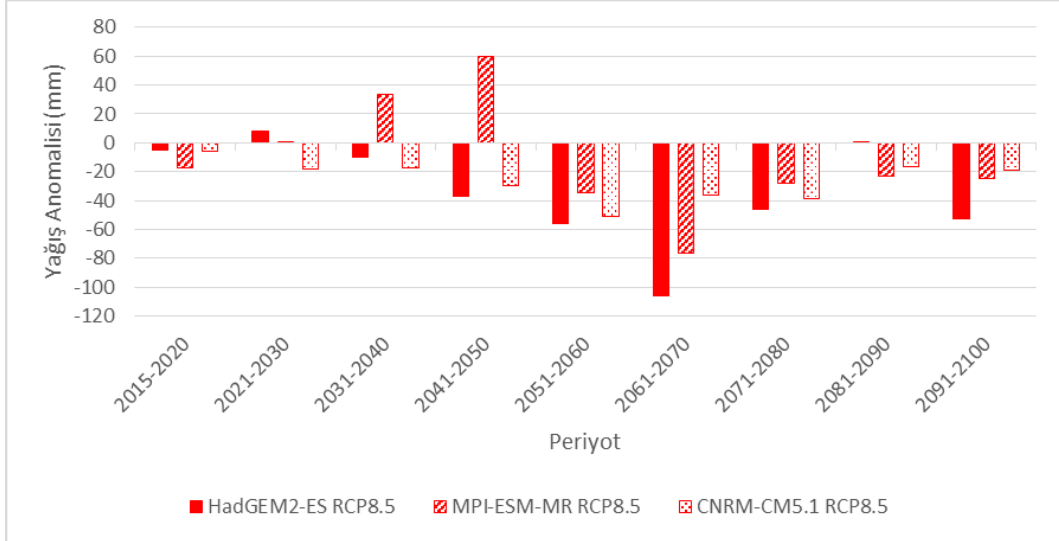
Şekil 5.135 RCP4.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Sıcaklık Anomali Değerleri- Fırat-Dicle Havzası



Şekil 5.136 RCP8.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Sıcaklık Anomali Değerleri- Fırat-Dicle Havzası



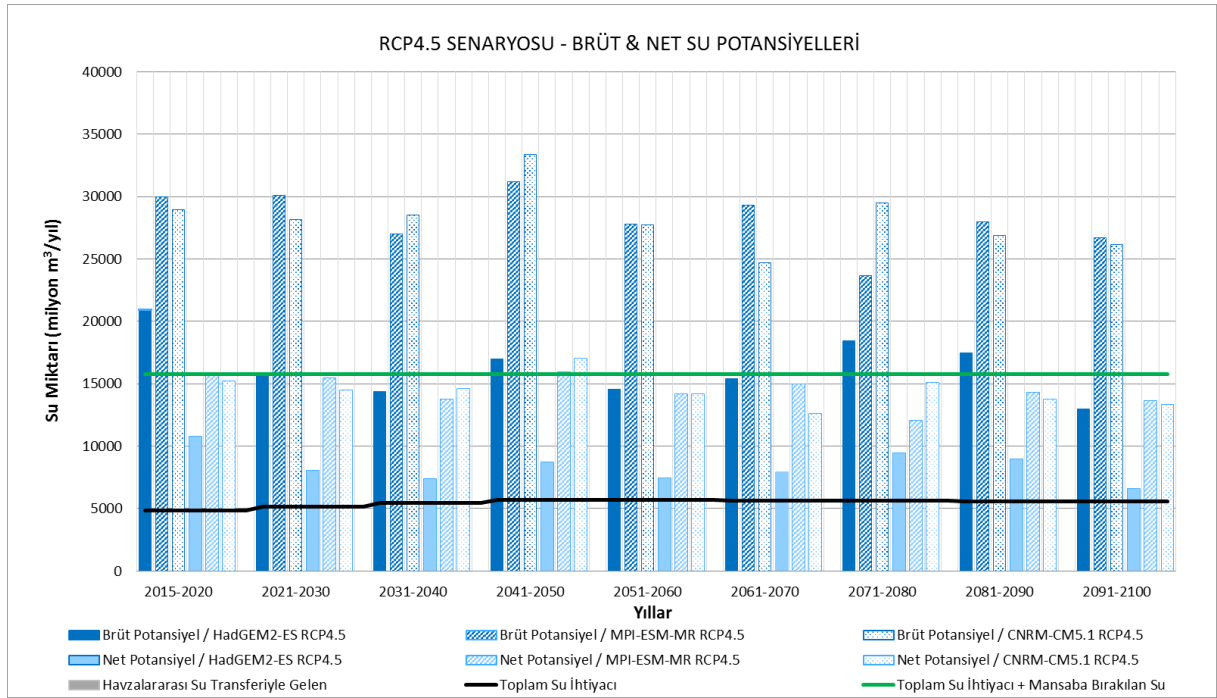
Şekil 5.137 RCP4.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Yağış Anomali Değerleri- Fırat-Dicle Havzası



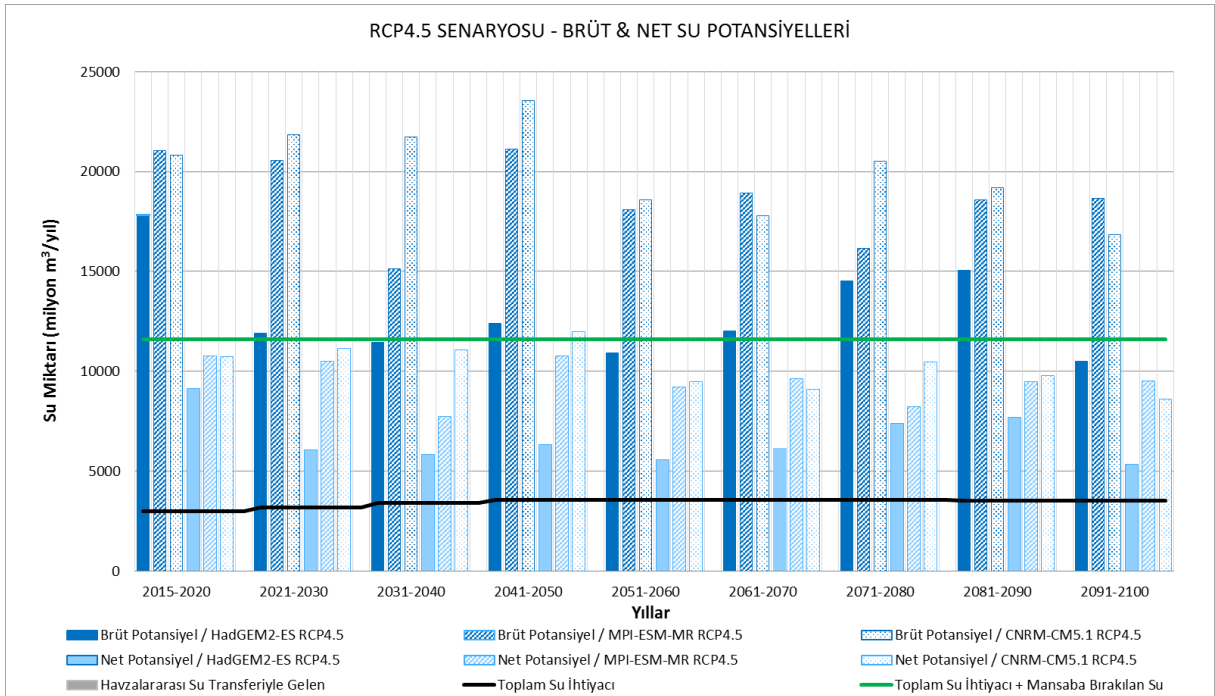
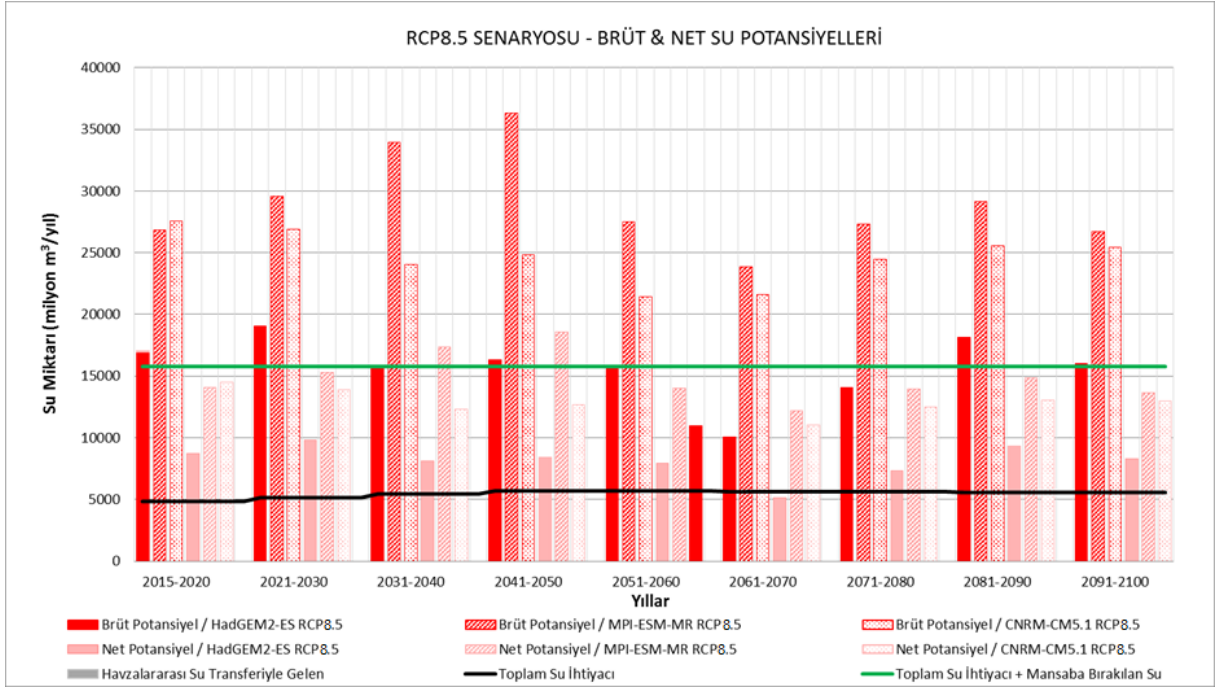
Şekil 5.138 RCP8.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Yağış Anomali Değerleri- Fırat-Dicle Havzası

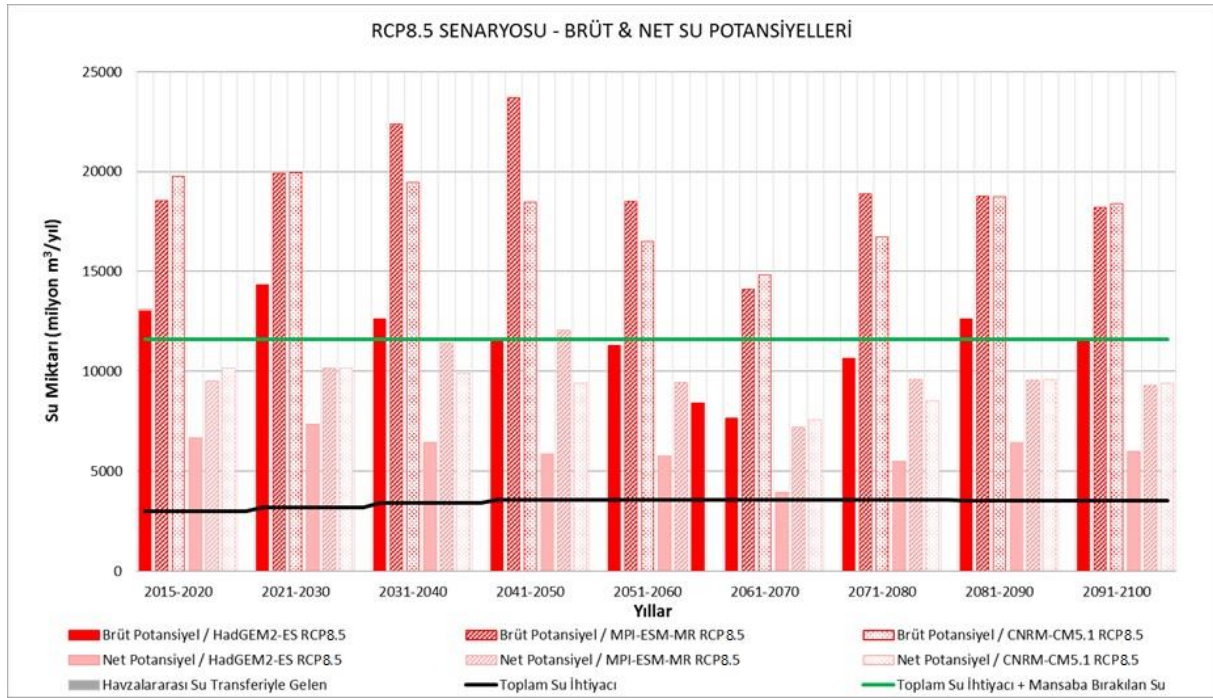
İklim projeksiyonu model sonuçlarına göre çalıştırılan hidrolojik model sonuçlarına göre, RCP4.5 ve RCP8.5 senaryoları her üç model için de en düşük değerlerin HadGEM2-ES tarafından üretildiği, özellikle 2051 yılından itibaren diğer iki model sonuçlarına göre de su açığının artmakta olduğu ve 2100 yılına kadar söz konusu açıkların devam ettiği görülmektedir. Şekil 5.139 - Şekil 5.142 ile toplam brüt ve net su potansiyellerindeki değişim, modellerin RCP4.5 ve RCP8.5 senaryoları bazında Fırat ve Dicle Havzaları için verilmektedir. Gerek Fırat ve Dicle Alt Havzaları bazında, gerekse havza bütününde, toplam su ihtiyacının büyük kısmının sulama suyu olduğu, diğer sektörlerin ihtiyaçlarının çok düşük seyrettiği, ancak esas itibariyle mansaba bırakılması gereken su itibariyle 2015'ten itibaren

projeksiyon dönemi sonuna kadar su ihtiyacının havzada hiçbir şekilde sağlanamadığı ve su açığının tüm dönemler boyunca ve tüm senaryo sonuçlarına göre hissedilir bir şekilde devam ettiği anlaşılmaktadır. Proje kapsamında Türkiye'nin mansaba 500 m³/sn su bırakma taahhüdü sadece Fırat Nehri'ni kapsamakla birlikte, fiiliyatta Dicle Nehri'nden de mansaba su bırakıldığından, resmi bir taahhüt veya beyan olmamakla birlikte, 2011-2015 yılları arasındaki ortalama olan 342 m³/sn mertebesinde suyun Dicle mansabına bırakılması koşulu için değerlendirmeler yapılmıştır. Fırat-Dicle Havzasında iklim değişikliği modellemesi tahminlerinin gerçekleşmesi halinde, Türkiye'nin Atatürk Barajı'ndan Fırat Nehri mansabına bırakmayı taahhüt ettiği yıllık ortalama 500 m³/sn suyun, mevcut veri ve bilgilerle, güvenli ve sürdürülebilir bir biçimde sağlanması mümkün görülmemekte olup söz konusu taahhüdün yeniden değerlendirilerek bilimsel açıdan revize edilmesine ihtiyaç olduğu düşünülmektedir. Fırat-Dicle Havzasında iklim değişikliği modellemesi tahminlerinin gerçekleşmesi halinde, Türkiye'den Dicle Nehri mansabına mevcut durumda bırakılan 342 m³/sn mertebesinde suyun, 2015-2100 döneminde de bırakılmaya devam etmesi mümkün ve sürdürülebilir gözükmemektedir.



Şekil 5.139. Fırat- Havzası için İklim Projeksiyonları RCP4.5 Senaryosuna göre Brüt ve Net Su Potansiyellerinin Karşılaştırılması





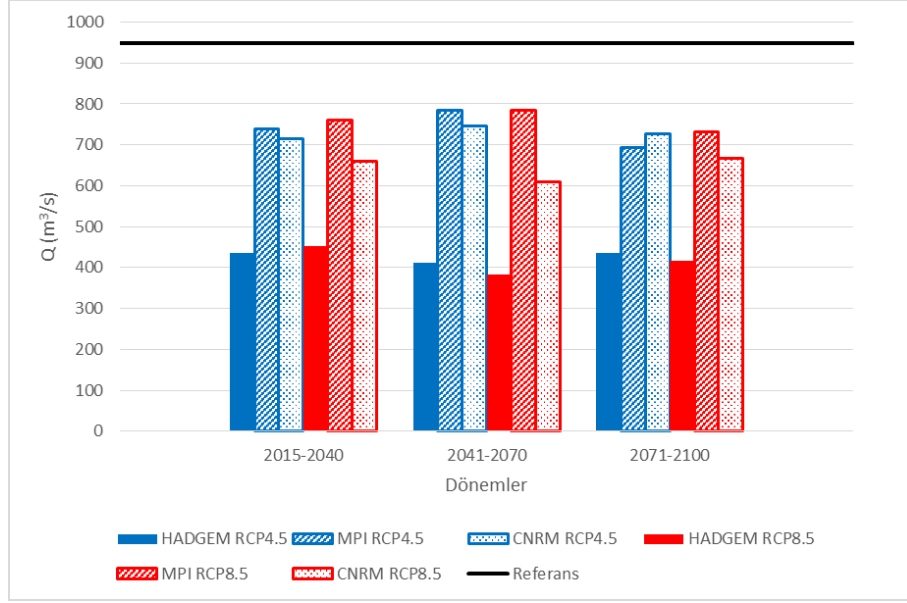
Şekil 5.142. Dicle Havzası için İklim Projeksiyonları RCP8.5 Senaryosuna göre Brüt ve Net Su Potansiyellerinin Karşılaştırılması

Yapılan hidrojeolojik değerlendirmede en büyük azalmaların CNRM-CM5.1 modeli RCP4.5 senaryosunda %15 oranı ile iklim koşullarının yıl bazında doğrudan etkilediği dinamik rezerv değerlerinde ortaya çıktığı görülmektedir. Havzanın yeraltısuyu statik rezervinin ise iklim değişikliğinden %1-2 oranında etkileneceği öngörülmektedir. Ayrıca, havzadaki yeraltısuyu hidrojeolojik ve mümkün rezervlerinin, değişik iklim modelleri-senaryoları çerçevesinde sırasıyla %1–2 ve %3-5 oranında azalacağı tahmin edilmektedir. Yüzyılın sonunda en olumlu iklim modeli–senaryosu gerçekleştiğinde dinamik, hidrojeolojik ve mümkün rezerv varlıklarında sırasıyla %11, %1 ve %3 oranında azalma olması beklenmektedir. Yeraltısuyu hidrojeolojik rezervi 899 km³ olarak belirlenen Fırat Dicle Havzası'nda yer alan tüm serbest-basınçlı karakterdeki taneli-kaya ortam sutaşlarına (akifer)-yarısutaşlarına (akitard) ait yeraltısuyu mümkün rezervinin ise, toplamda 473 km³ büyüklükte bir kaynak oluşturduğu söylenebilir.

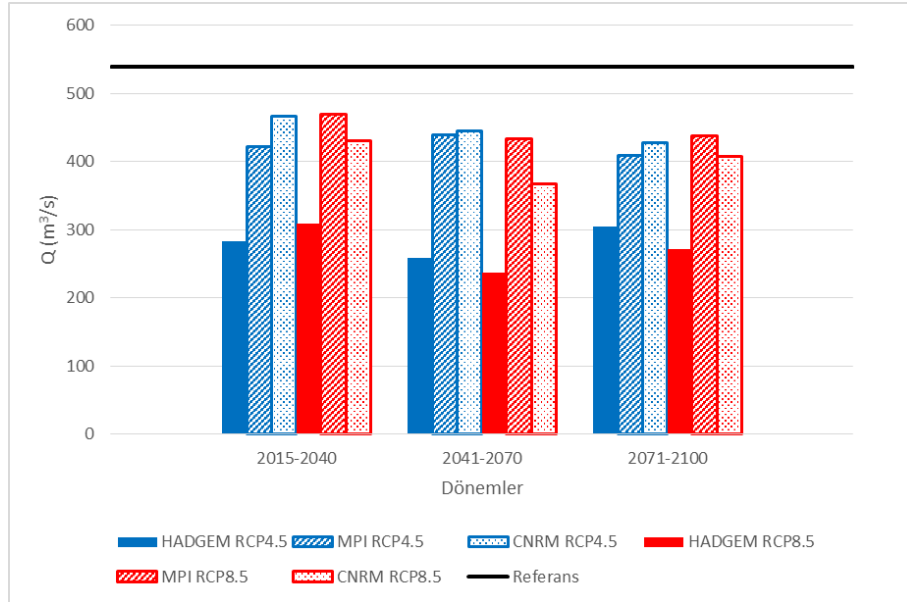
Proje kapsamında hidrolojik model sonuçlarına göre çalıştırılan hidrolik model sonuçlarının havza bazında genel olarak değerlendirilebilmesi için havzadaki 2 farklı mansap noktası için model sonuçları değerlendirilmiştir. Fırat ve Dicle Nehirleri'nin mansaplarını ifade eden noktalarda 85 yıllık projeksiyon dönemi için üç farklı iklim modeli sonuçlarına göre üretilen akım değerleri belirlenmiş ve sırasıyla Şekil 5.143ve Şekil 5.144 ile verilmiştir. Fırat Nehri mansabı için model sonuçlarına göre projeksiyon dönemindeki akışlar referans dönemi ile

karşılaştırıldığında daha küçük ortalama akımlar öngörülmektedir. HadGEM2-ES modelinde, diğer modellere göre daha düşük akım değerlerinin öngörüldüğü ve söz konusu modelin debi değerleri açısından en olumsuz durumu temsil edeceği söylenebilir. MPI-ESM-MR ve CNRM-CM5.1 modelleri benzer şekilde projeksiyon dönemi boyunca referans döneminin altında kalmakta, ancak birbirlerine yakın ve HadGEM2-ES modeline göre daha yüksek akım değerleri öngörmektedir. RCP8.5 senaryosu sonuçlarına göre üç modelin akım değerlerinin ortalaması projeksiyon dönemi boyunca referans döneminin altında kalmaktadır. HadGEM2-ES modeli RCP8.5 senaryosu için de hidrolik açıdan en olumsuz durumu temsil etmektedir. Genel olarak tüm model sonuçları projeksiyon dönemi boyunca ortalama akımlarda bir azalmaya işaret etmekte ve referans döneme göre en belirgin azalma 2041-2070 döneminde beklenmekte olup iyimser senaryo sonuçlarına göre %57, kötümser senaryo sonuçlarında ise %60 oranında akımların azalacağı söz konusudur.

Dicle Nehri mansabı için model sonuçlarına göre projeksiyon dönemindeki akışlar referans dönemi ile karşılaştırıldığında daha küçük ortalama akımların varlığı göze çarpmaktadır. Aynı zamanda tüm projeksiyon yılları için MPI-ESM-MR modeli RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarında en büyük ortalama akım değerlerini öngörmektedir. Her iki senaryo sonuçlarına göre en düşük akım değerlerinin HadGEM2-ES modelinde gözleneceği ve söz konusu modelin debi değerleri açısından en olumsuz durumu temsil edeceği söylenebilir. CNRM-CM5.1 modelinin akım değerlerinin ortalaması ise tüm yıllarda MPI-ESM-MR'den düşük, fakat HadGEM2-ES'ten oldukça büyük olarak öngörülmektedir. Dicle Nehri'nin mansabında 2041-2050 döneminde HadGEM2-ES modeline göre en düşük değerleri vermekte olup referans dönemine göre iyimser senaryoda %52, kötümser senaryoda %56 oranında ortalama akım değerlerinin azalması beklenmektedir.



Şekil 5.143 Fırat Nehri Mansabı 30'ar Yıllık Projeksiyon Dönemleri için Elde Edilen Ortalama Debi Değerleri



Şekil 5.144 Dicle Nehri Mansabı 30'ar Yıllık Projeksiyon Dönemleri için Elde Edilen Ortalama Debi Değerleri

Fırat-Dicle Havzası için genel bir değerlendirme yapıldığında, tüm küresel iklim modelleri ve salım senaryoları altında ortalama sıcaklıkların artacağı ve havzaya düşen toplam yağışın özellikle güney kesimlerinde azalacağı öngörülmektedir. İklim değişikliğinin bu negatif etkisiyle havzadaki su ihtiyacı göz önüne alındığında, projeksiyon döneminde su açığı sorunu olacağı tahmin edilmektedir. Bununla birlikte Türkiye'nin Fırat Nehri mansabına bırakmayı taahhüt ettiği yıllık ortalama 500 m³/s suyun, sürdürülebilir bir biçimde sağlanmasının mümkün olmadığı ve söz konusu taahhüdün yeniden değerlendirilmesi gerektiği ortaya

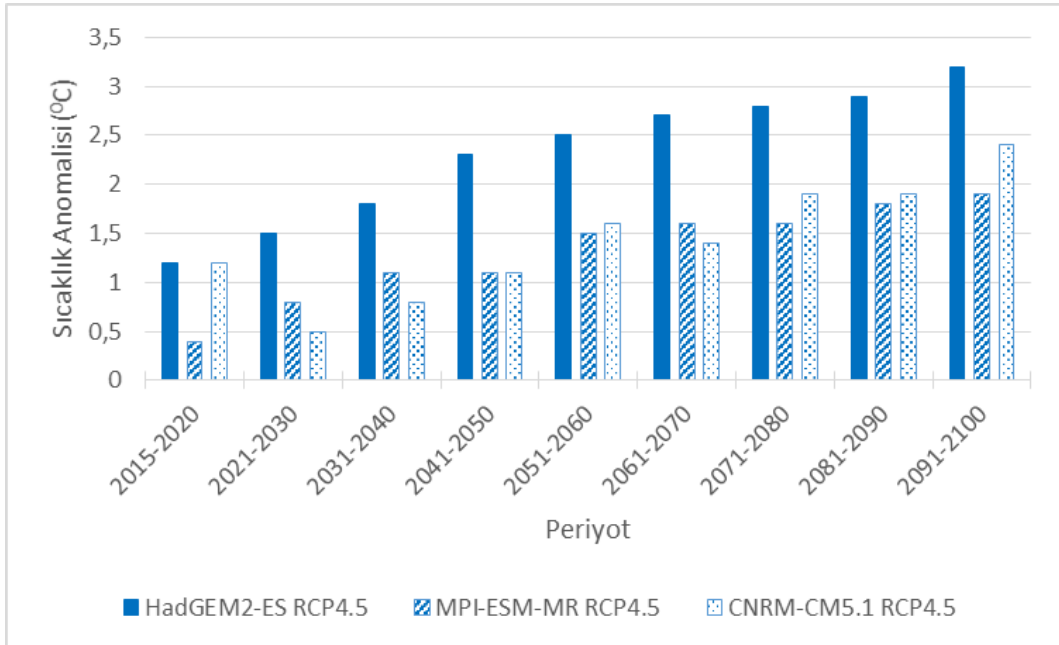
konmuştur. Havzada yeraltı suyu potansiyelinin de projeksiyon dönemi başlangıcından itibaren genel olarak azalacağı öngörülmektedir. Havzanın mümkün rezervinin Türkiye ortalamasının oldukça üzerinde olduğu söylenebilirken, birim alandaki mümkün rezerv miktarı Türkiye ortalaması civarındadır.

5.22 Doğu Karadeniz Havzası

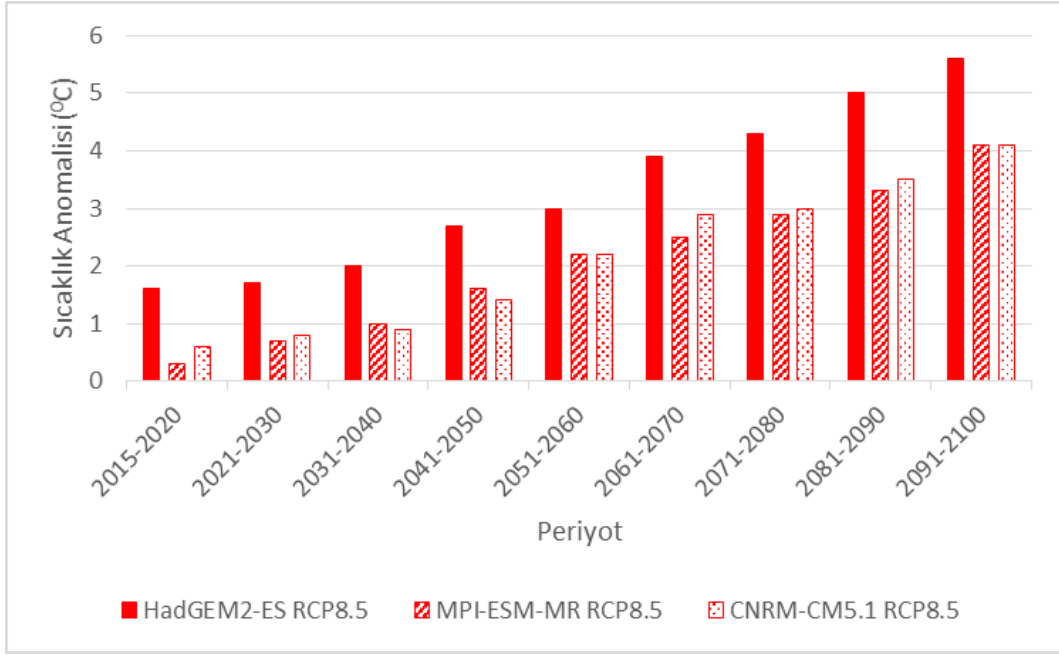
Karadeniz Bölgesi'nin doğusunda sularını Karadeniz'e boşaltan Terme Çayı'ndan Hopa yakınlarındaki küçük dereler yağış alanlarını kapsamakta olan Doğu Karadeniz Havzası'na ait referans dönemi incelendiğinde, ortalama sıcaklık değerlerinin kıyı kesimlerde 15°C'lere ulaştığı, ancak havzanın kuzeyinden güneyine (iç kesimine) gidildikçe değerlerin 8°C'lere kadar düştüğü gözlenmektedir. Şekil 5.145 ve Şekil 5.146 ile havzada beklenen sıcaklık anomali değerlerinin 10 yıllık değişimleri her üç model ve iki senaryo için verilmiştir. Model sonuçları değerlendirildiğinde, RCP8.5 senaryosu altında üç modelin de referans periyoduna göre daha yüksek sıcaklıklar ürettiği; ortalama, maksimum ve minimum sıcaklık değerlerinin ise projeksiyon süresince artma eğiliminde olduğu görülmektedir. HadGEM2-ES modeli, RCP4.5 senaryosunda yüzyıl başından itibaren yüksek değerler simüle etmiş ve 2100 yılının sonunda ortalama 3,2°C'lik anomali değerine ulaşmıştır. Ancak, RCP8.5 senaryosunda, 2050'li yıllara kadar RCP4.5 senaryosuna benzer sonuçlar elde edilmiş, yüzyıl ortasından itibaren de anomali değerleri ivmelenerek artmıştır. RCP8.5 senaryosuna göre ise bu anomali değerlerinin 5°C'nin üzerinde olacağı tahmin edilmektedir. MPI-ESM-MR modelinde, HadGEM2-ES modelinde olduğu gibi, sıcaklık değişimi havzaya homojen dağılmazken, kıyı bölgelerin iç kesimlere göre daha az ısınması beklenmektedir. MPI-ESM-MR modeli RCP4.5 senaryosu altında tüm modeller arasındaki en soğuk tahminleri yaparak yüzyıl sonunda referans dönemine göre sadece 1,9°C'lik artış öngörmektedir. CNRM-CM5.1 modelinde RCP4.5 senaryosu altında projeksiyon dönemi sonunda havzada sıcaklık artışının 2,4°C'ye ulaşması beklenirken RCP8.5 senaryosu altında 85 yıl sonunda havzada sıcaklık artışının MPI-ESM-MR modeli ile aynı şekilde 4,1°C olması beklenmektedir. Tüm model ve senaryo sonuçlarına göre projeksiyon dönemi sonunda havzada sıcaklıklar kötümser senaryoya göre minimum 4,1°C artacak ve maksimum 5,6 °C'ye ulaşacaktır.

Referans dönem toplam yağış değerlerine göre, Doğu Karadeniz Havzası, iç kesimlerinde 500 mm seviyelerinde daha az yağış almaktadır. Fakat havzanın kuzeyine gidildikçe artan toplam yağış miktarı, havzanın kuzeydoğu kıyılarında 1900 mm'lere kadar ulaşmaktadır. Şekil 5.147 ve Şekil 5.148 ile havzada beklenen yağış anomali değerlerinin 10 yıllar bazında her üç model ve iki senaryoya göre değişimleri verilmiştir. Doğu Karadeniz Havzası için

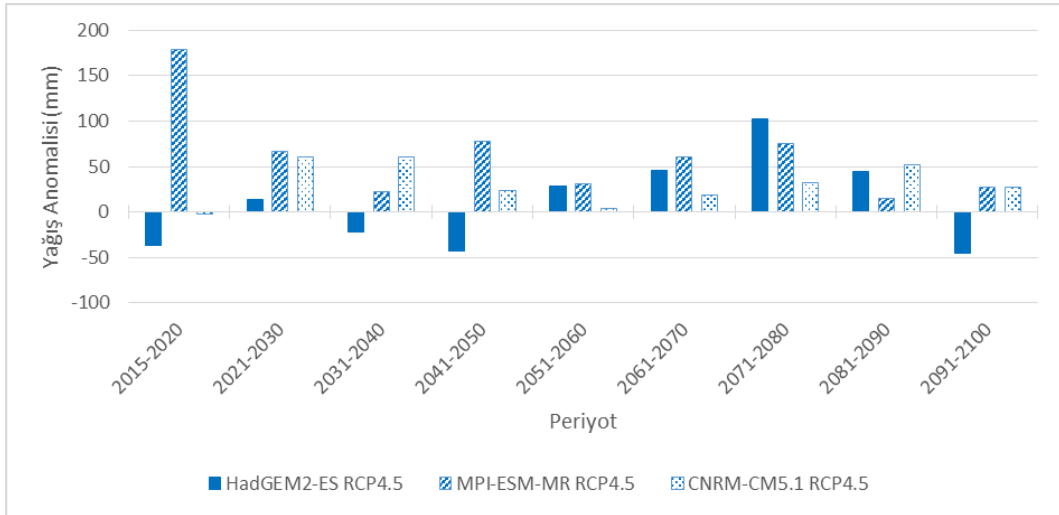
HadGEM2-ES modeli ile elde edilen simülasyonlar, RCP8.5 senaryosunda fazla yağış alan yılların şiddetini arttırdığını ortaya koymaktadır. RCP4.5 senaryosuna göre en ıslak dönem 2071-2080 iken, RCP8.5 senaryosu altında HadGEM2-ES modeli toplam yağış miktarını referans dönemine göre yaklaşık 75 mm daha fazla simüle ederek, en çok yağış alan dönemin 2061-2070 olduğunu göstermektedir. Bunların yanı sıra, iki senaryoda da havzanın az yağış aldığı dönemler bulunmaktadır. MPI-ESM-MR modeline göre RCP8.5 senaryosuna göre, projeksiyon periyodunun çoğu döneminde toplam yağış miktarlarında RCP4.5 senaryo sonuçlarına kıyasla daha ciddi miktarda artış yaşanacağı tahmin edilmektedir. Dönemsel olarak bakıldığında, RCP4.5 senaryosu altında yaklaşık 180 mm ile en yüksek yağışların beklendiği 2015-2020 periyodu iken; RCP8.5 senaryosunda en ciddi yağışların 200 mm ile yine aynı periyotta düşeceği öngörülmektedir. CNRM-CM5.1 model sonuçlarına göre havzada her iki RCP4.5 ve RCP8.5 senaryoda da MPI-ESM-MR modelinde olduğu gibi projeksiyon dönemi boyunca büyük ölçüde yağış artışları öngörülmektedir. CNRM-CM5.1 modelindeki en yüksek artış değeri RCP8.5 senaryosu için 116,4 mm (%12) olarak 2031-2040 periyodu için hesaplanmıştır. Bu artan yağışların da daha çok, havzanın kuzey kıyıları ve kuzeydoğusunda meydana gelmesi beklenmektedir. Tüm model sonuçları içinde özellikle 2015-2020 döneminde referans dönemine göre %20 oranında önemli yağış artışları söz konusudur. Doğu Karadeniz Havzası'nın kuzeydoğusunun normalde de havzanın diğer bölümlerinden daha fazla yağış aldığı düşünülürse, beklenen ciddi miktardaki yağış artışlarının, bölgede sel, taşkın gibi afetleri tetikleme öngörülmektedir.



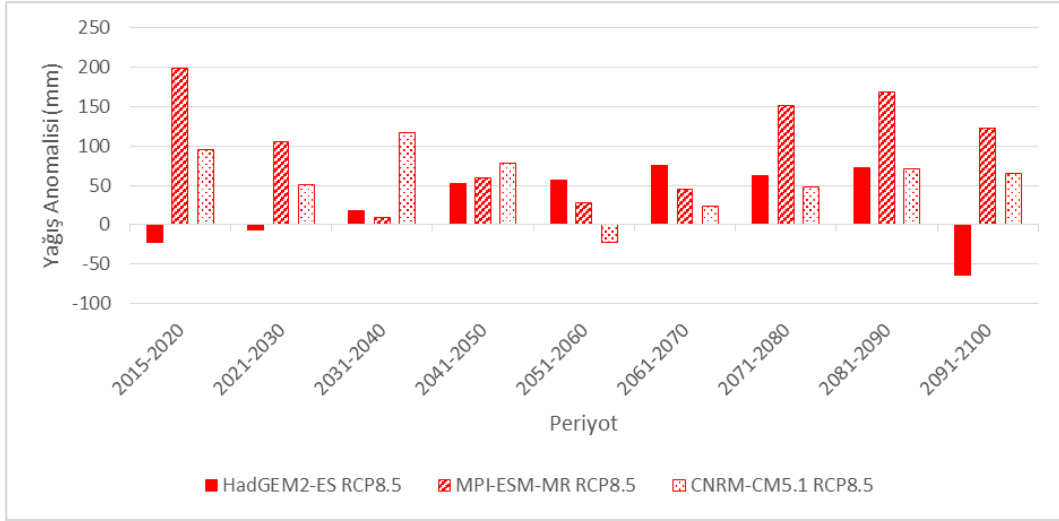
Şekil 5.145 RCP4.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Sıcaklık Anomali Değerleri-Doğu Karadeniz Havzası



Şekil 5.146 RCP8.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Sıcaklık Anomali Değerleri-Doğu Karadeniz Havzası

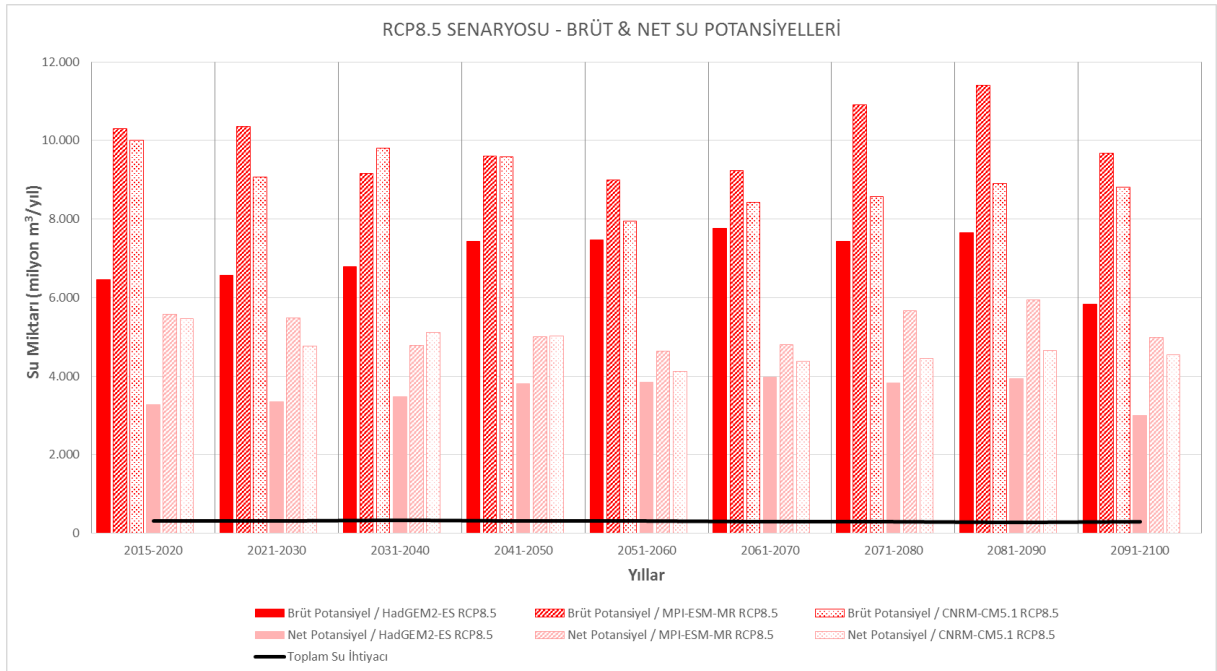
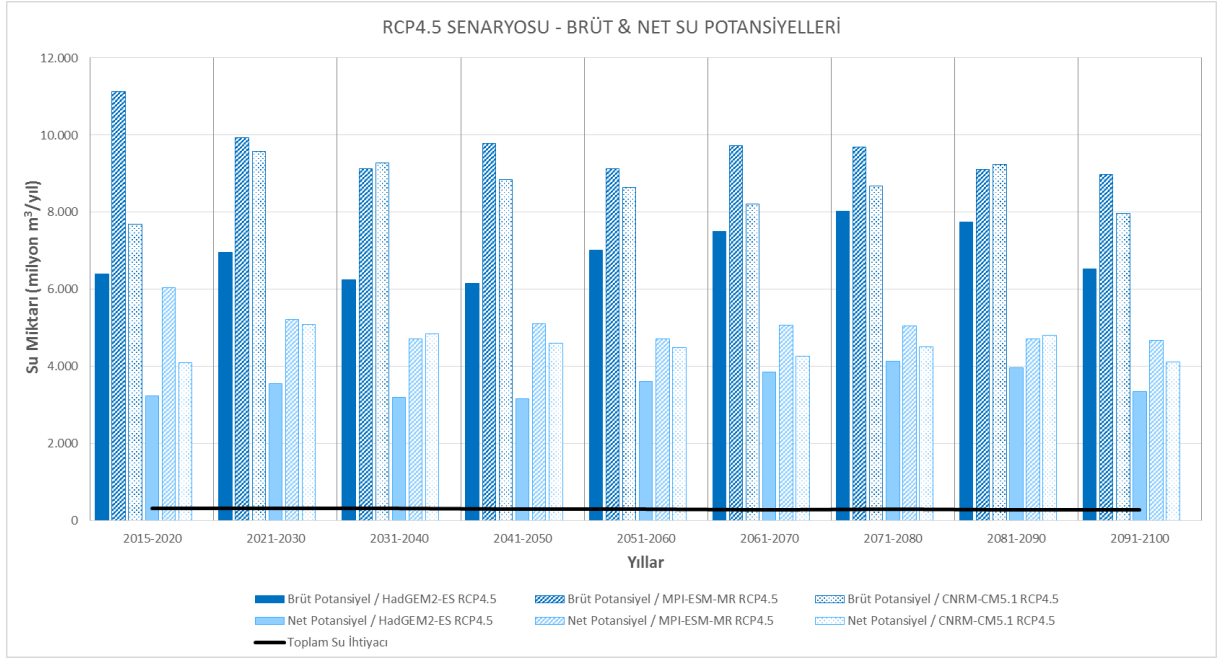


Şekil 5.147 RCP4.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Yağış Anomali Değerleri-Doğu Karadeniz Havzası



Şekil 5.148 RCP8.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Yağış Anomali Değerleri-Doğu Karadeniz Havzası

Doğu Karadeniz Havzasında, kıyıya yakın ve sınırlı alanda gözlenen yağış artışları, hidrolojik model ölçeğinde iklim anomali haritalarındaki mertebede bir etki yaratmamakta ve böylelikle havza genelinde su potansiyelinde referans dönemine göre artış gözlenmemektedir. HadGEM2-ES modeli modeller arasındaki en düşük su potansiyellerini tahmin ederken MPI-ESM-MR modeli daha yüksek sonuçlar üretmiştir. Şekil 5.149 ve Şekil 5.150 ile havza için hesaplanan toplam brüt ve net su potansiyellerindeki değişim, modellerin RCP4.5 ve RCP8.5 senaryoları bazında verilmiştir. Doğu Karadeniz Havzası'nda toplam su ihtiyacının neredeyse tamamı içme kullanma suyu olduğu, diğer sektörlerin ihtiyaçlarının çok düşük seyrettiği projeksiyon dönemi boyunca su ihtiyacının tüm modeller ve senaryo sonuçlarına göre rahatlıkla sağlanacağı tahmin edilmektedir. Her iki senaryo için üretilmiş olan model sonuçları tüm dönemlerde toplam su ihtiyacı değerlerinin önemli ölçüde üzerinde seyretmektedir. Görüldüğü üzere her iki senaryo için üretilmiş olan model sonuçları tüm dönemlerde toplam su ihtiyacı değerlerinin önemli ölçüde üzerinde seyretmektedir. Bu durum havzada su sıkıntısının yaşanmayacağına önemli bir işaretidir.



Yapılan hidrojeolojik değerlendirmede havzada tüm rezerv türlerinde kayda değer bir değişim beklenmemektedir. Yapılan hesaplamalara göre havzada değişim beklenmemesine rağmen pratikte bunun pek mümkün olmayacağı düşünülmektedir. Havzada iklim modelleri ve senaryoları bazında hesaplanan yeraltısu rezervleri için belirgin farklılıklar

öngörülmemektedir. Doğu Karadeniz Havzası için yeraltısuyu hidrojeolojik rezervi 0,015 km³ olarak belirlenmiştir. Havzadaki tek yeraltısuyu depolama ortamını şekillendiren serbest karakterli taneli ortam yarısutaşırına (akitard) ait yeraltısuyu mümkün rezervinin toplamda ancak 0,008 km³ büyüklükte bir kaynak oluşturabildiği ifade edilebilir.

Doğu Karadeniz Havzası geniş alana dağınık bir biçimde yayılmış bir havza olduğundan ve havzadaki akış birden fazla noktada denize boşaldığından, hidrolik modelleme çalışmaları ile belirlenen debi ve seviye değerlerinin havzanın tamamını temsil eder nitelikte tek bir kontrol enkesiti üzerinden değerlendirilmesi uygun olmayacaktır. Doğu Karadeniz Havzası için 28 adet çıkış noktası bulunmakta ve mansap niteliğindeki bu akarsu kolları Karadeniz'de son bulmaktadır. Doğu Karadeniz Havzası'nda her üç iklim modeli ve senaryoları için uygulanan Hec-RAS modeli sonuçlarına göre elde edilen debi süreklilik çizgileri 30 yıllık zaman dilimleri bazında değerlendirilmiştir. Havzayı temsil eden kontrol noktaları genel olarak değerlendirildiğinde her iki senaryo için de projeksiyon dönemi boyunca tüm modellerin referans değerinin altında sonuçlar vermektedir. Modeller arasında HadGEM2-ES modeli sonuçlarının en olumsuz durumu yansıttığı, MPI-ESM-MR ve CNRM-CM5.1 modellerinin ise nispeten daha olumlu sonuçlar verdiği söylenebilir.

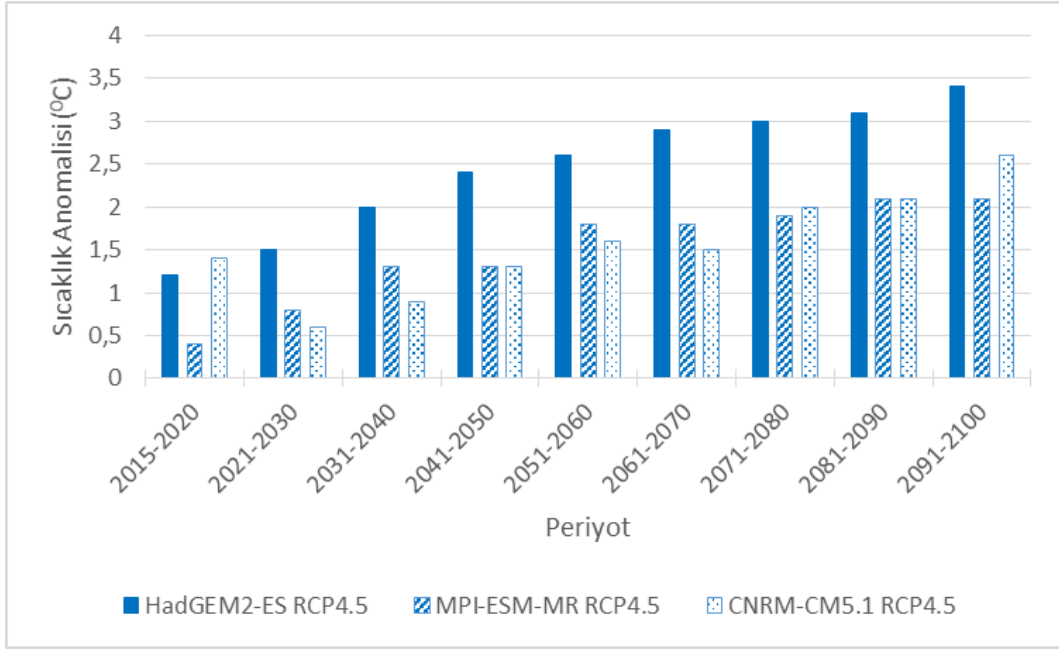
Doğu Karadeniz Havzası için iklim projeksiyonlarından elde edilen sonuçlara göre projeksiyon dönemi boyunca sıcaklıkların artması bu havzada görülen iklim değişikliği etkisi sonucunda ise yağışların da pozitif anomali sergilemesi beklenmektedir. Havzadaki toplam su ihtiyacını rahatlıkla karşılanabilmekte ve projeksiyon dönemi boyunca su açığı oluşmamaktadır. Havzada yeraltı suyu potansiyelinin de projeksiyon dönemi başlangıcından itibaren genel olarak azalacağı öngörülmekle birlikte havzanın birim alanındaki yeraltı suyu mümkün rezervinin de Türkiye ortalamasının oldukça altında olduğu görülmektedir.

5.23 Çoruh Havzası

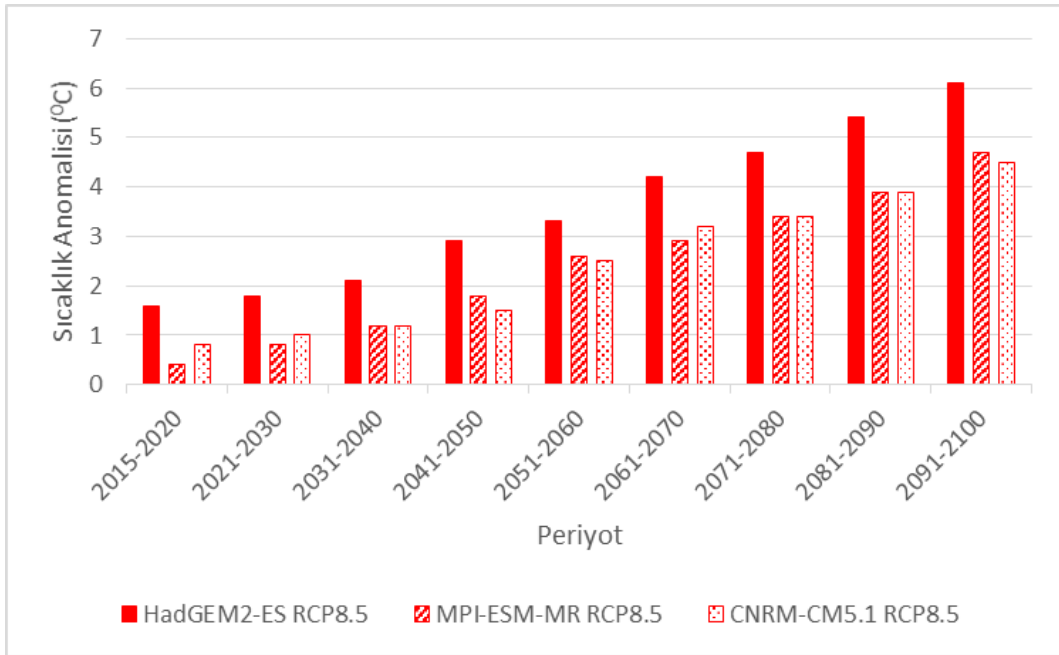
Başlıca akarsuları Çoruh Nehri ve yan kolları olan Çoruh Havzası'na ait referans dönem ortalama sıcaklık değerleri 6-13°C arasında değişmekte ve özellikle havzanın doğu kesimlerinde sıcaklıkların düştüğü gözlenmektedir. Şekil 5.151 ve Şekil 5.152 ile havzada beklenen sıcaklık anomali değerlerinin değişimi 10 yıllar bazında her üç model ve iki senaryo için verilmiştir. İklim projeksiyonları sonuçlarına göre Çoruh Havzası'nda referans dönemine göre RCP4.5 ve RCP8.5 senaryoları için projeksiyon dönemi sonunda en yüksek sıcaklık artışı HadGEM2-ES modeli ile ortaya çıkmaktadır. MPI-ESM-MR ve CNRM-CM5.1 modellerinin her iki senaryoya dayalı sonuçlarının birbirine daha yakın olduğu görülmektedir. HadGEM2-ES modelinde RCP4.5 senaryosunda havzada sıcaklık artışı 2030 yılından

itibaren öngörülürken, MPI-ESM-MR modelinde 2070 ve CNRM-CM5.1 modelinde ise 2080 yılından sonra artış öngörülmektedir. RCP8.5 senaryosunda ise belirgin bir sıcaklık artışı HadGEM2-ES modelinde 2030 yılında, MPI-ESM-MR modelinde 2050, CNRM-CM5.1 modelinde ise 2050 yılından sonra öngörülmektedir. Tüm model sonuçlarına göre havzadaki sıcaklık artışları 0,4 ile 6,1 arasında değişmekte olup, en yüksek sıcaklık artışlarının projeksiyon sonunda yaşanması beklenmektedir.

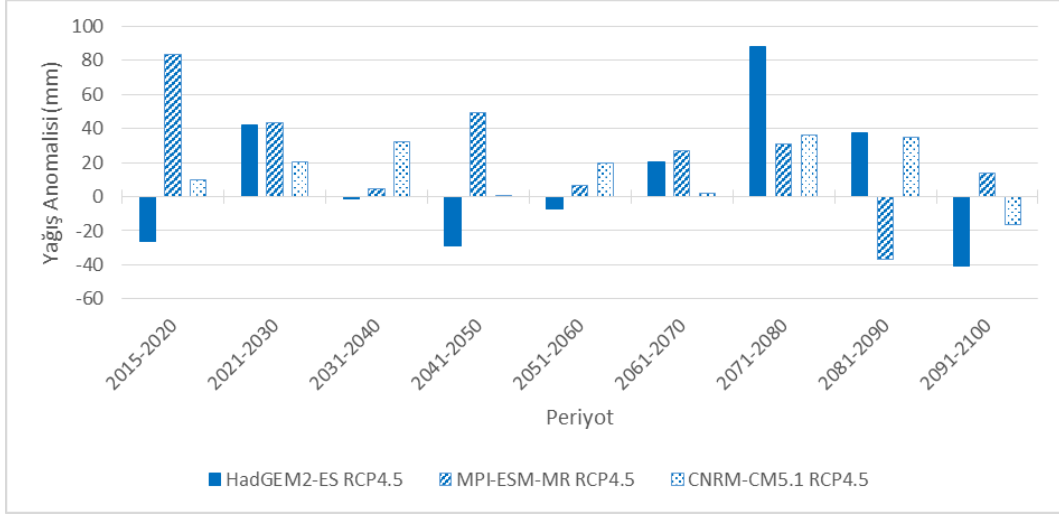
Toplam yağış değerleri için referans dönem sonuçlarına göre, havzanın güney iç kesimlerinde değerlerin 500 mm civarında olduğu ve kuzeye doğru gidildikçe aratarak 1500 mm'nin üzerine ulaştığı gözlenmektedir. Şekil 5.153 ve Şekil 5.154 ile havzada beklenen yağış anomali değerlerindeki değişimler 10 yıllar bazında her üç model ve iki senaryo için verilmiştir. Toplam yağış değerlerinde tüm modeller için beklenen değişimler, genel olarak değerlendirildiğinde her iki senaryo sonucuna göre de 85 yıllık projeksiyon süresince havzada özellikle kuzey bölgelerde yağış artışları öngörülmektedir. Yalnızca, HadGEM2-ES modelinde RCP8.5 senaryosuna dayalı sonuçlarına göre projeksiyon döneminin sonlarında yağış azalışlarının dolayısı ile kurak bir dönemin havzada etkili olması beklenmektedir. Havzada en yüksek yağış artışları MPI-ESM-MR modeli ile öngörülmektedir. RCP8.5 senaryosu altında CNRM-CM5.1 modeli ve MPI-ESM-MR modeli 2050'li yıllarda referans değerlerine en yakın sonuçları üretmektedir. Tüm model sonuçları dikkate alındığında havzada genel olarak yağış artışları baskın olup projeksiyon dönemi sonunda referans dönemine göre en yüksek %10 oranı ile yağışlarda azalma söz konusudur.



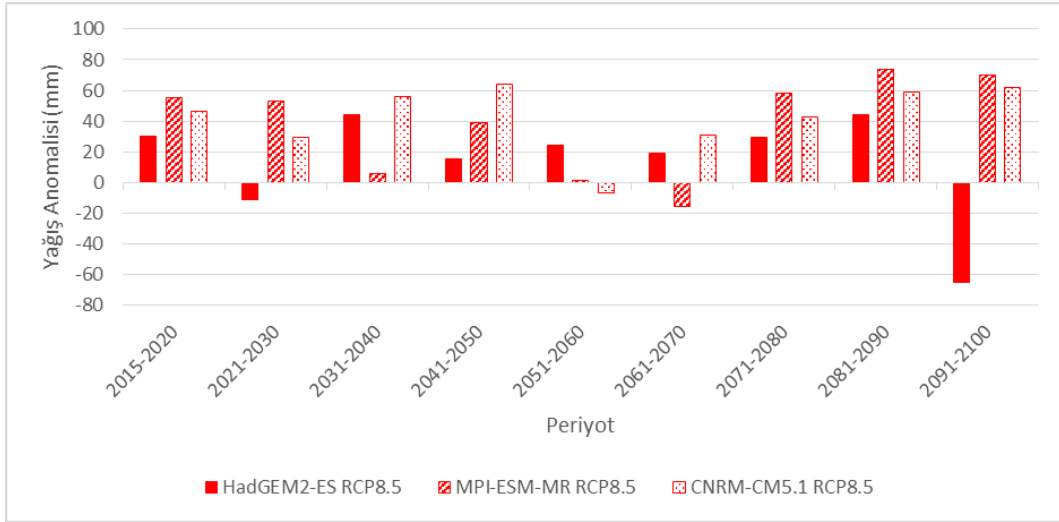
Şekil 5.151 RCP4.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Sıcaklık Anomali Değerleri-Çoruh Havzası



Şekil 5.152 RCP8.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Sıcaklık Anomali Değerleri-Çoruh Havzası



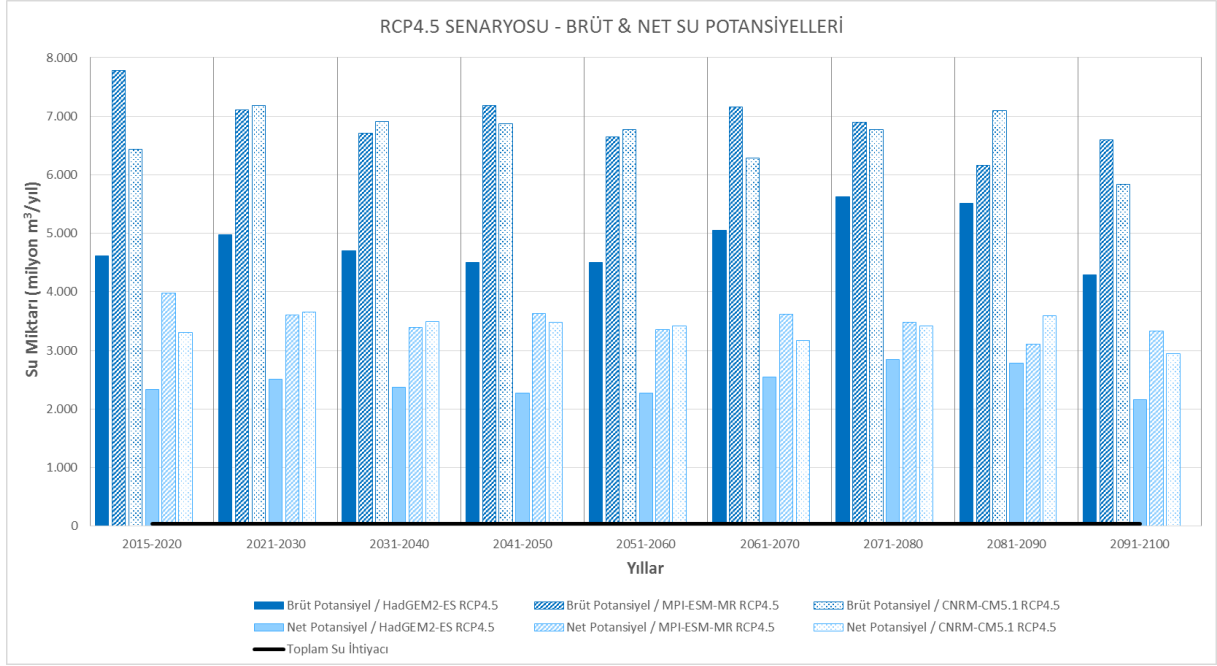
Şekil 5.153 RCP4.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Yağış Anomali Değerleri-Çoruh Havzası



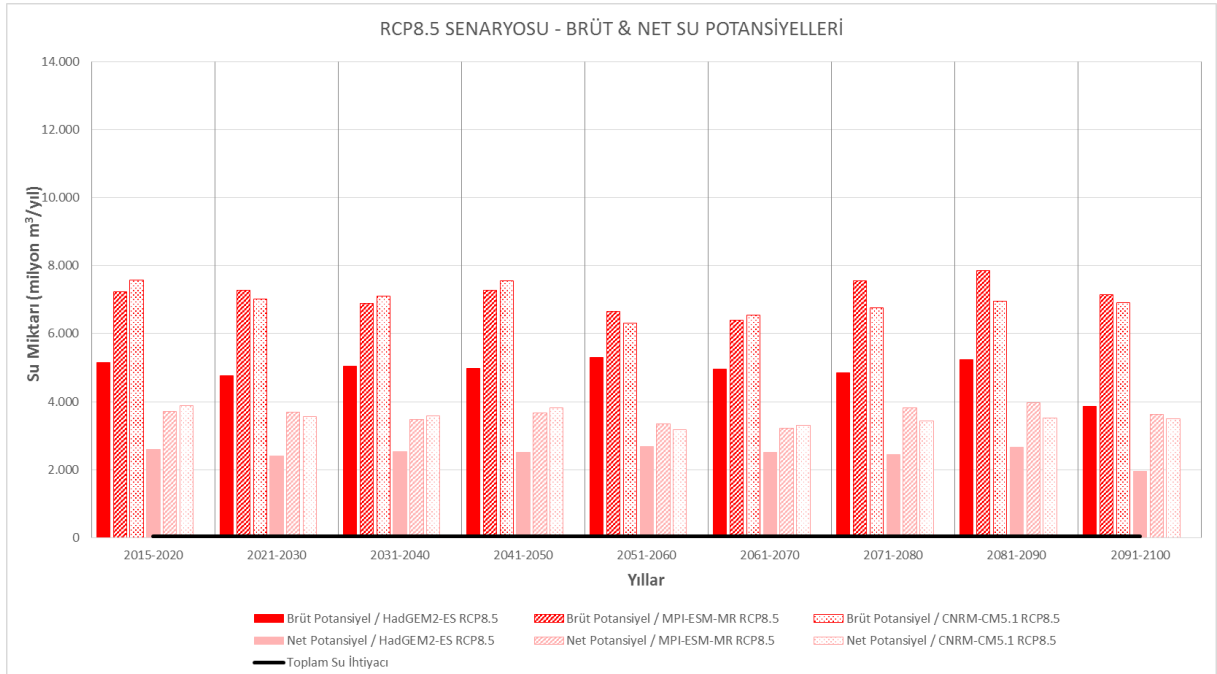
Şekil 5.154 RCP8.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Yağış Anomali Değerleri-Çoruh Havzası

Hidrolojik model sonuçlarına göre yağışlardaki değişimlere bağlı olarak havzadaki toplam kullanılabilir su rezervinde de değişimler olacağı öngörülmektedir. Buna bağlı olarak MPI-ESM-MR ve CNRM-CM5.1 modellerine göre her iki senaryo için de projeksiyon döneminin tamamında havzadaki toplam kullanılabilir su rezervinin referans dönemine göre daha yüksek olacağı öngörülmektedir. En kurak model sonuçlarını öngören HadGEM2-ES modelinde ise toplam su potansiyelleri modeller arasındaki en düşük sonuçları vermekte olup projeksiyon dönemi boyunca referans değerinin altında yer almaktadır. Toplam brüt ve net su potansiyellerindeki değişim Şekil 5.155 ve Şekil 5.156 ile verilmiştir. Çoruh Havzası'nda göreceli olarak diğer havzalardan farklı olarak toplam su ihtiyacının çok düşük olduğu ve neredeyse tamamının içme kullanma ve sulama suyundan meydana geldiği, dolayısıyla

projeksiyon dönemi boyunca su ihtiyacının tüm modeller ve senaryo sonuçlarına göre rahatlıkla sağlanacağı görülmektedir. Sonuç olarak tüm model ve her iki senaryo sonuçları tüm dönemlerde toplam su ihtiyacı değerlerinin önemli ölçüde üzerinde seyretmektedir.



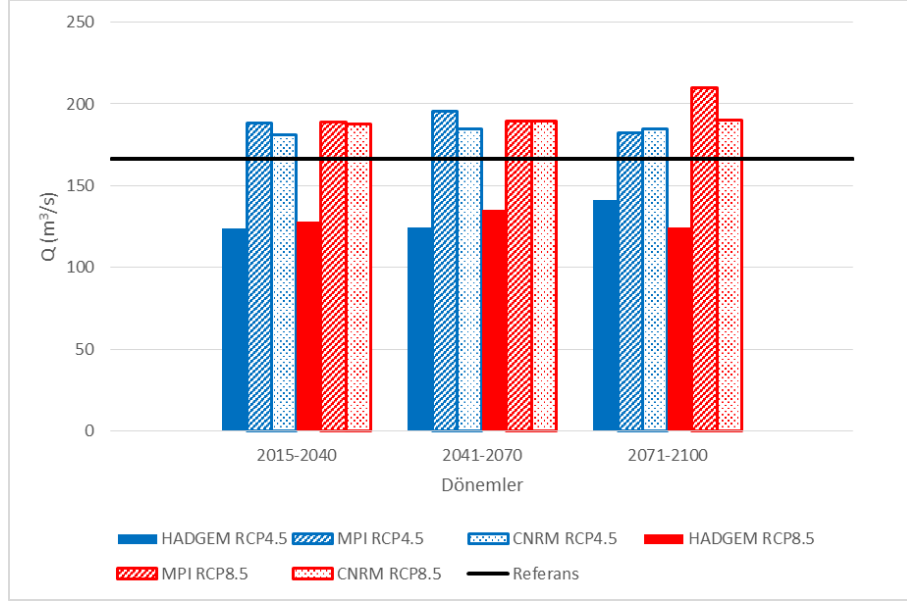
Şekil 5.155 Çoruh Havzası için İklim Projeksiyonları RCP4.5 Senaryosuna göre Brüt ve Net Su Potansiyellerinin Karşılaştırılması



Şekil 5.156 Çoruh Havzası için İklim Projeksiyonları RCP8.5 Senaryosuna göre Brüt ve Net Su Potansiyellerinin Karşılaştırılması

Yapılan hidrojeolojik değerlendirmede en büyük oransal azalımların HadGEM2-ES modeli RCP4.5 ve RCP8.5 senaryoları haricinde maksimum %24 oranı ile iklim koşullarının yıl bazında doğrudan etkilediği dinamik rezerv değerlerinde ortaya çıktığı görülmektedir. Havzanın yeraltısuyu statik rezervinin ise iklim değişikliğinden %0-2 gibi çok düşük bir oranda etkilendiği görülmüştür. Ayrıca, havzadaki yeraltısuyu hidrojeolojik ve mümkün rezervlerinin, değişik iklim modelleri-senaryoları çerçevesinde sırasıyla %0–5 ve %0-7 oranında azalacağı tahmin edilmektedir. Yüzyılın sonunda en olumlu iklim modeli–senaryosu gerçekteştiğinde dinamik, hidrojeolojik ve mümkün rezerv varlıklarında azalma olmaması beklenmektedir. Çoruh Havzası için yeraltısuyu hidrojeolojik rezervi 1,0 km³ olarak belirlenmiştir. Havzada yer alan tüm serbest karakterdeki taneli-kaya ortam sutaşlırlarına (akifer)-yarısutaşlırlarına (akitard) ait yeraltısuyu mümkün rezervinin toplamda 0,7 km³ büyüklükte bir kaynak oluşturduğu ifade edilebilir.

Hidrolik model çalışmasının genel değerlendirmesini yapabilmek amacıyla, Çoruh Nehri'nin mansabını ifade eden noktada 85 yıllık projeksiyon dönemi için üç farklı iklim modeli sonuçlarına göre üretilen ortalama akım değerleri incelenmiş ve Şekil 5.157 ile verilmiştir. Her iki senaryo sonuçlarına göre tüm dönemlerde HadGEM2-ES modeli referans değerin altında, MPI-ESM-MR ve CNRM-CM5.1 modelleri ise referans değerin oldukça üzerinde sonuçlar vermektedir. Model sonuçlarına göre tüm dönemlerde HadGEM2-ES modeli en düşük akım değerlerini öngörmekte olup debi değerleri açısından en olumsuz durumu temsil etmektedir. MPI-ESM-MR modeli projeksiyon dönemi sonunda en yüksek akım değerlerini üreterek en iyi durumu ifade etmektedir. Tüm model sonuçları değerlendirildiğinde ortalama akımların referans dönemine göre en fazla %25 oranında düşeceği söylenebilir.



Şekil 5.157 Çoruh Nehri Mansabı 30'ar Yıllık Projeksiyon Dönemleri için Elde Edilen Ortalama Debi Değerleri

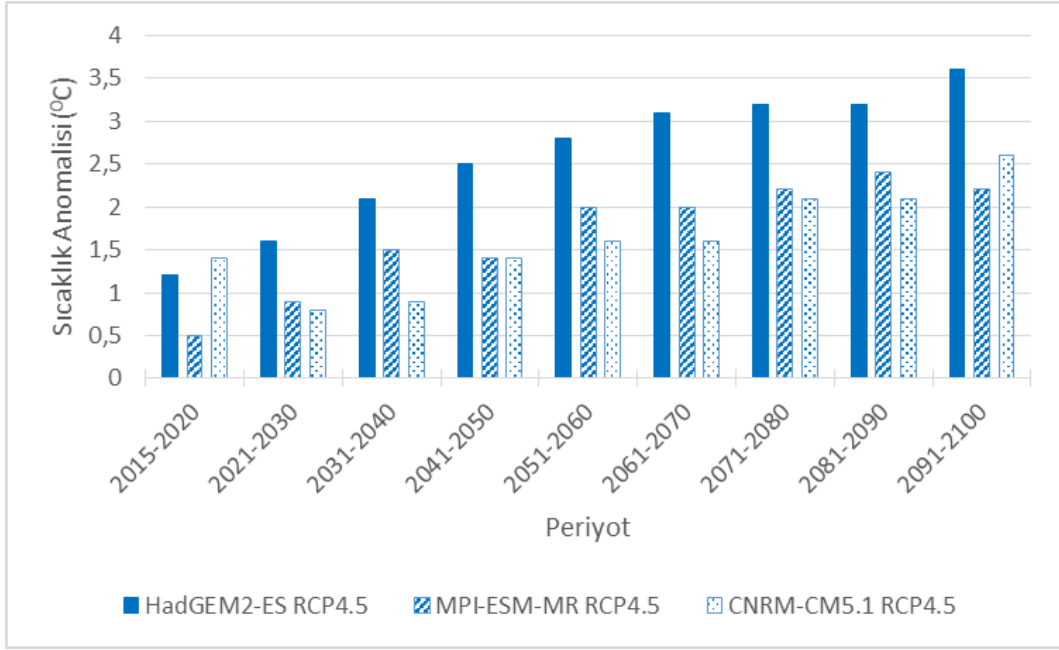
Çoruh Havzası için iklim projeksiyonlarından elde edilen sonuçlara göre projeksiyon dönemi boyunca sıcaklıkların artması ve yağışların da pozitif anomali sergilemesi beklenmektedir. İklim değişikliğinin etkisi olarak havzadaki toplam su potansiyeli de projeksiyon dönemi boyunca artma eğilimi sergilemesi beklenmektedir. Çoruh Havzası'nın toplam su ihtiyacı rahatlıkla karşılanabilmekte ve projeksiyon dönemi boyunca su açığı oluşmamaktadır. Havzada yeraltı suyu potansiyelinin de projeksiyon dönemi başlangıcından itibaren genel olarak azalacağı öngörülmekle birlikte havzanın birim alanındaki yeraltı suyu mümkün rezervinin de Türkiye ortalamasının oldukça altında olduğu görülmektedir.

5.24 Aras Havzası

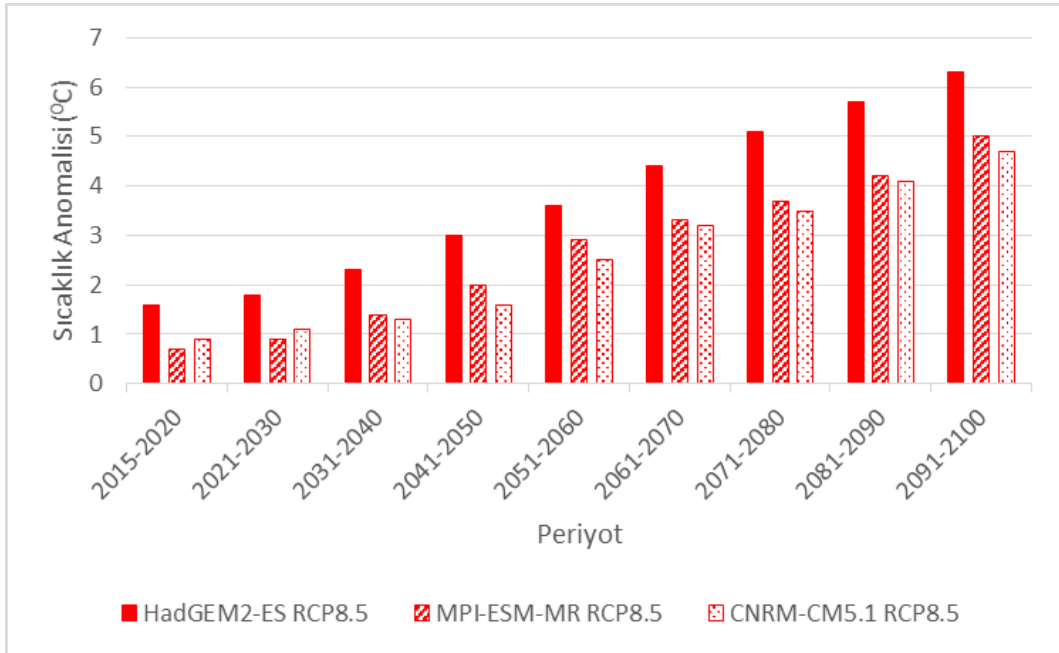
Anadolu'nun kuzey doğusunda yer alan, Aras Nehri, Kura Nehri, Kars Çayı ve Arpaçay Akarsuları'nın Türkiye sınırları içinde kalan yağış alanları grubundan oluşan Aras Havzası'na ait referans periyodu ortalama sıcaklık değerleri havzanın genelinde 6°C'nin altında iken, güneydoğu ve güneybatısında sıcaklık değerleri daha yüksek olup 12°C'lere kadar yükselmektedir. Şekil 5.158 ve Şekil 5.159 ile Aras Havzası sıcaklık anomali değerlerinin 10 yıllık değişimleri her üç model ve iki senaryo için verilmiştir. Aras Havzası için HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR ve CNRM-CM51 modellerinin sıcaklık sonuçları genel olarak incelendiğinde, her iki senaryoda da yüzyıl boyunca referans periyoduna göre artış gerçekleşeceği, bununla birlikte daha yüksek emisyon değerine sahip RCP8.5 senaryosunda sıcaklık artışının daha yüksek değerde olacağı tahmin edilmektedir. Üç yer sistem modelinde de iki RCP senaryosunun simülasyonları arasındaki fark yüzyıl ortasından sonra açılmaya

başlamaktadır. HadGEM2-ES modeli her iki senaryo için de yüzyıl sonuna doğru Aras Havzası'nın güneydoğu bölgesinin biraz daha fazla ısınacağını öngörmekte olup, RCP8.5 senaryosunda son otuz yıllık sürede çok büyük artış göstermekte ve projeksiyon dönemi sonundaki 10'ar yıllık periyotta 6,3°C'lere ulaşmaktadır. Diğer yandan RCP4.5 senaryosunda MPI-ESM-MR ve CNRM-CM5.1 modelleri birbirine yakın tahminler üretmekte ve RCP8.5 senaryosu altında MPI-ESM-MR modeli 5°C'ye çıkan sıcaklık farkları ile öne çıkmaktadır. Tüm model sonuçları göz önünde bulundurulduğunda projeksiyon dönemi boyunca havzadaki sıcaklık artışlarının 0,5°C ile 6,3°C arasında değişmesi beklenmektedir.

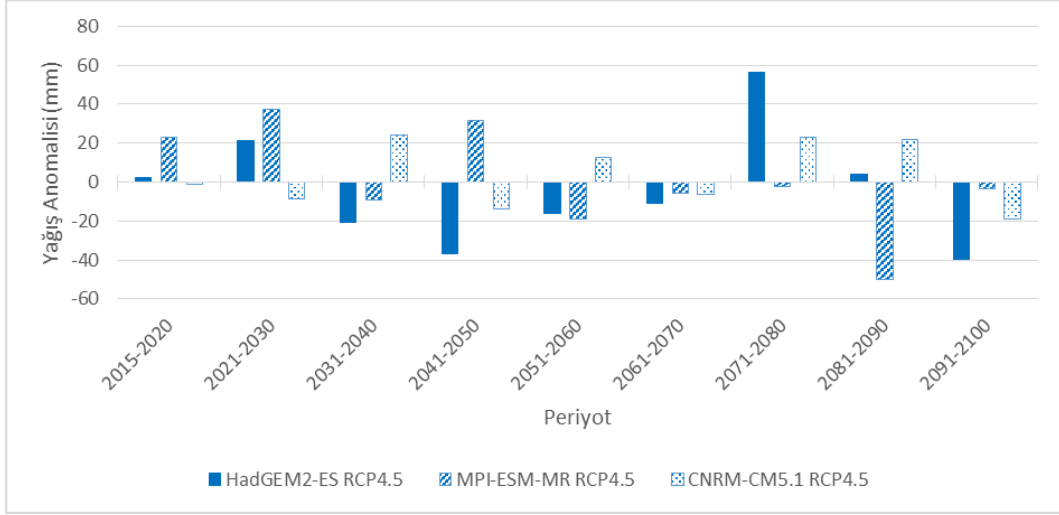
Referans periyoduna göre havza, genel olarak 500 mm civarında yağış almaktadır. Ancak havzanın güneydoğusunda bu değerler 300 mm'ye kadar düşmektedir. Şekil 5.160 ve Şekil 5.161 ile havzada beklenen yağış anomali projeksiyonları üç model ve iki senaryo bazında verilmiştir. Modeller yağış sonuçları açısından değerlendirildiğinde, her iki senaryoda da Aras Havzası'na yüzyıl ortasından itibaren çoğunlukla yağış azalmalarının hakim olacağı görülmektedir. HadGEM2-ES modeli RCP4.5 senaryosu altında RCP8.5 senaryosundan daha yüksek yağışlar ürettiği söylenebilmektedir. Model RCP8.5 senaryosu altında, 2040 yılından sonrasında genellikle azalan yağışların etkisi altında kalmakta, RCP4.5 senaryosunda ise yaklaşık 40 mm ile en yüksek yağış düşüşü meydana gelmektedir. RCP8.5 senaryosuna dayalı MPI-ESM-MR modeli, diğer senaryo sonuçlarıyla kıyaslandığında biraz daha şiddetli yağış azalmaları ve artışları ürettiği görülmektedir. RCP4.5 senaryosunda -50 mm'lik anomali değeriyle en kurak geçmesi beklenen dönemin 2081-2090 olacağı tahmin edilirken, RCP8.5 senaryosu altında 40 mm'yi aşan azalma ile 2060'lı yılların olması beklenmektedir. CNRM-CM5.1 RCP4.5 ve RCP8.5 senaryoları için de referans periyoduna göre yağış rejimindeki değişimlerin düşük seviyelerde kalacağı ve yıllar bazında yağış artışlarının baskın olacağı öngörülmektedir. Genel olarak her üç küresel model için de havzanın batı kesimlerinde artışların, doğu kesiminde ise azalma değerlerinin baskın olacağı tahmin edilmektedir. Tüm model sonuçları dikkate alındığında yağışların en fazla 2091-2100 döneminde referans dönemine göre %13 oranında azalacağı söylenebilir.



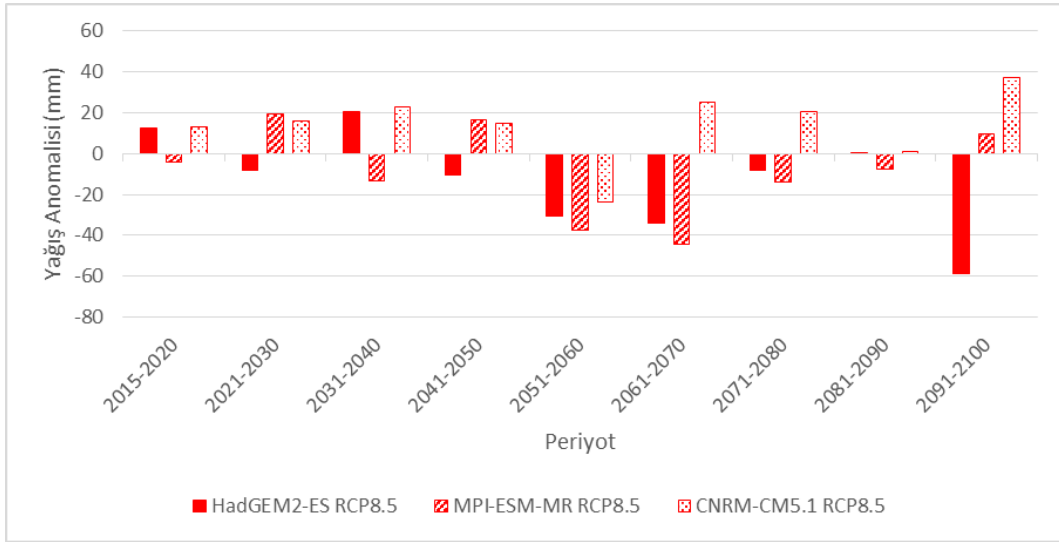
Şekil 5.158 RCP4.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Sıcaklık Anomali Değerleri- Aras Havzası



Şekil 5.159 RCP8.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Sıcaklık Anomali Değerleri- Aras Havzası



Şekil 5.160 RCP4.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Yağış Anomali Değerleri- Aras Havzası

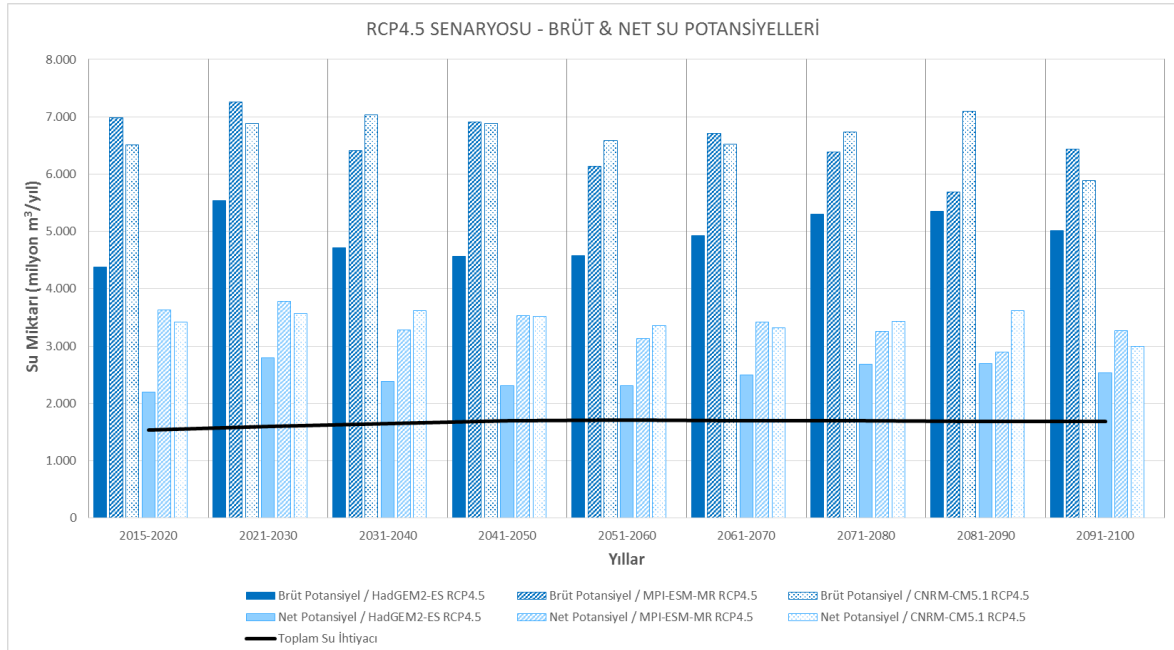


Şekil 5.161 RCP8.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Yağış Anomali Değerleri- Aras Havzası

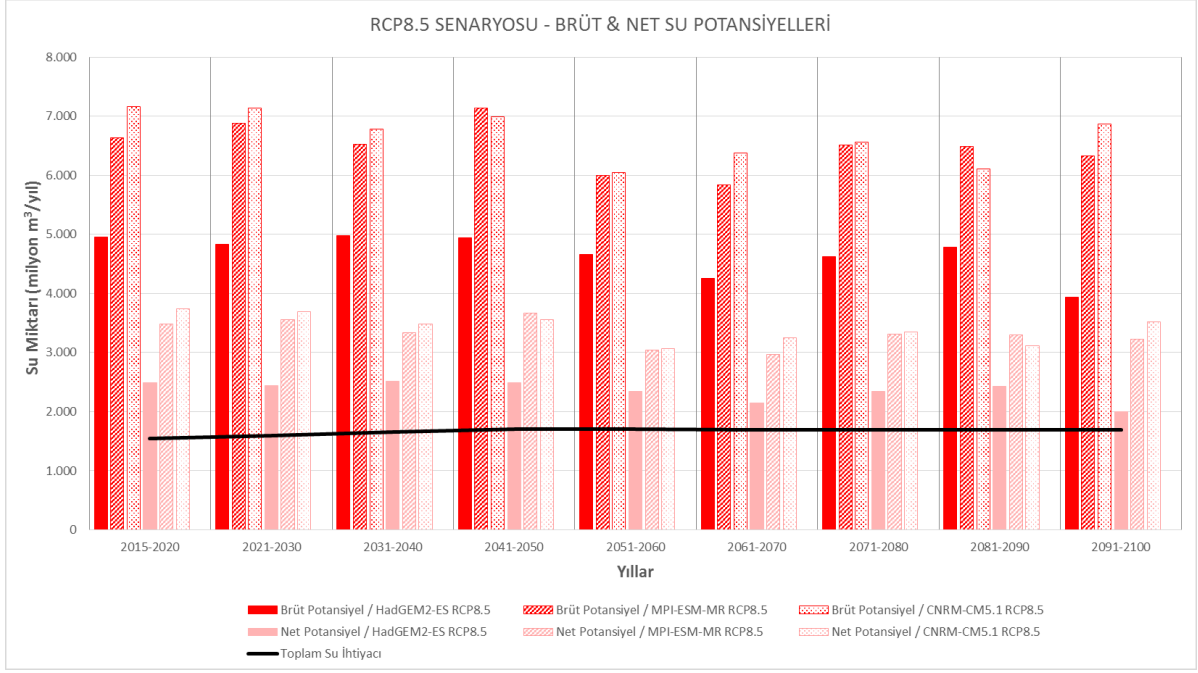
Aras Havzası özelinde, tüm model sonuçları dikkate alındığında simülasyon dönemi boyunca gerek konumsal gerek zamansal ölçekte, hem yağış azalmaları hem de yağış artışları görülmektedir. Havzanın su potansiyelinde ise modeller arasında önemli farklılıklar göze çarpmakta olup, HadGEM2-ES modeli sonuçlarında önemli bir değişiklik görülmezken, diğer iki modelde yüzyılın sonuna doğru %50'lere varan oranlarda artış olması projekte edilmektedir. Yağışlarda önemli değişikliğin beklenmediği bir havzada böylesi büyük oranda potansiyel artışı beklenmesi şöyle açıklanabilir. Hidrolojik model, evapotranspirasyon, buharlaşma, yeraltı suyu beslenmesi gibi çeşitli su bütçesi bileşenlerini içermektedir. Buna göre, örneğin yağış artışıyla oluşacak su girdisi sıcaklık artışı etkisiyle meydana gelecek buharlaşma kayıplarına nazaran daha yüksek olabileceğinden, havza genelinde su

potansiyelinde referans dönemine nazaran artışlar gözlenebilmektedir. Ayrıca, hidrolojik model sonuçları uzun dönem ve havza geneli ortalamalar üzerinden değerlendirildiğinden, muhtemel ekstrem değerler sönümlenmektedir. Öte yandan, iklim parametrelerinin etkileri hidrolojik döngü üzerinde aynı zaman diliminde gözlenmeyebilir. Son olarak, havzanın sınır oluşturan bir havza olması nedeniyle, hidrolojik modelin kurgusunda Türkiye sınırları dışındaki alt havzalar dikkate alınmadığından, model sonuçlarının havza bütününe değerlendirilmesi güçleşmektedir.

Toplam brüt ve net su potansiyellerindeki değişim, modellerin RCP4.5 ve RCP8.5 senaryoları bazında Şekil 5.162 ve Şekil 5.163 ile verilmiştir. Havzada önemli bir kısmını sulama suyunun oluşturduğu toplam su ihtiyacının tüm modeller ve senaryo sonuçlarına göre rahatlıkla sağlanacağı görülmektedir. HadGEM2-ES modeli en düşük su miktarı sonuçlarını üretirken, MPI-ESM-MR ve CNRM-CM5.1 modelleri daha yüksek su miktarını tahmin etmekte ve projeksiyon dönemi boyunca birbirine yakın değerlerde seyretmektedir. Tüm sonuçlar 2100 yılına kadar Aras Havzası'nda toplam su ihtiyacının kolaylıkla karşılanabileceğini işaret etmektedir.



Şekil 5.162 Aras Havzası için İklim Projeksiyonları RCP4.5 Senaryosuna göre Brüt ve Net Su Potansiyellerinin Karşılaştırılması

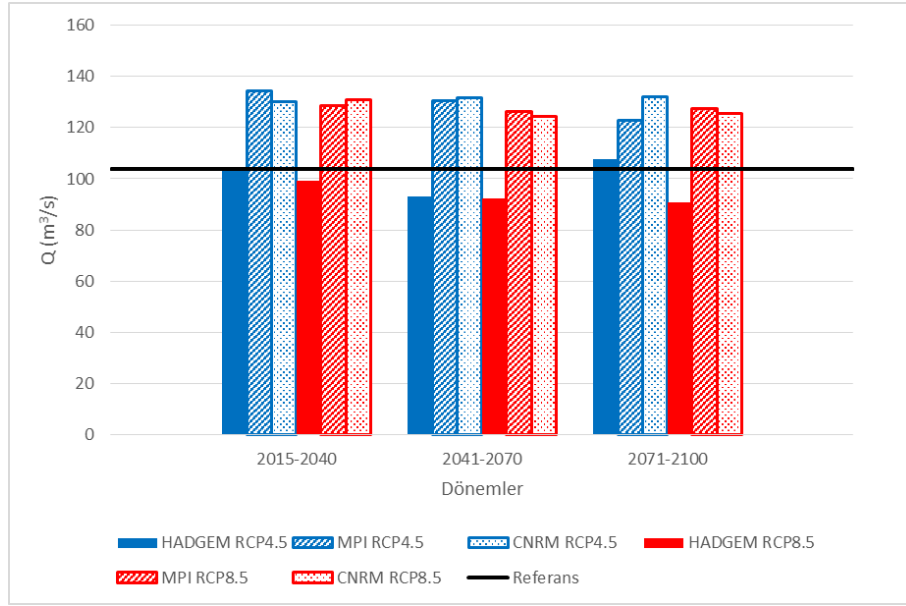


Şekil 5.163 Aras Havzası için İklim Projeksiyonları RCP8.5 Senaryosuna göre Brüt ve Net Su Potansiyellerinin Karşılaştırılması

Yapılan hidrojeolojik değerlendirmede en büyük oransal azalmaların CNRM-CM5.1 modeli modeli RCP4.5 senaryosunda maksimum %39 oranı ile iklim koşullarının yıl bazında doğrudan etkilediği dinamik rezerv değerlerinde ortaya çıktığı görülmektedir. Havzanın yeraltısuyu statik rezervinin ise iklim değişikliğinden %3 oranında etkilendiği görülmüştür. Ayrıca bu durum havzadaki yeraltısuyu hidrojeolojik ve mümkün rezervlerinin, değişik iklim modelleri-senaryoları çerçevesinde sırasıyla %8 ve %12-13 oranında azalacağı tahmin edilmektedir. Yüzyılın sonunda en olumlu iklim modeli-senaryosu gerçekleştiğinde hidrojeolojik ve mümkün rezerv varlıklarında sırasıyla %8 ve %12 oranında azalma olması beklenmektedir. Yeraltısuyu hidrojeolojik rezervi 21 km³ olarak belirlenmiştir. Havzada yer alan tüm serbest-basınçlı karakterdeki taneli-kaya ortam sutaşlılarına (akifer)-yarısutaşlılarına (akitard) ait yeraltısuyu mümkün rezervinin ise, toplamda 14 km³ büyüklükte bir kaynak oluşturduğu ifade edilebilir.

Hidrolik modelleme çalışmaları kapsamında elde edilen debi değerlerinin genel değerlendirmesini yapmak amacıyla havzanın mansabını ifade eden noktada 85 yıllık projeksiyon dönemi için üç farklı iklim modeli sonuçlarına göre üretilen akım değerlerinin ortalamaları Şekil 5.164 ile verilmiştir. Buna göre, her iki senaryo sonucunda da MPI-ESM-MR ve CNRM-CM5.1 modelleri akım değerlerinin projeksiyon dönemi boyunca referans dönemin üzerinde seyrettiği görülmektedir. Bununla birlikte HadGEM2-ES modelinin debi değerleri RCP8.5 senaryosu için referans dönemin sürekli altında kalırken, RCP4.5

senaryosu için zaman zaman referans dönemine ulaşabilmektedir. Aras Havzası'nda HadGEM2-ES modelinin olumsuz durumu temsil ettiği diğer iki modelin ise referans dönemin üzerinde ve birbirine yakın sonuçlar üretmesi açısından daha tutarlı bir durum sergilediği söylenebilir. Tüm model sonuçları dikkate alındığında ortalama akımlarda en fazla %13'lere varan azalmalar olacağı söylenebilir.



Şekil 5.164 Aras Nehri Mansabı 30'ar Yıllık Projeksiyon Dönemleri için Elde Edilen Ortalama Debi Değerler

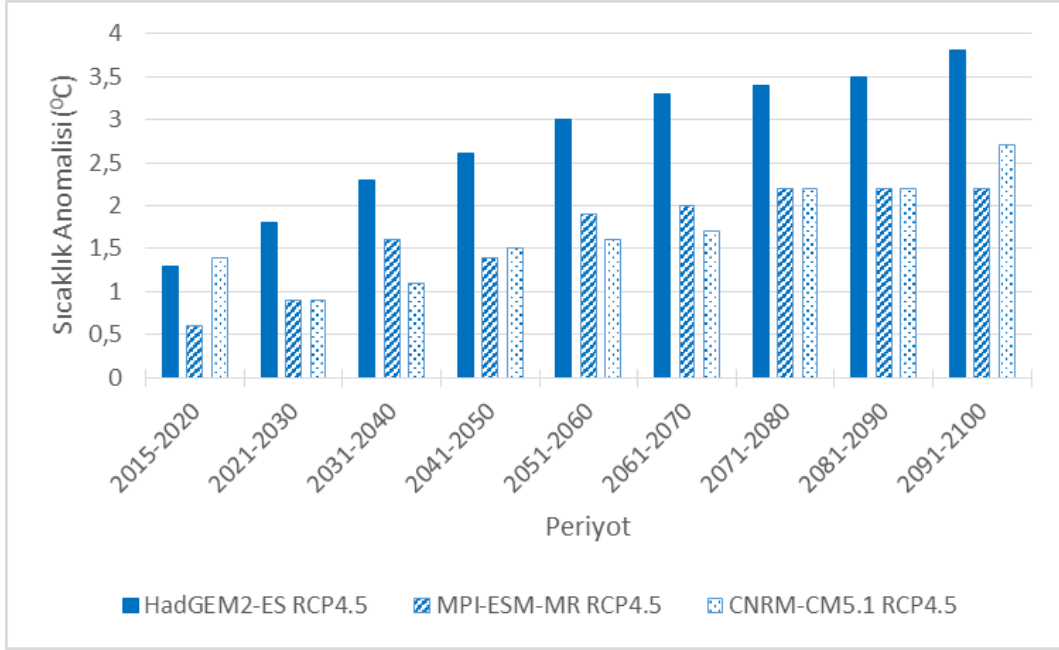
Aras Havzası için elde edilen sonuçlar, projeksiyon dönemi boyunca sıcaklık değerlerinin artma eğiliminde olacağını, yağış rejiminde önemli düşüşler gerçekleşeceğini göstermektedir. Buna rağmen, projeksiyon dönemi boyunca su potansiyelinde artış beklenmekte, havzanın su ihtiyacının kolaylıkla karşılanabileceği görülmektedir. Havzada yeraltı suyu potansiyelinin projeksiyon dönemi başlangıcından itibaren genel olarak azalacağı öngörülmekle birlikte havzanın birim alanındaki yeraltı suyu mümkün rezervinin de Türkiye ortalamasının altında olduğu görülmektedir.

5.25 Van Gölü Havzası

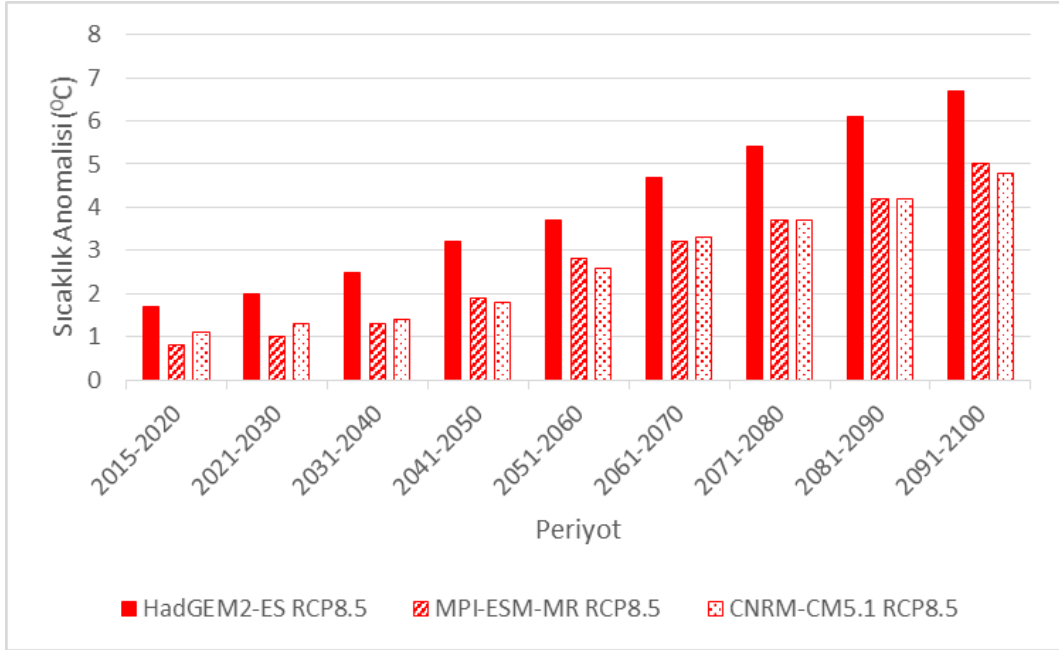
En önemli su kütlesi Van Gölü ve göle dökülen akarsu kolları olan Van Gölü Havzası'na ait referans dönemi incelendiğinde, ortalama sıcaklık değerlerinin havzanın batısında yaklaşık 10°C iken havzanın doğusuna gidildikçe 7°C'lere kadar düştüğü görülmektedir. Şekil 5.165 ve Şekil 5.166 ile havzada beklenen sıcaklık anomali değerleri değişimi her üç model ve iki senaryo sonucuna göre 10 yıllık ortalamalar bazında verilmiştir. İklim projeksiyonu

sonuçlarına göre HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR ve CNRM-CM5.1 modellerinin Van Gölü Havzası için maksimum, ortalama ve minimum sıcaklık simülasyonları incelendiğinde, RCP8.5 senaryosu altında üç modelin de daha şiddetli sıcaklık değişimleri öngördüğü ve bu değişimin genelde pozitif yönde olup havzanın bütününde ısınmaya yol açtığı ortaya çıkmaktadır. HadGEM2-ES modeli özellikle RCP8.5 senaryosu ile koşturulduğunda ortalama sıcaklık değerlerinin Van Gölü Havzası'nın tümünde lineer bir trend ile artması beklenmektedir. MPI-ESM-MR modeli daha çok CNRM-CM5.1 modeline benzer eğilimler sergilemekte ancak; son on yılda RCP8.5 senaryosunda havzanın referans dönemine kıyasla daha çok ısınacağını ileri sürmektedir. CNRM-CM5.1 modeli her iki senaryoda da projeksiyon periyodunun başından sonuna kadar olan bütün sıcaklık değişimlerini en düşük tahmin etmektedir. Tüm model sonuçları dikkate alındığında havzada 6,7°C'lere varan sıcaklık artışları söz konusudur. Bu sıcaklık artışlarının 2060 ve sonrası dönemde 3°C'nin altına düşmeyeceği ve havzanın güney kesimlerinde daha fazla gözleneceği belirlenmiştir.

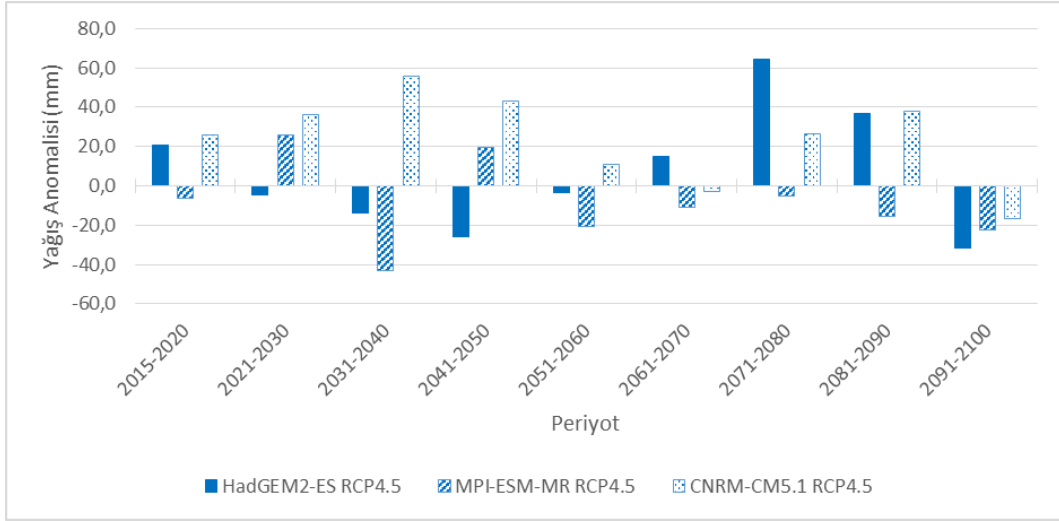
Toplam yağış açısından ise referans dönemine göre havzanın kuzeydoğu-doğu-güneydoğu şeridi havzanın batısından daha düşük miktarda yağış almakta ve ortalama toplam yağış miktarı 450 mm'lere kadar düşmektedir. Şekil 5.167 ve Şekil 5.168 ile havzada beklenen yağış anomali değişimleri her üç model ve iki senaryo sonucuna göre 10 yıllık değişimler bazında verilmiştir. Van Gölü Havzası için HadGEM2-ES modelinde her iki senaryo altında da projeksiyon dönemi boyunca yağış artışı ve düşüşlerinde net bir eğilim gözlenmemekte ve çok fazla ekstrem değer kaydedilmemektedir. Diğer bir model olan MPI-ESM-MR RCP8.5 senaryosu altında, yüzyıl ortasından sonra referans dönemiyle kıyaslandığında daha düşük miktarda yağış simüle etmektedir. Artan yağış bölgeleri havzada dönem dönem farklılık gösterse de özellikle HadGEM2-ES ve MPI-ESM-MR modellerinde ıslak olması beklenen bölgeler çoğunlukla Van Gölü'nün güney kesimleridir. CNRM-CM5.1 modelinin RCP8.5 senaryo sonuçları ise Van Gölü Havzası'nın hem RCP4.5 senaryosuna hem de diğer iki modelin RCP8.5 senaryosuna göre 2060 yılından itibaren referans dönemine kıyasla daha çok yağış alacağını işaret etmektedir. Tüm model simülasyonları için yağışta en fazla %10 azalma değerinin gözlemlendiği 10 yıllık periyot 2081-2090 periyodu olmuştur. En fazla artış değeri ise %11 olup, HadGEM2-ES modeli RCP4.5 senaryosu için 2071-2080 periyodunda hesaplanmıştır. Model sonuçları genel olarak değerlendirildiğinde, havzada farklı periyotlarda artış ve azalma eğilimlerinin beklendiği, ancak yağış artış beklentisinin daha fazla olduğu, yağıştaki artışların havzanın Van Gölü'ne yakın ve güney kesimlerinde artarken, havzanın kuzey kesimlerinde bir miktar yağış eksikliği beklentisinin hesaplandığı belirlenmiştir.



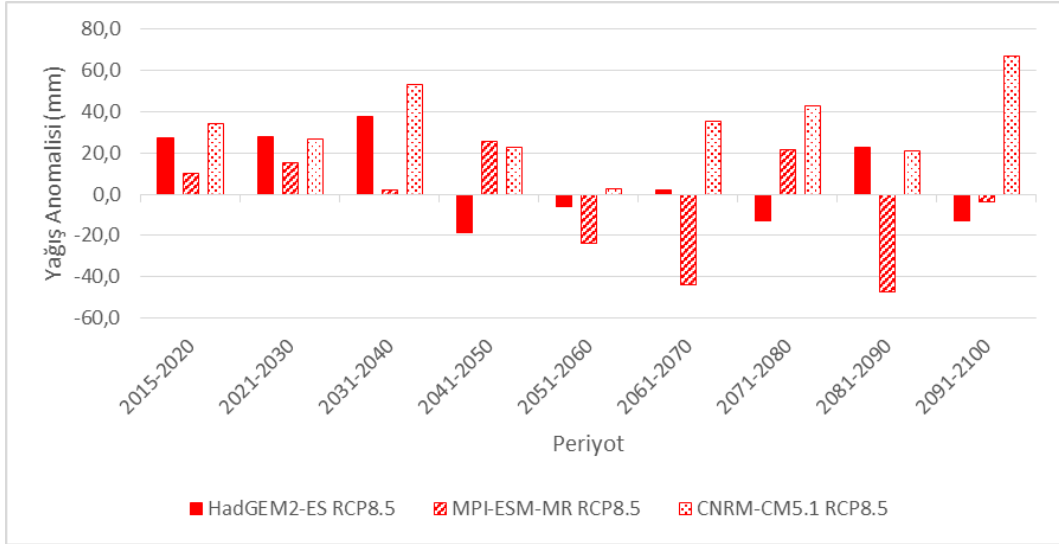
Şekil 5.165 RCP4.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Sıcaklık Anomali Değerleri - Van Gölü Havzası



Şekil 5.166 RCP8.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Sıcaklık Anomali Değerleri - Van Gölü Havzası



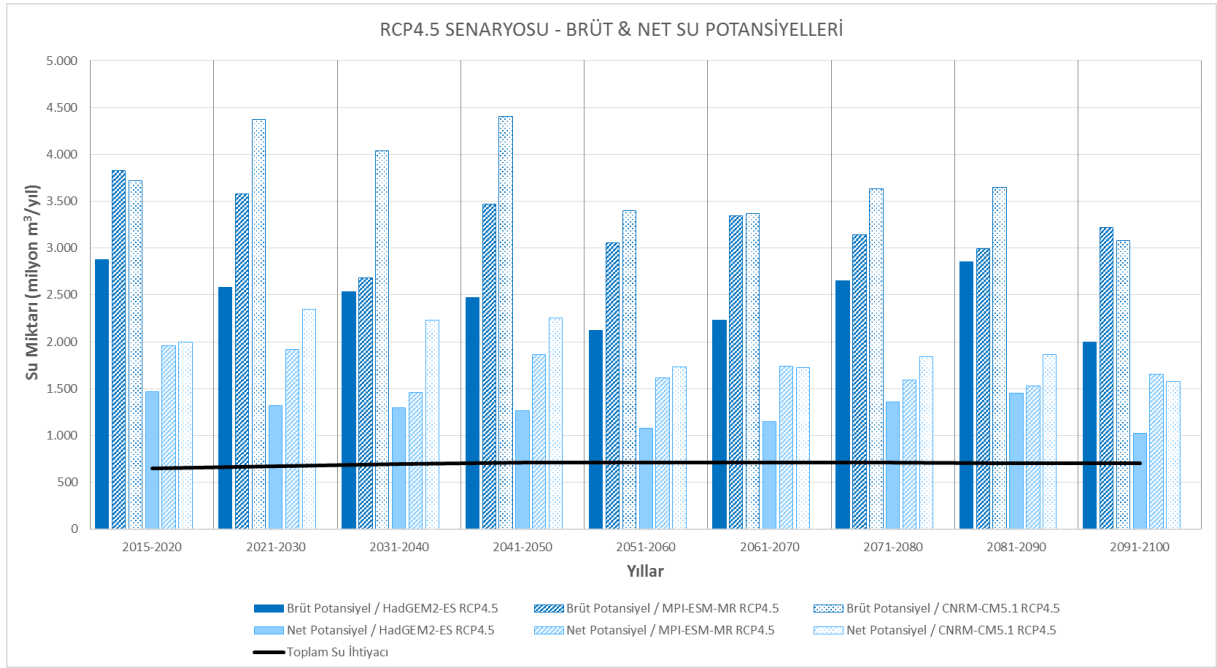
Şekil 5.167 RCP4.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Yağış Anomali Değerleri - Van Gölü Havzası



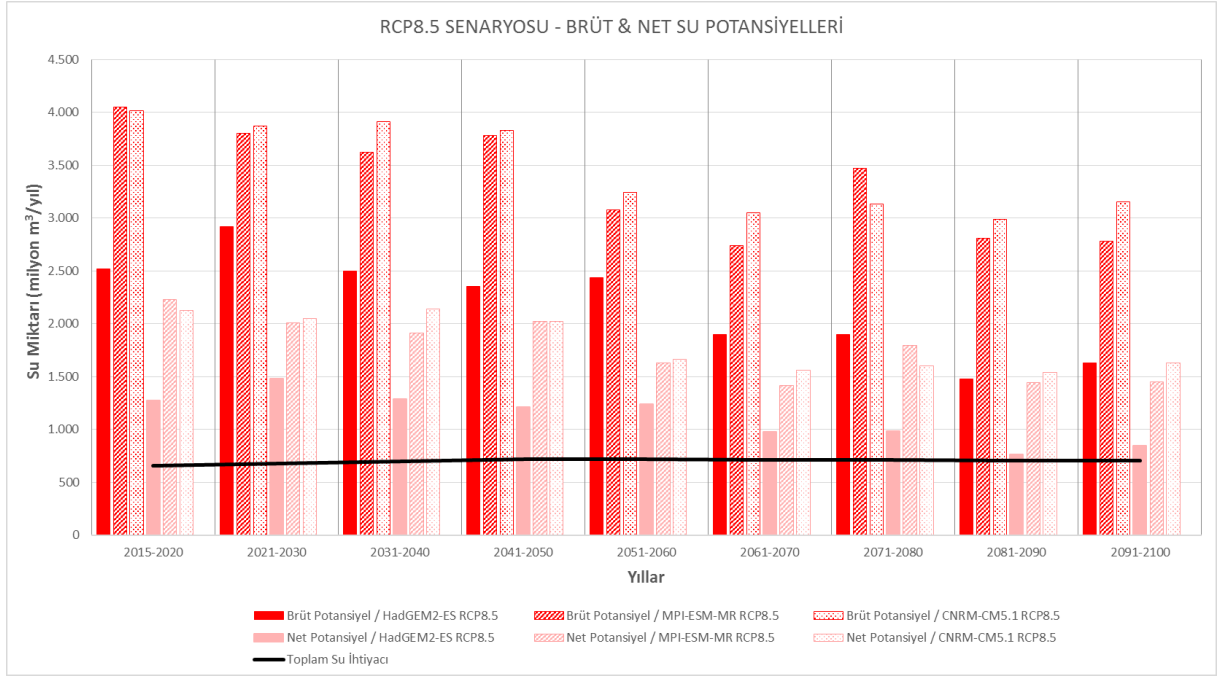
Şekil 5.168 RCP8.5 Senaryosuna göre Modeller Bazında Yağış Anomali Değerleri - Van Gölü Havzası

Hidrolojik model sonuçlarına göre her üç model ve RCP4.5 ve 8.5 senaryoları için incelendiğinde MPI-ESM-MR ve CNRM-CM5.1 modellerindeki salınımların HadGEM2-ES modelinden daha geniş aralıkta olduğu görülmektedir. HadGEM2-ES modeli sonuçları DSİ brüt toplam su potansiyeli civarında seyrettiği söylenebilir. Diğer iki modele ait sonuçların ise, genel olarak DSİ brüt toplam su potansiyelinin üzerinde olduğu gözlenmektedir. Model sonuçları referans dönemle kıyaslandığında yıllar boyunca havzadaki toplam su potansiyelinin benzer bir eğilimde olduğu görülmektedir. Toplam brüt ve net su potansiyellerindeki değişim model ve senaryo sonuçları bazında Şekil 5.169 ve Şekil 5.170 ile verilmiştir. Van Gölü Havzası'nda toplam su ihtiyacının önemli bir kısmı sulama suyundan

oluşmakta olduğu ve diğer sektörlerin payının çok düşük olduğu bilinmektedir. Projeksiyon dönemi boyunca su ihtiyacının tüm modeller ve senaryo sonuçlarına göre sağlanacağı öngörülmektedir. HadGEM2-ES modelinin her iki senaryo sonuçları su potansiyelinin en düşük değerlerini vermekte, MPI-ESM-MR ve CNRM-CM5.1 model sonuçları birbirlerine yakın seyretmektedir. Bununla beraber, üç model ve her iki senaryo sonuçları tüm dönemlerde toplam su ihtiyacı değerlerinin üzerinde seyretmektedir. Model sonuçlarına göre projeksiyon döneminin tamamında Van Gölü Havzası'nın su açığı sorunu olmayacağı tahmin edilmektedir.



Şekil 5.169 Van Gölü Havzası için İklim Projeksiyonları RCP4.5 Senaryosuna göre Brüt ve Net Su Potansiyellerinin Karşılaştırılması



Şekil 5.170 Van Gölü Havzası için İklim Projeksiyonları RCP8.5 Senaryosuna göre Brüt ve Net Su Potansiyellerinin Karşılaştırılması

Hidrojeoloji çalışmaları kapsamında en büyük oransal azalmaların CNRM-CM5.1 modeli RCP4.5 senaryosunda maksimum %28 oranı ile iklim koşullarının yıl bazında doğrudan etkilediği dinamik rezerv değerlerinde ortaya çıktığı görülmektedir. Havzanın yeraltısuyu statik rezervinin ise iklim değişikliğinden %0-4 oranında etkilendiği görülmüştür. Ayrıca, havzadaki yeraltısuyu hidrojeolojik ve mümkün rezervlerinin, değişik iklim modelleri-senaryoları çerçevesinde sırasıyla %0-9 ve %0-17 oranında azalacağı tahmin edilmektedir. Yüzyılın sonunda en olumlu iklim modeli-senaryosu gerçekleştiğinde hidrojeolojik ve mümkün rezerv varlıklarında sırasıyla %1 ve %1 oranında azalma olması beklenmektedir. Yeraltısuyu hidrojeolojik rezervi 14 km^3 olarak belirlenmiştir. Havzadaki yeraltısuyu mümkün rezervi ise, toplamda 7 km^3 büyüklükte bir kaynak oluşturmaktadır.

Van Gölü Havzası diğer havzalara nazaran küçük alan içinde oldukça dağınık bir biçimde yayılmış bir havza olduğundan ve havzadaki akış birden fazla noktada nihai alıcı ortama boşaldığından, hidrolik modelleme çalışmaları ile belirlenen debi ve seviye değerlerinin havzanın tamamını temsil eder nitelikte tek bir kontrol enkesiti üzerinden değerlendirilmesi uygun olmayacaktır. Van Gölü Havzası için 5 adet çıkış noktası bulunmakta ve birbirinden bağımsız olarak akan akarsu kolları Van Gölü ve Erçek Gölü'nde son bulmaktadır. Ancak havza genelinde belirlenen iki farklı kontrol noktası için model sonuçları bir arada değerlendirildiğinde, RCP4.5 senaryosu için HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR ve CNRM-CM5.1 modellerinin genel olarak referans döneminin üzerinde sonuçlar ürettiği görülmektedir. Bu

senaryoda her iki kontrol noktasında da yüksek ve ortalama akımlar için CNRM-CM5.1 modeli en yüksek sonucu vermektedir. Bunun yanında düşük akımlar için en yüksek sonuçlar CNRM-CM5.1 ve HadGEM2-ES modelleri tarafından üretilmektedir. RCP8.5 senaryosuna göre söz konusu kontrol enkesitlerinde en yüksek akım değerlerinin CNRM-CM5.1 modelinde görülmesi beklenmektedir. HadGEM2-ES ve MPI-ESM-MR modellerinin sonuçları birbirlerine ve referans değerlerine yakın sonuçlar vermektedir. Genel olarak modellerin azalma trendi göstereceği dolayısıyla projeksiyon dönemi başlangıcında daha yüksek akım değerlerinin görüleceği tahmin edilmektedir.

Genel olarak havzaya düşen toplam yağışın referans döneme yakın ve üzerinde olacağı söylenebilir. Özellikle ıslak olması beklenen bölgeler çoğunlukla Van Gölü'nün güney kesimleridir. Yağıştaki artışa paralel olarak havza su potansiyeli tüm model ve her iki senaryo için projeksiyon dönemi boyunca havza toplam su ihtiyacı değerlerinin üzerinde seyretmektedir. Özetle tüm dönemlerde tüm modeller her iki senaryo için Van Gölü Havzası'nın su açığı sorunu olmayacağı tahmin edilmektedir. Ancak, havzada yeraltı suyu potansiyelinin projeksiyon dönemi boyunca genel olarak azalacağı öngörülmekle birlikte havzanın birim alanındaki yeraltısuyu mümkün rezervinin de Türkiye ortalamasının oldukça altında olduğu söylenebilir.

6. SEKTÖREL ETKİ ANALİZİ

Suyun sektörlere etkisi çalışmasında, proje kapsamında üretilen model projeksiyon sonuçları kullanılarak, iklim değişikliğinin içme ve kullanma suyu, tarım, sanayi ve ekosistem ana sektörleri üzerindeki etkileri üç pilot havza özelinde araştırılmıştır. Bu amaçla, ülkemizde ilk kez sektörel etkilenebilirlik metodolojisi geliştirilmiştir. Suyun sektörlere etkisinin araştırıldığı, Türkiye havzalarını temsil edebilecek farklı özellikleri ile öne çıkan havzalar Büyük Menderes, Meriç-Ergene ve Ceyhan Havzaları olarak belirlenmiştir.

Proje teknik şartnamesinde belirtilen ana sektörlerin etkilenebilirlik seviyelerinin tespitinin yanında, havzaların öne çıkan özellikleri de dikkate alınarak her havza için beşinci bir sektör de araştırılmıştır. Bunlar; Büyük Menderes Havzası için turizm, Meriç-Ergene Havzası için tekstil ürünleri imalatı, Ceyhan Havzası için de enerji sektörleridir.

Üç pilot havza özelinde 2015- 2100 projeksiyon döneminde 10'ar yıllık periyotlarda yürütülen çalışmalar ile elde edilen verinin sistematik değerlendirilmesi sonucunda az etki (1), orta etki (2), yüksek etki (3), çok yüksek etki (4) olmak üzere 4 kategori altında ortaya konan etkilenebilirlik seviyeleri, gerekçeleriyle birlikte pilot havza raporlarında yer almaktadır.

6.1 Sektörel Analiz Havza Verileri

Sektörel analiz metodolojisinde tek değişken parametre 10'ar yıllık dönemlerdeki maruziyet değerleridir. Diğer tüm parametreler havzanın karakteristiğini değişik açılardan ortaya koyan ve tüm dönemler boyunca sabit kabul edilecek parametrelerdir. Bu parametreler;

- Havzayı paylaşan ana iller ve bu illerin havzadaki oransal dağılımları,
- Havza bütünündeki nüfus ve bunların havzayı oluşturan idari yapılar bazındaki değerleri,
- Havzanın arazi kullanımı ve dağılımı,
- Havzada öne çıkan tarım ürünleri,
- Havzadaki sanayi işletmelerinin sektörel dağılımı,
- Havzanın sanayi gelişmişliği ve ihracat oranları,
- Havzada uluslararası öneme sahip sulak alanlar,
- Havzadaki göçmen kuşların türleri, sayıları ve rotaları,
- Havzadaki turizm verileri (turizm sektörü incelenen Büyük Menderes Havzası),
- Havzadaki enerji santralleri ve kurulu güçleri (enerji sektörü incelenen Ceyhan Havzası) ve

- Havzadaki tekstil sektörü ile ilgili verilerdir (tekstil alt-sektörü incelenen Meriç-Ergene Havzası).

6.2 Sektörel Etkilenebilirlik Analiz Yöntemi

Maruziyet, projeksiyon dönemlerinde her 10 yılda bir değişen veri olduğundan bu değerler RCP4.5 ve RCP8.5 senaryoları için ayrı ayrı hesaplanmıştır. Pilot havzaların her biri için her 10 yılda bir maruziyet indislemesinde %50 olasılığa göre ortada kalan modelin su potansiyeli değeri (medyan) maruziyet indislenmesinde kullanılmıştır. Dolayısıyla, 10 yıllık dönemlerde farklı modellerin değerleri maruziyet indislenmesinde kullanılmıştır. Suyun sektörlere etkisi analizi 2015-2100 yılına kadarki dönemi kapsamakta olup, karşılaştırma dönemleri 10'ar yıllık dönemlerde değerlendirilmiştir.

$$\text{Maruziyet Değeri} = (C + D + E + F) / X$$

X: Su Potansiyeli Değeri (teknik ve ekonomik olarak kullanılabilir ve kullanılabilmeyen su miktarı)

C: İçme ve Kullanma Suyu İhtiyacı

D: Sanayi Suyu İhtiyacı

E: Tarımsal Su İhtiyacı

F: Ekolojik Su İhtiyacı (0,1X)

Her havza özelinde (RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarında) aralık değerler, 1-4 indis skalasındaki değeri kapsayacak şekilde maruziyet değeri indis aralığı düzenlenmiştir. Söz konusu maruziyet değer aralığının çalışılan her havza için ayrı ayrı belirlenmiştir. Tablo 6.1 ile 3 pilot havzanın maruziyet parametresi etki değerleri verilmektedir.

Tablo 6.1 Pilot Havzalar Maruziyet Etki Değerleri

Yıl	Maruziyet Etki Değeri Büyük Menderes Havzası		Maruziyet Etki Değeri Ceyhan Havzası		Maruziyet Etki Değeri Meriç-Ergene Havzası	
	RCP4.5	RCP4.5	RCP4.5	RCP8.5	RCP4.5	RCP8.5
2015-2020	1	1	2	4	2	2
2021-2030	2	1	3	2	3	1
2031-2040	2	1	2	1	2	1
2041-2050	2	2	2	2	2	4
2051-2060	4	3	1	2	1	3
2061-2070	4	2	2	3	2	4
2071-2080	4	3	1	3	1	4
2081-2090	3	3	1	4	1	4
2091-2100	1	2	2	4	2	4

6.2.1 İçme-Kullanma Suyu

İçme ve kullanma suyu sektörü duyarlılık parametresi 4 farklı, ekonomik değer parametresi 2 ve uyum kapasitesi 3 farklı indis ile belirlenmiştir. Bu indisler ve uzman görüşü ile belirlenen etki oranları Tablo 6.2 ile verilmektedir. Bu indislerin nasıl hesaplandığına dair bilgiler ve hangi verilerden yararlandığı ilgili havza raporlarında detaylı olarak yer almaktadır.

Tablo 6.2 İçme ve Kullanma Suyu İndisleri

İndis	İndis Tanımları	Etki Oranı
Duyarlılık İndisleri		
İndis I	İnsanların İklim Değişikliğine Olan Duyarlılığı	%60
İndis II	Nüfus Yoğunluğu	%20
İndis III	İklim İndisi (SU25)	%10
İndis IV	İklim İndisi (CDD)	%10
Ekonomik Değer İndisleri		
İndis I	Eşdeğer Nüfus	%70
İndis II	Kayıp/Kaçak Oranı	%30
Uyum Kapasitesi İndisleri		
İndis I	Teknik Yapılabilirlik	%50
İndis II	Sosyo-Ekonomik Gelişmişlik	%25
İndis III	Finansal Gelişmişlik	%25

6.2.2 Tarım

Tarım sektörü duyarlılık parametresi 2, ekonomik değer parametresi 4 ve uyum kapasitesi 3 farklı indis ile belirlenmiştir. Bu indisler ve etki oranları sırasıyla Tablo 6.3 ile verilmektedir. Bu indislerin nasıl hesaplandığına dair bilgiler ve hangi verilerden yararlandığı ilgili havza raporlarında detaylı olarak yer almaktadır.

Tablo 6.3 Tarım Sektörü İndisleri

İndis	İndis Tanımları	Etki Oranı
Duyarlılık İndisleri		
İndis I	Ürün Su İhtiyacı	%50
İndis II	Ürünün İklim Değişikliğine Toleransı	%50
Ekonomik Değer İndisleri		
İndis I	Havza üretim (ton)	%25
İndis II	Havza üretim/ Türkiye üretim	%25
İndis III	Çiftçinin eline geçen para (TL)	%25
İndis IV	Dünya üretiminde Türkiye'nin payı	%25
Uyum Kapasitesi İndisleri		
İndis I	Teknik Yapılabilirlik	%50
İndis II	Sosyo-Ekonomik Gelişmişlik	%25
İndis III	Finansal Gelişmişlik	%25

6.2.3 Sanayi

Sanayi sektörü duyarlılık parametresi 2 farklı indis, ekonomik değer parametresi 4 ve uyum kapasitesi 3 farklı indis ile belirlenmiştir. Bu indisler ve etki oranları sırasıyla Tablo 6.4 ile verilmektedir. Bu indislerin nasıl hesaplandığına dair bilgiler ve hangi verilerden yararlandığı ilgili havza raporlarında detaylı olarak yer almaktadır.

Tablo 6.4 Sanayi Sektörü İndisleri

İndis	İndis Tanımları	Etki Oranı
Duyarlılık İndisleri		
İndis I	Sektörel Su Kullanım Miktarı	%50
İndis II	Sanayi İşletmelerinin Sektörel Dağılımı	%50
Ekonomik Değer İndisleri		
İndis I	Sanayi Gelişmişliği	%50
İndis II	Havzanın İhracatı/Türkiye'nin İhracatı	%50
Uyum Kapasitesi İndisleri		
İndis I	Teknik Yapılabilirlik	%50
İndis II	Sosyo-Ekonomik Gelişmişlik	%15
İndis III	Finansal Gelişmişlik	%35

6.2.4 Ekosistem

Sanayi sektörü duyarlılık parametresi 4 farklı indis, ekonomik değer parametresi 2 ve uyum kapasitesi 3 farklı indis ile belirlenmiştir. Bu indisler ve etki oranları sırasıyla Tablo 6.5 ile verilmektedir. Bu indislerin nasıl hesaplandığına dair bilgiler ve hangi verilerden yararlandığı ilgili havza raporlarında detaylı olarak yer almaktadır.

Tablo 6.5 Ekosistem Hizmetleri İndisleri

İndis	İndis Tanımları	Etki Oranı
Duyarlılık İndisleri		
İndis I	Havzadaki Sulak Alanların TR'deki Sulak Alanlarına Oranı	%20
İndis II	Havzada Yer Alan Sulak Alanlardaki Kuş Türü Sayısının Türkiye'deki Kuş türü Sayısına Oranı	%20
İndis III	Göçmen Kuş Rotaları	%20
İndis IV	Havzadaki Orman Alanlarının Havza Alanına Oranı	%40
Ekonomik Değer İndisleri		
İndis I	Türkiye Ortalamasına göre Havzadaki Sulak Alanların Oranı	%50
İndis II	Havzadaki Uluslararası Öneme Sahip Sulak Alanların Sayısı	%50
Uyum Kapasitesi İndisleri		
İndis I	Teknik Yapılabilirlik	%20
İndis II	Sosyo-Ekonomik Gelişmişlik	%40
İndis III	Finansal Gelişmişlik	%40

6.2.5 Turizm

Turizm sektörü duyarlılık parametresi 2 farklı indis, ekonomik değer parametresi 5 ve uyum kapasitesi 3 farklı indis ile belirlenmiştir. Bu indisler ve etki oranları sırasıyla Tablo 6.6 ile verilmektedir. Bu indislerin nasıl hesaplandığına dair bilgiler ve hangi verilerden yararlandığı ilgili havza raporlarında detaylı olarak yer almaktadır.

Tablo 6.6 Turizm Sektörü İndisleri

İndis	İndis Tanımları	Etki Oranı
Duyarlılık İndisleri		
İndis I	Korunan Alanların Suya Olan Duyarlılığı	%50
İndis II	Turistlerin İklim Değişikliğine olan Toleransı	%50
Ekonomik Değer İndisleri		
İndis I	Havzaya Gelen Turist Sayısının Türkiye'ye Gelen Turist Sayısına Oranı	%20
İndis II	Havzadaki Ortalama Kalış ve Geceleme Sayısının (kişi.gün) Türkiye Oranı	%35
İndis III	Havzadaki Mavi Bayraklı Plaj Sayısının Türkiye Oranı	%15
İndis IV	Havzadaki Mavi Bayraklı Yat Sayısının Türkiye Oranı	%15
İndis V	Havzadaki Mavi Bayraklı Marina Sayısının Türkiye Oranı	%15
Uyum Kapasitesi İndisleri		
İndis I	Teknik Yapılabilirlik	%20
İndis II	Sosyo-Ekonomik Gelişmişlik	%35
İndis III	Finansal Gelişmişlik	%45

6.2.6 Enerji

Enerji sektörü duyarlılık parametresi 4 farklı indis, ekonomik değer parametresi 4 ve uyum kapasitesi 3 farklı indis ile belirlenmiştir. Bu indisler ve etki oranları sırasıyla Tablo 6.7 ile verilmektedir. Bu indislerin nasıl hesaplandığına dair bilgiler ve hangi verilerden yararlandığı ilgili havza raporlarında detaylı olarak yer almaktadır.

Tablo 6.7 Enerji Sektörü İndisleri

İndis	İndis Tanımları	Etki Oranı
Duyarlılık İndisleri		
İndis I	Havzadaki Enerji Santrallerinin Su İhtiyacı	%45
İndis II	Havzadaki Enerji Santrallerinin İklim Değişikliğine olan Duyarlılığı	%25
İndis III	Havzadaki Yenilenebilir Enerji Üretimi	%20
İndis IV	Havzadaki Enerji Santrallerinin Çevreye Verdiği Zarar	%10
Ekonomik Değer İndisleri		
İndis I	Havza elektrik üretimi / Türkiye üretim	%50
İndis II	Havzadaki Santrallerin Çeşitliliği	%15
İndis III	Havzadaki Santrallerin Ömrü	%25
İndis IV	Havzadaki Enerji Santrallerinin Çevreye Verdiği Zarar	%10
Uyum Kapasitesi İndisleri		
İndis I	Teknik Yapılabilirlik	%50
İndis II	Sosyo-Ekonomik Gelişmişlik	%15
İndis III	Finansal Gelişmişlik	%35

6.2.7 Sanayi Alt Sektörü – Tekstil Ürünleri İmalatı

Tekstil ürünleri imalatı alt sektörü duyarlılık parametresi 2 farklı indis, ekonomik değer parametresi 4 ve uyum kapasitesi 3 farklı indis ile belirlenmiştir. Duyarlılık parametresinin 2 indisi ile uyum kapasitesi indisleri sanayi sektörü ile aynı alınmıştır. Ancak değerlendirmeler alt sektör bazında yapılmıştır. Bu sektörün geliştirilen ekonomik değer indisleri Tablo 6.8 ile verilmektedir. Bu indislerin nasıl hesaplandığına dair bilgiler ve hangi verilerden yararlandığı ilgili havza raporlarında detaylı olarak yer almaktadır.

Tablo 6.8 Tekstil Alt Sektörü Ekonomik Değer İndisleri

İndis	İndis Tanımları	Etki Oranı
İndis I	Havzadaki Tekstil Ürünleri İmalatı Yapan Tesis Sayısı	%50
İndis II	Havzadaki Tekstil Ürünleri İmalatı İhracatının Türkiye'deki Tekstil Ürünleri İmalatı İhracatına Oranı	%50

6.2.8 Sektörel Etkilenebilirlik Analizi Sonuçları

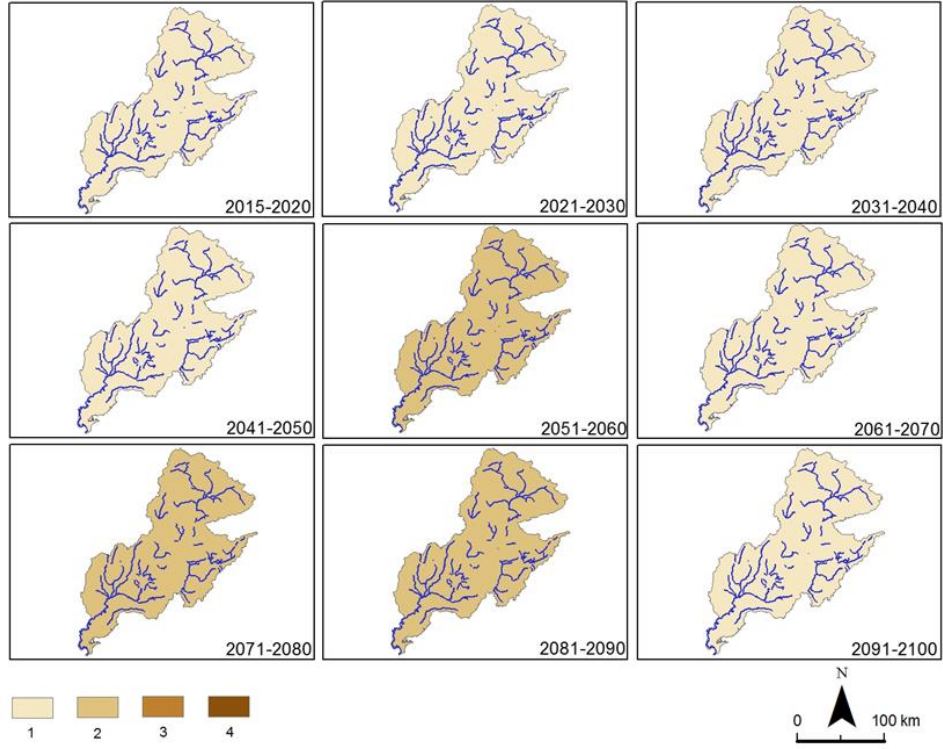
Havzalarda içme ve kullanma suyu, tarım, sanayi, ekosistem hizmetleri ve turizm/enerji/tekstil alt sektörü olmak üzere 5 ana sektörün Duyarlılık (D), Ekonomik Değer (D) ve Uyum Kapasitesi (UK) parametreleri ağırlıklı indis değerleri belirlendikten sonra bu değerlerin projeksiyon dönemi boyunca değişmeyeceği kabulü yapılmış olup, havzayı temsil eden değerlerdir. Proje kapsamında uygulanan sektörel etkilenebilirlik analizi metodolojisi EK 1 ile ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

Birçok ara işlemin yer aldığı aşamalardan geçildikten sonra üretilen değerler temelde 1-4 skalasında değişim gösterdiğinden özellikle ara adımlardan ziyade sonuçlarla ilgili olabilecek, karar verici ve politika geliştiricilerin rahatlıkla anlayıp ve yorumlayabileceği basitliktedir. Değişim aralığı 1 ilgili sektörün su potansiyelindeki değişimden en az etkilenebileceğini işaret ederken, değerlerin yükselmesi ile su potansiyelindeki olası değişimin ilgili sektör üzerinde hassasiyetinin artması ve o sektörün olası değişimden etkilenme potansiyelinin daha da artacağı vurgulanmaktadır. Bu tablolar temelde bir matris düzeninde olduklarından, satırlar aynı projeksiyon döneminde sektörler arası etkilenebilirlik derecelerini ifade ederken, sütunlar bir sektörün değişik projeksiyon dönemlerindeki etkilenebilirliğini açıklamaktadır. Büyük Menderes Havzası özelinde her iki senaryoya göre tüm projeksiyon dönemi boyunca sektörlerin etkilenebilirlik seviyeleri Tablo 6.9 ile verilmektedir.

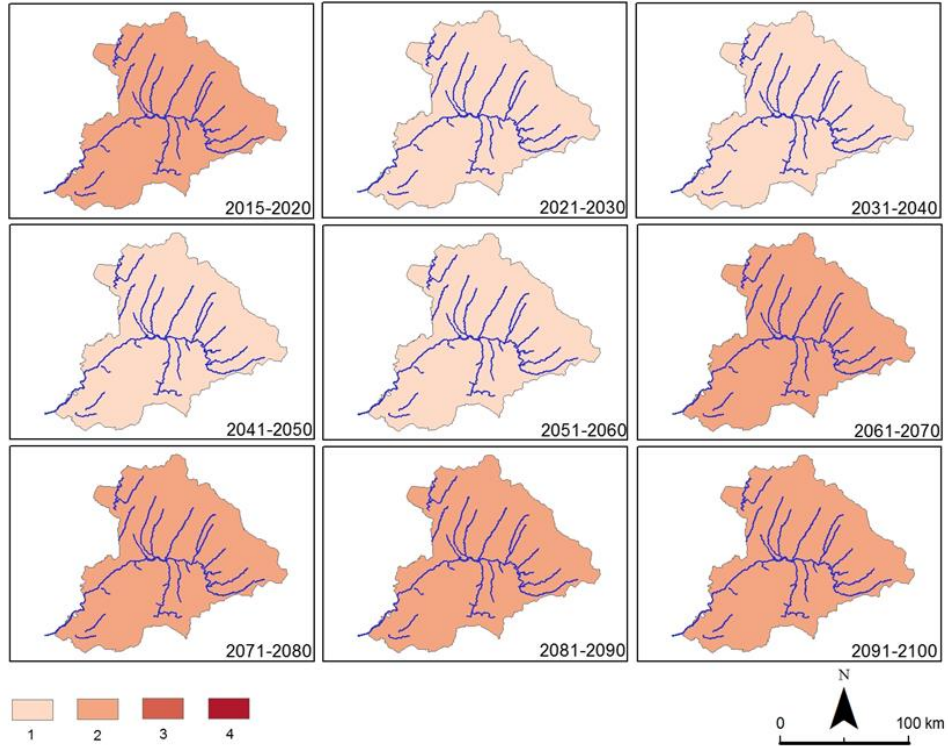
Tablo 6.9 Büyük Menderes Havzası RCP4.5 ve RCP8.5 Senaryolarına göre Sektörel Etkilenebilirlik Analizi Sonuçları

Yıllar / Sektörler	İçme ve Kullanma Suyu		Tarım		Sanayi		Ekosistem		Turizm	
	RCP4.5	RCP8.5	RCP4.5	RCP8.5	RCP4.5	RCP8.5	RCP4.5	RCP8.5	RCP4.5	RCP8.5
2015-2020	1	2	1	1	1	2	1	1	1	2
2021-2030	2	1	1	1	2	1	1	1	2	1
2031-2040	2	1	1	1	2	1	1	1	2	1
2041-2050	2	4	1	2	2	4	1	2	2	3
2051-2060	4	3	2	2	4	3	2	2	3	2
2061-2070	4	4	2	2	4	4	2	2	3	3
2071-2080	4	4	2	2	4	4	2	2	3	3
2081-2090	3	4	2	2	3	4	2	2	2	3
2091-2100	1	4	1	2	1	4	1	2	1	3

Bu matrisler kullanılarak her bir sektör, senaryo ve projeksiyon dönemi için havza bazında haritalandırmalar yapılmıştır. Bu detay çalışma sonuçları EK 28 ile verilmektedir. Bu raporda ise sadece örnek teşkil etmek adına, Şekil 6.1 ile Ceyhan Havzası RCP4.5 senaryosuna göre tarım sektörü etkilenebilirlik seviyeleri ve Şekil 6.2 ile Meriç-Ergene Havzası RCP8.5 senaryosuna göre sanayi sektörü etkilenebilirlik seviyeleri gösterilmektedir.



Şekil 6.1 RCP4.5 Senaryosuna göre Tarım Sektörü Etkilenebilirlik Seviyeleri

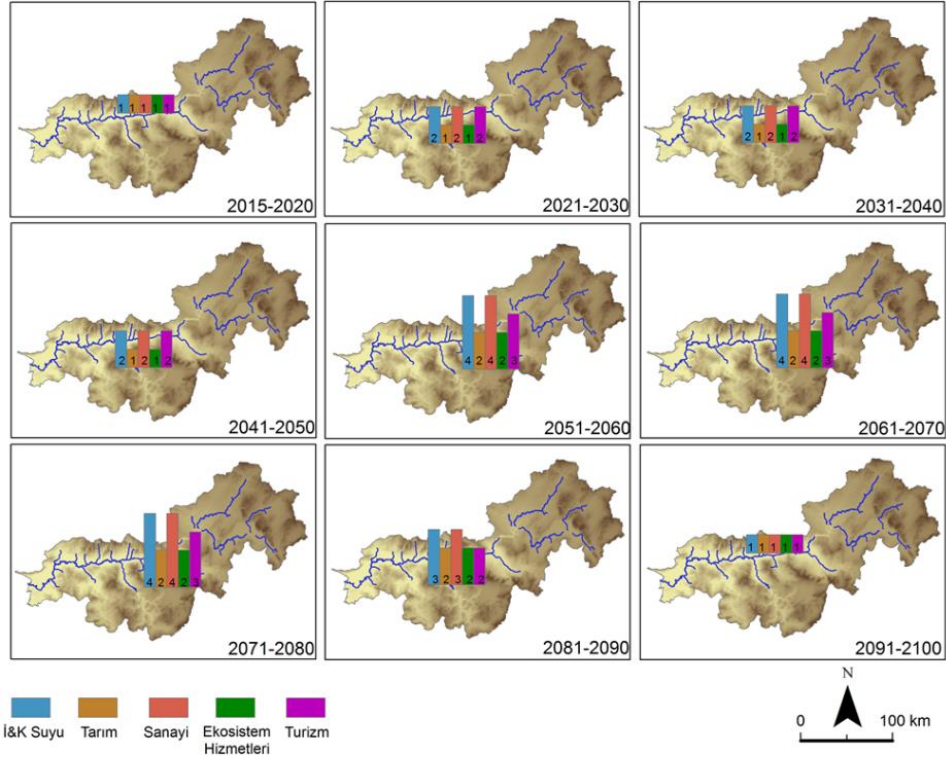


Şekil 6.2 RCP8.5 Senaryosuna göre Sanayi Sektörü Etkilenebilirlik Seviyeleri

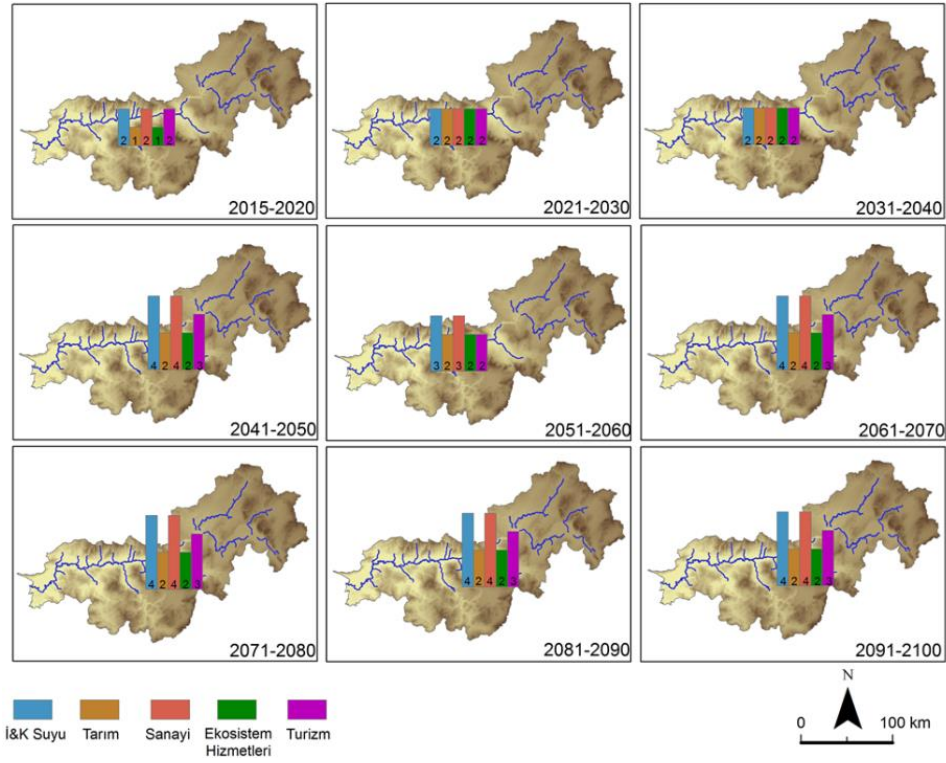
Ayrıca, pilot havzalar özelinde tüm sektörlerin etkilenebilirlik seviyelerinin 10'ar yıllık periyotlarda harita üzerinde karşılaştırılmalı gösterimi de raporlarda detaylı olarak yer almaktadır. Bu dönemsel değerlendirmeler ışığında projeksiyon dönemleri boyunca havzaların etkilenebilirlik durumları aşağıda özetlenmektedir.

6.2.9 Büyük Menderes Havzası Sektörel Etkilenebilirlik Analizi Sonuçları

Büyük Menderes Havzası'ndaki tüm sektörlerin etkilenebilirlik seviyelerinin 10'ar yıllık periyotlarda harita üzerinde sektörlerin etkilenebilirliklerinin karşılaştırılmalı gösterimi Şekil 6.3 ve Şekil 6.4 ile verilmektedir. Elde edilen sektörel etkilenebilirlik seviyeleri 10'ar yıllık periyotlarda değerlendirildiğinde RCP4.5 senaryosuna göre 2050'li yıllara kadar tarım ve ekosistem hizmetleri mevcut durumunu korurken içme ve kullanma suyu, sanayi ve turizm sektörleri orta etki seviyesindedir. 2051-2060 döneminden itibaren 2080'li yıllara kadar içme ve kullanma suyu ve sanayi sektörü çok yüksek etki seviyesine ulaşırken turizm sektörünün de yüksek etki seviyesine ulaşacağı beklenmektedir. 2080'li yıllardan itibaren ise tüm sektörlerin etkilenme seviyeleri azalarak projeksiyon dönemi sonunda az etki seviyelerine düşeceği tahmin edilmektedir. RCP8.5 senaryosunda ise tüm sektörler için daha erken dönemlerde başlayan yüksek etkilenme seviyeleri gözlenmektedir. 2040'lı yıllardan itibaren projeksiyon dönemi sonuna kadar içme kullanma suyu ve sanayi sektörleri çok yüksek seviyede etkilenirken turizm sektörü de yüksek etki seviyesindedir. Tarım ve ekosistem hizmetleri sektörleri ise 2041-2050 döneminden başlayarak projeksiyon dönemi sonuna kadar orta etki seviyesinde olacağı söz konusudur. Sonuç olarak, Büyük Menderes Havzası'nda incelenen sektörlerin etkilenebilirlik analizi dikkate alındığında projeksiyon dönemi başlangıcı dışında sektörlerin tamamı iklim değişikliğinden etkilenecek olup başta içme ve kullanma suyu ve sanayi sektörleri olmak üzere turizm sektörü oldukça yüksek etkilenebilirlik seviyelerine ulaşacağı öngörülmektedir.



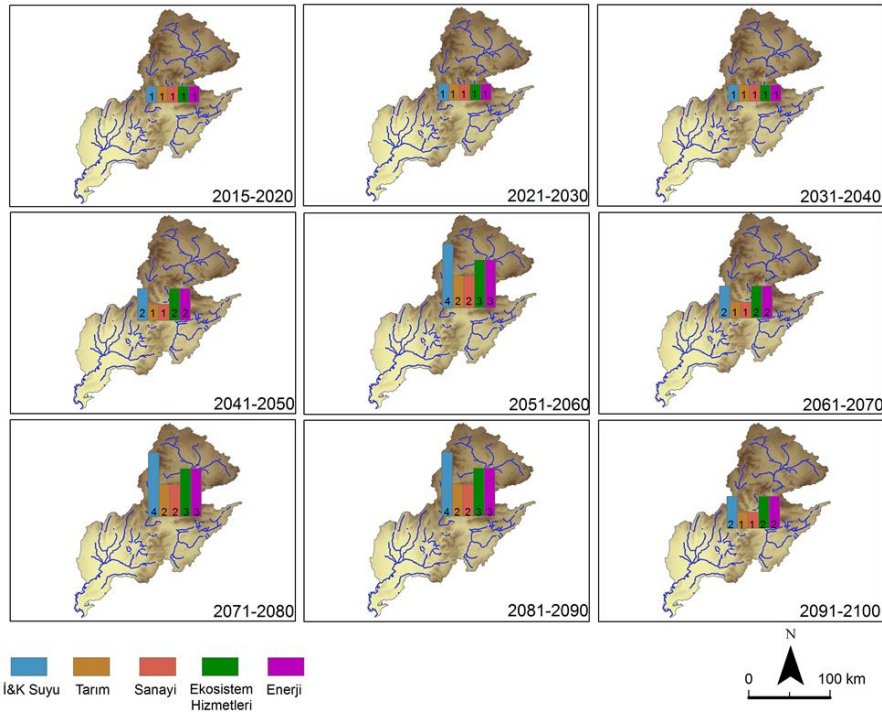
Şekil 6.3 Büyük Menderes Havzası RCP4.5 Senaryosuna göre Sektörlerin Etkilenebilirlik Seviyelerinin Karşılaştırılması



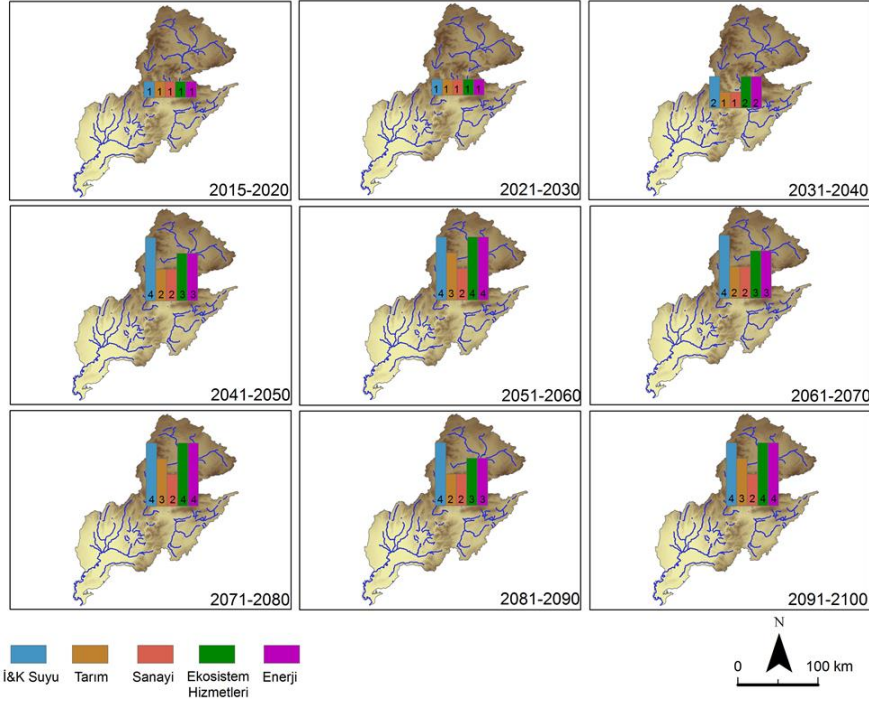
Şekil 6.4 Büyük Menderes Havzası RCP8.5 Senaryosuna göre Sektörlerin Etkilenebilirlik Seviyelerinin Karşılaştırılması

6.2.10 Ceyhan Havzası Sektörel Etkilenebilirlik Analizi Sonuçları

Ceyhan Havzası'ndaki tüm sektörlerin etkilenebilirlik seviyelerinin 10'ar yıllık periyotlarda harita üzerinde sektörlerin etkilenebilirliklerinin karşılaştırılmalı gösterimi Şekil 6.5 ve Şekil 6.6 ile verilmektedir. Elde edilen sektörel etkilenebilirlik seviyeleri 10'ar yıllık periyotlarda değerlendirildiğinde RCP4.5 senaryosuna göre 2040'lı yıllara kadar tüm sektörler mevcut durumunu korurken 2041-2050 dönemi itibariyle sektörlerin etkilenme seviyeleri artmaktadır. 2051-2060 periyodunda içme ve kullanma suyu çok yüksek etki seviyesine ulaşırken ekosistem ve enerji sektörleri de yüksek etki seviyesine ulaşacağı tahmin edilmektedir. Projeksiyon dönemi sonuna kadar da benzer durum devamlılığını sürdüreceği beklenmektedir. RCP8.5 senaryosunda tüm sektörler için daha erken dönemlerde başlayan yüksek etkilenme seviyeleri gözlenmektedir. 2040'lı yıllardan itibaren projeksiyon dönemi sonuna kadar içme kullanma suyu sektörü çok yüksek seviyede etkilenirken ekosistem ve enerji birbirlerine yakın etkilenme seviyeleri ile yüksek etki seviyesindedir. Tarım ve sanayi sektörü ise 2041-2050 döneminden başlayarak genel olarak orta yüksek ve yüksek etki seviyelerinde etkilenmesi söz konusudur. Sonuç olarak, Ceyhan Havzası'nda incelenen sektörlerin etkilenebilirlik analizi dikkate alındığında projeksiyon dönemi başlangıcı dışında sektörlerin tamamı iklim değişikliğinden etkilenecek olup başta içme ve kullanma suyu olmak üzere enerji ve ekosistem sektörleri oldukça yüksek etkilenebilirlik seviyelerine ulaşacağı öngörülmektedir.



Şekil 6.5 Ceyhan Havzası RCP4.5 Senaryosuna göre Sektörlerin Etkilenebilirlik Seviyelerinin Karşılaştırılması

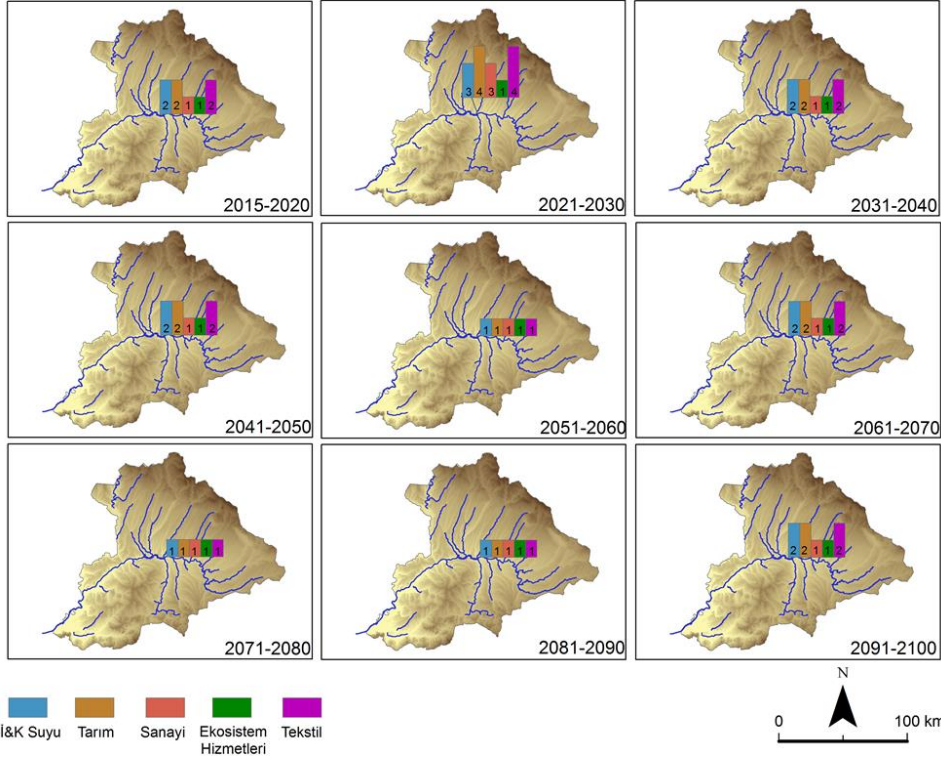


Şekil 6.6 Ceyhan Havzası RCP8.5 Senaryosuna göre Sektörlerin Etkilenebilirlik Seviyelerinin Karşılaştırılması

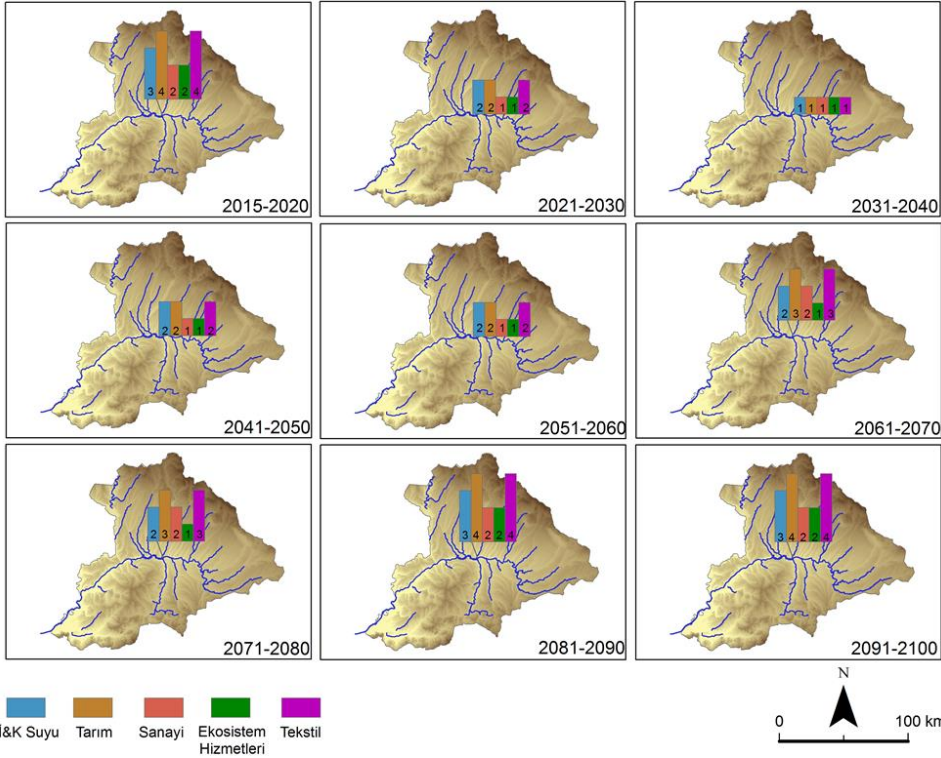
6.2.11 Meriç-Ergene Havzası Sektörel Etkilenebilirlik Analizi Sonuçları

Meriç-Ergene Havzası'ndaki tüm sektörlerin etkilenebilirlik seviyelerinin 10'ar yıllık periyotlarda harita üzerinde sektörlerin etkilenebilirliklerinin karşılaştırılması gösterimi Şekil 6.7 ve Şekil 6.8 ile verilmektedir. Elde edilen sektörel etkilenebilirlik seviyeleri 10'ar yıllık periyotlarda değerlendirildiğinde RCP4.5 senaryosuna göre 2021-2030 döneminde tarım ve tekstil ürünleri imalatları alt sektörü dışında tüm sektörlerin etkilenebilirliği yüzyıl boyunca az ve orta seviyesindedir. Sanayi ve ekosistem hizmetleri sektörleri projeksiyon dönemi boyunca genel olarak az etki seviyesinde iken içme ve kullanma suyu, tarım ve tekstil imalatları alt sektörü yüzyılın ilk yarısında orta etki seviyesinde ilerleyen dönemlerde az ve orta etki seviyelerinde etkileneceği tahmin edilmektedir. RCP8.5 senaryosunda ise tüm sektörler için daha erken dönemlerde başlayan yüksek etkilenebilirlik seviyeleri gözlenmektedir. Projeksiyon dönemi başlangıcından itibaren tarım, tekstil ürünleri imalatı sektörü ve içme ve kullanma suyu sektörlerinin etkilenebilirlikleri yüksek ve çok yüksek etki seviyelerindedir. 2041-2080 dönemi arasında söz konusu sektörler az ve orta etki seviyelerine düşerken projeksiyon dönemi sonlarında tekrardan etkilenebilirlik seviyeleri artmaktadır. Sanayi ve ekosistem hizmetleri ise yüzyıl boyunca az ve orta etki seviyelerinde seyretmektedir. Sonuç

olarak Meriç-Ergene Havzası'nda yüzyıl boyunca sektörlerin iklim değişikliğinden etkilenebilirlik seviyeleri incelendiğinde başta tarım ve tekstil ürünleri alt sektörü ardından içme ve kullanma suyu sektörünün en çok etkilenecek sektörler olması söz konusudur.



Şekil 6.7 Meriç-Ergene Havzası RCP4.5 Senaryosuna göre Sektörlerin Etkilenebilirlik Seviyelerinin Karşılaştırılması



Şekil 6.8 Meriç-Ergene Havzası RCP8.5 Senaryosuna göre Sektörlerin Etkilenebilirlik Seviyelerinin Karşılaştırılması

7. UYUM FAALİYETLERİ

Uyum faaliyetleri özelinde, tüm havzalar göz önünde bulundurularak iklim değişikliğinin su kaynaklarına olumsuz etkilerinin bertarafı için çeşitli uyum faaliyetleri önerileri değerlendirilmektedir. Uyum faaliyetlerinin belirlenmesi çalışmasında öncelikle Avrupa Birliği'nde (AB) geliştirilen stratejiler, temel başlıklarda kronolojik olarak tanımlanmış olup Uyum Faaliyetleri Raporu'nda detaylı olarak işlenmiştir. Bu konuda, 2007 yılında AB komisyonu tarafından hazırlanmış ilk resmi doküman olan Yeşil Belge tanıtılmaktadır. Belge, başta Avrupa olmak üzere tüm dünya ülkelerinin iklim değişikliğinden etkilenecek bölgelerinde hazırlıklı olunmasını, ana uyum faaliyetleri için toplumsal düzeyde önceliklerin belirlenmesini ve kısa vadede alınacak önlemlerin tespitini şart koşmaktadır. Belgede, ağırlıklı olarak ilgili mevzuat, mevzuatın uygulanması ve uygulama sürecinde kullanılabilecek fonlar açıklanmıştır.

Yeşil Belgenin akabinde AB komisyonu tarafından 2009'da Beyaz Belge çıkarılmıştır. Bu belgenin amacı, iklim değişikliğinin etkilerini en aza indirmek için temel bir çerçeve oluşturmak ve AB ülkelerinin bu çerçeve kapsamında birlikte hareket etmesini sağlamaktır. Belgede, iklim değişikliğine karşı hassasiyeti düşürecek şekilde, tarım, biyo-çeşitlilik, kıyı ekosistemleri gibi Avrupa'nın önemli sektörlerinin dirençliliğini arttırmanın temel yolları açıklanmaktadır. Daha sonra, uyum faaliyetleri kapsamında oluşturulan AB uyum stratejisi, Avrupa Komisyonu tarafından İklim Değişikliğine Uyumda Avrupa Stratejisi başlığı altında 2013'de yayınlanmıştır. Bu stratejinin de temel amacı, mevcut ve gelecekteki iklim değişikliği etkilerine karşı Avrupa'nın hazırlıklı olmasını sağlayacak mekanizmaları vakitlice oluşturmaktır. Avrupa Parlamentosu ve Avrupa Konseyi 2013 yılında, 2020 yılına dek ulaşılması istenilen uyum hedeflerini de belirlemiştir.

Başarılı bir uyum sürecinin temelini anahtar unsurların tanımlanması oluşturur. Uyuma yüksek düzeyde destek sağlamak için mevcut bilgileri derlemek, yeterli koordinasyon mekanizmalarını oluşturmak, farklı finansman olanaklarını araştırmak, uygulamadaki rolleri ve sorumlulukları açıklığa kavuşturmak ve genel itibariyle iklim değişikliği konularında toplumsal farkındalığı arttırmak ayrıca uyum stratejisini uygulamak için yeterli kaynağı tahsis etmek de gereklidir. Ayrıca mevcut ve gelecekteki iklim değişikliği risklerinin kapsamlı olarak araştırılma süreci devam ettirilmelidir. Uygulamada da uyum seçenekleri ve planların etkinliğinin izlenmesi yıllarca süren bir mekanizmadır. Somut eylem planları ve/veya sektörel analizlerin de, ulusal uyum stratejisinin bir parçası olarak düzenlenebileceği unutulmamalıdır.

7.1 Sektörel Politikalar ve Uyum Seçenekleri

AB'nin resmi İklim-UYUM portalinde iklim değişikliğine karşı uyum faaliyetleri kapsamında toplamda 10 ana sektör başlığı altında 62 adet uyum faaliyeti yer almaktadır.

Ana sektörler şunlardır;

- ✓ Tarım ve Orman
- ✓ Biyo-çeşitlilik
- ✓ Kıyı Alanları
- ✓ Afet Riski Azaltımı
- ✓ Finansman
- ✓ Sağlık
- ✓ Altyapı
- ✓ Denizel Ortam ve Balıkçılık
- ✓ Su Yönetimi ve
- ✓ Kentsel Alanlardır.

AB Komisyonu iklim değişikliğine karşı uyumu, dört ana başlık altında ayrıca değerlendirmiştir; bunlarda, altyapı, deniz, canlılar (insan-hayvan-bitki) ve orman uyumudur.

Ülkemizde de yürütülecek uyum çalışmalarına yardımcı olması açısından, seçilen bazı AB ülkelerinde (Almanya, Fransa, İspanya, Aşağı Tuna Havzası) sektörel analiz ve uyum seçenekleri detaylı olarak incelenmiştir. Bunlara ilaveten, uygulamaya konulmuş bazı uyum faaliyetleri hakkında çeşitli AB ülkeleri (Almanya, İngiltere, Fransa, Danimarka, İtalya) bazında örneklere de Uyum Faaliyetleri Raporu'nda yer verilmiştir. Küresel ölçekte uyum faaliyetleri bağlamında yapılmış olan fayda/maliyet analizlerine de vurgu yapılmıştır. Bu analizlerde sektörler anlamında 2016'da gelinen durum özetlenmiştir.

AB'nin yanı sıra bir diğer gelişmiş ülke olan ABD'de İklim Eylem Raporu'nda belirlenen 8 ana sektör bazında, sektörel analiz ve alınabilecek önlemler Uyum Faaliyetli Raporunda detaylı olarak yer almaktadır. Raporda değinilen bir başka yol gösterici örnek de, Afrika kıtasının bütününde UNEP tarafından hazırlanan ve kıtanın iklim değişikliğinden etkileneceği beklenen sektörler ve alınabilecek önlemler teknik raporudur. Bu denli yoğun literatür taramasını takiben uyum faaliyetleri raporunda Türkiye'de iklim değişikliğine karşı uyum konusunda stratejiler, hedefler, planlamalar ve çözüm önerilerine yer verilmektedir. Bu incelemeler sonrasında uygulanabilecek 138 uyum faaliyeti raporda sıralanmıştır.

7.2 Türkiye için Sektör Bazlı Uyum Faaliyetleri

Uyum Faaliyetleri Raporunun ilgili bölümünde ülkemiz açısından önem arz eden 3 ana sektörün (içme ve kullanma suyu, tarım ve sanayi) iklim değişikliğine karşı alabilecekleri önlemler kapsamında, gerçekleştirilmesi muhtemel asgari 3'er uyum faaliyetinin detaylı

olarak irdelenmesini yapılmıştır. Söz konusu uyum faaliyetleri, Türkiye açısından kısa-orta vadede uygulanabilir ve sosyo-ekonomik açıdan da kabul edilebilir nitelikte olduğundan ve tüm havzaların ortak sorunu olmaları dolayısıyla her biri özelinde uygulanması önerilmektedir.

Mevcut su tüketiminin azaltılması ile suyun daha etkin ve verimli kullanılabilmesi, günümüzün dikkat çeken çevresel konularından biri olma özelliği taşımaktadır. Sürdürülebilir su kullanımı anlayışında tüketimin azaltılması, öncelikli ülke politikası olmalı; daha da özele inildiğinde, bölgesel ve hatta havza ölçeğinde uygulanmalıdır. Havzalarımız farklı iklim kuşaklarında yer aldığından her birinin coğrafi özelliklerine ve konumuna bağlı olarak farklı miktarlarda yağış almaktadır. Hayati öneme sahip su kaynaklarının korunması ve tüketiminin kontrol edilebilmesi, en başta halkın konuya ilişkin farkındalığının artırılmasına bağlıdır. Bu bağlamda ülke genelinde tüm su kullanıcılarının bilinçlendirilmesi ve su kullanımı konusunda eğitilmeleri son derece önemlidir.

Sektörlerin, paylarına düşen suyu bilinçli ve kontrollü tüketmesi ile çağın gereklerine uygun olarak tasarruflu kullanması; örneğin, tarımda iklim şartları ile uyumlu ürün deseninin seçilmesi, modern sulama sistemlerine geçilmesi, yeşil alan sulamasında damla sulamanın tercih edilmesi ve mümkün olduğunda arıtılmış atıksuların sulamada kullanılması; su kullanımını kayda değer oranda azaltan yöntemlerin başında gelmektedir.

Öte yandan endüstriyel kullanımlarda temiz üretim teknolojilerinin tercih edilmesi ile birlikte, su tüketiminin azaltılmasını sağlayacak tesis-içi (yerinde) kontrol tedbirlerinin alınması önceliklidir. Başta içme ve kullanma suyu olmak üzere, tüm evsel kullanımlarda tasarrufa gidilmesi ve/veya yağmur suyu hasadı, arıtılmış atıksuların yeniden kullanımı, gri su kullanımı gibi alternatif su kaynaklarının kullanılması, günümüzde öne çıkan çalışma konularıdır.

Toplumun bilinçlendirilmesinin yanı sıra, bölgesel ve yerel yönetimlerin suyu tasarruflu ve etkin kullanmalarını özendirecek ve teşvik edecek yönlendirmeler ile teknolojik gelişmelere paralel olarak alternatif su kaynaklarının çoğaltılması, temiz su kaynaklarının kullanımını en aza indirmiş olacaktır.

7.2.1 İçme ve Kullanma Suyu

Bu sektör için önerilen 3 uyum faaliyeti şunlardır;

- ✓ Kayıp/Kaçak (Gelir Getirmeyen Su) Oranlarının Azaltılması: basınç yönetimi; aktif kaçak kontrolü; tamir hızı ve kalitesi; boru malzemesi seçimi, bakımı, montajı ve yenilenmesi; alt-bölgelere ayırma; veri tabanlı izleme ve kontrol sistemi (SCADA);

- ✓ Yağmur Suyu Hasadı: bölgesel su hasadı; kentsel yağmur suyu hasadı; potansiyel yağmur suları ve kullanım alanları; yeşil alanları sulama; tuvalette kullanım; çamaşır yıkama; yerleşimlerdeki (bina içi) kullanım olanakları ve hasat miktarı; maliyetler ve verimlilik;
- ✓ Evsel Atıksuların Geri Kazanımı: Yeşil alan sulaması ve diğer kentsel kullanımlar; artırılmış atıksuyun tarımsal amaçlı kullanımı; yeraltı suyu beslenmesi.

7.2.2 Tarım

Bu sektör için önerilen 3 uyum faaliyeti şunlardır;

- ✓ İklim Değişikliğine Uygun Ürün Deseni:
- ✓ Verimli Sulama Teknikleri: damla sulama yöntemi; yağmurlama sulama yöntemi;
- ✓ Organik (ekolojik) Tarım.

7.2.3 Sanayi

Bu sektör için önerilen 3 uyum faaliyeti şunlardır;

- ✓ Tesis İçi Kontrol
- ✓ Temiz Üretim
- ✓ Sanayi Atıksularının Geri Kazanımı: soğutma suyu; kazan besleme suyu; proses suyu.

7.3 Pilot Havzalar (BMN, MEN, CEN) için Uyum Önerileri ve Muhtemel Uyum Önerileri için Ön Maliyet Analizleri

7.3.1 Teknik Gezilerde Elde Edilen Bilgilere göre Pilot Havzalar için Uyum Önerileri

Proje kapsamında geliştirilen sektörel etkilenebilirlik metodolojisinin uygulandığı 3 pilot havzaya Şubat-Nisan 2016 döneminde Orman ve Su İşleri Bakanlığı Taşkın ve Kuraklık Yönetimi Dairesi İklim Değişikliğine Uyum Şubesi'nden uzmanların da katıldığı teknik geziler gerçekleştirilmiştir. Bu gezilerde havzayı karakterize eden hassas alanlara ve özellikle OSİB, ÇŞB, DSİ, Sulama Birlikleri gibi kurum ve kuruluşların il teşkilatlarına ziyaretler yapılmış ve iklim değişikliğine karşı havza özelinde gerçekleştirilmesi önerilen uyum faaliyetleri ile havzanın bu bağlamdaki problemleri tartışılmıştır. Söz konusu geziler kapsamında elde edilen bilgi ve görüşler ayrıntılı olarak EK 29 ile verilmektedir.

7.3.1.1 Büyük Menderes Havzası

Büyük Menderes Havzası'na yapılan teknik gezi kapsamında edinilen bilgilere göre havza özelindeki uyum faaliyeti önerileri aşağıda özetlenmiştir.

İçme ve Kullanma Suyu Sektörü

- Denizli Su ve Kanalizasyon İdaresi'nce kısa vadede SCADA sisteminin devreye alınarak içme ve kullanma suyu dağıtım hatlarında kayıp/kaçak oranlarının gerçekçi bir şekilde tespit edilmeli ve gerekli altyapı yatırımlarının kısa vadede uygulanmasını sağlanmalıdır.
- Denizli ilindeki kaçak kuyuların ruhsatlandırılması gerekmektedir.
- Denizli Kanalizasyon Sistemi ve Atıksu Arıtma Tesisleri Master Planı Hazırlanması çalışması kapsamında arıtılan atıksuların geri kazanımı için ileri arıtma teknolojilerinin de göz önünde bulundurularak mümkün mertebe arıtılmış suların yeniden kullanımı sağlanmalıdır.

Tarım Sektörü

- Havzadaki açık kanal sulaması büyük oranda su kaybına neden olduğu için havzanın iklim durumu da göz önüne alınarak kısa sürede kapalı devre sulama sistemine geçilmelidir.
- Büyük Menderes Nehri suyunun tarımsal sulama amaçlı kullanıldığına da dikkat çekilerek, su kalitesinin iyileştirilmesine yönelik çalışmaların tamamlanarak uygun ürünler için verimli sulama tekniklerine geçilmesi gereklidir.
- Aydın ve Söke Ovalarının büyük çoğunluğunda üretimi yapılan pamuk ürününün damla sulama yöntemi ile sulanması durumunda, üretim verimliliği düşmesinden dolayı, yeni teknolojilerin araştırılarak havzadaki tarım arazilerinde uygulama çalışmalarının başlatılması gereklidir.
- Havzadaki çiftçilere farklı ürün yetiştiriciliği üzerine eğitim ve maddi destek verilmelidir.

Sanayi Sektörü

- Endüstri tesislerinin yeraltı suyu kullanımlarının kontrolünü sağlamak amacıyla kaçak kuyuların ruhsatlandırılması gereklidir.
- OSB'lerden kaynaklanan atıksuların ileri arıtmalardan geçirilerek öncelikle proses suyu olarak kullanımı sağlanmalıdır.
- OSB'lerde yer alan tesislerin bilgilendirilmesi amacıyla çeşitli eğitim ve bilgilendirme toplantıları düzenlenmelidir.
- Endüstri tesislerinin üretim proseslerinde kullanılan su miktarının azaltılması sağlanmalıdır.

Ekosistem Hizmetleri

- İklim değişikliğinin su kuşları ve ekosistem üzerindeki etkilerinin tespit edilebilmesi amacıyla ekosistem hareketliliği/değişkenliği yakından takip edilmelidir.
- Kurumlarda farklı disiplinlerden teknik personel (biyolog,vb.) istihdam edilmeli, söz konusu personele ekosistem hizmetleri konusunda eğitimler verilmelidir.
- Bafa Gölü'ndeki su kalitesinin iyileştirilmesi için gerekli çalışmalar yapılmalıdır.

Turizm Sektörü

- Pamukkale Doğal Sit Alanına kaynak sularının kontrollü olarak verilmeye ve gerekli su miktarı ölçümlerinin yapılmasına düzenli olarak devam edilmelidir.

7.3.1.2 Meriç-Ergene Havzası

Meriç-Ergene Havzası'na yapılan teknik gezi kapsamında edinilen bilgilere göre havza özelindeki uyum faaliyeti önerileri aşağıda özetlenmiştir.

İçme ve Kullanma Suyu Sektörü

- Havzada yeraltı suyu kullanımının ivedilikle azaltılması, özellikle sanayicilere bu konuyla ilgili etkin denetim ve yaptırımlar uygulanması gerekmektedir.
- Bölgeye su temini sağlayacak Kömürköy, Kızılağaç ve Balaban barajlarının biran önce tamamlanmalıdır.
- Sadece kurak geçen yıllarda yeraltı suyu kaynaklarının kullanılması gerekmektedir.
- Havzada kuru tarım yapılması nedeniyle sulama suyu yaygın olarak kullanılmadığından, Tekirdağ ilinde yer alan göletlerin içme- kullanma suyu olarak kullanılması için gerekli planlamalar yapılmalıdır.
- Su iletim ve dağıtım hatlarının yenilenmesi projesinin ivedilikle hayata geçirilmesi gerekmektedir.

Tarım Sektörü

- Çiftçilerin bilinçlendirilmesi için yetkili kurumlarca eğitimler düzenlenmelidir.

Sanayi Sektörü

- Yoncalı Baraj projesinin tamamlanarak sanayicilerin yeraltı suyu kullanımının azaltılması gerekmektedir.
- OSB'lerde su kullanımı yüksek (özellikle tekstil ürünleri imalatı) sektörlerin kurulmasının kısıtlanmasına yönelik kararların alınması gerekmektedir.

- OSB'lerde kapasite artırımı için başvuru yapan sanayilere mevcut su kullanım miktarını artırmamak kaydıyla izin verilmesine yönelik çalışmalar teşvik edilmelidir.
- Havzada yer alan tüm OSB'lerin ortak kararlar alarak uygulamaya geçmesinin sağlanması gerekmektedir.

Ekosistem Hizmetleri

- Kurumlarda farklı disiplinlerden teknik personel (biyolog, çevre müh. vb.) istihdam edilmeli, teknik personele gerekli eğitimler verilmelidir.

Sanayi Alt Sektörü - Tekstil Ürünleri İmalatı

- Sanayicilerin Mevcut En İyi Teknolojileri (MET) kullanmaları için, ilgili kurumlarca etkin eğitim, denetim ve yaptırım uygulanması gerekmektedir.
- Tüm üreticilerde otomasyon düzeyinin artırılması teşvik edilmelidir.
- İşveren ve işçilerin bilinçlendirilmesi için gerekli mesleki eğitimlerin düzenlenmesi gerekmektedir.

7.3.1.3 Ceyhan Havzası

Ceyhan Havzası'na yapılan teknik gezi kapsamında edinilen bilgilere göre havza özelindeki uyum faaliyeti önerileri aşağıda özetlenmiştir.

İçme ve Kullanma Suyu Sektörü

- Havzadaki AAT yetersizliğinin önüne geçilerek kısa vadede evsel atıksuların arıtılması için gerekli tesisler kurulmalıdır.
- İlçe ve köylerdeki kanalizasyon sistemlerinin ivedilikle tamamlanması gerekmektedir.

Tarım Sektörü

- Sulama Birliğinde yer alan tarımsal arazilerde kapalı devre sulama sistemine geçilmesinde gerekli destek verilmelidir.
- Havzada modern sulama teknikleri ürünlerdeki verimi arttıracığından, damla ve yağmurlama sulamalara geçilmesi sağlanmalıdır.
- Sulama suyu kalitesinin artırılması için gerekli planlamaların yapılması gerekmektedir.
- Pestisit ve gübre kullanımının kontrollü hale getirilmesi, organik tarımın yaygınlaştırılması için pilot uygulamalar yapılarak çiftçiler bilgilendirilmelidir.

Sanayi Sektörü

- Endüstriyel atıksuların arıtılmadan Ceyhan Nehri'ne verilmesinin kısa vadede önüne geçilmesi için gerekli arıtma tesisleri işletmeye alınmalıdır.

- Arıtma tesislerinden çıkan arıtılmış atıksularının geri kazanımı için mevcut tesislerin revize edilmesi, planlananlara ise bazı temel ünitelerin (hızlı kum filtresi, dezenfeksiyon ünitesi gibi) ilave edilmesi gerekmektedir.

Ekosistem Hizmetleri

- Göçmen kuşların göç yolları üzerinde olan bu değerli alanların korunmalarının sürdürülebilirliği açısından, Ceyhan Nehri boyunca gerek evsel gerek endüstriyel nitelikteki arıtılmadan deşarj edilen atıksuların yeterli arıtmadan geçirildikten sonra deşarj edilmeleri sağlanmalıdır.

Enerji Sektörü

- Havzada yapımı planlanan hidroelektrik santraller, su başka bir amaçla kullanılmayacak ise, tercihen depolamasız sistemler olarak inşa edilmelidir.

- Afşin Elbistan Termik Santrallerine yeni kurulması planlanan yeni C, D ve E santrallerinde radyatör tip kapalı devre soğutma suyu kullanılmalıdır.

7.3.2 Önerilen Uyum Faaliyetleri için Ön Maliyet Analizleri

Sektörel Etkilenebilirlik Analizi ve havza teknik gezilerinin yapıldığı Büyük Menderes, Meriç-Ergene ve Ceyhan Havzalarında öncelikle uygulanması gereken uyum faaliyetleri için gerçekleştirilen ön maliyet analizleri bu bölümde sunulmaktadır. Yapılan hesaplamalar ile ilgili kabuller ve hesap yöntemleri ayrıntılı olarak EK 29 ile verilmektedir.

7.3.2.1 İçme ve Kullanma Suyu Sektörü

İçme ve Kullanma Suyu Sektörü altında kayıp/kaçak oranlarının azaltılması ve evsel atıksuların geri kazanımı uyum faaliyetlerine yönelik 3 pilot havza için maliyet analizi çalışması yapılmıştır (Tablo 7.1).

Tablo 7.1 İçme ve Kullanma Suyu Sektörü için Önerilen Uyum Faaliyetlerinin Uygulanması ile Elde Edilecek Faydanın Tahmini

Havzalar / Uyum Faaliyeti	SCADA + Basınç Denetimi Sonrası Kayıp/Kaçak Oranında %25 Azaltım ile Kazanılacak Fayda (TL/yıl)	Atıksuların %50'sinin Geri Kazanımı ile Kazanılacak Fayda (TL/yıl)
Büyük Menderes Havzası	58.658.999	20.794.233
Meriç-Ergene Havzası	24.021.987	8.515.638
Ceyhan Havzası	45.624.537	18.049.267

Aynı zamanda kayıp/kaçak oranlarının azaltılması için mevcut şebekelerinde herhangi bir yenileme yapılmaksızın SCADA Destekli Basınç Denetimi ile mevcut kayıp/kaçak oranları %20-30 oranında azaltılabilmektedir.

7.3.2.2 Tarım Sektörü

Tarım sektörü altında verimli sulama tekniklerinin kullanılması değerlendirilmiştir. Pilot havzalardaki sulanabilir tarım alanlarının %50'sinin modern sulama teknikleri ile sulanması durumunda gerekli maliyetler ile Tablo 7.2 verilmektedir.

Tablo 7.2 Tarım Sektörü için Verimli Sulama Tekniklerinin Kullanılması Uyum Faaliyetinin Uygulanması için Gerekli Maliyetler

Havzalar / Uyum Faaliyeti	Sulanabilir Tarım Alanlarının %50'sinde Modern Sulama Tekniklerinin Uygulanması için Gerekli Maliyetler (TL)
Büyük Menderes Havzası	630.848.302
Meriç-Ergene Havzası	804.791.373
Ceyhan Havzası	651.584.481

Verimli sulama sistemlerine geçilmesi ile en az %35 oranında su tasarrufu sağlanabilmektedir.

7.3.2.3 Sanayi Sektörü

Sanayi sektörü başlığı altında, tesis içi kontrol uyum faaliyeti için bir çalışma yapılmıştır. Tekstil ürünleri imalatının alt sektörü olan tekstil son işlemler (kumaş terbiyesi ve boyama) için kullanılan su miktarının Mevcut En İyi Teknolojiler (MET) ile azaltılması ile elde edilen fayda, Meriç-Ergene Havzası'nda yer alan günde 50 ton kumaş boyama kapasiteli bir tekstil firmasında incelenmiştir.

Tablo 7.3 Sanayi Sektörü için MET Kullanılması Uyum Faaliyetinin Uygulanması ile Elde Edilecek Faydanın Tahmini

Kumaş Terbiyesi ve Boyama Prosesi	Mevcut Durum	MET Kullanımı
Günde Boyanan Kumaş Miktarı (ton)	50	
Yıllık Su Maliyeti (TL/yıl)	1.642.500	328.500

Günde 50 ton kumaş boyaması yapan bir tekstil fabrikasının MET kullanması durumunda boyahanelerde %80 oranında su tasarrufu sağlanabilmektedir.

7.4 Uyum Faaliyetleri Açısından Havzaların Gruplandırılması

Uyum faaliyetlerinin uygulanabilirliğini daha rahatlıkla sağlayabilmek için 25 akarsu havzamız gruplandırılmıştır. Söz konusu gruplandırma, uyum faaliyetlerinin sektörel bazı önceliklendirilmesinde, yetkililere ve diğer karar mercilerine kolaylık sağlaması bakımından özellikle önerilmektedir. Avrupa ve Asya kıtaları arasında bir geçiş bölgesi olan ülkemizde, kuzey, güney, doğu ve batı yönlerinde değişken iklim koşulları ve coğrafi özellikler göze çarpmaktadır. Dolayısıyla iklim değişikliğine bağlı etkilenebilirlik analizinin yapılacağı sektörler arasında, bölgelere göre bazı farklılıkların ve önerilecek uyum faaliyetlerinde değişikliklerin olabileceği açıktır.

AB'de dikkat çeken sektörlerden biri kıyı alanları sektörüdür. Avrupa kıtası, tıpkı Türkiye gibi esasında bir yarımada olup, 3 tarafı farklı özelliklere sahip denizlerle çevrilidir; Avrupa bir yandan Atlantik Okyanusu kıyılarına sahipken, güneyde Akdeniz, kuzeyde Baltık Denizi ve Kuzey Denizi ile çevrilidir. AB'de bu kapsamda, özellikle denize kıyısı bulunan üye ülkelerin kıyısız alanlarının iklim değişikliğine bağlı etkilenebilirliklerini en az seviyeye indirebilmek için, kayda değer eylemler planladıkları ve uygulamaya koydukları görülmektedir. Benzer şekilde ülkemizi de çevreleyen her üç denizin farklı özelliklere sahip olmasının yanı sıra, bazı havzaların Marmara Denizi gibi bir iç denize de kıyısı olması nedeniyle, uyum faaliyetleri açısından farklı denizlere kıyısı olan havzaların kendi içlerinde gruplanmasının uygun olacağı görüşüne varılmıştır. Şekil 7.1 ile Türkiye'de denizlere kıyısı olan ve olmayan havzalar gösterilmektedir. Bu şekilden de anlaşılacağı üzere toplam 25 havzamızın sadece 8'si iç havza olup geri kalan 17'si kıyı havzasıdır. Tariflenen bu yöntemle yapılan havza gruplandırmasına göre, aşağıda verilen şekilde 5 temel havza kategorisi ortaya çıkmakta olup takip eden Tablo 7.4 ile detaylandırılmıştır:

- Kıyısı olmayan iç (kara) havzalar,
- Karadeniz'e kıyısı olan havzalar,
- Akdeniz'e kıyısı olan havzalar,
- Ege Denizi'ne kıyısı olan havzalar,
- Marmara Denizi'ne kıyısı olan havzalar.

Bu gruplandırmada dikkat çeken bir husus, Batı Akdeniz Havzası'nın, hem Ege hem de Akdeniz'e kıyısının olması, bir başka deyişle her iki denizin kesiştiği bir konumda yer alması olup ayrıca Marmara Havzası'nın da Marmara Denizi'ne kıyısı bulunmakla birlikte Ege Denizi'ne de kısmen açılmasıdır.



Şekil 7.1 Türkiye'nin Kıyı ve İç Havzaları

Tablo 7.4 Kıyı Havzaları ve İç Havzalar

Kıyısı Olmayan Havzalar	Karadeniz'e Kıyısı Olan Havzalar	Akdeniz'e Kıyısı Olan Havzalar	Ege Denizi'ne Kıyısı Olan Havzalar	Marmara Denizi'ne Kıyısı Olan Havzalar
Meriç-Ergene Havzası	Sakarya Havzası	Antalya Havzası	Kuzey Ege Havzası	Marmara Havzası
Akarçay Havzası	Batı Karadeniz Havzası	Doğu Akdeniz Havzası	Gediz Havzası	Susurluk Havzası
Burdur Havzası	Doğu Karadeniz Havzası	Seyhan Havzası	Küçük Menderes Havzası	
Konya Kapalı Havzası	Kızılırmak Havzası	Ceyhan Havzası	Büyük Menderes Havzası	
Fırat-Dicle Havzası	Yeşilırmak Havzası	Asi Havzası	Marmara Havzası	
Çoruh Havzası	Marmara Havzası	Batı Akdeniz Havzası	Batı Akdeniz Havzası	
Aras Havzası				
Van Gölü Havzası				

Uyum faaliyetlerinin 5 havza grubu özelinde önerilmesi, özellikle karar verici konumda olan kurum ve kuruluşlar için kolaylık sağlayacaktır. Ancak burada unutulmaması gereken husus;

her bir havzanın kendine has özelliklerinin bulunduğu, dolayısıyla sektörel bazlı uyum faaliyetlerinin aynı olması durumunda dahi, uygulamalarda ve bu uygulamaların sonuçlarında farklılıkların gözlenebileceğidir.

Bu çalışmada genel itibariyle sektörel analiz için uyum faaliyetleri sektörler bazında verilmektedir; ancak uygulama esnasında havzalar özelinde detaylı çalışmaların yapılması gerekmektedir.

7.4.1 Sektörel Analiz için Sektör Önerileri

Uyum Faaliyetleri Raporu'nda birçok ülkedeki çalışmalar detaylı olarak incelenmiş ve bu ülkelerde göz önüne alınan sektörlerin kapsamı değerlendirilmiş olup, Türkiye için 12 ana sektörün seçilmesi uygun bulunmuştur. Bu sektörlerin seçiminde ülkenin coğrafi özellikleri, konumu, çevresel sorunları, iklimsel özellikleri, arazi kullanımı, kentleşme düzeyi ile teknik ve ekonomik gelişmişlik seviyesinin yanı sıra, sosyo-ekonomik yapısı finansal gelişmişlik durumu da dikkate alınmıştır.

SEKTÖREL ANALİZ

1) Sağlık	7) Denizel Ortam ve Balıkçılık
2) Tarım, Gıda Güvenliği, Orman ve Biyo-çeşitlilik	8) Turizm
3) Su Kaynakları	9) Sanayi–Ticaret ve Enerji
4) Altyapı (Bina, Ulaşım ve Enerji)	10) Araştırma ve Geliştirme
5) Üst Yapılar (Kentsel ve Havza Planlama, Bina ve Yerleşimler)	11) Bilgilendirme, Eğitim ve Öğretim
6) Kıyı Alanları	12) Finansman ve Sigorta

Havza gruplandırılmasının temel amacı, iklim değişikliğinin etkileri açısından farklı nitelikteki kıyı havzalarını iç havzalardan ayırmaktır. Ülkemizin iç havzalarında 6 (kıyı alanları) ve 7 (denizel ortam ve balıkçılık) No'lu sektörler bulunmayacaktır. Kıyı havzalarının da kendi içlerinde, bünyelerindeki akarsuların döküldükleri denizlere göre gruplandırılması önerilmektedir. Aynı deniz ortamına kıyısı olan havzaların genel itibariyle iklim şartları, iklim değişikliğinden etkilenebilirlik seviyeleri, çevresel koşulları ve toprak özellikleri açısından, bir başka deyişle temel havza özellikleri açısından, bazı ortak yanları bulunmaktadır. Ancak burada unutulmaması gereken husus; her bir havzanın kendine özgü özelliklerinin

bulunmakta olduğu, komşu olsalar dahi havzaların bazı temel niteliklerinde yadsınamaz farklılıklar bulunduğudur.

Denizlere göre olan gruplandırmada ortak nokta, havzaların aynı denizel ortama kıyılarının bulunmasıdır. Dolayısıyla özellikle 6 (kıyı alanları) ve 7 (denizel ortam ve balıkçılık) No'lu sektörlerde ortak uyum önerilerinin getirilmesi önerilmektedir. Uyum faaliyetlerinin denize kıyısı olan havzalarda denizlere göre gruplandırılması, uygulamaya koyulacak kıyı alanları ve deniz öncelikli faaliyetlerin izlenmesi ve kontrolü süreçlerinde birlikte hareket edilmesini sağlayacaktır. Gruplandırma, 2 ana kategori olan kıyı havzaları ve iç havzalar bazında yapılmış olup uyum faaliyetleri bu gruplardaki sektörler bazında sıralanacaktır. Farklı denizlerin karakteristik özellikleri ve çevresel sorunları değişkenlik arz edeceğinden, iklim değişikliğinden etkilenebilirlikleri farklı olacaktır; bu bağlamda, kıyı alanları bazında detaylı çalışmaların ve özel ölçekte araştırmaların yapılması gereği vurgulanmaktadır.

7.4.2 Uyum Faaliyetleri Önerileri

İklim değişikliğine karşı uyum faaliyetleri, incelenen ülke çalışmalarından da faydalanılarak Türkiye özelinde sektörlere göre belirlenmiştir. Aşağıda sektör başlıkları altında sadece *öncelikli olanlar* gösterilmektedir. Uyum Faaliyetleri Raporu'nda diğer önlemler de yer almaktadır.

1) Sağlık

- Suyun çeşitli amaçlar için geri kazanımı sağlanırken canlı sağlığını garanti altına alabilmek adına izleme ve denetimlerin sistematik olarak yapılması.
- Bulaşıcı hastalıklara ilişkin uzmanlıkların artırılması.
- Hayvan hastalıkları izleme mekanizmalarının güçlendirilmesi.
- Bitki hastalıkları izleme mekanizmalarının güçlendirilmesi.

2) Tarım, Gıda Güvenliği, Orman ve Biyoçeşitlilik

- Tarımsal alanlarda düşük kayıplı sulama sistemlerinin kullanılması.
- Tarımsal alanlarda arıtılmış ve biyolojik olarak güvenli suların kullanılması.
- Farklı iklim koşullarına göre ürün bazında sulama ihtiyaçlarının hesaplanması.
- Farklı iklim senaryoları altında tarım politikasının ekonomik canlılığının analiz edilmesi.
- Teşvik programları ile ürün yetiştiriciliğinde yeniliklerin (yeni ürünler, yeni üretim teknikleri vb.) özendirilmesi.
- Kuraklık riski olan ve orman arazisi bulunan bölgelerde su kaybının önlenmesi.
- Merkezi ve yerel yönetimlerin ormancılık uzmanları ile bilgi alışverişi içinde olması.

- Şehir içi veya yakınındaki doğal ormanların, doğa koruma alanları olarak görülmesi.
- Orman yangını veri tabanının geliştirmesi ve kamu erişiminin sağlanması.
- Yazın çıkan orman yangınları konusunda hassas alanların orta vadede haritalandırılması.
- Koruma alanlarının (koruma kuşakları) daha da etkinleştirilmesi.
- Farklı iklim senaryoları altında koruma alanlarının değerlendirilmesi.
- Karbon dengesinin farklı orman ekosistemleri için değerlendirilmesi.

3) Su Kaynakları

- Yağmur sularının sulama suyu olarak kullanımı amaçlı biriktirilmesi.
- Gri suyun arıtıldıktan sonra evsel ve/veya endüstriyel amaçlı kullanılması.
- İklim değişikliğine hassas olan yeraltı sularının bulunduğu bölgelerin haritalandırılması.
- İklim değişikliğine hassas olan yüzeysel sularının bulunduğu bölgelerin haritalandırılması.
- Aktif (yeraltı suyu kaynağı) yönetimi koşullarının gözden geçirilmesi.

4) Altyapı (Bina, Ulaşım ve Enerji)

- Su iletim ve dağıtım ağlarındaki kayıplarının azaltılması için gereken önlemlerin alınması.
- Kanalizasyon sistemlerinde gerekli düzenlemeler yapılarak sel riskinin azaltılması.
- Tüm bina atıksu bağlantılarının geri dönüşsüz vanalar ile donatılması.
- Enerji kablo kesitlerinin yeterince olacak şekilde seçilmesi ve kuvvetli rüzgarlara dayanıklılığının sağlanması.
- Ulaşım ağları ve yapıları için (karayolu, demiryolu, liman ve nehir yapıları) etkilenebilirlik analiz metodu geliştirilmesi.
- Pist ve köprü gibi bazı alanların yeniden düzenlenmesi.
- Kara, hava ve deniz taşımacılığı altyapılarının sağlamlaştırılması ve haritalandırılması.

5) Üst Yapılar (Kentsel ve Havza Planlama, Bina ve Yerleşimler)

- Farklı bölgeler ve konumlar için ayrı iklim koşulları ve mevcut yerel koşullara göre yapı malzemeleri ve özelliklerinin geliştirilmesi.
- Binaların yazın serin, kışın sıcak kalmasını sağlamak için ısı yalıtım sistemlerinin kullanılması.
- Gelecekte havalandırma sistemleri yeterli gelmeyeceğinden, kış aylarında temiz havanın yenilenebilir enerji kaynakları ile sağlanması.
- Kentsel planlamada genel biyolojik çeşitliliğe ve hassas türlere önem verilmesi.

- Kentsel planlama ile iklim değişikliğinin riskleri ve etkilerinin mütşterek incelenmesi.
- Yaz dönemlerinin konforlu geçirilmesi için yalıtım düzenlemelerinin yapılması.

6) Kıyı Alanları

- İklim değişikliğinin deniz seviyesinde meydana getireceği ana etkilerin Kıyusal Risk Önleme Planı ile birlikte yeniden gözden geçirilmesi.
- Deniz taşkınları ile iklim değişikliğinin kıyı alanları üzerindeki etkisinin değerlendirilmesi konularının birlikte incelenmesi.
- Farklı iklim koşullarına göre kıyı birimlerinin morfo-dinamik ve ekolojik tepki modellerinin geliştirilmesi.
- İzleme sistemlerinin kurulması ve bu sistemlere sistematik veri girişinin sağlanması.
- Mevcut kıyı koruma önlemlerinin uyum faaliyetleri çerçevesinde desteklenmesi.
- Kıyıların hassasiyeti (erozyon, sel vb.) üzerine yapılan çalışmaların yüzyıl sonuna kadar tahmin edilmesi.
- Deniz seviyesi yükselmesinin kıyılarıdaki yerleşim alanlarına etkilerinin hesaplanması.
- Kıyı alanları yönetim planlarının her bir deniz için hazırlanması ve uygulanması.

7) Denizel Ortam ve Balıkçılık

- Ulusal Deniz Stratejisi'nin uyum faaliyetleri de göz önüne alınarak hazırlanması ve uygulanması.
- Bilimsel yaklaşım ve aktif katılım ile uzun vadeli yönetim ve yenileme planlarının yapılması.
- Balık stoklarındaki üretim kapasitesinin korunması.
- Balık stoklarının dirençliliğinin geliştirilmesi için koruma alanlarının oluşturulması.
- Doğal balık faunası hakkında bilgi sağlayabilecek izleme sistemlerinin kurulması.
- Kıyı ve deniz bölgelerindeki pH ve karbon dengesinin değerlendirilmesi.
- Çevresel ve ekolojik izleme ağının oluşturulması.
- Denizel biyoçeşitlilik hassasiyetinin haritalandırılması.
- Tehdit altındaki sucul türler için ortam dışı koruma önlemlerinin geliştirilmesi.

8) Turizm

- Sürdürülebilir kalkınmayı sağlamak için ülkelerarası doğa yürüyüşleriyle kayak merkezlerinde algı yönetiminin (imaj yenilenmesi vb.) yapılması.
- Turizm sektörü için iklim değişikliği etki değerlendirmesinin yapılması.
- Farklı iklim değişikliği senaryolarına göre, hassas ve kritik bölgelerin belirlenip haritalandırılması.

- İklim değışikliği gösterge sisteminin geliştirilmesi.
- En temel uyum önlemleri yönetim modellerinin geliştirilmesi.

9) Sanayi-Ticaret ve Enerji

- Ticaret ve sanayi üretim süreçlerinde su tasarrufu yöntemlerinin etkinleştirilmesi.
- Güç tesislerinde ve istasyonlarında daha etkili soğutma sistemlerinin kullanılması.
- Yaz aylarındaki kuraklıklarda, enerji santrallerinin soğutma sistemleri için acil su bağlantılarının kurulması.
- Aşırı yağışlara karşı koruma ve yağmur suyunun daha iyi uzaklaştırılmasını sağlamak amacıyla, merkezi enerji tesislerinde yağmursuyu sistemlerinin geliştirilmesi.
- Aşırı hava olaylarında hızlı karar verilmesi amacıyla kriz (afet) görev birimlerinin kurulması.
- Tesis içi su yönetimi, atıksuyun arıtılarak yeniden kullanılması, kullanılabilir durumda olan çözünmüş elementlerin geri kazanımı.
- Tesislerin aşırı yağış ve taşkınlara karşı korunmasının sağlanması.
- Gerekli ikaz ve acil müdahale planlamasının hazırlanması.
- Farklı iklim değışikliği senaryoları için yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının teşvik edilmesi.
- Farklı iklim değışikliği senaryolarının su kaynaklarına ve hava soğutmalı sistemlere bağlı enerji üretim tesisleri üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesi.
- İklim değışikliğinin getirdiği ilave enerji ihtiyacının bölgesel ve sektörel bazda belirlenmesi.

10) Araştırma ve Geliştirme

- Hastalık yapıcı canlıların biyolojik kontrolünün sağlanması için temel araştırmaların yürütülmesi.
- Uluslararası çalışmalar ile dünya genelinde risk taşıyan patojenlerin belirlenmesi ve karakterizasyonunun araştırılması.
- Enfekte olmuş kişi ile kontamine kan ve organların tanımlanmasını sağlamak için laboratuvar yöntemlerinin geliştirilmesi.
- Yeni tedavi ürünleri, aşılar ve aşılama yöntemlerinin geliştirilmesi.
- Besin yolu ile geçen enfeksiyonların analiz edilmesi.
- Sağlık politikalarının, sıcaklıkla ve iklim değışikliği ile alakalı sağlık sorunları için, tavsiye ve koruma yönünde geliştirilmesi.

- Ekosistemlerin canlılığı ve uyumunun incelenmesi.
- Gözlem ve modellere dayalı yıllık ve on yıllık iklim tahminlerinde bulunulması.
- Küresel iklim projeksiyonlarının bölgeselleştirilmesi.
- Gelecekteki sosyo-ekonomik değişimlerin araştırması.
- Mevcut binaların iç hava kalitesinin sağlık açısından değerlendirilmesi ve bu binalarda enerji verimliliğinin sağlanması için yeni çalışmaların yürütülmesi.
- Kıyı erozyonuna karşı doğal koruma sağlayan mercan resiflerinin ve mangrov bataklıklarının araştırılması.
- İklim değişikliğine uyum hedeflerinin araştırma programlarıyla birleştirilmesi.

11) Bilgilendirme, Eğitim ve Öğretim

- İklim değişikliğinin etkileri konusunda toplumun bilinçlendirilmesi ve bilgilendirilmesi.
- İklim değişikliğine uyum ile ilgili uzmanlar arasında iletişim ağının oluşturulması.
- Uygun sulama altyapılarının tanıtılması ve teşvik edilmesi.
- Uygun ürün çeşitlerinin geliştirilmesi için ürün yetiştiricilerine (çiftçilere) rehberlik edilmesi.
- Uyum önlemlerinin gerekliliğine dair bilinç ve farkındalığı arttırmak için iklim değişikliğinin izlenmesi ve sonuçlarının paydaşlara duyurulması.
- Hayvancılık, hayvan besleme ve hayvan sağlığı ile ilgili etkin bilgi aktarımının sağlanması.
- İklim değişikliğinin halk sağlığına etkileri konusunda farkındalığın artırılması ve toplumsal düzeyde uyum faaliyetlerine katılım sağlanması.
- Toplumun sağlık konusunda ve su yoluyla geçen hastalıkları konusunda yeterince bilgilendirilmesi, risk gruplarının tespit edilmesi.
- İklim duyarlı patojenler sebebiyle enfeksiyonlardan korunma yollarının tanıtılması.
- İklim değişikliğinin etkileri ve uyum ile ilgili yıllık tarımsal araştırma programlarının hazırlanması ve internet üzerinden erişilebilirliğin sağlanması.
- Çiftçiler arasındaki işbirliğinin desteklenerek bilgi akışının kolaylaştırılması.
- Tarımda etkili su kullanımının tanıtılması.
- Kamuoyu ile iletişim yaklaşımının ve dilinin belirlenmesi.
- 'İklim değişikliğine karşı uyum' içerikli bir resmi internet sitesinin veya portalının oluşturulması.
- İklim değişikliği ve uyum hakkında ülke genelinde gezici bir serginin düzenlenmesi.
- Halka açık iklim değişikliği ve uyum etkinliklerinin yapılması.
- İletişim kaynaklarının yenilenmesi, özellikle görsel iletişime ağırlık verilmesi.

- Bilimsel verilerin özetler halinde derlenmesi.
- Güncel bilgilerin yayılması için internet sitelerinin oluşturulması.
- Siyasi karar vericilerin bilinçlendirilmesi.
- Kamu kuruluşlarında uyum ilkeleri ve metodolojisinin tanıtılması.
- En iyi uygulama örneklerinin gösterilmesi.
- Öğrenme kaynaklarının eğitim toplulukları (öğretmen ve öğrenciler) tarafından daha ulaşılabilir ve kullanıcı odaklı olmasının sağlanması.
- Toplum, çevre ve iş sağlığı uzmanlarına özellikle iklim değişikliği durumunda sürdürülebilir kalkınma ile ilgili konularda mesleki eğitimlerin verilmesi.
- İklim değişikliği farklı alanlarda iş kurma olanağını da beraberinde getirdiğinden, iş kurma danışmanlarına konu ile ilgili ek eğitimlerin verilmesi.
- Hayvan yetiştiriciliği ve hayvancılık yönetimi önlemlerinin tanıtılması ve teşvik edilmesi.
- Ekolojik sertifikalandırma (eko-sertifikasyon) kapsamında tüketicinin bilinçlendirilmesi.

12) Finansman ve Sigorta

- Banka ve sigorta şirketlerinin yatırım yapması açısından iklim değişikliği ile meydana gelebilecek risklerin ve fırsatların etkin bir biçimde yönetilmesi.
- Merkezi ve bölgesel düzeyde denetim otoritelerinin, sigorta şirketlerinin ve bankaların mali istikrarının güvence altına alınabilmesi için kullanılan risk modellerinin güvenilirliğinden emin olunması.
- Yatırım alanında etkin bir haberleşme ve ileri derecede eğitim programı sayesinde iklim değişikliğinin riskleri ve fırsatları konusunda doğru iletişim kurulması.
- Merkezi yönetimin, banka ve sigorta şirketleri ile birlikte paydaşlar, akademisyenler ve sivil toplum örgütleri ile yoğun bir iletişim içinde olması.
- İklim değişikliğine karşı geliştirilecek sigorta mekanizmaları ile çiftçinin korunması.
- Hayvan/bitki hastalığı, salgını veya bir çevre felaketi durumunda çiftçilere tazminat ödenmesi amacıyla yatırım fonu oluşturulması.
- Sigortacılık sistemi geliştirilerek ormancılarının iklim felaketlerinden etkilenmesinin önüne geçilmesi.
- Var olan kaynakların uyum için etkin kullanımına ilişkin envanter oluşturulması.
- Ek mali kaynak temini için yapılan çalışmaların arttırılması.
- Vatandaşlar için uyum teşvik mekanizmalarının geliştirilmesi.
- Önleyici politikalar sayesinde sigortacılığın geliştirilmesi.
- Farklı sigorta kollarında değişen iklim koşullarına göre risk değerlendirmelerinin yapılması.

- Sigorta sektörü için özel modellerinin geliştirilmesi.
- Sigorta araçlarının tanıtılması ve yaygınlaştırılması.

Ana hatları ile sıralanan önlem eylemlerine geçişin, planlı ve istikrarlı bir şekilde yapılması büyük önem arz etmektedir. Son olarak, uyum faaliyetlerinin ülke genelinde etkin ve verimli bir şekilde yürütülebilmesi için, bu proje kapsamında ortaya konmuş olan metodolojinin temel ilkelerine sadık kalınarak her bir sektör bazında etkilenebilirlik analizi metodolojisi geliştirilmeli ve tüm havzalar özelinde uygulanmalıdır.

Her bir havza özelinde uyum faaliyeti konusunda bir master plan yaklaşımıyla izlenmesi gereken adımlar aşağıda verilmektedir.

- Önerilen sektörler bazında sektörel etkilenebilirlik analizleri çalışması (saha çalışmaları ve detaylı bir envanter çıkartılması),
- Sektörel etkilenebilirlik analizi sonuçlarına göre uyum faaliyetlerinin belirlenmesi, önceliklendirilmesi,
- Uyum faaliyetlerinin sektörel bazda planlanması,
- Planlanan uyum faaliyetlerinin fayda/maliyet analizlerinin tamamlanması,
- Fayda/maliyet analizleri sonuçlarına göre bütçe çalışmalarının yapılması,
- Uygulamaların gerçekleştirilmesi,
- Uygulaması yapılan uyum faaliyetlerinden geri bildirim alınması ve gerektiğinde revizyonlar yapılması.

8. İKLİM SU VERİ TABANI

“İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisi Projesi” kapsamında, proje teknik şartnamesinde tanımlandığı gibi “üretilen iklim projeksiyonları ile hidrolojik ve hidrolik projeksiyonlar için, toplanan, kullanılan ve üretilen tüm verilerin (sıcaklık, hidro-meteorolojik, topografik vb.) yönetiminin yapıldığı bir İklim Su Veri Tabanı (İVT) oluşturulmuştur. Söz konusu veri tabanı proje kapsamında hem mekânsal hem de mekânsal olmayan (öznitelik) verileri kapsamaktadır. Mekânsal veri tabanı, geliştirilen WEB tabanlı Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) uygulaması ile desteklenmiştir. Proje teknik şartnamesinde de tanımlandığı gibi CBS tabanlı oluşturulmuş olan İklim Su Veri Tabanı çalışmaları Bakanlık Bilgi Sistemi mevcut mekânsal veri depolama işleme ve sunma altyapısına uyumlu olarak ArcGIS Server mimarisinde tasarlanmış ve uygulanmıştır.

İdare ile birlikte yapılan çalışmaların başlangıcında İVT'nin temel bileşenleri oluşturulmuş ve bu amaçla proje kapsamında kullanılan ve üretilen verilerin saklanma, kullanım ve sunum yöntemlerine göre gruplandırılması yapılmıştır. Buradaki temel amaç projenin kapsamı ve içeriğinden kaynaklanan veri yoğunluğunun optimize edilerek söz konusu verilerin en iyi şekilde yönetilebilmesini sağlamaktır.

Bu bölümde İklim Su Veritabanı ve web CBS uygulaması arayüzüne ait çalışmalar özetlenmiştir. Aynı başlıklara ait daha detaylı veriler, uygulama içeriği ve örnekleri ise EK 30 ile sunulmaktadır.

8.1 İklim Su Veri Tabanı Uygulaması Çalışmaları

Proje kapsamındaki çalışmalar sonucunda İVT'nin tasarımı tamamlanmıştır. Tasarlanan sistem Oracle 11g (11.2.0) veri tabanı sunucusu üzerinde geliştirilmiştir. Söz konusu veri tabanı çalışmaları kapsamında; proje çıktılarına ilişkin veri tabloları oluşturulmuş ve tablolar arası ilişkiler tanımlanmıştır. Geliştirilen veri tabanı uygulaması mekansal ve mekansal olmayan yapıdaki verilerin depolanması, sorgulanması ve analiz edilerek görselleştirilmesine olanak sağlayacak yapıdadır. Mekansal veriler vektör formatta olup; nokta, çizgi ya da alan geometrik yapısında bulunan verilerdir. Söz konusu vektör veriler; alansal yapıdaki ülke sınırları ve idari birimler, iklim gridleri, havzalar, su kütleleri (denizler, göller, baraj ve göletler) ve drenaj alanlarından ve çizgisel yapıdaki akarsu ağlarından oluşmaktadır. Söz konusu nokta, çizgi ve alan geometrik verileri, CBS veri yapısına uygun mekansal detay sınıflarıdır. Mekansal olmayan veriler projede bulunan diğer çalışma gruplarının gerçekleştirdikleri

alışmalar sonucunda ürettikleri tablo yapısındaki verilerdir. İVT kapsamında yer alan veri grupları ve parametreler Tablo 8.1 ile verilmektedir.

Tablo 8.1 Veri Grupları ve Parametreler

Veri Grubu	Parametre
İklim Parametreleri	Ortalama Sıcaklık
	Minimum Sıcaklık
	Maksimum Sıcaklık
	Toplam Yağış
	Bağıl Nem
	Güneş Radyasyonu
	Yüzey Basıncı
	Kar Su Eşdeğeri
İklim İndisleri	Don Olan Günler
	Yaz Günleri 25
	Serin Soğuk Geceler
	Serin Soğuk Günler
	Sıcak Geceler
	Sıcak Günler
	Yaz Günleri 35
	Sıcak Hava Dalgası
	Soğuk Hava Dalgası
	Günlük Sıcaklık Aralığı
	5 Günlük Maksimum Yağış
	1 Günlük Maksimum Yağış
	Şiddetli Yağışlı Gün Sayısı
	Çok Şiddetli Yağışlı Gün Sayısı (20 mm)
	Çok Şiddetli Yağışlı Gün Sayısı(25 mm)
	Ardışık Kurak Gün Sayısı
Ardışık Islak Gün Sayısı	
Hidroloji Parametreleri	Toplam Akış
	Evapotranspirasyon
	YAS Potansiyeli
	Zemin Nemi
	10'ar Yıllık Su Fazlası/Açığı Grafikleri
Hidrolik Parametre	Debi

Bu kapsamda yürütülmüş olan çalışmaların sonucunda veri tabanının 500 milyonun üzerinde kayıt içerdiği görülmektedir (Tablo 8.2). Tablo 8.2 ile sunulan veri hacmi analizine ek olarak, mekânsal ve zamansal çözünürlüklere ait özet tablo ise Tablo 8.3 ile verilmektedir.

Tablo 8.2 Veri Tabanı Veri Hacmi Analizi

İKLİM ÇALIŞMA GRUBU							
İklim Parametre	Grid Sayısı	Yıl Sayısı	Zaman: Ay Sayısı	Model Senaryo Sayısı	Bir Parametre İçin Toplam	Parametre Sayısı	Tüm Parametreler Toplam
Referans	7351	30	12	4	352.848	8	2.822.784
Projeksiyon	7351	84/85	12	6	44.811.696	8	358.493.568
İklim İndis	Grid Sayısı	Yıl Sayısı	Zaman: Yıl Sayısı	Model Senaryo Sayısı	Bir İndis İçin Toplam	İndis Sayısı	Tüm İndisler Toplam
Referans	7351	30	30	4	882.120	17	14.996.040
Projeksiyon	7351	84/85	84/85	6	3.734.308	17	63.483.236
İklim Toplam Kayıt Sayısı							439.795.628
HİDROLOJİ ÇALIŞMA GRUBU							
Hidroloji	Drenaj Alanı Sayısı	Yıl Sayısı	Zaman: Ay Sayısı	Model Senaryo Sayısı	Bir Parametre İçin Toplam	Parametre Sayısı	Tüm Parametreler Toplam
Referans	3356	40	480	1	1.610.880	4	6.443.520
Projeksiyon	3356	83	996	6	20.055.456	4	80.221.824
Hidroloji Toplam Kayıt Sayısı							86.665.344
HİDROLİK ÇALIŞMA GRUBU							
Hidrolik	Su Kütlesi Sayısı	Yıl Sayısı	Zaman: Ay Sayısı	Model Senaryo Sayısı	Bir Parametre İçin Toplam	Parametre Sayısı	Tüm Parametreler Toplam
Referans	995	40	480	1	477.600	1	477.600
Projeksiyon	995	83	996	6	5.946.120	1	5.946.120
Hidrolik Toplam Kayıt Sayısı							6.423.720
TOPLAM							532.884.692

Tablo 8.3 Verilerin Mekansal ve Zamansal Çözünürlükleri

Veri	Mekansal Çözünürlük	Zamansal Çözünürlük
İklim Parametresi	7351 grid	Aylık
İklim İndisi	7351 grid	Yıllık
Hidroloji Parametresi	3356 drenaj alanı	Aylık
Hidrolik Parametresi	995 su kütlesi (n ve n-1)	Aylık

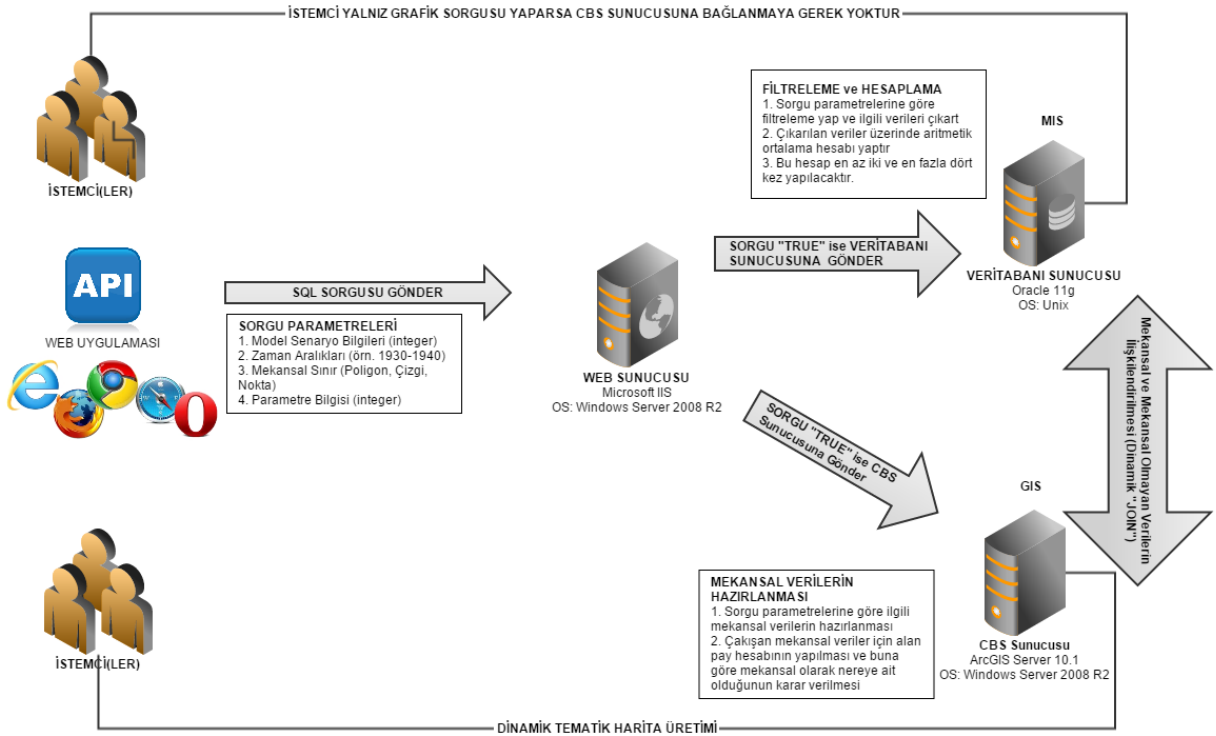
8.2 İklim Su Veri Tabanı Web CBS Arayüzü Çalışmaları

Çalışmada, veri katmanı Oracle 11 g (11.2.0) veri tabanı üzerinde gerçekleştirilmiş, uygulama katmanında kullanılan kodlar ise Microsoft Visual Studio 2013 ile geliştirilmiştir. Uygulamadaki mekânsal veriler ise, ArcGIS Server 10.1 CBS sunucusu üzerinden SDE veri yapısında Oracle 11g veri tabanında tutulmaktadır.

Uygulamada temel olarak iklim, hidroloji ve hidrolik çalışma gruplarına ait verilerinin harita ve grafik üzerinde görselleştirilmesi hedeflenmektedir. Uygulamada dinamik olarak üretilen

grafik eksenleri zamanı ve parametreye ait değeri gösterecek şekilde tasarlanmıştır. İstemcinin/kullanıcının belirlemiş olduğu sorgulama ölçütlerine göre hesaplamalar yapılarak grafik görselleri oluşturulmaktadır. Uygulamada sorgulama sonuçlarından dinamik olarak tematik harita üretimi de yapılmaktadır. Bu nedenle, İklim Su Veri Tabanı ve WEB Uygulaması işi aynı zamanda WEB CBS geliştirme işidir. Tematik görselleştirmesi yapılacak veriler veri tabanında istemcinin/kullanıcının sorgulama yapması sonucunda üretilmekte olup hesaplanan değerler harita üzerinde görselleştirilmektedir.

ArcGIS Server 10.1 aynı zamanda mekansal verilerin REST servis olarak yayınlanmasında kullanılmaktadır. REST servisi olarak yayımlanan mekansal web servisleri kullanıcı tarafında bir API tarafından alınmaktadır. Bu web API, Silverlight ya da JavaScript API olabilmektedir. Uygulamada ASP.NET MVC ve ArcGIS JS API3.14 kullanılmıştır. Veri tabanından çekilen verilerden oluşturulacak harita için render işlemi sunucu tarafında ya da istemci tarafında gerçekleştirilebilir. Uygulamada, mekansal ve mekansal olmayan veriler istemci tarafında birleştirilmiştir. Proje kapsamında gerçekleştirilen uygulamanın sistem mimarisi genel yapısı Şekil 8.1 ile verilmektedir.



Şekil 8.1. İklim Su Veri Tabanı Sistem Mimarisi

Proje ait sonuçlar <http://iklim.ormansu.gov.tr/> bağlantısı ile paylaşılan Proje İnternet Sayfası'ndan izlenebilmekte olup, ilgili linkten uygulamaya erişim mevcuttur.

9. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

“İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisi Projesi”nin yaşama geçirilmesinden önce Türkiye’de iklim değişkenliğini çeşitli iklim modelleri kullanarak incelemek amacıyla bugüne değin pek çok çalışma gerçekleştirilmiştir. Ancak bu çalışmalar, gerek kapsam ve gerek hassasiyet bakımından yeterli olmadıkları için, Türkiye’de küresel ısınma nedeniyle 21. yüzyılın sonuna kadar ortaya çıkacak risklerin ve fırsatların hassas bir şekilde belirlenmesi konusunda önemli bilgi eksiklikleri ve belirsizlikler bulunmaktaydı. Ülkemizde ilk kez bu proje ile, IPCC 2013 değerlendirme raporunda yer verilen ve CMIP5 içerisindeki üç yer sistem modeli ile RCP4.5 ve RCP8.5 emisyon salım senaryoları için gerçekleştirilen simülasyonlar 10x10 km çözünürlüğe dinamik olarak indirilerek, 2015-2100 projeksiyon döneminde Türkiye genelinde ve 25 akarsu havzasında başarıyla uygulanmıştır. Bu proje ile yatay çözünürlüğü 10 km’ye çıkartarak, topoğrafya ile etkileşimler sonucu gelişen bölgesel iklim koşullarının ayrıntılarını elde etmek mümkün hale gelmiştir. Özellikle karmaşık topoğrafyanın hakim olduğu bölgelerde, ekstrem/aşırı olayların simülasyonlarında yüksek doğrulukta sonuçlar elde edilmiştir.

Proje kapsamında elde edilen iklim projeksiyonları sıcaklık parametresi açısından değerlendirildiğinde, üç küresel iklim modeline ve her iki emisyon senaryosuna dayalı simülasyonların tamamının 2015-2100 projeksiyon döneminde mevsimsel ve yıllık ölçeklerde Türkiye üzerinde önemli bir ısınmayı işaret ettiği görülmektedir. Projeksiyon döneminin son 10 yıllık periyodunda sıcaklık artışları en yüksek değerlere sahip olup, RCP4.5 senaryosunda 3,4°C, RCP8.5 senaryosunda ise 5,9°C’ye ulaşacaktır. Her iki senaryo için de sıcaklık artışlarının 2015-2100 boyunca Türkiye’nin güney enlemlerinden başlayıp kuzeye doğru genişleyerek meydana geleceği dikkati çekmekte, en yüksek sıcaklık artışlarının Türkiye’nin yüksekliğinin hakim olduğu topoğrafyaları olan Güney Doğusunda ve Akdeniz boyunca meydana geldiği görülmektedir. Artan sıcaklıklar nedeniyle kış aylarında yağış tipinin daha sık olarak kardan yağmura dönmesi karla kaplı alanların azalmasına ve ilkbahar aylarında ise karın daha erken erimesine sebep olmaktadır. Karla kaplı yüzeylerdeki azalma yüzeyin albedosunun azalması ve dolayısıyla yüzey tarafından soğurulan güneş radyasyon miktarının artmasını sağlayarak, sıcaklıkları diğer bölgelerden daha hızlı yükseltmektedir.

Ekstrem hava olayları bakımından sıcaklık aşırıları için göstergeler olan iklim indisleri incelendiğinde, sıcak hava dalgalarının Türkiye’nin güney enlemlerinden kuzeye doğru her 30 yıllık periyotta artacağı, özellikle 2041 yılından sonra RCP4.5 senaryosuna dayalı en yüksek sıcak hava dalgası indis değerlerinin Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgeleri’nde

olduğu öngörülmektedir. Maksimum ve minimum sıcaklıkların yüzyılın sonuna doğru artması beklenirken özellikle Akdeniz Bölgesinde, Güney ve Doğu Anadolu Bölgeleri'nde bu artışların daha yüksek olacağı tespit edilmiştir. Gündüz sıcaklıklarının yüksek seyretmesi sıcak hava dalgası sıklıklarında ve şiddetinde bu bölgelerde artışlar yaratacaktır. Buna ek olarak gece sıcaklıklarının da yüksek olması insan ve hayvanların gece rahatlamasını sınırlayacağı için sıcak hava dalgasının yaratacağı zararların artmasına neden olacaktır. Ayrıca gündüze ilave olarak gece de ortam soğutması için kullanılacak enerji talebini de arttıracaktır. Beklenen yağış eksiklikleri ile beraber buharlaşma hızının artması su kaynaklarında ve tarımsal sektörde stresi yükseltecektir. Akdeniz kıyı şeridinde ise turizm sektöründe yeni bir yapılanma içine girilmesi gerekliliğini ortaya koymaktadır.

İklim projeksiyonları sonuçları yağış parametresi açısından değerlendirildiğinde yağış projeksiyonlarının yer sistem modellerine bağlı olarak projeksiyon dönemi boyunca bölgesel olarak artış ve azalışlar öngördüğü görülmektedir. Genel olarak projeksiyon dönemi boyunca on yıllık mevsimsel yağış ortalamalarında RCP4.5 senaryosu için -50 mm ile 40 mm arasında RCP8.5 senaryosuna için ise -60 mm ile 20 mm arasında değişimler öngörülmektedir. Model simülasyonları Türkiye'nin kuzeyinde yer alan havzalarda iklim rejiminin referans döneminden daha yağışlı olacağını öngörmektedir. Örneğin RCP8.5 senaryosunda 2050'li yıllardan itibaren havzalardaki kuraklığın güneye doğru şiddetleneceğini ve havza bazındaki on yıllık ortalama yıllık yağış toplamalarının 150 mm'lere ulaşacağını ortaya koymaktadır. En şiddetli kuraklık öngörülerini MPI-ESM-MR modeline en ılıman kuraklık öngörülerini ise CNRM-CM5.1 modeline aittir. Havzalar bazında yağış değişimleri yıllık toplam yağışın yüzdesi olarak incelendiğinde en fazla değişimlerin Asi, Doğu Akdeniz, Batı Akdeniz ve Ceyhan Havzaları'nda olduğu görülmektedir.

Türkiye genelinde kar yağış miktarlarının her iki senaryoda da 2015-2100 yılları arasında giderek azalacağı öngörülmektedir. Yüzyılın başlarında günümüz Türkiye iklim rejimine benzer olarak normalin biraz üzerinde veya altında kar yağışları tespit edilmesine karşın sera gazı salım senaryolarının bölgenin doğal iklim değişkenliğinde daha baskın olması nedeniyle hızla azalmıştır. Sıcaklıkların artması sonucu yağışların tipinin kar şeklinde olması hidrolojik açıdan önem arz etmektedir. Zira biriken kar bir su rezervuarı işlevi görmekte ve özellikle bahar ve yaz aylarının başlarında artan sıcaklıkların bir sonucu olarak eriyerek nehir sistemlerine su girişi sağlamaktadır. Dolayısıyla yüksek alanlardaki kar örtüsü bölgesel hidrolojik döngüde önemli bir role sahiptir. Özellikle Doğu Anadolu Bölgesi'nde ve Doğu Toroslar'da kar örtüsündeki azalmanın Fırat Dicle Havzası'nın hidrolojik döngüsünü değiştireceği beklenmelidir.

Bugüne kadar, Türkiye geneli su potansiyeli hesaplamaları hidrolojik model kullanılmaksızın yapılmıştır. İklim değişikliğinin yüzeysel ve yeraltı sularına su havzaları bazında etkisinin tespitini amaçlayan bu proje, tüm havzaların ortak hidrolojik model ile çözülmüş olması sebebiyle bir ilk niteliğindedir. Proje kapsamında hidrolojik modelleme çalışması aracılığıyla, iklim değişikliği etkileri altında su potansiyellerinin havza bazında 2015-2100 projeksiyon dönemindeki muhtemel değişimleri belirlenmiştir. Bununla birlikte her havzada suyu tüketecek olan temel sektörler dikkate alınarak su ihtiyacı projekte edilmiş olup, ülkemizde ilk defa 25 nehir havzasında muhtemel su fazlası/açığı yaşanabilecek dönemler ortaya konmuştur. Bu proje, Türkiye hidrojeolojik ortamlarının boyutsal ve jeohidrolik özelliklerinin, dinamik, statik, hidrojeolojik ve mümkün rezervleri ile tüm bu bileşenlerin iklim değişimi etkisi altında 2100 yılına kadar nasıl etkileneceğinin değerlendirildiği ilk ayrıntılı çalışmadır.

Model sonuçlarına göre, sadece HadGEM2-ES iklim modeli çıktılarıyla yönetilen simülasyonlarda, en az 3 on yıllık dönemde su açığı ~6.000 milyon m³/yıl düzeyinde olabileceği tahmin edilmektedir. HadGEM2-ES modeli ile RCP8.5 senaryosu için yürütülen hidrolojik modelleme simülasyonlarında da, asgari 6 on yıllık dönemde ~7.000 milyon m³/yıl düzeyinde su açığı beklentisi bulunmaktadır. MPI-ESM-MR ve CNRM-CM5.1 modellerinin her iki senaryo için ürettiği sonuçlar benzerlik göstermekte ve 2015-2100 döneminde ülkemizin toplam su ihtiyacının karşılanabileceği ve su açığı olmayacağı öngörülmektedir.

Su potansiyeli değişimi havzalar özelinde değerlendirildiğinde ise, tüm senaryolar ve projeksiyon dönemlerinde önemli oranda su açığı tahmini ile Fırat-Dicle Havzası öne çıkmaktadır. Öte yandan tüm dönemlerde olmasa dahi en kayda değer su açığının gözlemlendiği havzalar ise genel itibarıyla Doğu Akdeniz ve Konya Kapalı Havzalarıdır. Türkiye'nin Fırat-Dicle Havzasından mansap ülkelerine su bırakmayı taahhüt ettiği miktarlar da dikkate alınarak, su açığı/fazlası durumunu değerlendirildiğinde, Fırat-Dicle havzasında 2015-2100 döneminde 2-12 milyar m³/yıl'a ulaşan mertebelerde su açığının beklendiğini görülmektedir. Bu veriler, Türkiye'nin daha önce havzadan mansap ülkelere bırakmayı deklare ettiği su miktarları ile ilgili yeni bir değerlendirme yapması gerektiğini ortaya koymaktadır.

Türkiye'de iklim değişikliğinin etkileri görülmeye başlanmış olup, önümüzdeki 10'ar yıllık dönemlerde bu durumun daha da belirginleşmesi beklenmektedir. Su kaynaklarının havza bazında sürdürülebilir kullanımının sağlanması öncelikli hale gelmektedir. Bu bağlamda proje kapsamında ülkemiz için su kaynaklarını korumak adına sektörler bazında 'Etkilenebilirlik Analizi' metodolojisi geliştirilmiştir. Sektörel etkilenebilirlik analizi Büyük Menderes, Meriç Ergene ve Ceyhan Havzalarında uygulanmış ve önümüzdeki 10'ar yıllık dönemlerde ana sektörlerdeki etkilenebilirlik seviyeleri belirlenmiştir. Sektörel etkilenebilirlik analizi

sonuçlarına göre her üç pilot havzada projeksiyon dönemi başlangıcı dışında içme ve kullanma suyu sektörü oldukça yüksek etkilenebilirlik seviyesine ulaşmaktadır. Ayrıca Büyük Menderes Havzasında sanayi ve turizm, Meriç-Ergene havzasında tarım ve tekstil ürünleri alt sektörü, Ceyhan Havzasında ise enerji ve ekosistem sektörleri yüksek etkilenebilirlik seviyeleri ile öne çıkmaktadır.

Ülkemizde iklim değişikliği ile mücadele çalışmaları ağırlıklı olarak emisyon azaltımına yönelik olup, iklim değişikliğine karşı uyum faaliyetlerinin belirlenmesinde bu proje ile önemli bir adım atılmıştır. Dünyanın çeşitli bölge ve ülkelerinde, iklim değişikliğine karşı uygulamaya konulan ve planlanan uyum stratejileri ve faaliyetleri ile uyumda öne çıkan sektörler incelenmiş olup, bu bilgiler ışığında 25 akarsu havzası gruplandırılmış, ülkemiz için 12 ana sektör belirlenmiş ve bu sektörlerle özgü uyum faaliyetleri önerilmiştir. Proje kapsamında geliştirilen sektörel etkilenebilirlik analizi sonuçları ve pilot havzalarda yapılan yerinde tespitler dikkate alınarak bu havzalar için öncelikli uyum faaliyetleri belirlenmiştir.

“İklim Su Veri Tabanı” ile proje kapsamında yürütülen çalışmalar sonucunda üretilen bilgiler sistematik ve ilişkisel bir yapıya kavuşturulmuş olup, verilerin sürdürülebilirliği sağlanmıştır. Uygulama, grafik üzerinde görselleştirmeye ek olarak dinamik biçimde tematik harita üretimi yapması bakımından WEB CBS geliştirme işi olarak tanımlanmaktadır. İklim Su Veri Tabanı uygulaması, proje kapsamındaki raporlarda 10’ar ve/veya 30’ar yıllık olarak sunulan sonuçların değişik frekanslarda dinamik şekilde sorgulanabilmesi açısından, bu proje devamında yapılacak çalışmalar için önemli bir temel kaynak teşkil etmektedir.

9.1 Öneriler

Gerek bu projede varılan sonuçların değerlendirilmesi ve proje çıktılarının sürdürülebilmesi, gerekse daha sonraki projelerde dikkat edilmesi gereken hususlar ile hangi konuların tamamlanmasına ihtiyaç olduğu aşağıdaki ana başlıklar altında özetlenmiştir:

- Proje çıktılarının ilgili kamu ve özel kurumlarının bilgi ve kullarımlarına açılması sağlanmalı, proje sonuçlarından azami ölçüde istifade edilmelidir.
- İklim projeksiyonları ve hidrolojik modelleme tahminlerinin Türkiye geneli ve 25 akarsu havzasındaki sektörel etkilerinin, ilgili Master Planlarda temel girdi olarak yer alması ve Su Kaynakları ile Kuraklık Yönetim Planlarına yansıtılması sağlanmalıdır.
- Proje çıktılarının özellikle Büyükşehirler ve Megakentlerin İklim (Değişikliği Etkilerine) Dirençli Su Yönetimi Master Planlarının hazırlanmasında temel girdi teşkil etmesi sağlanmalıdır.

- İklim projeksiyonları ve hidrolojik modelleme tahminlerinden hareketle, özellikle Büyükşehirlere içme ve kullanma suyu sağlayan biriktirme yapılarındaki (baraj ve göller) su kalitesinin nasıl etkileneceği ile bu durumun Su Arıtma Tesislerinde kullanılan arıtma teknolojisi, işletme ekonomisi ve çıkış kalitesine olası yansımaları yeni projelerle araştırılmalıdır.
- 2002 tarihli 1/500.000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası esas alınarak litostratigrafik birimlerin “ortamsal geçirimsizlik farklılığı” bazında yeni bir Türkiye Hidrojeoloji Haritası hazırlanmalıdır.
- Bu proje kapsamında oldukça önemli bir aşamaya getirilen Türkiye Yeraltı Suyu Rezervleri Envanterinin, ilgili kamu kurumlarının katkılarıyla üretilecek saha verileriyle desteklenip, hidrolojik model ve su bütçesinin havzalar bazında dinamik ve statik rezerv bilgileri de güncellenerek kullanıcıların hizmetine açılmalıdır.
- Güncel yeraltı suyu rezervleri dikkate alınarak özellikle aşırı su çekimi yapılan yeraltı suyu ovalarından (akiferler) başlamak suretiyle, bir Ulusal Yeraltı Suyu Master Planı hazırlanmalıdır. Söz konusu Master Plan, çeşitli nedenlerle kirlenmiş olan akiferlerle ilgili iyileştirme stratejilerini de içermelidir.
- Proje çalışmaları sırasında nitelik ve nicelikleri bakımından yetersiz bulunan yeraltısuyu ortamlarına, periyodik yeraltısuyu gözlem ve ölçümlerine, üretim yapılarına, kullanımlarına ilişkin her tür hidrojeolojik veri yeniden ele alınarak bir “Türkiye hidrojeolojik veri bankası” oluşturulmalıdır.
- Ova (akifer) etütleri, tüm Türkiye Ovalarını kapsayacak şekilde yeniden yapılmalıdır.
- Özellikle ülke turizminin ve tarımsal faaliyetin yoğun olduğu kıyı ovalarında gelişmiş olan denizsuyu girişimini öncelikle engelleyici ve sonrasında da geriletici yönde gereken yasal, idari ve teknik çalışmalar planlanmalı ve hidrojeolojik araştırmalarını müteakip önlem yöntemleri hayata geçirilmelidir.
- Türkiye genelinde varlığı belirlenen kaya ve taneli ortam sutaşlıları; şekilsel, jeohidrolik, yeraltısuyu potansiyeli, kullanılabilirlik, teknik girişim özellikleri bakımından inceleme, değerlendirme, geliştirme ve koruma amacıyla, hidrojeolojik araştırmalar arazi çalışmaları ile desteklenerek yapılmalıdır.
- Yeraltısuyu ortamlarının yararlanılabilirlik potansiyelini ortaya koyacak bölgesel hidrojeolojik araştırmalar gerçekleştirilmelidir. Yeraltısuyu beslenmesini ve kalitesinin bozulmamasını sağlayacak koruma kuşakları ve içeriğindeki önlemler tanımlanmalıdır.

- Kaçak yeraltısuyu kullanımı önlenmeli, mevcut sondaj kuyuları envanteri resmileştirilmeli, kuyu açan ve açtıranlar denetlenerek açma ve kullanma koşullarında bilimsel–teknik esaslar egemen kılınmalıdır.
- İklim değişikliği etkilerine bağlı buzul erimeleri ile deniz seviyesi yükselmesinin, ülkemizin hangi kesimlerini etkileyeceği ve ne tür önleyici uyum stratejilerinin uygulanabileceği konusunda, Entegre Kıyı Alanları Yönetimi kavramıyla uyumlu bir Master Plan hazırlanmasında fayda görülmektedir.
- Suyun etkin ve verimli kullanımı kapsamında özellikle kentsel alanlardaki şebeke kayıp ve kaçaklarının ilgili “İçme Suyu Temin ve Dağıtım Sistemlerindeki Su Kayıplarının Kontrolü Yönetmeliği” (OSİB, 2014) hedefleri doğrultusunda azaltımı etkin biçimde denetlenmeli, standardın üzerinde kayıp ve kaçak oranı kaydedilen Belediyelere yeni su (kaynağı) tahsisi yapılmamalıdır.
- Sulamada kapalı (yağmurlama ve damla) sulama tekniklerinin yaygınlaştırılması uygulamaları sürdürülmelidir.
- Sanayide az su/kimyasal kullanan temiz üretim teknolojilerinin (Mevcut En İyi Teknoloji (MET) uygulamaları) bütün OSB’ler ve önemli kirlenici endüstrilerde yaygınlaştırılması takip ve teşvik edilmelidir.
- Proje çıktılarının ülkemizde mevcut Doğa Koruma ve Sulak Alanlara olası etkileri dikkate alınarak, söz konusu alanların korunması ve sürdürülebilirliğini sağlayacak projeler geliştirilmelidir.
- Projenin Türkiye’deki sınıraşan sularla ilgili çıktıları dikkate alınarak, uygulanan Dış Politika stratejimiz ve su bırakma garantilerimiz bu doğrultuda gözden geçirilmelidir.
- Projenin iklim ve hidrolojik modelleme bileşenleri 5~10 yıllık aralıklarla güncellenerek, elde edilecek revize çıktılara göre uygulamalar yeniden gözden geçirilmelidir.
- Bu proje kapsamında yapılan simülasyonların daha dar alanlarda hidrostatik olmayan ve çözünürlüğün 10 km’nin altına inemediği iklim modelleri ile de sınanarak kullanılan bölgesel modellerin çeşitlendirilmesinde fayda vardır. Özellikle topoğrafyanın karmaşık olduğu bölgeler üzerinde daha yüksek çözünürlükte çözümlerin, farklı modeller ve dinamik ölçek küçültmede farklı yaklaşımlar ile üretilmesi ve karşılaştırılması önerilmektedir.
- Sektörel analiz çalışmaları 3 pilot havza özelinde Proje Teknik Şartnamesi gereği belirli sektörler bazında yürütülmüştür. Ancak Uyum Faaliyetleri raporunda çeşitli ülkelerin durumları detaylı olarak incelenmiş ve ülkemizde uygulanabilir sektörler önerilmiştir. Bu Projede geliştirilen metodolojinin, yeni geliştirilecek projelerde

şartnamedeki sektörler için değil önerilen sektörler bazında uygulanması önem taşımaktadır.

- Sektörel etkilenebilirlik analizinin havza bütününde yapılmasının yanı sıra, alt havzalar bazında da detaylandırılması önerilmektedir.
- Sektörel analizin tüm havza ve alt havzalarda yapılması ile uygulanabilir sektörel uyum faaliyetleri belirlenerek, kısa, orta ve uzun vadeler için önceliklendirilmelidir.
- Nihai Raporda belirtilen öncelikli uyum faaliyeti önerilerinin, kurumlar arası görev ve sorumlulukların ortaya konduğu bir plan dahilinde, alt havzalar özelinde hayata geçirilebilmesi için gerekli planlama ve uygulama süreçleri özenle takip edilmelidir.
- Önceliklendirilen uyum faaliyetlerinin uygulanmasına geçilmeden önce her bir uyum faaliyeti için Fayda / Maliyet Analizlerinin yapılarak bütçelendirilmesi önerilmektedir.
- Ülkemizin 3 tarafı denizlerle çevrili olduğundan hareketle, kıyı alanları yönetiminin çok önemli olduğu unutulmamalıdır. 25 akarsu havzasının 17'si kıyı havzaları olup Ülkemiz için Bütünleşik Kıyı Alanları Yönetimi konusunda Stratejik Planlamaların yapılması ve bu çalışmaların hızlandırılması önerilmektedir.
- T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Bilgi İşlem altyapısında projelerin gereksinimlerine göre kullanılacak donanımlar proje başlangıcında yalnız o proje ekibinin kullanacağı türden yapılandırılabilir.
- Bu ve benzeri projelerin sürekliliği açısından, fiziksel olarak Bakanlık'ın dışında bulunan hem projeyi yürüten firmanın hem de Bakanlık personelinin rahatlıkla erişebileceği bulut üzerinden sunucu kullanımı hayata geçirilebilir. Bakanlık personelinin belirli zaman aralıklarında bulut üzerinde bulunan veritabanı ve uygulamaların replikasyonlarını Bakanlık sunucularına taşınarak projenin geliştirme ve gerçekleştirme adımları daha etkin ve hızlı olarak gerçekleştirilebilir.

KAYNAKÇA

- Alexander, L., Zhang, X., Peterson, T., Caesar, J., Gleason, B., Klein Tank, A., . . . Vazquez-Aguirre, J. (2006). Global observed changes in daily climate extremes of temperature and precipitation. *Journal of Geophysical Research*.
- AB Bakanlığı. (2013). *Türkiye İlerleme Raporu*. Ankara: Avrupa Komisyonu Genişleme Genel Müdürlüğü.
- Aldrian, & diğ. (2004). Aldrian, E.; Gates, L.; Jacob, D.; Podzun, R.; Gunawan, D. Long Term Simulation of the Indonesian Rainfall with the MPI Regional Model. *Climate Dynamics*, 795-814.
- Anthes, & diğ. (1989). Anthes, R.A.; Kuo, Ying-Hwa; Hsie, Eirh-Yu; Low-Nam, S.; Bettge, T.W. Estimation Of Skill And Uncertainty İn Regional Numerical Models. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 763-806.
- Ballı, C. (2014, Nisan). Bias Correction of Precipitation Simulated by Regional Climate Modelwith Different Configurations over Turkey. İstanbul: İstanbul Technical University.
- Bastola, S., & Misra, V. (2013). Evaluation of Dynamically Downscaled Reanalysis Precipitation Data for Hydrological Application. *Hydrol. Process. Published online in Wiley Online Library*.
- Bayazıt, M. (2013). Akarsu Havzalarının Özellikleri. M. Bayazıt içinde, *Hidroloji* (s. 110). İstanbul: Birsen.
- Bayazıt, M., & Oğuz, B. (1994). *Mühendisler için İstatistik*. Birsen Yayınevi.
- Besselaar, v. d., & diğ. (2011). van den Besselaar, E.J.M.; Haylock, M.R.; van der Schrier, G.; Klein Tank, A.M.G. A European Daily High-Resolution Observational Gridded Data Set of Sea Level Pressure. *Journal Geophysical Research*.
- (2013). *Beşinci Ulusal Bildirim Raporu*. Türkiye İklim Değişikliği 5.Bildirimi, T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı (UNDP).
- Birleşmiş Milletler. (2013). *İnsani Gelişme Programı Raporu*. Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı.

- Bordoy, R., & Burlando, P. (2012). Bias Correction of Regional Climate Model Simulations in a Region of Complex Orography. *Hydrol. Process. Published online in Wiley Online Library*, 82-101.
- Bozkurt, & diğ. (2011). Bozkurt, D.; Turuncoglu, U.; Sen, O.L.; Öno1, B.; Dalfes, B.H.N. Downscaled Simulations of the ECHAM5, CCSM3 and HadCM3 Global Models For The Eastern Mediterranean-Black Sea Region: Evaluation Of The Reference Period. *Climate Dynamics*.
- Bozkurt, D., & Sen, O. (2011). Precipitation in the Anatolian Peninsula: sensitivity to increased SSTs in the surrounding seas. *Climate Dynamics* 36, 3-4, 711-726.
- Bozkurt, D., & Şen, O. (2011). Precipitation in the Anatolian Peninsula: Sensitivity to Increased SSTs in the Surrounding Seas,. *Climate Dynamics*, 711-726.
- Bozkurt, D., Turuncoglu, U., Şen, O., Öno1, B., & Dalfez, H. (2012). Downscaled simulations of the ECHAM5, CCSM3 and HadCM3 global models for the eastern Mediterranean–Black Sea region: evaluation of the reference period. *Climate Dynamics* 39:1-2, 207-225.
- Brierly, G. J., & Fryirs, K. A. (2005). *Geomorphology and River Management*. Blackwell Publishing.
- Browne, N., & Sylla, M. (2012). Regional Climate Model Sensitivity to Domain Size for the Simulation of the West African Summer Monsoon Rainfall.
- Brunet, M., Saladié, O., Jones, P., Sigró, J., Aguilar, E., Moberg, A., . . . Almarza, C. (2008). A case study/guidance on the development of long-term daily adjusted temperature datasets. *WCDMP No. 66 – WMO/TD-No. 1425*.
- Brutsaert, W., & Parlange, M. (1998). Hydrologic cycle explains the evaporation paradox. *Nature*, 396, 30, doi:10.1038/23845.
- Caldwell, P., Bretherton, C., & Zelinka, M. (2014). Statistical significance of climate sensitivity predictors obtained by data mining. *Geophysical Research Letters* Vol. 41, 1803–1808.
- Cattiaux, J., Douville, H., & Peings , Y. (2013). European temperatures in CMIP5: origins of present-day biases and future uncertainties. *Climate Dynamics* Vol. 41, 2889-2907.

- Chen, & diğ. (2011). Chen, C.; Haerter, J.O.; Hagemann, S.; Piani, C. On the contribution of statistical bias correction to the uncertainty in the projected hydrological cycle. *Geophysical Research Letters*.
- Chow, V. (2010). *Applied Hydrology*. McGraw-Hill.
- Colette, & diğ. (2012). Colette, A.; Vautard, R.; Vrac, M. Regional Climate Downscaling with Prior Statistical Correction of The Global Climate Forcing. *Geophysical Research Letters*.
- Collins, & diğ. (2008). 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: <http://www.metoffice.gov.uk/publications/HCTN/index.html> adresinden alındı
- CORDEX. (2009). *Coordinated Regional Climate Downscaling Experiment Project*. <ftp://www.medcordex.eu/MED-44/> adresinden alındı
- Daly, & diğ. (2002). Daly, C.; Gibson, W.P.; Taylor, G.H.; Johnson, G.L.; Pasteris, P. A Knowledge-based Approach to the Statistical Mapping of Climate. *Climate Research*, 99-113.
- Daly, C., Taylor, G., & Gibson, W. (1997). The PRISM approach to mapping precipitation and temperature in Proc 10th. AMS Conf Appl Climato, Reno, NV, October 20-23. *American Meteorological Society*, 10-12.
- Daly; diğ. (2008). Daly, C.; Halbleib, M.; Smith, J.I.; Gibson, W. P.; Doggett, M. K.; Taylor, G. H.; Curtis, J.; Pasteris, P. P. Physiographically Sensitive Mapping of Climatological Temperature and Precipitation Across The Conterminous United States. *Journal of Climatology*.
- Demir, İ. (2011). Bölgesel İklim Modeli Projeksiyonları:RCHAM5-B1. *5th Atmospheric Science Symposium*, (s. 153-160).
- Dickinson, & diğ. (1993). Dickinson, R. E.; Henderson-Sellers, A.; Kennedy, P. Biosphere–Atmosphere Transfer Scheme (BATS) Version 1e as Coupled to The NCAR Community Climate Model. *NCAR Tech. Note NCAR/ TN-3871STR*, 72.
- Dosio, A., Panitz, H., Frisius, M., & Lüthi D. (2015). Dynamical downscaling of CMIP5 global circulation models over CORDEX Africa with COSMO CLM: evaluation over the

- present climate and analysis of the added value. *Climate Dynamics Vol. 44*, 2637–2661.
- Dökmen, F., & Kuzucu, M. (2013). Yeraltı Sularının Sulama Amaçlı Kullanımında Yönetim. 3. *Ulusal Toprak ve Su Kaynakları Kongresi Bildiriler Kitabı* (s. 762-765). içinde Tokat.
- DSİ. (2011/2012/2013). *DSİ Genel Müdürlüğü Performans Raporları 2011/2012/2013*. Ankara.
- DSİ. (2012). *DSİ 2012 yılı Faaliyet Raporu*. Ankara.
- DSİ. (2013). *DSİ 2013 yılı Faaliyet Raporu*.
- DSİ. (2014). *DSİ Bölge Müdürlükleri Fiili Su Çekimleri*. Ankara.
- Duffy, P., Arritt, R., Coquard, J., Gutowski, W., Han, J., Iorio, J., . . . Zeledon, E. (2006). Simulations of Present and Future Climates in the Western United States With Four Nested Regional Climate Models. *Journal Of Climate, Vol. 19*, 873-894.
- Dufresne, J., Foujols, M., Denvil, S., Caubel, A., Marti, O., Aumont, O., . . . Brockmann, P. (2013). Climate change projections using the IPSL-CM5 Earth System Model: from CMIP3 to CMIP5. *Clim. Dynamics*, 40, 2123-2165, doi: 10.1007/s00382-012-1636-1.
- Edwards, P. (2011). History of Climate Modeling. *WIREs Climate Change*.
- Fayrap, A., & Balı, A. (2009). Dünya ve Türkiye Ölçeğinde Akış Güvenliğinin Değerlendirilmesi. *Alinteri Ziraat Bilimler Dergisi*, 27-33.
- Fierz, C., Armstrong, R., Durand, Y., Etchevers, P., Greene, E., McClung, D., . . . Sokratov, S. (2009). The International Classification of Seasonal Snow on the Ground. *IHP-VII Technical Documents in Hydrology No 83*.
- Fischer ve diğerleri. (2013). Fischer, E. M. ; Oleson, K. M.; Lawrence, D. M.; Contrasting urban and rural heat stress responses to climate change. *Geophysical Research Letters*.
- Flaounas, & diğ. (2012). Flaounas, E.; Drobinski, P.; Vrac, M.; Bastin, S.; Lebeaupin-Brossier, C.; Stefanon, M.; Borga, M.; CPrecipitation and Temperature Space–Time Variability and Extremes in The Mediterranean Region: Evaluation of Dynamical and Statistical Downscaling Methods. *Climate Dynamics*.
- Flato, M. (2011). Earth System Models: An Overview. *WIREs Climate Change*.

- Gibson, W., Daly, C., & Taylor, G. (1997). Derivation of facet grids for use with the PRISM model in Proc 10th AMS Conf Appl Climatol, Reno, NV, October 20-23. *American Meteorological Society*, 208-209.
- Giorgi, & diğ. (1993b). Giorgi.F; Marinucci, M.R.; Bates, G. T. Development of a Second-Generation Regional Climate Model (RegCM2). Part II: Convective Processes And Assimilation Of Lateral Boundary Conditions. *Mon.Wea.Rev*, 2795-2832.
- Giorgi, F., & Mearns, L. (1999). Introduction to Special Section: Regional Climate Modeling Revisited. *Journal of Geophysical Research*, 6335-6352.
- Giorgi, F., & Mearns, L. (2002). Calculation of Average, Uncertainty Range, and Reliability of Regional Climate Changes from AOGCM Simulations via the “Reliability Ensemble Averaging” (REA) Method. *Journal of Climate Vol. 15* *Journal of Climate Vol. 15*, 1141-1158.
- Giorgi, F.; Mearns, L.O. (1991). Approaches to the Simulation of Regional Climate Change: A Review. *Reviews of Geophysics*, 191-216.
- Giorgi; diğ. (1993a). Giorgi.F; Marinucci, M.R; Bates, G. T. Development of a Second-Generation Regional Climate Model (RegCM2). Part I: Boundary Layer and Radiative Transfer Processes. *Mon.Wea.Rev.*, 2795-2813.
- Grell, G. (1993). Prognostic Evaluation of Assumptions Used by Cumulus Parameterizations. *Mon.Wea.Rev*, 764-787.
- Hagemann, S., Chen, C., Clark, D., Folwell, S., Gosling, S., Haddeland, L., . . . Wilshire, A. (2013). Climate change impact on available water resources obtained using multiple global climate and hydrology models. *Earth System Dynamics*, 4, 129-144.
- Hamdi, R., P., T., & P., B. (2011). Effects of urbanization and climate change on surface runoff of the Brussels. *International Journal of Climatology*, 31, 1959-1974.
- Holtslag, & diğ. (1990). Holtslag, A. A. M.; DeBruiFjn, E. I. F.; Pan, H.L A High Resolution Air Mass Transformation Model for Short-Range Weather Forecasting. *Monthly Weather Review*, 1561-1575.
- ICTP. (2014). *Abdus Salam International Centre for Theoretical Physics*. Italya.
- IPCC. (2007). *Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. New York, USA: Cambridge University Press.

- IPCC. (2007). *IPCC Fourth Assessment Report*.
- IPCC. (2013). *Intergovernmental Panel on Climate Change AR5-Fifth Assessment Report*. Cambridge: Cambridge University Press.
- IPCC. (2013). *Intergovernmental Panel on Climate Change AR5-Fifth Assessment Report*. Cambridge: Cambridge University Press.
- IPCC. (2014). *Intergovernmental Panel on Climate Change AR5-Fifth Assessment Report*. Cambridge: Cambridge University Press.
- IPCC SREX. (2012). *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation*.
- İSKİ. (2010). *İklim Değişikliğinin İstanbul ve Türkiye Su Kaynakları Geleceğine Tesirleri Projesi Nihai Raporu*.
- İSKİ. (2010). *İklim Değişikliğinin İstanbul ve Türkiye Su Kaynakları Geleceğine Tesirleri Projesi Nihai Raporu*.
- Jong & diğ. (2009). 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, 1767-1786*.
- Kadioğlu, M. (1997). Trends in Surface Air Temperature Data Over Turkey. *International Journal of Climatology, 511-520*.
- Kampragou, E. M. (2012). *Direct and Indirect Climate Change Impacts on Tourism in The Mediterranean Basin*. EC-FP7 WASSERMed Project.
- Karaca, & diğ. (1995). Karaca, M.; Tayanç, M.; Toros, H. Effects of Urbanization on Climate of Istanbul and Ankara: A First Study. *Atmospheric Environment, Part B: Urban Atmosphere, 3411-3421*.
- Karaca, & diğ. (2000). Karaca, M.; Ünal, Y.S.; Goksel, C. Effects of urbanization on the regional climate: Example of Istanbul. *ECAC2000 3rd European Conf. On Applied Climatology*.
- Karaca, M., & Ünal, Y. (2000). Urbanization and Regional Climate Change in Turkey', International Meeting on 'Detection and Modeling of Recent Climate Change and its Effects on a Regional Scale.
- Kharin, V., & Zwiers, F. (2002). Climate Predictions with Multimodel Ensembles. *Journal of Climate Vol. 15, 793-799*.

- Kiehl, & diğ. (1996). Kiehl, J.T.; Hack, J.J.; Bonan, G.B.; Boville, B.A.; Briegleb, B.P.; Williamson, D.L.; Rasch, P.J Description of The NCAR Community Climate Model (CCM3).
- Klein Tank ve diğ. (2009). Klein Tank, A. M. G.; Zwiers, F.; Zhang, X.; Guidelines on analysis of extremes in a changing climate in support of informed decisions for adaptation.
- Knutti, R. (2010). The end of model democracy. *Climate Change Vol. 102*, 395–404.
- Kurnaz, L. (2014). Kuraklık ve Türkiye. *IPM-Mercator Politika Notu*. Sabancı Üniversitesi.
- Kurnaz, L. (2014). *Kuraklık ve Türkiye. IPM-Mercator Politika Notu. Sabancı Üniversitesi.*
- Lafon, & diğ. (2013). Lafon, T.; Dadson, S.; Buys, G.; Prudhomme, C. Bias Correction of Daily Precipitation Simulated By A Regional Climate Model: A Comparison Of Methods. *Int. Journal of Climatology*, 1367-1381.
- Ludwig, F. K. (2009). *Climate Change Adaptation in the Water Sector*. Londra.
- Mahlstein, & diğ. (2015). Mahlstein, Irina; Spirig, Christoph; Liniger, Mark A.; Appenzeller, Christof Estimating daily climatologies for climate indices derived from climate model data and observations. *Journal of Geophysical Research Atmospheres*.
- Mahlstein, I., Spirig, C., Liniger, M. A., & Appenzeller, C. (2015). Estimating daily climatologies for climate indices derived from climate model data and observations. *Journal of Geophysical Research Atmospheres*.
- Martin, G., Bellouin, N., Collins, W., Culverwell, I., Halloran, P., Hardiman, S., . . . Wiltshire, A. (2011). The HadGEM2 family of Met Office Unified Model Climate configurations, *Geoscientific Model Development*, 4. 723–757.
- Meteoroloji Genel Müdürlüğü. (2013). *Yeni Senaryolarla Türkiye için İklim Değişikliği*.
- MGM. (2015). *Yeni senaryolar ile Türkiye İklim Projeksiyonları ve iklim değişikliği, TR2015-CC*. Ankara: Araştırma Dairesi Başkanlığı, Meteoroloji Genel Müdürlüğü.
- Moss, & diğ. (2010). Moss, R.H.; Edmonds, J.A; Hibbard, K.A.; Manning, M.R., Rose, S.K.; van Vuuren, D.P; Carter, T.R., Emori, S.; Kainuma, M.; Kram, T.; Meehl, G.A, Mitchell, J.F.B; Nakicenovic, N; Riahi The Next Generation of Scenarios for Climate Change Research and Assessment. 747-756.
- Mülga T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı. (2013). *Türkiye İklim Değişikliği Beşinci Ulusal Bildirimi*.

- Mülga T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı. (2013). *Türkiye İklim Değişikliği İkinci Ulusal Bildirimi*.
- Namias, J. (1960). Factors in the initiation, perpetuation and termination of drought. *I.A.S.H. Commission of Surface Waters Vol. 51*, 81-94.
- NCAR/UCAR. (2013). *Annual Report*. Research Applications Laboratory.
- OECD. (2014). *Country Statistical Profile: Turkey 2013*. The Organisation of Economic Cooperation and Development.
- Ormanlık ve Su Şurası. (2013, Mart 21-23). *Havza Yönetimi ve Su Bilgi Sistemi Çalışma Grubu Raporu*. Ankara: Ormanlık ve Su Şurası.
- Ormanlık ve Su Şurası. (2013, Mart 21-23). *Havza Yönetimi ve Su Bilgi Sistemi Çalışma Grubu Raporu*. Ankara: Ormanlık ve Su Şurası.
- OSİB. (2013). *Havza Yönetimi ve Su Bilgi Sistemi Çalışma Grubu Raporu*. Ankara: T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı.
- OSİB. (2013). *İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisi ve Uyum Çalışma Grubu Raporu*. Ankara: T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı.
- OSİB. (2013). *Su Kaynaklarının Geliştirilmesi Çalışma Grubu Raporu*. Ankara: T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı.
- OSİB. (2014, Mayıs 08). İçme Suyu Temin ve Dağıtım Sistemlerindeki Su Kayıplarının Kontrolü Yönetmeliği. *Sayı:28994*. Ankara: T. C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı.
- Önal, B. (2012). Effects of Coastal Topography on Climate: High-Resolution Simulation with a Regional Climate Model. *Climate Research*.
- Önal, B., & Semazzi, F. (2009). Regionalization Of Climate Change Simulations over the Eastern Mediterranean. *J.Climate*, 1944-1961.
- Önal, B., & Ünal, Y. (2003). Climate Simulation of Turkey and Its Neighborhood by Regional Climate Model:Sensitivity of Surface Conditions. Nice.
- Önal, & diğ. (2006). *Önal, B.; Semazzi, F.H.M.; Unal, Y.; Dalfes, H.N. Regional Climatic Impacts of Global Warming over the Eastern Mediterranean. Climate Change and the Middle East – Past, Present and Future*.
- Önal, & diğ., v. (2006). *Önal, B.; Fredrick, H; Semazzi, M.; Ünal, Y.S., Dalfes H.N Regional Climatic Impacts of Global Warming over the Eastern Mediterranean. International*

Conference on Climate Change and the Middle East: Past, Present and Future.
İstanbul.

- Önol, B., & Semazzi, F. (2006). Regional Impact of Climate Change on Water Resources over Eastern Mediterranean: Euphrates Tigris Basin. *86th AMS Annual Meeting, the 18th Conference on Climate Variability and Change.* Atlanta, GA.
- Önol, B., & Semazzi, F. (2009). Regionalization of climate change simulations over the eastern Mediterranean. *Journal of Climate*, 22, 1944-57.
- Önol, B., & Unal, Y. (2014). Assessment of climate change simulations over climate zones of Turkey. *Regional Environmental Change* 14, 1921-1935.
- Öztürk, & diğ. (2013). Öztürk, İ; Gürel, M; Ertürk, A Effects of Climate Change on Water Resources in Turkey. *Proceedings of AASSA Regional Workshop.* Barnaul.
- Parker, W. (2010). Predicting weather and climate: Uncertainty, ensemble, and probability. *Studies in History and Philosophy of Modern Physics, Vol. 4*, 263-272.
- Perkins, & diğ. (2007). Perkins, S.E.; Pitman, A.J.; Holbrook, N.J.; McAneney, J. Evaluation of the AR4 Climate Models' Simulated Daily Maximum Temperature, Minimum Temperature, and Precipitation Over Australia Using Probability Density Functions. *J. Climate*, 4356-4376.
- Philips, J. T. (2007). *Selection of Manning Roughness Coefficient- Selection of Manning's Roughness Coefficient for Natural and Constructed Vegetated and Non-Vegetated Channels, and Vegetation Maintenance Plan Guidelines for Vegetated Channels in Central Arizona.* Scientific Investigation Report.
- Ragab, R., & Prudhomme, C. (2002). Climate Change and Water Resources Management in Arid and Semi-arid Regions: Prospective and Challenges for the 21st Century. *Biosystems Engineering*, 81(1), 3-34.
- Rajib, M., & Rahman, M. (2012). A Comprehensive Modeling Study on Regional Climate Model (RCM) Application-Regional Warming Projections in Monthly Resolutions Under IPCC A1B Scenario. *Atmosphere*, 557-572.
- Rogelj, & diğ. (2012). Rogelj, J.; Meinshausen, M.; Knutti, R. Global Warming Under Old and New Scenarios Using IPCC Climate Sensitivity Range Estimates. *Nature Clim. Change*.

- Russell & diğ. (2006). Russell, JL; Stouffer, RJ; Dixon, KW. Intercomparison of the Southern Ocean circulations in IPCC coupled model control simulations. *J. Climate Vol 19*, 4560-4575.
- Sanderson, B., Knutti, R., & Caldwell, P. (2015). A Representative Democracy to Reduce Interdependency in a Multimodel Ensemble. *Journal of Climate, Vol. 28*, 5171-5194.
- SÇD. (2000). *2000/60/EC Su Çerçeve Direktifi*. European Commission.
- Seckler, & diğ. (1998). Seckler, D.; Amarasinhe, D.; Molden, D.; de Silva, R.; Barker, R. *World Water Demand and Supply, 1990 to 2025: Scenarios and Issues*. International Water Management Institute.
- Seth, A., & Giorgi, F. (1998). The Effects of Domain Choice on Summer Precipitation Simulation and Sensitivity in a Regional Climate Model. *Journal of Climate*, 2698-2712.
- Sillmann, & diğ. (2013a). Sillmann, J.; Kharin, J. V.; Zhang, X.; Zwiers, F. W. Climate extremes indices in the CMIP5 multimodel ensemble: Part 1. Model evaluation in the present climate. *Journal of Geophysical Research*.
- Sillmann, & diğ. (2013b). Sillmann, J.; Kharin, V. V.; Zwiers, F. W.; Zhang, X.; Bronaugh, D. Climate extremes indices in the CMIP5 multimodel ensemble: Part 2. Future climate projections. *Journal of Geophysical Research*.
- Sillmann, J., Kharin, J., Zhang, X., & Zwiers, F. (2013a). Climate extremes indices in the CMIP5 multimodel ensemble: Part 1. Model evaluation in the present climate. *Journal of Geophysical Research*.
- Sillmann, J., Kharin, V., Zwiers, F., Zhang, X., & Bronaugh, D. (2013b). Climate extremes indices in the CMIP5 multimodel ensemble: Part 2. Future climate projections. *Journal of Geophysical Research*.
- Sluiter, R. (2009). *Interpolation Methods For Climate Data*. KNMI.
- Smith, I., J.I., S., L., R., & S.J., J. (2013). The relative performance of Australian CMIP5 models based on rainfall and ENSO models. *Australian Meteorological and Oceanographic Journal*, 63, 205-212.
- Soarez, & diğ. (2012). Soarez, P.M.M; Cardos, R.M.; Miranda, P.M.A.; Medeiros, J.; Belon Pereira, M.; Espirito-Santo, F.WRF High Resolution Dynamical Downscaling of ERA-Interim for Portugal. *Climate Dynamics*.

- Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Marquis, M., Averyt, K., Tignor, M., . . . Chen, Z. (2007). *Climate Change 2007: The Physical Science Basis*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Strum, T. (2010). *Open Channel Hydraulics*. McGraw-Hill.
- Sylla, M., Gaye, A., Pal, J., & Jenkins, G. (2009). High resolution simulations of West African climate using Regional Climate Model (RegCM3) with different lateral boundary conditions. *Theor. Appl. Climatol. Vol. 98*, 293–314.
- Şen, & diğ. (2013). Şen, Ö.L.; Bozkurt, D.; Göktürk, O.M.; DüNDAR, B.; Altürk, B. Türkiye'de İklim Değişikliği ve Olası Etkileri. *3.Ulusal Taşkın Sempozyumu*.
- Şen, & diğ. (2013). Şen, Ö.L.; Bozkurt, D.; Göktürk, O.M.; DüNDAR, B.; Altürk, B. Türkiye'de İklim Değişikliği ve Olası Etkileri. *3.Ulusal Taşkın Sempozyumu*.
- Şen, Z. (1997). Objective Analysis by Cumulative Semivariogram Technique and Its Application in Turkey. *Journal Applied Meteorology*, 1712-1720.
- T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. (2011). *Türkiye'nin İklim Değişikliği Uyum Stratejisi ve Eylem Planı*.
- Tan, E., & Ünal, Y. (2003). Kuzey Atlantik Salınımının Türkiye Yağış ve Sıcaklıklarına Etkileri. *Sırrı Erinç Sempozyumu*.
- Tank, K., & diğ. (2009). *Klein Tank, A.M.G.; Zwiers, F. W.; Zhang, X. Guidelines On Analysis Of Extremes in a Changing Climate in Support of Informed Decisions For Adaptation*. WMO.
- Taylor, K. (2011). Summarizing multiple aspects of model performance in a single diagram. *Journal of Geophysical Research Vol. 106*, 7183-7192.
- Toros, H. (2012). Spatio-Temporal Variation of Daily Extreme Temperatures over Turkey. *International Journal of Climatology*, 1047-1055.
- Tudor, M., & Termonia, P. (2010). Alternative Formulations for Incorporating Lateral Boundary Data into Limited-Area Models. *Monthly Weather Review*, 2867-2882.
- TÜBİTAK MAM. (2010). *Havza Koruma Eylem Planları*. T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı adına TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi.
- TÜBİTAK MAM. (2010). *Havza Koruma Eylem Planları*. T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı adına TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi.

- TÜBİTAK MAM. (2014). *Havza Koruma Eylem Planları*. T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı adına TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi.
- TÜBİTAK MAM. (2014). *Havza Koruma Eylem Planları*. T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı adına TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi.
- Türkeş, M. (1998). Influence of Geopotential Heights, Cyclone Frequency and Southern Oscillation on Rainfall Variations in Turkey. *Int. J. Climatol*, 649-680.
- Türkeş, M. (1999). Vulnerability of Turkey to Desertification with Respect to Precipitation and Aridity Conditions. *Türk Mühendislik ve Çevre Bilimleri Dergisi*, 363-380.
- (2009). *Türkiye Su Raporu*. Ankara: Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü.
- UNEP. (2000). *IPCC Special Report Emissions Scenarios*. Intergovernmental Panel on Climate Change.
- Uppala, & diğ. (2005). 45 Yazarlı The ERA-40 Re-analysis. *Q.J.Royal Meteor.Soc.*, 2961-3012.
- URL-1. (tarih yok). <http://www.dsi.gov.tr/toprak-ve-su-kaynaklari> adresinden alındı
- Ünal, & diğ. (1998-2000). Ünal, Y.S.; Önal, B.; Karaca, M.; Dalfes, N. 21. Yüzyılda GAP Havzalarının İklimi: Orta Ölçekli Bir Modelle Simülasyonlar. İTÜ Araştırma Fonu Projesi.
- Ünal, & diğ. (2000a). Ünal, Y. S.; Karaca, M.; Dalfes, N. *Regional Climate Change due to the Southeastern Anatolian Project in Turkey*, *International Meeting on 'Detection and Modeling of Recent Climate Change and its Effects on a Regional Scale*. Tarragona.
- Ünal, & diğ. (2000b). Ünal, Y. S.; Karaca, M.; Dalfes, N. *Regional climate change due to the South-Eastern Anatolian Irrigation Project in Turkey*, *ECAC2000 3rd European Conf. On Applied Climatology*. Pisa.
- Ünal, & diğ. (2010). Ünal, Y.S.; Önal, B.; Menteş.S.; Borhan, Y.; Kahraman, A.; Ural, D. *Küresel İklim Değişikliğinin Türkiye'ye Etkilerinin Bölgesel İklim Modeli ile İncelenmesi*.
- Ünal, & diğ. (2012). Ünal, Y.S.; Deniz, A.; Toros, H.; Incecik, S. Temporal and Spatial Patterns of Precipitation Variability for Annual, Wet, and Dry Seasons in Turkey. *International Journal of Climatology*, 392-405.
- Ünal, & diğ. (2013). Ünal, Y.; Tan, E.; Menten, S. Summer Heat Waves over Western Turkey between 1965-2006.

- Ünal, Y. (2006). Extreme Maximum and Minimum Temperature Tendencies over Turkey within Last Three Decades. *International Conference on Climate Change and the Middle East: Past, Present and Future*.
- Ünal, Y., & Mentés, S. (2006). Frequency of the Heat Waves in Istanbul and Its Relation to Circulation Types. *International Conference on Climate Change and the Middle East: Past, Present and Future*.
- Ünal, Y., & Önoğ, B. (2001). *Türkiye ve Civarının İkliminin Bölgesel Bir İklim Modeliyle Simülasyonu: Duyarlılık Deneyleri*. İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Ünal, Y., Önoğ, B., Menteş, S., Borhan, Y., Kahraman, A., & Ural, D. (2010). Küresel İklim Değişikliğinin Türkiye'ye Etkilerinin Bölgesel İklim Modeli ile İncelenmesi. *TUJJB-TUMEHAP-02-06, 2006-2010*. Türkiye Ulusal Jeodezi ve Jeofizik Birliği.
- Ünal, Y., Tan, E., & Mentés, S. (2013). Summer Heat Waves Over Western Turkey Between 1965 and 2006. *Theoretical and Applied Climatology*, 339-350.
- Van, T., Nguyen, H., Tuan, L., Quang, T., Duc, L., Laux, P., & Xuan, L. (2014). Seasonal Prediction of Surface Air Temperature across Vietnam Using the Regional. *Advances in Meteorology Vol. 2014*.
- Volđoire, & diğ. (2013). The CNRM-CM5.1 global climate model: description and basic evaluation, *Climate Dynamics*, Vol 40, Sf. 91-2121. Volđoire, A., E. Sanchez-Gomez, D. Salas Mélia, B. Decharme, C. Cassou, S. Sényesi, 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, S. Tyteca, R. Alkama, S. Belamari, A. Braun, L. Coquart, F. Chauvin.
- Volđoire, A., Sanchez-Gomez, E., Salas y Melia, D., Decharme, B., Cassou, C., & Senesi, S. (2012). The CNRM-CM5.1 global climate model: description and basic evaluation. *Climate Dynamics*, s00382-011-1259-y.
- Vuuren, V., & diğ. (2011). Van Vuuren, D.P.; Edmonds, J.; Kainuma, M.L.T.; Riahi, K.; Thomson, A.; T, Matsui; Hurtt, G.; Lamarque, J.F.; Meinshausen, M.; Smith, S.; Grainer, C.; Rose, S.; Hibbard, K.A.; Nakicenovic, N.; Krey, V.; KrRepresentative concentration pathways: An overview. *Climatic Change*.
- Wagner, S., Berg, P., Schädler, G., & Kunstmann, H. (2013). High resolution regional climate model simulations for Germany: Part II-projected climate changes. *Climate Dynamics Vol. 40*, 415-427.

- Waliser & diğ. (2007). Waliser, D; Seo, K-W; Schubert, S; Nioku, E. Global water cycle agreement in the climate models assessed in the IPCC AR4. *Geophysical Research Letters*, 34, L16705.
- Wasimi, S. (2010). *Climate Change in The Middle East and North Africa (MENA) Region and Implications for Water Resources Project Planning and Management*. Emerald Group Publishing Limited.
- Wilby, R., & Wigley, T. (1997). Downscaling general circulation model output: a review of methods and limitations. *Progress in Physical Geography*, 530-548.
- WMO. (1983). *Guide to Climatological Practices*.
- WMO. (1994). *Scientific Assessment of Ozone Depletion*. WMO/UNEP.
- Yoon, & diğ. (2012). Yoon, J.H.; Ruby Leung, L.; Correia, J.J. Comparison of Dynamically and Statistically Downscaled Seasonal Climate Forecasts for the Cold Season Over The United States. *J. Geophys. Res.*
- Yürük, C. (2014). *Earth System Model Predictions for 2015-2100 Over Mediterranean Basin Graduate Thesis*. İstanbul Teknik Üniversitesi.
- Zăvoianu, I. (1985). *MORPHOMETRY OF DRAINAGE BASINS*. Bucharest: ELSEVIER.
- Zhao, Z.-C., Y., L., & J.-B., H. (2013). A review on evaluation methods of climate modeling. *Advances in Climate Change Research*.