



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

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN SU
KAYNAKLARINA ETKİSİ PROJESİ

Proje Nihai Raporu

Yönetici Özeti

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

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

İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER.....	I
1. Giriş.....	1
2. Çalışma Metodolojisi	4
3. İklim Değişikliği Projeksiyonları.....	6
3.1 Sıcaklık Projeksiyonları	6
3.2 Toplam Yağış Projeksiyonları	10
3.3 İklim İndisleri.....	14
4. Türkiye Su Kaynakları ve Projeksiyonları	16
4.1 Su Kaynakları	16
4.2 Hidrolojik Projeksiyonlar	16
4.3 Hidrojeolojik Projeksiyonlar.....	22
5. İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisinin Havza Bazında Değerlendirilmesi	25
5.1 Meriç-Ergene Havzası	28
5.2 Marmara Havzası	28
5.3 Susurluk Havzası	29
5.4 Kuzey Ege Havzası	30
5.5 Gediz Havzası	30
5.6 Küçük Menderes Havzası.....	31
5.7 Büyük Menderes Havzası:.....	32
5.8 Batı Akdeniz Havzası:	33
5.9 Antalya Havzası	33
5.10 Burdur Havzası.....	34
5.11 Akarçay Havzası	35
5.12 Sakarya Havzası	35
5.13 Batı Karadeniz Havzası	36
5.14 Yeşilırmak Havzası.....	37
5.15 Kızılırmak Havzası.....	38
5.16 Konya Kapalı Havzası	38
5.17 Doğu Akdeniz Havzası	39
5.18 Seyhan Havzası	40
5.19 Asi Havzası	40
5.20 Ceyhan Havzası	41
5.21 Fırat-Dicle Havzası	42

5.22	Doğu Karadeniz Havzası	43
5.23	Çoruh Havzası.....	43
5.24	Aras Havzası	44
5.25	Van Gölü Havzası	45
6.	Sektörel Etki Analizi.....	45
7.	Uyum Faaliyetleri.....	51
8.	İklim Su Veri Tabanı	55
9.	Sonuç ve Değerlendirme	56
9.1	Öneriler	60
KAYNAKÇA.....		64

1. Giriş

İklim değişikliği; uzun süreli hava olaylarında meydana gelen ani, şiddetli ve önemli değişimlerdir 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 0,89°C yükselmiş ve yükselmeye de devam etmektedir. Artan sera gazı emisyonları sebebiyle küresel ısınma dünyanın pek çok bölgesinde su kaynaklarının dağılımında değişikliklere yol açmış, küresel ve bölgesel hidrolojik döngüler iklim değişikliğinden büyük ölçüde etkilenmiştir (Brutsaert & Parlange, 1998; Solomon, ve diğerleri, 2007; Hagemann, ve diğerleri, 2013; Dufresne, ve diğerleri, 2013).

Türkiye üzerinde iklim değişimi çeşitli yönleri ile pek çok farklı çalışmada değerlendirilmiştir. 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 & Montes, 2006; Ünal & diğ., 2010) (Ünal & diğ., 2013). İklim projeksiyonları, sıcaklık artışlarının içinde bulunduğumuz yüzyılın sonuna kadar çok daha yükseleceğini ortaya koymaktadır. Bu nedenle Güneydoğu Avrupa ve Doğu Akdeniz bölgesinde yer alan Türkiye'nin iklim değişikliğinin su kaynaklarına etkisinin değerlendirilmesi açısından, geleceğe yönelik projeksiyonların çok gelişmiş modellerle gerçekleştirilerek hassas sonuçların elde edilmesi büyük önem arz etmektedir.

İklim değişikliği öncelikli olarak sıcaklıklardaki artış ve küresel ısınma olarak düşünülse de, iklim değişikliği kaynaklı etkilerin en önemlileri yağış rejiminin değişmesi nedeniyle gerçekleşecek etkilerdir. Hidrolojik sistem dünyadaki iklim koşullarından doğrudan ve dolaylı olarak etkilenmektedir. 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 kaynakları 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, 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 nehir havzaları bazında iklim değişikliğinin yüzeysel ve yeraltı sularına etkisinin tespitini ve uyum faaliyetlerinin belirlenmesini amaçlamıştır. Projenin uygulama alanı tüm Türkiye’yi kapsayan 25 nehir havzası olup, projeksiyon dönemi 2015 ve 2100 yılları arasındır. 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 8 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 yeraltı suyu potansiyeli hesaplanmıştır. Mevcut yeraltı su potansiyeli verisi ile iklim değişikliği projeksiyonları sonucunda değişen yağış, buharlaşma ve sıcaklık verisi 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 içme ve kullanma suyu, 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 edilmiş olup, havzaların her sektörden etkilenme şiddeti “az etki, orta etki, yüksek etki, çok yüksek etki” kategorileri bazında tespit edilmiştir.

Uyum faaliyetlerinin belirlenmesi çalışmasında, tüm havzalar göz önünde bulundurularak iklim değişikliğinin su kaynaklarına olumsuz etkilerinin en aza indirilmesi için yağmur suyu hasadı, su fiyatlandırması, kapalı sulama sistemleri olmak üzere çeşitli uyum faaliyetleri önerileri geliştirilmiştir. Bu kapsamda toplam 138 uyum faaliyeti belirlenmiş 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 “İklimSu Veri Tabanı”na 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 olup 30 ekten oluşmaktadır. 930 günlük proje süresince üretilen veri ve değerlendirme çalışmalarının tümünü kapsamaktadır.

2. Çalışma Metodolojisi

İklim değişikliği projeksiyonları kapsamında öncelikle referans periyodu için başlangıç ve sınır koşulları (ERA-40 reanaliz verileri) (Uppala & diğ., 2005) kullanılarak önce 50x50km sonra 10x10km çözünürlükte iklim simülasyonları elde edilmiştir. Daha sonra CMIP5 veri tabanından seçilen HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR ve CNRM-5.1 küresel iklim modellerinin 10x10km çözünürlüğe sahip referans dönemi iklim simülasyonları gerçekleştirilmiştir. Küresel modelin referans dönemi simülasyonları gözlem verisi kullanılarak yapılan simülasyonlarla karşılaştırılarak, küresel modelin iklim simülasyonlarındaki yanlılığı araştırılmıştır. Her üç küresel iklim modelinin 2100 yılında 4,5 W/m² ve 8,5 W/m² iklim zorlamalarına karşı gelen RCP4.5 ve RCP8.5 temsili konsantrasyon rotalarına dayanan simülasyonlar ile RegCM4.3 bölgesel iklim modeli ile 2015-2100 yılları arasında 10x10km çözünürlükteki iklim simülasyonları elde edilmiştir.

İklim modelleri projeksiyon sonuçları kullanılarak, havza drenaj alanları ölçeğinde hidrolojik değişkenler, 2100 yılına kadar projekte edilmiştir. Yüzeysel akış, zemin nemi ve evapotranspirasyon hidrolojik model tarafından üretilen başlıca değerler olup, model çıktıları kullanılarak havzalardaki yeraltı ve yüzeysel su potansiyeli iklim değişikliği etkileri altında hesaplanmıştır. Ayrıca havzalardaki sektörlerin su kullanımlarındaki değişimler de 85 yıllık projeksiyon dönemi boyunca elde edilmiş ve söz konusu değerler modelin ürettiği hidrolojik değişkenler ile birlikte değerlendirilerek havzalardaki yıllık toplam su ihtiyacı projeksiyonu yapılmıştır. Hidrolojik modelleme çalışmasında SWAT modeli kullanılmakta olup, söz konusu model, göl, gölet ve baraj göllerinin hidrolojik modelleme sürecine dahil edilebilmesi ve hidrolojik modelin iyileştirilmesi amacıyla WEAP modeli tarafından desteklenmiştir.

Hidrojeolojik projeksiyon çalışmaları kapsamında, öncelikle havzalar içinde yer alan tüm yeraltısuyu ortamlarının konum ve yayılımları ortaya çıkarılarak ortamsal hacimleri öngörülmüş olup, Türkiye genelinde homojenize edilmiş ortalama değerler kullanılarak jeohidrolik ve hidrojeolojik ortam nitelikleri tanımlanmıştır. Çalışmada 2015-2100 yılları

arasındaki iklim değişimi etkisi göz önünde bulundurularak her bir dönem için “dönemsel yeraltısuyu beslenimleri” ve “dönemsel yeraltısuyu boşalımları” hesaplanmıştır. Bulunan değerlerin farkları, ilgili dönem için o hidrojeolojik ortamın dönemsel yeraltısuyu dinamik rezervi olarak tanımlanmış ve söz konusu dönem için ilgili hidrojeolojik ortamın hidrojeolojik, statik ve mümkün rezerv değerleri belirlenmiştir. Havzadaki hidrojeolojik ortamların belirtilen zaman dilimleri içerisindeki yeraltısuyu dinamik rezerv değerlerine dayanarak, dönemsel serbest/basınçlı yeraltı su düzeyi (dinamik düzey) değişimleri öngörölmüştür.

Hidrolojik model tarafından üretilen akış değerleri, hidrolik modelleme çalışmaları ile havzaların belirleyici nehir sistemi boyunca debi ve su seviyesi değerlerine dönüştürölmüştür. Hidrolik problemlerin çözümünde, uluslararası kabul görmüş ve literatürde doğruluğu sıklıkla ispatlanmış olan Hec-RAS modelinden yararlanılmıştır. Modelde yüzey su profilleri, bir enkesitten diğerine standart adım metoduyla her bir enkesit için tekrarlanarak enerji denkleminin çözölmesiyle hesaplanmıştır. Model iskeletinin oluşturulması çalışmaları kapsamında havzadaki belirleyici nehir sistemi boyunca ve yan kollarındaki, talveg hatları, akarsu kıyı çizgileri, taşkın yatakları ve enkesitler tanımlanmış ve değişkenlerin modele entegrasyonu sağlanmışır.

Proje kapsamında geliştirilen sektörel etkilenebilirlik analizi metodolojisinde maruziyet, duyarlılık, etki, ekonomik değer, risk ve uyum kapasitesi bileşenleri ile sektörlerin 10’ar yıllık etkilenebilirlik seviyeleri ortaya konmuştur. Bu çalışma 3 pilot havzada, içme ve kullanma suyu, tarım, sanayi ve ekosistem olmak üzere 4 ana sektör için uygulanmıştır. Büyük Menderes Havzası için turizm, Ceyhan Havzası için enerji ve Meriç-Ergene Havzası için sanayi alt sektörü olarak tekstil ürünleri imalatı da çalışmaya dahil edilmiştir.

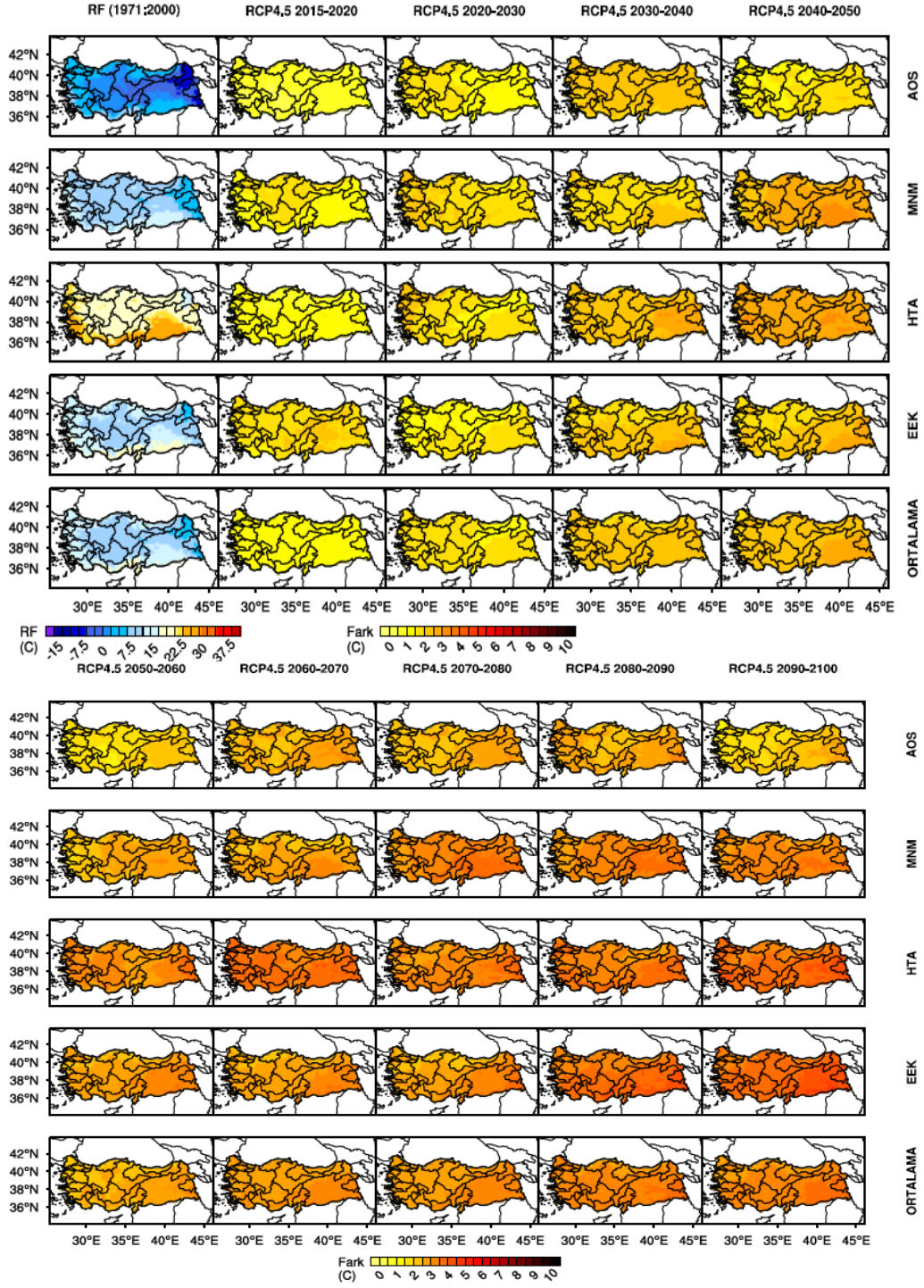
Dünyanın çeşitli bölge ve ölkelerinde, iklim değişikliğine karşı planlanan ve uygulamaya konulan uyum stratejileri ve faaliyetleri ile uyumda öne çıkan sektörler incelenmiş olup, bu bilgiler ışığında ölkemiz için 100’ün üzerinde uyum faaliyetleri önerilmiştir. Ölkemizde su potansiyeli değişiminden etkilenebilecek 3 ana sektör için (içme ve kullanma, tarım, sanayi) seçilen uyum faaliyetleri uygulama bazında avantaj/dezavantaj, fayda/maliyet vb. açıdan detaylı olarak ele alınmıştır. Ayrıca sektörel etkilenebilirlik analizi çalışmalarına yönelik ana sektörler belirlenmiş ve Türkiye’nin akarsu havzaları farklı coğrafi ve iklimsel nitelikleri dikkate alınarak gruplandırılmıştır.

3. İklim Değişikliği Projeksiyonları

3.1 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 çözümlerinin dört mevsime ait 10'ar yıllık sonuçları görselleştirilmiş, örnek olarak RCP4.5 senaryosu HadGEM2-ES modeli Şekil 3.1 ile verilmiştir. Her üç model de 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.

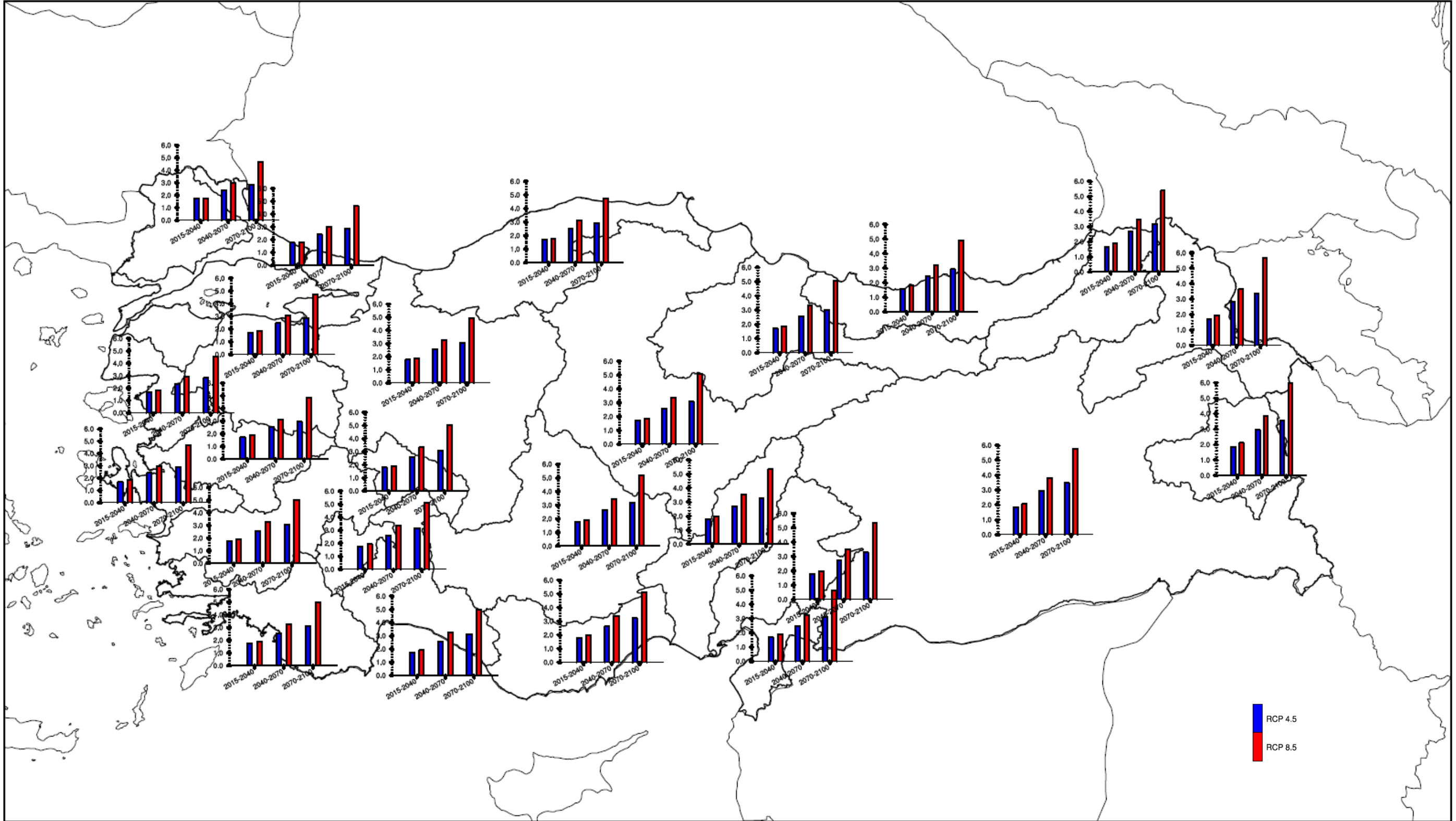
Üç küresel iklim modeline ve her iki emisyon senaryosuna dayalı simülasyonların tamamının 2015-2100 projeksiyon döneminde mevsimsel ve yıllık ölçeklerde Türkiye üzerinde önemli bir ısınmayı işaret ettiği görülmektedir. 2015-2100 periyodunun ilk yıllarında bazı bölgelerde çok daha küçük sıcaklık değişimleri ve hatta bazı yıllarda soğumalar görülmekle birlikte ilerleyen yıllarda sera gazlarındaki artışın yarattığı iklim zorlamaları bölgesel iklim değişkenliğinden daha baskın şekilde sıcaklıkların artışını hızlandırmaktadır. Her iki senaryo durumunda da kış mevsimi sıcaklıklarının 2050 yıllarından sonra 1970-2000 dönemine nazaran en az 1°C fazla seyredeceği her üç model tarafından da öngörülmektedir. 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 RCP8.5 senaryosu daha yüksek sıcaklık artışlarını göstermektedir. Sıcaklık artışları yaz ve ilkbahar mevsimlerinde kış ve sonbahar mevsimlerinden daha yüksektir.



Şekil 3.1 Ortalama Sıcaklık Anomali Değerlerinin HadGEM2-ES Modeli RCP4.5 Senaryosu için 10'ar Yıllık Dönemlerde ve Mevsimlik Değişimi

Her üç model için 25 havzada ortalama sıcaklıkların 30 yıllık değişimleri görselleştirilmiş, örnek olarak HadGEM2-ES modeli Şekil 3.2 ile gösterilmiştir. Buna göre 2015-2100 periyodu sürecince her iki senaryo için de sıcaklık artışlarının, Türkiye'nin güneyinden kuzeyine gidildikçe artmakta olduğu dikkati çekmektedir. 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.



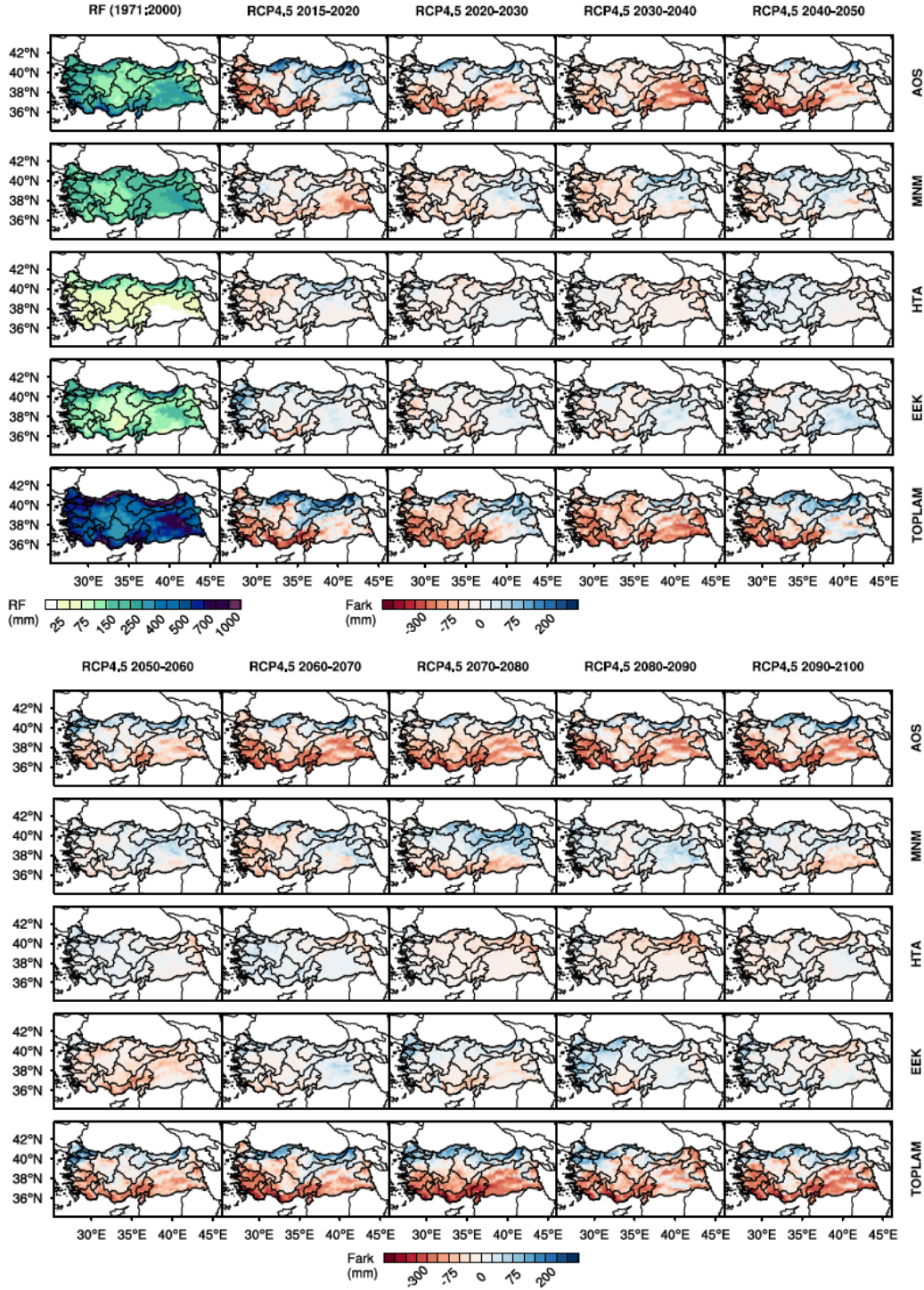
Şekil 3.2 Türkiye Geneline Havzalar Üzerinde HadGEM2-ES Modeli Ortalama Sıcaklık Anomali Değerlerinin 30 Yıllık Ortalamaları

3.2 Toplam Yağış Projeksiyonları

Türkiye genelinde 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 10'ar yıllık sonuçları görselleştirilmiştir. Örnek olarak RCP4.5 senaryosu MPI-ESM-MR modeli Şekil 3.3 ile verilmiştir.

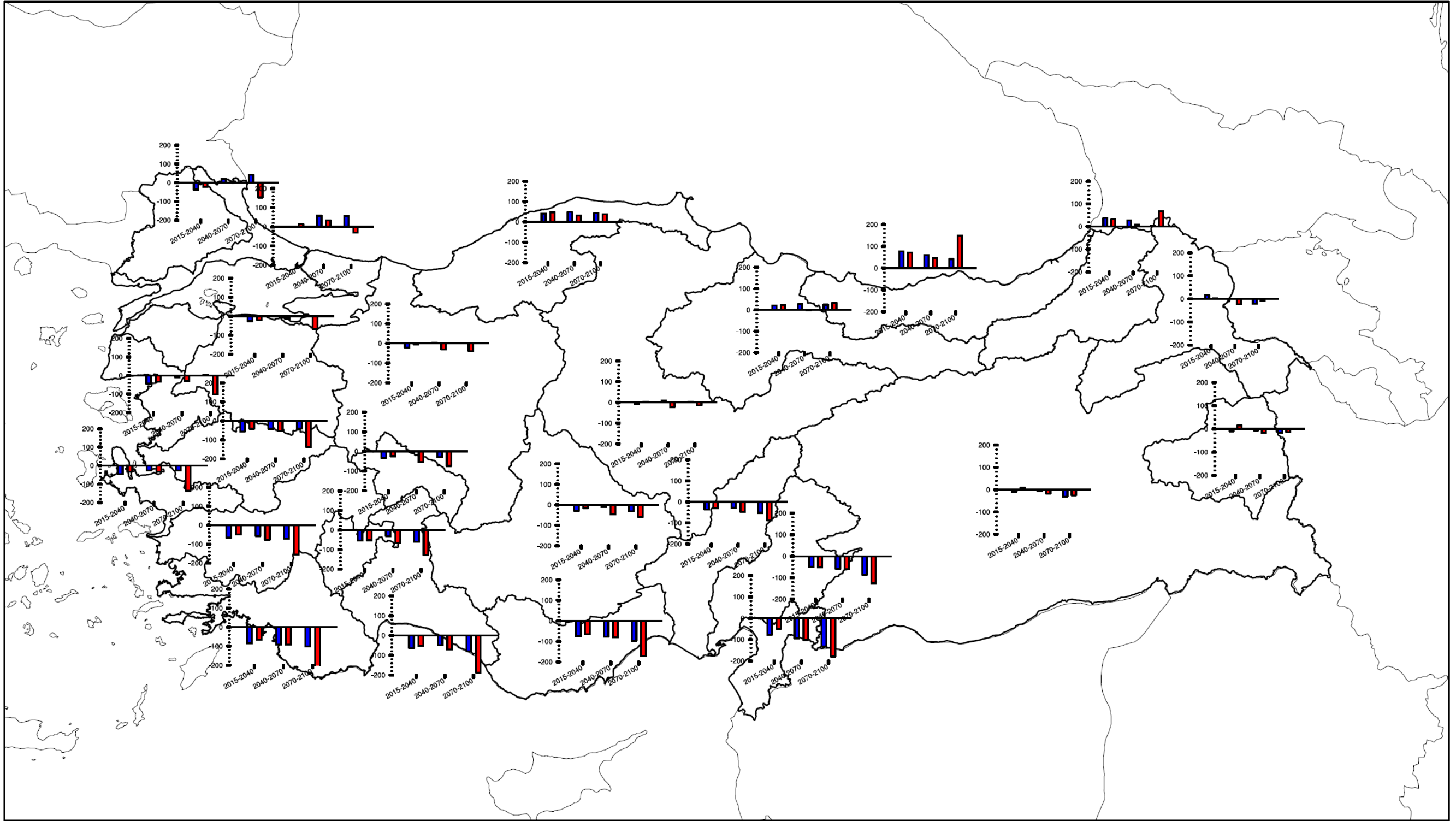
RCP4.5 ve RCP8.5 senaryoları için HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR ve CNRM-CM5.1 modellerine ait yağış projeksiyonları yer sistem modellerine bağlı olarak projeksiyon dönemi boyunca (2015-2100) bölgesel olarak yağışlarda artış ve azalışların meydana geleceğini göstermektedir. Genel olarak projeksiyon dönemi boyunca 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.

Yağışta meydana gelen bu değişimler, göz önüne alınan dönemler ve RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarına bağlı olarak birbirinden önemli farklılıklar da gösterebilmektedir. Örneğin MPI-ESM-MR modeli 2015-2100 arasında dönemsel olarak Türkiye genelinde 10'ar yıllık ortalamalar bazında 10,6 mm yağış artışlarının yanı sıra 7,7 mm ile 28 mm arasında değişen yağış düşüşlerinin meydana geleceğini işaret etmektedir. Bunun yanı sıra 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.



Şekil 3.3 Toplam Yağış Anomali Değerlerinin MPI-ESM-MR Modeli RCP4.5 Senaryosu için 10'ar Yıllık Dönemlerde ve Mevsimlik Değişimi

Her üç model için 25 havzada yağışın 30 yıllık değişimleri görselleştirilmiş, örnek olarak MPI-ESM-MR modeli Şekil 3.4 ile gösterilmiştir.



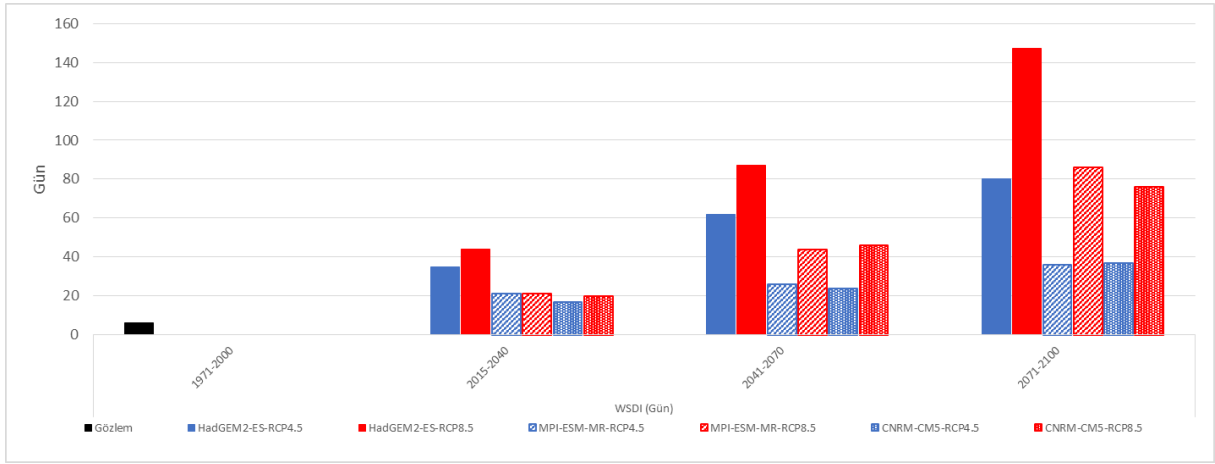
Şekil 3.4 Türkiye Geneline Havzalar Üzerinde MPI-ESM-MR Modeli Toplam Yağış Anomali Değerlerinin 30 Yıllık Ortalamaları

Model simülasyonları Türkiye'nin kuzeyinde yer alan havzalarda iklim rejiminin referans döneminden daha yağışlı olacağını öngörmektedir. Örneğin RCP8.5 senaryosu 2050'li yıllardan itibaren havzalardaki kuraklığın kuzeyden güneye doğru gidildikçe şiddetleneceğini ve havza bazındaki on yıllık ortalama yıllık yağış toplamalarının 150 mm'lere düşeceğini ortaya koymaktadır. En şiddetli kuraklık öngörülleri MPI-ESM-MR modeline en ılıman kuraklık öngörülleri 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 havzalarında 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. Fırat Dicle Havzası'nda ise her iki senaryodaki yıllık toplam yağışların %3 ila %8 arasında azalacağı beklenmektedir. 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. 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. 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, Yeşilırmak Havzaları'nın daha yağışlı olacağını öngörmektedir.

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.

3.3 İklim İndisleri

Ekstrem hava olayları bakımından sıcaklık aşırımları için en önemli göstergelerden biri sıcak hava dalgasına (WSDI) ait indis değerleridir. WSDI indisi her takvim gününün maksimum sıcaklığının referans döneminin %90'ından daha fazla olduğu günleri göstermektedir. HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR ve CNRM-CM5.1 modelleri sıcak hava dalgası (WSDI) iklim indisi karşılaştırması grafiği Şekil 3.5 ile verilmiştir. 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.

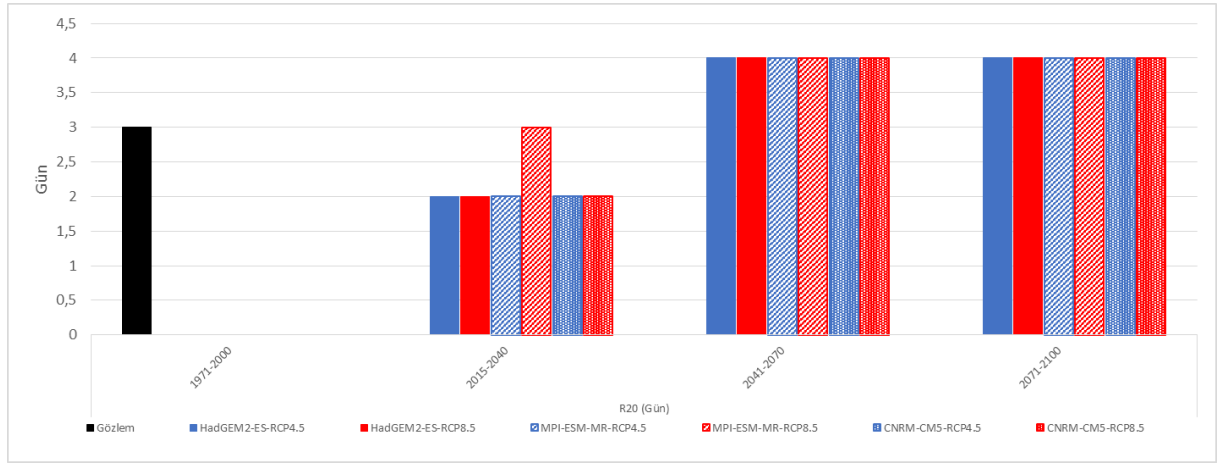


Şekil 3.5 HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR ve CNRM-CM5.1 Modelleri Sıcak Hava Dalgası (WSDI) İklim İndisi Karşılaştırması

Özellikle 2041 yılından sonra RCP4.5 senaryosuna dayalı en yüksek sıcak hava dalgası indis değerleri Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgeleri'nde öngörülmektedir. Son projeksiyon döneminde ise ülkenin tamamen güney bölgelerinde 80-120 gün arasında değişen bu indis değerlerinin hakim olacağı anlaşılmaktadır. RCP8.5 senaryosunda bu indis değerlerinde daha büyük artışlar öngörülmektedir. Maksimum ve minimum sıcaklıkların yüzyılın sonuna doğru artması beklenirken özellikle Akdeniz Bölgesinde, Güney ve Doğu Anadolu Bölgelerinde 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 sınırlandıracağı 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. Bu durumu yağışın 1 mm'den az olduğu ardışık günlerin sayısını veren CDD iklim indisinin Türkiye genelindeki davranışları da desteklemektedir. CDD indisi her üç modelde de artış gösterirken, yağışın 1 mm'den fazla olduğu ardışık ıslak gün sayısını veren CWD indis değerinde önemli bir değişim tespit edilmemiştir.

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 3.6 ile sunulmaktadır.



Şekil 3.6 HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR ve CNRM-CM5.1 R20 Çok Şiddetli Yağışlı Gün Sayısı İklim İndisi Karşılaştırması

Marmara Bölgesinde, Ege (özellikle güney Ege) ve Karadeniz kıyı şeridinde, İç Anadolu Bölgesinde ve Fırat Dicle Havzası'nda yüzyılın sonuna doğru R20 çok şiddetli yağışlı gün sayısı iklim indisinde artışlar öngörülmektedir. Yağışın yüksek olduğu günlerin sayısı ile ilgili indisler olan gerek R20 (yağışın 20 mm'den yüksek olduğu günler) ve gerekse de R25 (yağışın 25 mm'den yüksek olduğu günler) indis değerleri Türkiye'de projeksiyon dönemi boyunca önemli bir değişim göstermemekle birlikte Marmara, Batı Karadeniz, Güney Ege ve Van Gölü civarında 20 mm'den fazla yağışlı gün sayılarında küçük artışlar olacağı tüm modeller ve senaryolarca beklenmektedir. 2015-2100 yılları arasında pozitif yağış anomalilerinin görüldüğü Karadeniz ve Marmara Bölgesi'nde aşırı yağış olasılıklarının artması bu bölgelerde özellikle şehir ortamlarında sellerin oluşum sıklığını ve buna bağlı ekonomik kayıpları arttırabilir. Yıllık toplam yağışların 100-400 mm arasında artması dolayısıyla bu bölgelerdeki yağış rejiminin değişeceği veya hali hazırda değişmekte olduğu açıktır.

4. Türkiye Su Kaynakları ve Projeksiyonları

4.1 Su Kaynakları

DSİ verilerine göre Türkiye’de çeşitli maksatlara yönelik su kullanımlarında, teknik ve ekonomik anlamda kullanılabilir yüzeysel ve yeraltı suyu miktarının toplam 112 milyar m³ olduğu belirlenmiştir. Buna göre kullanılabilir yüzeysel su potansiyeli yurt içindeki akarsulardan 95 milyar m³, komşu ülkelerden yurdumuza gelen akarsulardan 3 milyar m³ olmak üzere, yılda ortalama toplam 98 milyar m³’tür. 14 milyar m³ olarak belirlenen yeraltı suyu potansiyeli ile birlikte ülkemizin kullanılabilir yerüstü ve yeraltı su potansiyeli yılda ortalama toplam 112 milyar m³ olup, 44 milyar m³’ü kullanılmaktadır (URL-1).

Proje kapsamında Faaliyet Raporları (DSİ, 2013; 2012), Ormancılık ve Su Şurası Çalışma Grubu Raporları (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. Proje kapsamında Türkiye’nin su potansiyeli, birçok kaynaktan verilen 112 milyar m³’e de yakın bir değer olarak, yaklaşık 108,5 milyar m³ olarak hesaplanmıştır.

Kullanılabilir su potansiyelinin hesaplanmasının ardından, her havzadaki suyu tüketecek olan temel sektörler ortaya konmuştur. Söz konusu su potansiyeli, 4 ana sektör arasında (içme ve kullanma suyu, sanayi suyu, sulama suyu ve ekosistem hizmetleri ihtiyacı) dağılmaktadır. Buna göre, havzalar özelindeki nüfus, endüstri ve tarım faaliyetlerinin yanı sıra ekosistem hizmetleri ihtiyaçlarının da 2100 yılına kadarki değişimleri öngörülmüştür. Havzalardaki muhtemel su fazlası veya açığı hesaplanırken, havza bazlı nüfus artış eğilimleri ve havza özelinde bilinen önemli yatırım planları dikkate alınmıştır. Benzer şekilde, havza bazında endüstriyel ve tarımsal faaliyetlerin değişimlerinin seyri ile birlikte ekosistem hizmetlerinin gereklilikleri de dikkate alınmıştır.

4.2 Hidrolojik Projeksiyonlar

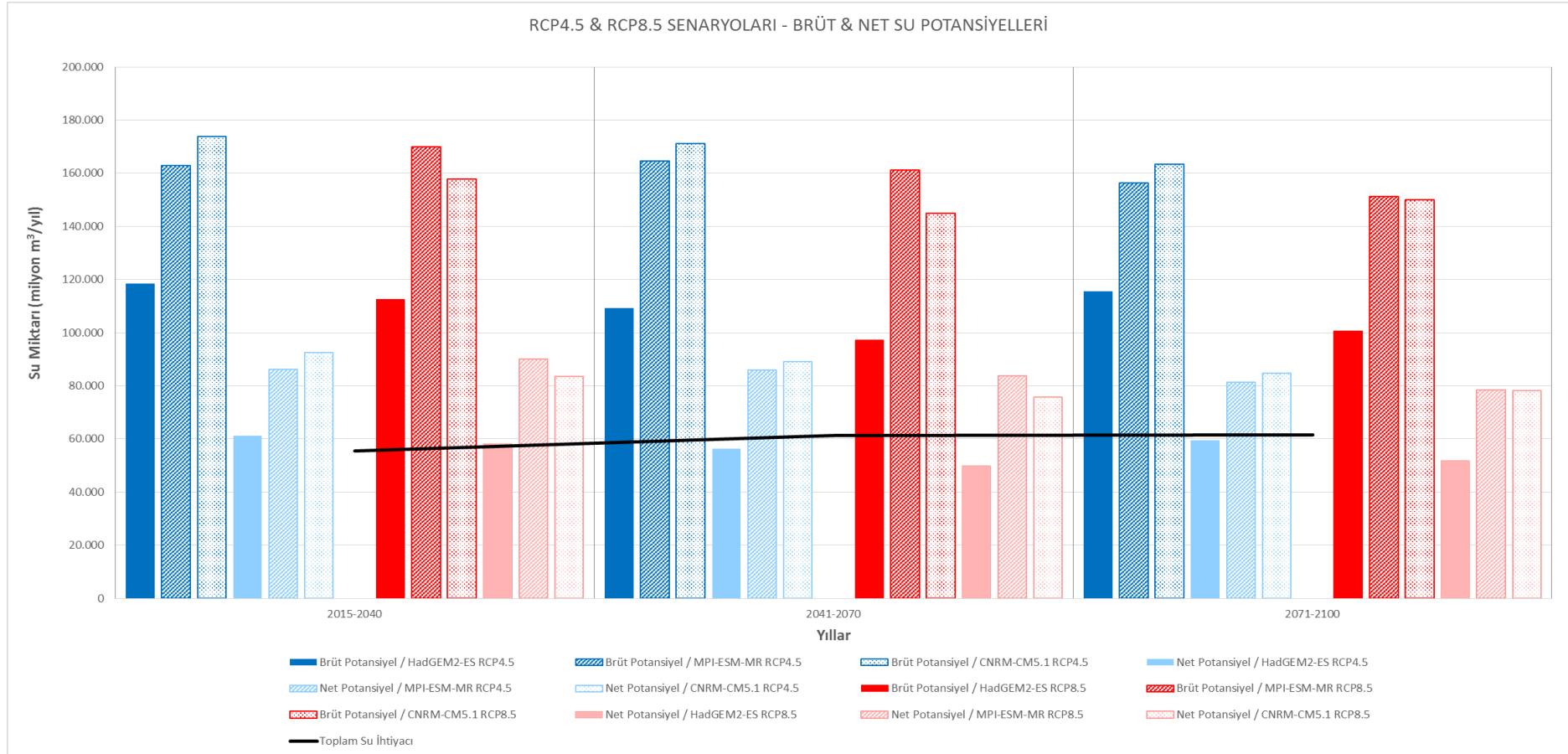
2015-2100 döneminde Türkiye genelinde toplam brüt ve net su potansiyellerindeki değişim, modellerin tüm senaryoları bazında detaylı olarak Şekil 4.1 ile sergilenmektedir. Türkiye geneli brüt ve net su potansiyeli tahminleri incelendiğinde 30’ar yıllık ortalamalarda en düşük değerler her iki senaryo (RCP4.5 ve RCP8.5) için HadGEM2–ES modeli ile üretilmektedir.

Her üç iklim modeli ve iki senaryo 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 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 model için de aynı modelin aynı senaryosu için 30 yıllık dönem değerinin çok fazla değişmediği görülmektedir.

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 (maks: ~15.000 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.

Türkiye geneli için model sonuçlarının değerlendirilmesi kapsamında, özet çalışma mahiyetinde bir istatistiki analiz yapılmıştır. 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 karşılaştırılmıştır. Buna göre, 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.



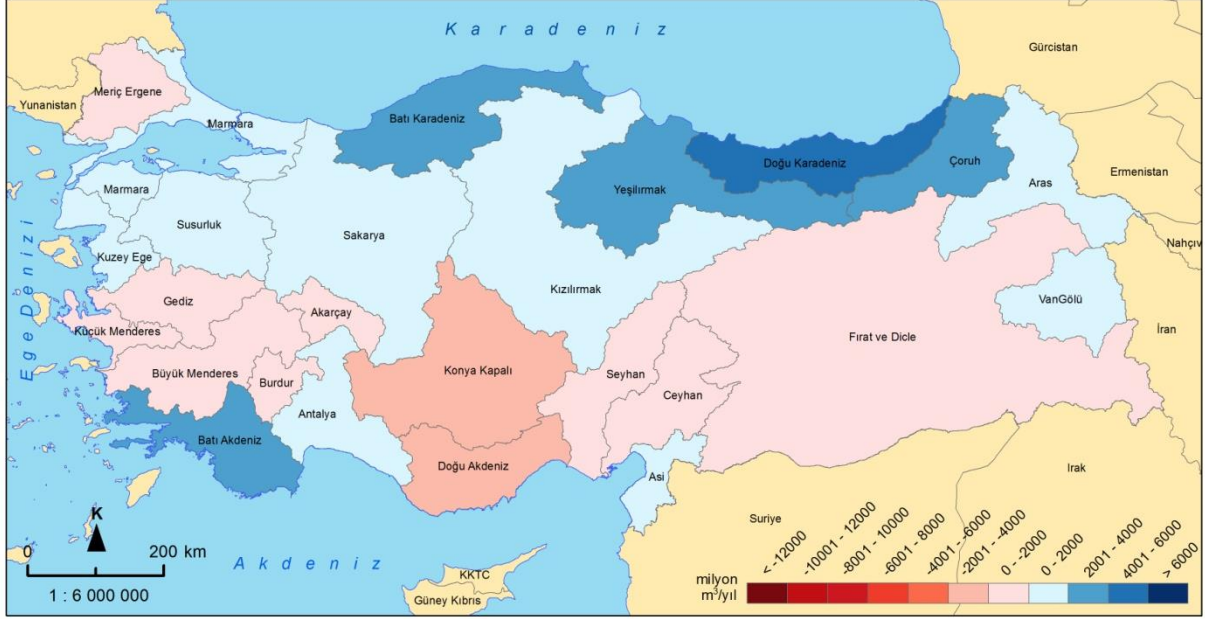
Şekil 4.1 Türkiye Geneli için İklim Projeksiyonları Senaryolarına göre Brüt ve Net Su Potansiyellerinin 30'ar Yıllık Karşılaştırılması

Türkiye’de akarsu havzalarının 2015-2100 dönemi için net su açığı/fazlası durumu tematik harita formatında üç model ve iki senaryo için ayrı ayrı hazırlanmış olup, örnek olarak MPI-ESM-MR modeli RCP4.5 senaryosu Şekil 4.2-Şekil 4.4 ile sunulmaktadır. Su fazlası/açığını gösteren tematik haritalar, gelecekte komşu havzalar arasında olası su transferini belirleme amacıyla da kullanılabilecektir. Bütün dönemlerde en kayda değer su açığının gözleendiği havzalar ise genel itibariyle Fırat Dicle, Doğu Akdeniz ve Konya Kapalı Havzalarıdır.

HadGEM2-ES modeli RCP4.5 senaryosuna göre, tüm dönemlerde su fazlası olan havzalar Doğu Karadeniz ve Çoruh Havzaları olarak gözükmemektedir. Benzer şekilde tüm projeksiyon dönemlerinde Marmara, Susurluk, Kuzey Ege, Batı Karadeniz, Yeşilırmak, Antalya, Aras ve Van Gölü Havzalarında da öngörülen net su miktarının tahmini su kullanımları için yeterli olduğu gözlenmiştir. Fırat-Dicle havzasının 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 projeksiyon dönemi, 2041-2070 arası (orta dönem) olarak göze çarpmaktadır. HadGEM2-ES iklim modelinin RCP8.5 senaryoları, RCP4.5 senaryoları ile büyük ölçüde paralel sonuçlar vermekte olup, daha kritik iklim şartlarını gösterdiğinden, havzalar genelinde göreceli olarak bir miktar daha fazla su açığına işaret etmektedir.

MPI-ESM-MR modeli genel olarak HadGEM2-ES modeline göre havzalarda nispi olarak daha fazla su olacağına işaret etmektedir. Buna göre, yukarıda da tariflenen kayda değer ölçekte su fazlası olması beklenen, Doğu Karadeniz ve Çoruh Havzalarına ilaveten, Batı Karadeniz ve Yeşilırmak Havzalarında da büyük oranda su fazlası olacağı tahmin edilmektedir. Öte yandan, yine su açığı olması muhtemel Fırat-Dicle, Konya Kapalı ve Doğu Akdeniz Havzaları modelin bu senaryosunda öne çıkmaktadır. Tüm projeksiyon dönemleri boyunca yine Marmara, Kuzey Ege, Susurluk, Sakarya, Kızılırmak, Aras ve Van Gölü Havzaları, tüm kullanımlar ve tahsisler için yeterli suyun olması beklenen havzalardır. MPI-ESM-MR modeli RCP8.5 senaryosu RCP4.5 senaryosu ile büyük ölçüde paralellik arz etmekle birlikte, 2071-2100 dönemi için Doğu Akdeniz Havzası için tahmin ettiği büyük ölçekli su açığı dışında genel itibariyle çok kritik sonuçlar üretmemiştir. Ayrıca söz konusu senaryo yine sadece 2071-2100 döneminde Büyük Menderes ve Seyhan Havzaları için kayda değer ölçüde artan su açıklarına işaret etmektedir. Diğer iklim modeli olan CNRM-CM5.1 tahminleri, MPI-ESM-MR modeli çıktılarına oldukça yakın sonuçlar üretmiştir.

Türkiye'nin Fırat-Dicle Havzasından mansap ülkelerine su bırakmayı taahhüt ettiği miktarlar tematik haritalarda dikkate alınmıştır. Her üç model çıktıları, Fırat-Dicle havzasında 2015 - 2100 döneminde 2-12 milyar m³/yıl'a ulaşan mertebelerde su açığının beklendiğini göstermektedir. Bu veriler, Türkiye'nin daha önce havzadan mansap ülkelere su bırakmayı deklare ettiği su miktarları ile ilgili yeni bir değerlendirme yapması gerektiğini ortaya koymaktadır.



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 4.2 Türkiye Geneli için İklim Projeksiyonları MPI-ESM-MR 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 4.3 Türkiye Geneli için İklim Projeksiyonları MPI-ESM-MR RCP4.5 Senaryolarına göre Havza Bazlı Su Fazlası/Açığı GÖsterir Tematik Harita (2041-2070)

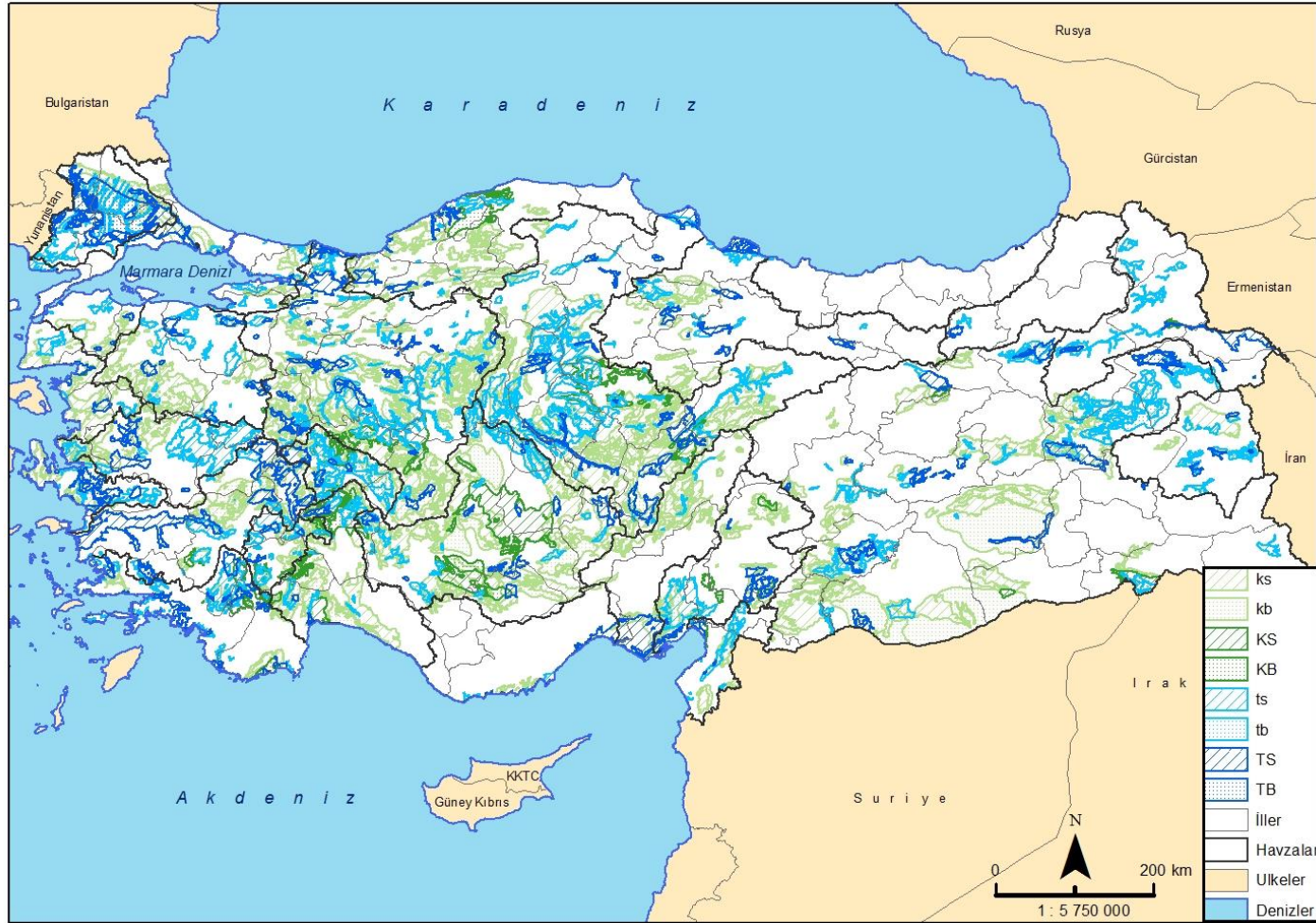


Fırat Nehri Havzası için mansap ülkelerine su bırakma taahhüdü olan 500 m³/s dikkate alınmıştır.
Dicle Nehri Havzası için mansaba bırakılan 2011-2015 yılları arası ortalama debi değeri 342 m³/s dikkate alınmıştır (DSİ verisi).

Şekil 4.4 Türkiye Geneli için İklim Projeksiyonları MPI-ESM-MR RCP4.5 Senaryolarına göre Havza Bazlı Su Fazlası/Açığı GÖsterir Tematik Harita (2071-2100)

4.3 Hidrojeolojik Projeksiyonlar

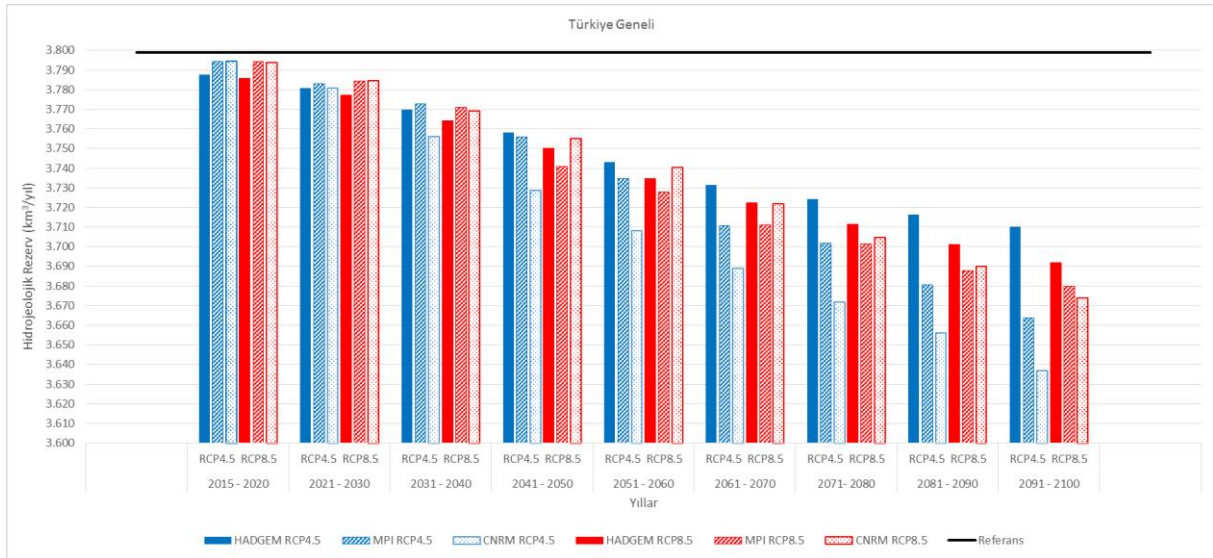
Hidrojeolojik çalışmaların ilk aşaması hidrojeolojik ortamların ayırt edilmesine ve tanımlanmasına yöneliktir. Türkiye genelinde ayrılmış ve tanımlanmış olan hidrojeolojik ortamlar taneli ortam ve kaya ortam yapısındadır. Hidrojeolojik projeksiyonlar kapsamında tanımlanan ortamların serbest ve basınçlı olma niteliklerine göre de değerlendirme yapılmıştır. Türkiye geneli taneli veya kaya yapılı hidrojeolojik ortamlar yayılımı şekil 4.5 ile verilmektedir.



Şekil 4.5 Serbest ± Basıncılı” Nitelikteki Taneli ve Kaya Ortam Sutaşırları (TS, TB, KS, KB ; Akifer) ile Yarisutaşırlarının (ts, tb, ks, kb ; Akitard) Türkiye’deki Yayılmı.

Türkiye genelinde özellikleri tanımlanan hidrojeolojik ortamların yeraltısuyu potansiyelleri “dinamik, statik, hidrojeolojik, mümkün” yeraltısuyu rezervler şeklinde belirlenmiştir. Hesaplamalar, tümüyle “*her hidrojeolojik ortamın kendi özgün jeolojik–hidrojeolojik karakteri esas alınarak*” ortamsal temsiliyeti homojenleştirilmiş jeohidrolik katsayılar ile bazı ortamsal boyutlandırma kabulleri yapılarak “maksimum yeraltısuyu depolayabilme kapasitesi”ne göre gerçekleştirilmiştir. Türkiye akarsu havzalarındaki hidrojeolojik ortamların taşımış oldukları yeraltısuyu potansiyelinin farklı şekillerde ifadesi olan dinamik, statik ve mümkün yeraltısuyu rezervi büyüklüklerinin havzalar arası karşılaştırması Şekil 4.6 ile verilmektedir.

Şekil 4.6 Türkiye Akarsu Havzaları Yeraltısuyu Potansiyelinin “Dinamik, Statik, Hidrojeolojik, Mümkün Rezervler” Türünde Dağılımı



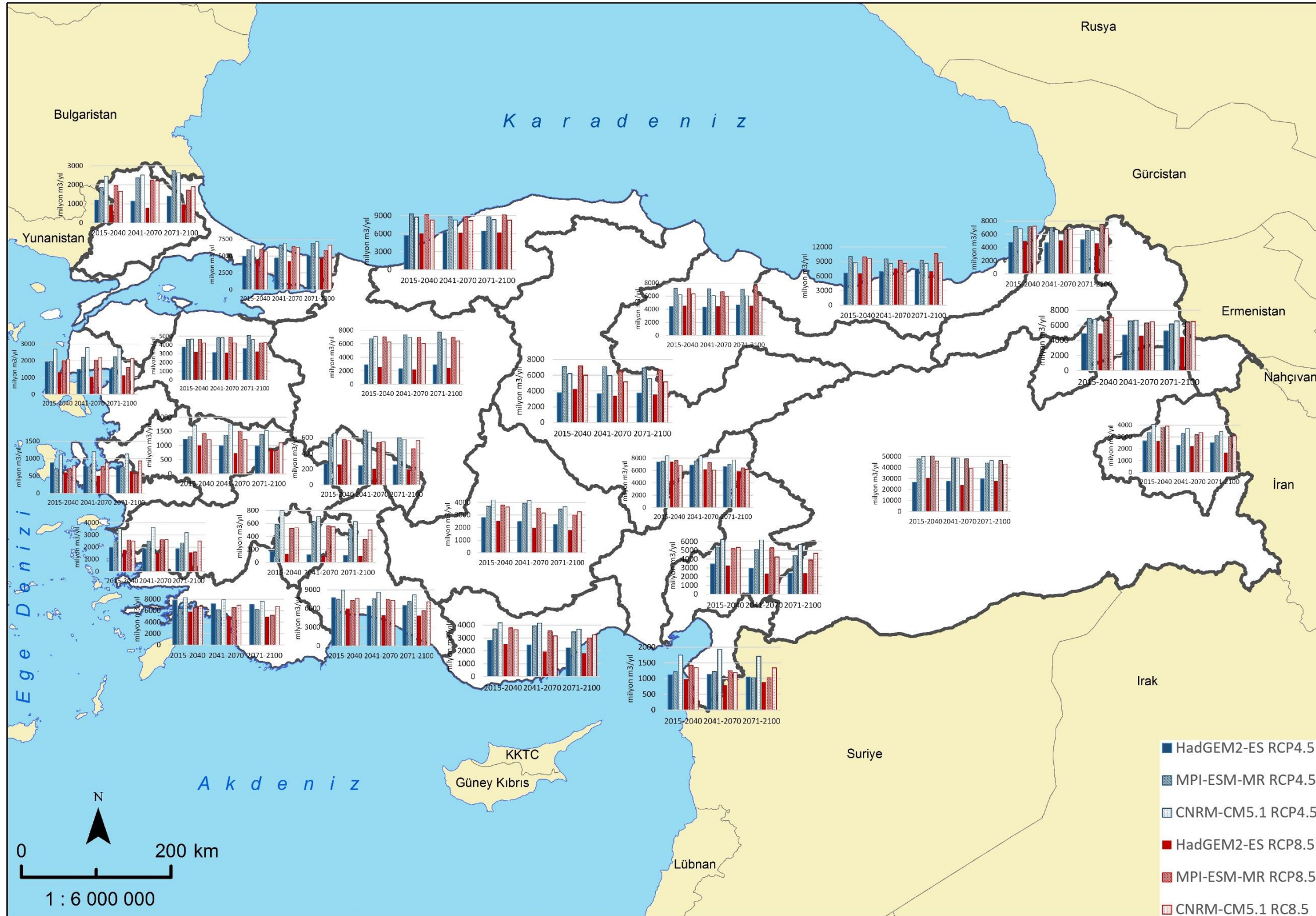
Şekil 4.7 İklim Modellerine – Senaryolarına Göre Türkiye Yeraltısu Hidrojeolojik Rezervinde Öngörülen Değişim Eğilimi

Hidrojeolojik rezervde öngörülen değişim havzalar özelinde değerlendirildiğinde, Meriç–Ergene ve Fırat–Dicle havzaları 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.

5. İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisinin Havza Bazında Değerlendirilmesi

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, yüzeysel ve yeraltı suyu kaynaklarının mevcut kullanımı ile söz konusu kaynakların kullanım alanları, oluşan evsel ve endüstriyel atıksuların deşarj edildiği yerler ve miktarları incelenmiştir. HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR ve CNRM-CM5.1 iklim modelleri ile RCP4.5 ve RCP8.5 senaryoları bazında 2015-2100 periyodu için sıcaklık ve yağış projeksiyonları kullanılarak havzada tespit edilen drenaj alanları ölçeğinde hidrolojik değişkenler 2100 yılına kadar projekte edilmiş, her havzada brüt ve net su potansiyeli değişimi hesaplanmıştır. Proje çıktılarının tüm havzalarda su yönetimi stratejilerinin belirlenmesinde dikkate alınması ve havzada öngörülen su açığının minimize edilebilmesi için olanak yaratması açısından oldukça önemlidir.

Her üç model için RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarında, 25 havzada brüt su potansiyelinin 30 yıllık değişimleri Şekil 5.1 ile gösterilmiştir.



Şekil 5.1 Türkiye Geneline Havzalar Üzerinde Brüt Su Potansiyeli Değerlerinin 30 Yıllık Ortalamaları

Bu bölümde Türkiye'nin 25 havzası için ortalama sıcaklık, toplam yağış, brüt su potansiyellerinin referans dönemine göre değişimi ortaya koyulmuştur. Buna ek olarak havzadaki su açığı/fazlası ve hidrojeolojik rezervlerin miktarları da verilmektedir. Tüm model sonuçları 30'ar yıllık dönemler değerlendirilmiş ve havzada gerçekleşmesi olası ekstrem değerler verilmiştir.

5.1 Meriç-Ergene Havzası

2015-2100 dönemi için yapılmış olan iklim değişikliği projeksiyonlarına göre ortalama sıcaklıklarda sürekli bir artış olması beklenmektedir. 1971-2000 yılları gözlem verilerine göre ortalaması **13,4°C** olan havza geneli ortalama sıcaklığında, **2071-2100** döneminde **en az 1,5°C, en fazla 4,7°C** civarında **artış** yaşanması beklenmektedir.

1971-2000 yılları gözlem verilerine göre havzanın referans dönemi ortalama yıllık yağış miktarı **598,3 mm** olarak belirlenmiştir. 30'ar yıllık projeksiyon sonuçlarına göre, toplam yağış parametresi için belirgin bir artış veya azalış eğilimi gözlenmemekte olup havzanın **2071-2100** döneminde referans döneme göre **%13 oranında daha az** yağış alacağı öngörülmektedir. Bu dönem için yağış azalmalarının havzanın **kuzey** kesimlerinde baskın olması beklenmektedir.

Hidrolojik model çalışmaları için DSI verisi kullanılmış olup referans dönemine ait havzanın ortalama brüt su potansiyeli **1.838 milyon m³/yıl** olarak belirlenmiştir. İklim değişikliğinin etkisi ile **2041-2070** döneminde havzanın brüt su potansiyelinde **%60'lara varan azalma** meydana gelebileceği öngörülmektedir. Bununla birlikte, 2071-2100 döneminde yıllık kullanılabilir su miktarının toplam su ihtiyacını karşılamayacağı, **su açığının** yaklaşık **1.485 milyon m³/yıl** olması beklenmektedir.

Yürütülmüş olan hidrojeolojik çalışmalar neticesinde havzanın yeraltı suyu **hidrojeolojik rezervi 188 km³** olarak belirlenmiştir. Bu rezervin teknik ve ekonomik olarak kullanılabilir miktarı, **mümkün rezervi 125 km³** olarak hesaplanmıştır. İklim değişikliği etkileri altında yüzyılın sonunda havzanın hidrojeolojik rezervinde **%2** ve mümkün rezervinde ise **%3** oranlarında azalmalar meydana geleceği tahmin edilmektedir.

5.2 Marmara Havzası

2015-2100 dönemi için yapılmış olan iklim değişikliği projeksiyonlarına göre ortalama sıcaklıklarda sürekli bir artış olması beklenmektedir. 1971-2000 yılları gözlem verilerine göre ortalaması **13,9°C** olan havza geneli ortalama sıcaklığında, **2071-2100** döneminde **en az 1,5°C, en fazla 4,6°C** civarında **artış** yaşanması beklenmektedir.

1971-2000 yılları gözlem verilerine göre havzanın referans dönemi ortalama yıllık yağış miktarı **679,2 mm** olarak belirlenmiştir. Yapılmış olan projeksiyon sonuçlarına göre, toplam yağışların referans döneme (1971-2000) göre **artma eğiliminde** olduğu görülmekte olup havzanın **2071-2100** döneminde referans döneme göre **%13 oranında daha fazla** yağış alacağı öngörülmektedir. Bu dönem için yağış artışlarının havzanın **Karadeniz kıyılarında** daha baskın olması beklenmektedir.

Hidrolojik model çalışmaları için DSI verisi kullanılmış olup referans dönemine ait havzanın ortalama brüt su potansiyeli **8.566 milyon m³/yıl** olarak belirlenmiştir. İklim değişikliğinin etkisi ile **2041-2070** döneminde havzanın brüt su potansiyelinde **%50'lere varan azalma** meydana gelebileceği öngörülmektedir. Marmara Havzası'na Batı Karadeniz, Sakarya ve Ergene Havzaları'ndan su transferi yapılmakta olup buna bağlı olarak havzadaki su ihtiyacı tüm dönemlerde karşılanabilecektir.

Yürütülmüş olan hidrojeolojik çalışmalar neticesinde havzanın yeraltı suyu **hidrojeolojik rezervi 53 km³** olarak belirlenmiştir. Bu rezervin teknik ve ekonomik olarak kullanılabilir miktarı, **mümkün rezervi 29 km³** olarak hesaplanmıştır. İklim değişikliği etkileri altında yüzyılın sonunda havzanın hidrojeolojik rezervinde **%6** ve mümkün rezervinde ise **%10** oranlarında azalmalar meydana geleceği tahmin edilmektedir.

5.3 Susurluk Havzası

2015-2100 dönemi için yapılmış olan iklim değişikliği projeksiyonlarına göre ortalama sıcaklıklarda sürekli bir artış olması beklenmektedir. 1971-2000 yılları gözlem verilerine göre ortalaması **12,5°C** olan havza geneli ortalama sıcaklığında, **2071-2100** döneminde **en az 1,6°C, en fazla 4,7°C** civarında **artış** yaşanması beklenmektedir.

1971-2000 yılları gözlem verilerine göre havzanın referans dönemi ortalama yıllık yağış miktarı **640 mm** olarak belirlenmiştir. Yapılmış olan projeksiyon sonuçlarına göre, toplam yağışların referans döneme (1971-2000) göre **azalma eğiliminde** olduğu görülmekte olup havzanın **2071-2100** döneminde referans döneme göre **%10 oranında daha az** yağış alacağı öngörülmektedir. Bu dönem için yağış azalmalarının havzanın **güney** kesimlerinde daha baskın olması beklenmektedir.

Hidrolojik model çalışmaları için DSI verisi kullanılmış olup referans dönemine ait havzanın ortalama brüt su potansiyeli **6.157 milyon m³/yıl** olarak belirlenmiştir. İklim değişikliğinin etkisi ile **2041-2070** döneminde havzanın brüt su potansiyelinde **%50'lere varan azalma** meydana gelebileceği öngörülmektedir. Buna rağmen projeksiyon dönemi boyunca yıllık kullanılabilir su miktarının toplam su ihtiyacını karşılaması beklenmemektedir.

Yürütölmüş olan hidrojeolojik çalışmalar neticesinde havzanın yeraltı suyu **hidrojeolojik rezervi 34 km³** olarak belirlenmiştir. Bu rezervin teknik ve ekonomik olarak kullanılabilir miktarı, **mümkün rezervi 18 km³** olarak hesaplanmıştır. İklim değışikliğı etkileri altında yüzyılın sonunda havzanın hidrojeolojik rezervinde **%6** ve mümkün rezervinde ise **%11** oranlarında azalmalar meydana geleceğı tahmin edilmektedir.

5.4 Kuzey Ege Havzası

2015-2100 dönemi için yapılmış olan iklim değışikliğı projeksiyonlarına göre ortalama sıcaklıklarda sürekli bir artış olması beklenmektedir. 1971-2000 yılları gözlem verilerine göre ortalaması **15,9°C** olan havza geneli ortalama sıcaklığında, **2071-2100** döneminde **en az 1,5°C**, **en fazla 4,6°C** civarında **artış** yaşanması beklenmektedir. Bu dönem için sıcaklık artışlarının havzanın **doğı** kesimlerinde daha baskın olması beklenmektedir.

1971-2000 yılları gözlem verilerine göre havzanın referans dönemi ortalama yıllık yağış miktarı **615 mm** olarak belirlenmiştir. 30'ar yıllık projeksiyon sonuçlarına göre, toplam yağış parametresi için belirgin bir artış veya azalış eğilimi gözlenmemekte olup havzanın **2071-2100** döneminde referans döneme göre **%15 oranında daha az** yağış alacağı öngörülmektedir. Bu dönem için yağış azalmalarının havzanın **güney** kesimlerinde daha baskın olması beklenmektedir.

Hidrolojik model çalışmaları için DSI verisi kullanılmış olup referans dönemine ait havzanın ortalama brüt su potansiyeli **2.379 milyon m³/yıl** olarak belirlenmiştir. İklim değışikliğinin etkisi ile **2041-2070** döneminde havzanın brüt su potansiyelinde **%60'lara varan azalma** meydana gelebileceğı öngörülmektedir. Bununla birlikte, aynı dönemde yıllık kullanılabilir su miktarının toplam su ihtiyacını karşılamayacağı, **su açığının yaklaşık 75 milyon m³/yıl** olması beklenmektedir.

Yürütölmüş olan hidrojeolojik çalışmalar neticesinde havzanın yeraltı suyu **hidrojeolojik rezervi 19 km³** olarak belirlenmiştir. Bu rezervin teknik ve ekonomik olarak kullanılabilir miktarı, **mümkün rezervi 10 km³** olarak hesaplanmıştır. İklim değışikliğı etkileri altında yüzyılın sonunda havzanın hidrojeolojik rezervinde **%11** ve mümkün rezervinde ise **%21** oranlarında azalmalar meydana geleceğı tahmin edilmektedir.

5.5 Gediz Havzası

2015-2100 dönemi için yapılmış olan iklim değışikliğı projeksiyonlarına göre ortalama sıcaklıklarda sürekli bir artış olması beklenmektedir. 1971-2000 yılları gözlem verilerine göre

ortalaması **14,6°C** olan havza geneli ortalama sıcaklığında, **2071-2100** döneminde **en az 1,7°C**, **en fazla 4,9°C** civarında **artış** yaşanması beklenmektedir.

1971-2000 yılları gözlem verilerine göre havzanın referans dönemi ortalama yıllık yağış miktarı **589,7 mm** olarak belirlenmiştir. Yapılmış olan projeksiyon sonuçlarına göre, toplam yağışların referans döneme (1971-2000) göre **azalma eğiliminde** olduğu görülmekte olup havzanın **2071-2100** döneminde referans döneme göre **%20 oranında daha az** yağış alacağı öngörülmektedir. Bu dönem için yağış azalmalarının havzanın **güneybatı** ve **kuzeydoğu** kesimlerinde daha baskın olması beklenmektedir.

Hidrolojik model çalışmaları için DSI verisi kullanılmış olup referans dönemine ait havzanın ortalama brüt su potansiyeli **2.505 milyon m³/yıl** olarak belirlenmiştir. İklim değişikliğinin etkisi ile **2041-2070** döneminde havzanın brüt su potansiyelinde **%75'lere varan azalma** meydana gelebileceği öngörülmektedir. Bununla birlikte, aynı dönemde yıllık kullanılabilir su miktarının toplam su ihtiyacını karşılamayacağı, **su açığının** yaklaşık **1.445 milyon m³/yıl** olması beklenmektedir.

Yürütülmüş olan hidrojeolojik çalışmalar neticesinde havzanın yeraltı suyu **hidrojeolojik rezervi 40 km³** olarak belirlenmiştir. Bu rezervin teknik ve ekonomik olarak kullanılabilir miktarı, **mümkün rezervi 21 km³** olarak hesaplanmıştır. İklim değişikliği etkileri altında yüzyılın sonunda havzanın hidrojeolojik rezervinde **%11** ve mümkün rezervinde ise **%20** oranlarında azalmalar meydana geleceği tahmin edilmektedir.

5.6 Küçük Menderes Havzası

2015-2100 dönemi için yapılmış olan iklim değişikliği projeksiyonlarına göre ortalama sıcaklıklarda sürekli bir artış olması beklenmektedir. 1971-2000 yılları gözlem verilerine göre ortalaması **16,7°C** olan havza geneli ortalama sıcaklığında, **2071-2100** döneminde **en az 1,6°C**, **en fazla 4,7°C** civarında **artış** yaşanması beklenmektedir. Bu dönem için sıcaklık artışlarının Ege kıyıları dışındaki bölgelerde daha baskın olması beklenmektedir.

1971-2000 yılları gözlem verilerine göre havzanın referans dönemi ortalama yıllık yağış miktarı **695,6 mm** olarak belirlenmiştir. 30'ar yıllık projeksiyon sonuçlarına göre, toplam yağış parametresi için belirgin bir artış veya azalış eğilimi gözlenmemekte olup havzanın **2071-2100** döneminde referans döneme göre **%20 oranında daha az** yağış alacağı öngörülmektedir. Bu dönem için yağış azalmalarının havzanın **doğu** kesimlerinde daha baskın olması beklenmektedir.

Hidrolojik model çalışmaları için DSI verisi kullanılmış olup referans dönemine ait havzanın ortalama brüt su potansiyeli **1.369 milyon m³/yıl** olarak belirlenmiştir. İklim değişikliğinin etkisi ile **2041-2100** döneminde havzanın brüt su potansiyelinde **%70'lere varan azalma** meydana gelebileceği öngörülmektedir. Bununla birlikte, aynı dönemde yıllık kullanılabilir su miktarının toplam su ihtiyacını karşılamayacağı, **su açığının** yaklaşık **315 milyon m³/yıl** olması beklenmektedir.

Yrtlmş olan hidrojeolojik çalışmalar neticesinde havzanın yeraltı suyu **hidrojeolojik rezervi 56 km³** olarak belirlenmiştir. Bu rezervin teknik ve ekonomik olarak kullanılabilir miktarı, **mümkün rezervi 32 km³** olarak hesaplanmıştır. İklim değişikliği etkileri altında yüzyılın sonunda havzanın hidrojeolojik rezervinde **%3** ve mümkün rezervinde ise **%5** oranlarında azalmalar meydana geleceği tahmin edilmektedir.

5.7 Büyük Menderes Havzası:

2015-2100 dönemi için yapılmış olan iklim değişikliği projeksiyonlarına göre ortalama sıcaklıklarda sürekli bir artış olması beklenmektedir. 1971-2000 yılları gözlem verilerine göre ortalaması **14,4°C** olan havza geneli ortalama sıcaklığında, **2071-2100** döneminde **en az 1,8°C**, **en fazla 5°C** civarında **artış** yaşanması beklenmektedir. Bu dönem için sıcaklık artışlarının havzanın **doğu** kesimlerinde daha baskın olması beklenmektedir.

1971-2000 yılları gözlem verilerine göre havzanın referans dönemi ortalama yıllık yağış miktarı **592,4 mm** olarak belirlenmiştir. Yapılmış olan projeksiyon sonuçlarına göre, toplam yağışların referans döneme (1971-2000) göre **azalma eğiliminde** olduğu görülmekte olup havzanın **2071-2100** döneminde referans döneme göre **%25 oranında daha az** yağış alacağı öngörülmektedir. Bu dönem için yağış azalmalarının havzanın **batı** kesimlerinde daha baskın olması beklenmektedir.

Hidrolojik model çalışmaları için DSI verisi kullanılmış olup referans dönemine ait havzanın ortalama brüt su potansiyeli **4.028 milyon m³/yıl** olarak belirlenmiştir. İklim değişikliğinin etkisi ile **2041-2070** döneminde havzanın brüt su potansiyelinde **%65'lere varan azalma** meydana gelebileceği öngörülmektedir. Bununla birlikte, **2071-2100** döneminde yıllık kullanılabilir su miktarının toplam su ihtiyacını karşılamayacağı, **su açığının** yaklaşık **2.480 milyon m³/yıl** olması beklenmektedir.

Yrtlmş olan hidrojeolojik çalışmalar neticesinde havzanın yeraltı suyu **hidrojeolojik rezervi 228 km³** olarak belirlenmiştir. Bu rezervin teknik ve ekonomik olarak kullanılabilir miktarı, **mümkün rezervi 138 km³** olarak hesaplanmıştır. İklim değişikliği etkileri altında

yüzyılın sonunda havzanın hidrojeolojik rezervinde **%4** ve mümkün rezervinde ise **%7** oranlarında azalmalar meydana geleceği tahmin edilmektedir.

5.8 Batı Akdeniz Havzası:

2015-2100 dönemi için yapılmış olan iklim değişikliği projeksiyonlarına göre ortalama sıcaklıklarda sürekli bir artış olması beklenmektedir. 1971-2000 yılları gözlem verilerine göre ortalaması **16,2°C** olan havza geneli ortalama sıcaklığında, **2071-2100** döneminde **en az 1,8°C, en fazla 4,9°C** civarında **artış** yaşanması beklenmektedir. Bu dönem için sıcaklık artışlarının havzanın **kuzeydoğu** kesimlerinde daha baskın olması beklenmektedir.

1971-2000 yılları gözlem verilerine göre havzanın referans dönemi ortalama yıllık yağış miktarı **731 mm** olarak belirlenmiştir. Yapılmış olan projeksiyon sonuçlarına göre, toplam yağışların referans döneme (1971-2000) göre **azalma eğiliminde** olduğu görülmekte olup havzanın **2071-2100** döneminde referans döneme göre **%28 oranında daha az** yağış alacağı öngörülmektedir. Bu dönem için yağış azalmalarının havzanın **güney** kesimlerinde daha baskın olması beklenmektedir.

Hidrolojik model çalışmaları için DSI verisi kullanılmış olup referans dönemine ait havzanın ortalama brüt su potansiyeli **9.403 milyon m³/yıl** olarak belirlenmiştir. İklim değişikliğinin etkisi ile **2071-2100** döneminde havzanın brüt su potansiyelinde **%50'lere varan azalma** meydana gelebileceği öngörülmektedir. Buna rağmen, 2100 yılına kadar havzanın toplam su ihtiyacının karşılanabileceği ve havzada su açığı yaşanmaması beklenmektedir.

Yürütülmüş olan hidrojeolojik çalışmalar neticesinde havzanın yeraltı suyu **hidrojeolojik rezervi 70 km³** olarak belirlenmiştir. Bu rezervin teknik ve ekonomik olarak kullanılabilir miktarı, **mümkün rezervi 43 km³** olarak hesaplanmıştır. İklim değişikliği etkileri altında yüzyılın sonunda havzanın hidrojeolojik rezervinde **%13** ve mümkün rezervinde ise **%22** oranlarında azalmalar meydana geleceği tahmin edilmektedir.

5.9 Antalya Havzası

2015-2100 dönemi için yapılmış olan iklim değişikliği projeksiyonlarına göre ortalama sıcaklıklarda sürekli bir artış olması beklenmektedir. 1971-2000 yılları gözlem verilerine göre ortalaması **14,2°C** olan havza geneli ortalama sıcaklığında, **2071-2100** döneminde **en az 1,8°C, en fazla 5°C** civarında **artış** yaşanması beklenmektedir. Bu dönem için sıcaklık artışlarının havzanın **iç** kesimlerinde daha baskın olması beklenmektedir.

1971-2000 yılları gözlem verilerine göre havzanın referans dönemi ortalama yıllık yağış miktarı **690,5 mm** olarak belirlenmiştir. Yapılmış olan projeksiyon sonuçlarına göre, toplam

yağışların referans döneme (1971-2000) göre **azalma eğiliminde** olduğu görülmekte olup havzanın **2071-2100** döneminde referans döneme göre **%25 oranında daha az** yağış alacağı öngörülmektedir. Bu dönem için yağış azalmalarının havzanın **güneydoğu** kesimlerinde daha baskın olması beklenmektedir.

Hidrolojik model çalışmaları için DSI verisi kullanılmış olup referans dönemine ait havzanın ortalama brüt su potansiyeli **12.153 milyon m³/yıl** olarak belirlenmiştir. İklim değişikliğinin etkisi ile **2071-2100** döneminde havzanın brüt su potansiyelinde **%60'lara varan azalma** meydana gelebileceği öngörülmektedir. Buna rağmen, 2015-2100 yılları arasında havzadaki kullanılabilir su potansiyelinin toplam su ihtiyacının üzerinde olacağı ve havzada su açığı yaşanmayacağı öngörülmektedir.

Yürütülmüş olan hidrojeolojik çalışmalar neticesinde havzanın yeraltı suyu **hidrojeolojik rezervi 288 km³** olarak belirlenmiştir. Bu rezervin teknik ve ekonomik olarak kullanılabilir miktarı, **mümkün rezervi 168 km³** olarak hesaplanmıştır. İklim değişikliği etkileri altında yüzyılın sonunda havzanın hidrojeolojik rezervinde **%7** ve mümkün rezervinde ise **%12** oranlarında azalmalar meydana geleceği tahmin edilmektedir.

5.10 Burdur Havzası

2015-2100 dönemi için yapılmış olan iklim değişikliği projeksiyonlarına göre ortalama sıcaklıklarda sürekli bir artış olması beklenmektedir. 1971-2000 yılları gözlem verilerine göre ortalaması **12,3°C** olan havza geneli ortalama sıcaklığında, **2071-2100** döneminde **en az 1,9°C, en fazla 5,1°C** civarında **artış** yaşanması beklenmektedir.

1971-2000 yılları gözlem verilerine göre havzanın referans dönemi ortalama yıllık yağış miktarı **508,7 mm** olarak belirlenmiştir. Yapılmış olan projeksiyon sonuçlarına göre, toplam yağışların referans döneme (1971-2000) göre **azalma eğiliminde** olduğu görülmekte olup havzanın **2071-2100** döneminde referans döneme göre **%25 oranında daha az** yağış alacağı öngörülmektedir.

Hidrolojik model çalışmaları için DSI verisi kullanılmış olup referans dönemine ait havzanın ortalama brüt su potansiyeli **606 milyon m³/yıl** olarak belirlenmiştir. İklim değişikliğinin etkisi ile **2071-2100** döneminde havzanın brüt su potansiyelinde **%85'lere varan azalma** meydana gelebileceği öngörülmektedir. Bununla birlikte, aynı dönemde yıllık kullanılabilir su miktarının toplam su ihtiyacın karşılamayacağı, **su açığının** yaklaşık **495 milyon m³/yıl** olması beklenmektedir.

Yürütölmüş olan hidrojeolojik çalışmalar neticesinde havzanın yeraltı suyu **hidrojeolojik rezervi 49 km³** olarak belirlenmiştir. Bu rezervin teknik ve ekonomik olarak kullanılabilir miktarı, **mümkün rezervi 26 km³** olarak hesaplanmıştır. İklim değışikliğı etkileri altında yüzyılın sonunda havzanın hidrojeolojik rezervinde **%14** ve mümkün rezervinde ise **%26** oranlarında azalmalar meydana geleceğı tahmin edilmektedir.

5.11 Akarçay Havzası

2015-2100 dönemi için yapılmış olan iklim değışikliğı projeksiyonlarına göre ortalama sıcaklıklarda sürekli bir artış olması beklenmektedir. 1971-2000 yılları gözlem verilerine göre ortalaması **11,3°C** olan havza geneli ortalama sıcaklığında, **2071-2100** döneminde **en az 1,8°C, en fazla 5°C** civarında **artış** yaşanması beklenmektedir.

1971-2000 yılları gözlem verilerine göre havzanın referans dönemi ortalama yıllık yağış miktarı **460,4 mm** olarak belirlenmiştir. Yapılmış olan projeksiyon sonuçlarına göre, toplam yağışların referans döneme (1971-2000) göre **azalma eğiliminde** olduğu görölmekte olup havzanın **2071-2100** döneminde referans döneme göre **%17 oranında daha az** yağış alacağı öngörülmektedir. Bu dönem için yağış azalmalarının havzanın **kuzey** kesimlerinde daha baskın olması beklenmektedir.

Hidrolojik model çalışmaları için DSI verisi kullanılmış olup referans dönemine ait havzanın ortalama brüt su potansiyeli **678 milyon m³/yıl** olarak belirlenmiştir. İklim değışikliğinin etkisi ile **2071-2100** döneminde havzanın brüt su potansiyelinde **%70'lere varan azalma** meydana gelebileceğı öngörülmektedir. Bununla birlikte, aynı dönemde yıllık kullanılabilir su miktarının toplam su ihtiyacını karşılamayacağı, **su açığının** yaklaşık **545 milyon m³/yıl** olması beklenmektedir.

Yürütölmüş olan hidrojeolojik çalışmalar neticesinde havzanın yeraltı suyu **hidrojeolojik rezervi 105 km³** olarak belirlenmiştir. Bu rezervin teknik ve ekonomik olarak kullanılabilir miktarı, **mümkün rezervi 57 km³** olarak hesaplanmıştır. İklim değışikliğı etkileri altında yüzyılın sonunda havzanın hidrojeolojik rezervinde **%11** ve mümkün rezervinde ise **%20** oranlarında azalmalar meydana geleceğı tahmin edilmektedir.

5.12 Sakarya Havzası

2015-2100 dönemi için yapılmış olan iklim değışikliğı projeksiyonlarına göre ortalama sıcaklıklarda sürekli bir artış olması beklenmektedir. 1971-2000 yılları gözlem verilerine göre ortalaması **11,3°C** olan havza geneli ortalama sıcaklığında, **2071-2100** döneminde **en az 1,7°C, en fazla 4,9°C** civarında **artış** yaşanması beklenmektedir. Bu dönem için sıcaklık

artışlarının havzanın **kuzeydoğu** ve **güneydoğu** kesimlerinde daha baskın olması beklenmektedir.

1971-2000 yılları gözlem verilerine göre havzanın referans dönemi ortalama yıllık yağış miktarı **477,8 mm** olarak belirlenmiştir. Yapılmış olan projeksiyon sonuçlarına göre, toplam yağışların referans döneme (1971-2000) göre **azalma eğiliminde** olduğu görülmekte olup havzanın **2071-2100** döneminde referans döneme göre **%8 oranında daha az** yağış alacağı öngörülmektedir. Bu dönem için yağış azalmalarının havzanın **güneybatı** ve **kuzeydoğu** kesimlerinde daha baskın olması beklenmektedir.

Hidrolojik model çalışmaları için DSI verisi kullanılmış olup referans dönemine ait havzanın ortalama brüt su potansiyeli **8.592 milyon m³/yıl** olarak belirlenmiştir. İklim değişikliğinin etkisi ile **2041-2070** döneminde havzanın brüt su potansiyelinde **%75 oranında azalma** meydana gelebileceği öngörülmektedir. Bununla birlikte, aynı dönemde yıllık kullanılabilir su miktarının toplam su ihtiyacını karşılamayacağı, **su açığının** yaklaşık **1.175 milyon m³/yıl** seviyesinde olması beklenmektedir.

Yürütülmüş olan hidrojeolojik çalışmalar neticesinde havzanın yeraltı suyu **hidrojeolojik rezervi 377 km³** olarak belirlenmiştir. Bu rezervin teknik ve ekonomik olarak kullanılabilir miktarı, **mümkün rezervi 200 km³** olarak hesaplanmıştır. İklim değişikliği etkileri altında yüzyılın sonunda havzanın hidrojeolojik rezervinde **%5** ve mümkün rezervinde ise **%10** oranlarında azalmalar meydana geleceği tahmin edilmektedir.

5.13 Batı Karadeniz Havzası

2015-2100 dönemi için yapılmış olan iklim değişikliği projeksiyonlarına göre ortalama sıcaklıklarda sürekli bir artış olması beklenmektedir. 1971-2000 yılları gözlem verilerine göre ortalaması **11,6°C** olan havza geneli ortalama sıcaklığında, **2071-2100** döneminde **en az 1,6°C, en fazla 4,7°C** civarında **artış** yaşanması beklenmektedir.

1971-2000 yılları gözlem verilerine göre havzanın referans dönemi ortalama yıllık yağış miktarı **741,6 mm** olarak belirlenmiştir. Yapılmış olan projeksiyon sonuçlarına göre, toplam yağışların referans döneminin (1971-2000) üzerinde olduğu görülmekte olup havzanın **2015-2020** döneminde referans döneme göre **%8 oranında daha fazla** yağış alacağı öngörülmektedir. Bu dönem için yağış artışlarının havzanın **kıyı** kesimlerinde daha baskın olması beklenmektedir.

Hidrolojik model çalışmaları için DSI verisi kullanılmış olup referans dönemine ait havzanın ortalama brüt su potansiyeli **10.346 milyon m³/yıl** olarak belirlenmiştir. İklim değişikliğinin

etkisi ile **2015-2020** döneminde havzanın brüt su potansiyelinde **%50'lere varan azalma** meydana gelebileceği öngörülmektedir. Buna rağmen, 2100 yılına kadar havzanın toplam su ihtiyacının karşılanabileceği ve havzada su açığı yaşanmaması beklenmektedir.

Yürütülmüş olan hidrojeolojik çalışmalar neticesinde havzanın yeraltı suyu **hidrojeolojik rezervi 93 km³** olarak belirlenmiştir. Bu rezervin teknik ve ekonomik olarak kullanılabilir miktarı, **mümkün rezervi 55 km³** olarak hesaplanmıştır. İklim değişikliği etkileri altında yüzyılın sonunda havzanın hidrojeolojik rezervinde **%11** ve mümkün rezervinde ise **%18** oranlarında azalmalar meydana geleceği tahmin edilmektedir.

5.14 Yeşilirmak Havzası

2015-2100 dönemi için yapılmış olan iklim değişikliği projeksiyonlarına göre ortalama sıcaklıklarda sürekli bir artış olması beklenmektedir. 1971-2000 yılları gözlem verilerine göre ortalaması **11°C** olan havza geneli ortalama sıcaklığında, **2071-2100** döneminde **en az 1,8°C, en fazla 5°C** civarında **artış** yaşanması beklenmektedir. Bu dönem için sıcaklık artışlarının havzanın **güney** kesimlerinde daha baskın olması beklenmektedir.

1971-2000 yılları gözlem verilerine göre havzanın referans dönemi ortalama yıllık yağış miktarı **510,2 mm** olarak belirlenmiştir. Yapılmış olan projeksiyon sonuçlarına göre, toplam yağışların referans döneme (1971-2000) göre **artış eğiliminde** olduğu görülmekte olup havzanın **2071-2100** döneminde referans döneme göre **%6 oranında daha fazla** yağış alacağı öngörülmektedir. Bu dönem için yağış artışlarının havzanın **iç** kesimlerinde daha baskın olması beklenmektedir.

Hidrolojik model çalışmaları için DSI verisi kullanılmış olup referans dönemine ait havzanın ortalama brüt su potansiyeli **6.432 milyon m³/yıl** olarak belirlenmiştir. İklim değişikliğinin etkisi ile **2041-2070** döneminde havzanın brüt su potansiyelinde **%30'lara varan azalma** meydana gelebileceği öngörülmektedir. Buna rağmen, 2100 yılına kadar havzanın toplam su ihtiyacının karşılanabileceği ve havzada su açığı yaşanmaması beklenmektedir.

Yürütülmüş olan hidrojeolojik çalışmalar neticesinde havzanın yeraltı suyu **hidrojeolojik rezervi 86 km³** olarak belirlenmiştir. Bu rezervin teknik ve ekonomik olarak kullanılabilir miktarı, **mümkün rezervi 48 km³** olarak hesaplanmıştır. İklim değişikliği etkileri altında yüzyılın sonunda havzanın hidrojeolojik rezervinde **%9** ve mümkün rezervinde ise **%17** oranlarında azalmalar meydana geleceği tahmin edilmektedir.

5.15 Kızılırmak Havzası

2015-2100 dönemi için yapılmış olan iklim değişikliği projeksiyonlarına göre ortalama sıcaklıklarda sürekli bir artış olması beklenmektedir. 1971-2000 yılları gözlem verilerine göre ortalaması **10,3°C** olan havza geneli ortalama sıcaklığında, **2071-2100** döneminde **en az 1,8°C**, **en fazla 5,1°C** civarında **artış** yaşanması beklenmektedir. Bu dönem için sıcaklık artışlarının havzanın **güney** ve **kuzeybatı** kesimlerinde daha baskın olması beklenmektedir.

1971-2000 yılları gözlem verilerine göre havzanın referans dönemi ortalama yıllık yağış miktarı **448,7 mm** olarak belirlenmiştir. Yapılmış olan projeksiyon sonuçlarına göre, toplam yağışların referans döneme (1971-2000) göre **azalma eğiliminde** olduğu görülmekte olup havzanın **2041-2070** döneminde referans döneme göre **%6 oranında daha az** yağış alacağı öngörülmektedir.

Hidrolojik model çalışmaları için DSI verisi kullanılmış olup referans dönemine ait havzanın ortalama brüt su potansiyeli **8.011 milyon m³/yıl** olarak belirlenmiştir. İklim değişikliğinin etkisi ile **2041-2070** döneminde havzanın brüt su potansiyelinde **%60'lara varan azalma** meydana gelebileceği öngörülmektedir. Bununla birlikte, aynı dönemde yıllık kullanılabilir su miktarının toplam su ihtiyacını karşılamayacağı, **su açığının** yaklaşık **2.160 milyon m³/yıl** olması beklenmektedir.

Yürütülmüş olan hidrojeolojik çalışmalar neticesinde havzanın yeraltı suyu **hidrojeolojik rezervi 494 km³** olarak belirlenmiştir. Bu rezervin teknik ve ekonomik olarak kullanılabilir miktarı, **mümkün rezervi 266 km³** olarak hesaplanmıştır. İklim değişikliği etkileri altında yüzyılın sonunda havzanın hidrojeolojik rezervinde **%7** ve mümkün rezervinde ise **%13** oranlarında azalmalar meydana geleceği tahmin edilmektedir.

5.16 Konya Kapalı Havzası

2015-2100 dönemi için yapılmış olan iklim değişikliği projeksiyonlarına göre ortalama sıcaklıklarda sürekli bir artış olması beklenmektedir. 1971-2000 yılları gözlem verilerine göre ortalaması **11,1°C** olan havza geneli ortalama sıcaklığında, **2071-2100** döneminde **en az 1,9°C**, **en fazla 5,2°C** civarında **artış** yaşanması beklenmektedir.

1971-2000 yılları gözlem verilerine göre havzanın referans dönemi ortalama yıllık yağış miktarı **397,6 mm** olarak belirlenmiştir. Yapılmış olan projeksiyon sonuçlarına göre, toplam yağışların referans döneme (1971-2000) göre **azalma eğiliminde** olduğu görülmekte olup havzanın **2071-2100** döneminde referans döneme göre **%16 oranında daha az** yağış

alacağı öngörülmektedir. Bu dönem için yağış azalmalarının havzanın **güneybatı** kesimlerinde daha baskın olması beklenmektedir.

Hidrolojik model çalışmaları için DSI verisi kullanılmış olup referans dönemine ait havzanın ortalama brüt su potansiyeli **6.532 milyon m³/yıl** olarak belirlenmiştir. İklim değişikliğinin etkisi ile **2071-2100** döneminde havzanın brüt su potansiyelinde **%70'lere varan azalma** meydana gelebileceği öngörülmektedir. Bununla birlikte, aynı dönemde yıllık kullanılabilir su miktarının toplam su ihtiyacını karşılamayacağı, **su açığının** yaklaşık **4.490 milyon m³/yıl** olması beklenmektedir.

Yürütülmüş olan hidrojeolojik çalışmalar neticesinde havzanın yeraltı suyu **hidrojeolojik rezervi 518 km³** olarak belirlenmiştir. Bu rezervin teknik ve ekonomik olarak kullanılabilir miktarı, **mümkün rezervi 306 km³** olarak hesaplanmıştır. İklim değişikliği etkileri altında yüzyılın sonunda havzanın hidrojeolojik rezervinde **%3** ve mümkün rezervinde ise **%6** oranlarında azalmalar meydana geleceği tahmin edilmektedir.

5.17 Doğu Akdeniz Havzası

2015-2100 dönemi için yapılmış olan iklim değişikliği projeksiyonlarına göre ortalama sıcaklıklarda sürekli bir artış olması beklenmektedir. 1971-2000 yılları gözlem verilerine göre ortalaması **16°C** olan havza geneli ortalama sıcaklığında, **2071-2100** döneminde **en az 2°C, en fazla 5,1°C** civarında **artış** yaşanması beklenmektedir. Bu dönem için sıcaklık artışlarının havzanın **iç** kesimlerinde daha baskın olması beklenmektedir.

1971-2000 yılları gözlem verilerine göre havzanın referans dönemi ortalama yıllık yağış miktarı **629,1 mm** olarak belirlenmiştir. Yapılmış olan projeksiyon sonuçlarına göre, toplam yağışların referans döneme (1971-2000) göre **azalma eğiliminde** olduğu görülmekte olup havzanın **2071-2100** döneminde referans döneme göre **%26 oranında daha az** yağış alacağı öngörülmektedir. Bu dönem için yağış azalmalarının havzanın **güneybatı** kesimlerinde daha baskın olması beklenmektedir.

Hidrolojik model çalışmaları için DSI verisi kullanılmış olup referans dönemine ait havzanın ortalama brüt su potansiyeli **11.167 milyon m³/yıl** olarak belirlenmiştir. İklim değişikliğinin etkisi ile **2071-2100** döneminde havzanın brüt su potansiyelinde **%60'lara varan azalma** meydana gelebileceği öngörülmektedir. Bununla birlikte, aynı dönemde yıllık kullanılabilir su miktarının toplam su ihtiyacı karşılamayacağı, **su açığının** yaklaşık **4.695 milyon m³/yıl** olması beklenmektedir.

Yürütölmüş olan hidrojeolojik çalışmalar neticesinde havzanın yeraltı suyu **hidrojeolojik rezervi 10 km³** olarak belirlenmiştir. Bu rezervin teknik ve ekonomik olarak kullanılabilir miktarı, **mümkün rezervi 6 km³** olarak hesaplanmıştır. İklim değışikliğı etkileri altında yüzyılın sonunda havzanın hidrojeolojik rezervinde **%10** ve mümkün rezervinde ise **%13** oranlarında azalmalar meydana geleceğı tahmin edilmektedir.

5.18 Seyhan Havzası

2015-2100 dönemi için yapılmış olan iklim değışikliğı projeksiyonlarına göre ortalama sıcaklıklarda sürekli bir artış olması beklenmektedir. 1971-2000 yılları gözlem verilerine göre ortalaması **12,3°C** olan havza geneli ortalama sıcaklığında, **2071-2100** döneminde **en az 2°C**, **en fazla 5,3°C** civarında **artış** yaşanması beklenmektedir.

1971-2000 yılları gözlem verilerine göre havzanın referans dönemi ortalama yıllık yağış miktarı **545,3 mm** olarak belirlenmiştir. Yapılmış olan projeksiyon sonuçlarına göre, toplam yağışların referans döneme (1971-2000) göre **azalma eğiliminde** olduğu görölmekte olup havzanın **2071-2100** döneminde referans döneme göre **%15 oranında daha az** yağış alacağı öngörülmektedir. Bu dönem için yağış azalmalarının havzanın **güney** kesimlerinde daha baskın olması beklenmektedir.

Hidrolojik model çalışmaları için DSI verisi kullanılmış olup referans dönemine ait havzanın ortalama brüt su potansiyeli **8.711 milyon m³/yıl** olarak belirlenmiştir. İklim değışikliğinin etkisi ile **2071-2100** döneminde havzanın brüt su potansiyelinde **%30'lara varan azalma** meydana gelebileceğı öngörülmektedir. Bununla birlikte, aynı dönemde yıllık kullanılabilir su miktarının toplam su ihtiyacını karşılamayacağı, **su açığının** yaklaşık **2.325 milyon m³/yıl** olması beklenmektedir.

Yürütölmüş olan hidrojeolojik çalışmalar neticesinde havzanın yeraltı suyu **hidrojeolojik rezervi 112 km³** olarak belirlenmiştir. Bu rezervin teknik ve ekonomik olarak kullanılabilir miktarı, **mümkün rezervi 70 km³** olarak hesaplanmıştır. İklim değışikliğı etkileri altında yüzyılın sonunda havzanın hidrojeolojik rezervinde **%5** ve mümkün rezervinde ise **%8** oranlarında azalmalar meydana geleceğı tahmin edilmektedir.

5.19 Asi Havzası

2015-2100 dönemi için yapılmış olan iklim değışikliğı projeksiyonlarına göre ortalama sıcaklıklarda sürekli bir artış olması beklenmektedir. 1971-2000 yılları gözlem verilerine göre ortalaması **18°C** olan havza geneli ortalama sıcaklığında, **2071-2100** döneminde **en az**

1,8°C, en fazla 5°C civarında **artış** yaşanması beklenmektedir. Bu dönem için sıcaklık artışlarının havzanın **kuzey** kesimlerinde daha baskın olması beklenmektedir.

1971-2000 yılları gözlem verilerine göre havzanın referans dönemi ortalama yıllık yağış miktarı **804,6 mm** olarak belirlenmiştir. Yapılmış olan projeksiyon sonuçlarına göre, toplam yağışların referans döneme (1971-2000) göre **azalma eğiliminde** olduğu görülmekte olup havzanın **2071-2100** döneminde referans döneme göre **%21 oranında daha az** yağış alacağı öngörülmektedir.

Hidrolojik model çalışmaları için DSI verisi kullanılmış olup referans dönemine ait havzanın ortalama brüt su potansiyeli **1.572 milyon m³/yıl** olarak belirlenmiştir. İklim değişikliğinin etkisi ile **2041-2070** döneminde havzanın brüt su potansiyelinde **%55'lere varan azalma** meydana gelebileceği öngörülmektedir. Bununla birlikte, aynı dönemde yıllık kullanılabilir su miktarının toplam su ihtiyacını karşılamayacağı, **su açığının** yaklaşık **270 milyon m³/yıl** olması beklenmektedir.

Yürütülmüş olan hidrojeolojik çalışmalar neticesinde havzanın yeraltı suyu **hidrojeolojik rezervi 16 km³** olarak belirlenmiştir. Bu rezervin teknik ve ekonomik olarak kullanılabilir miktarı, **mümkün rezervi 9 km³** olarak hesaplanmıştır. İklim değişikliği etkileri altında yüzyılın sonunda havzanın hidrojeolojik rezervinde **%29** ve mümkün rezervinde ise **%54** oranlarında azalmalar meydana geleceği tahmin edilmektedir.

5.20 Ceyhan Havzası

2015-2100 dönemi için yapılmış olan iklim değişikliği projeksiyonlarına göre ortalama sıcaklıklarda sürekli bir artış olması beklenmektedir. 1971-2000 yılları gözlem verilerine göre ortalaması **13,7°C** olan havza geneli ortalama sıcaklığında, **2071-2100** döneminde **en az 2°C, en fazla 5,3°C** civarında **artış** yaşanması beklenmektedir. Bu dönem için sıcaklık artışlarının havzanın **kuzeydoğu** kesimlerinde daha baskın olması beklenmektedir.

1971-2000 yılları gözlem verilerine göre havzanın referans dönemi ortalama yıllık yağış miktarı **619,3 mm** olarak belirlenmiştir. Yapılmış olan projeksiyon sonuçlarına göre, toplam yağışların referans döneme (1971-2000) göre **azalma eğiliminde** olduğu görülmekte olup havzanın **2071-2100** döneminde referans döneme göre **%20 oranında daha az** yağış alacağı öngörülmektedir. Bu dönem için yağış azalmalarının havzanın **güney** kesimlerinde daha baskın olması beklenmektedir.

Hidrolojik model çalışmaları için DSI verisi kullanılmış olup referans dönemine ait havzanın ortalama brüt su potansiyeli **8.165 milyon m³/yıl** olarak belirlenmiştir. İklim değişikliğinin

etkisi ile **2071-2100** döneminde havzanın brüt su potansiyelinde **%70'lere varan azalma** meydana gelebileceği öngörülmektedir. Bununla birlikte, aynı dönemde yıllık kullanılabilir su miktarının toplam su ihtiyacını karşılamayacağı, **su açığının** yaklaşık **2.650 milyon m³/yıl** olması beklenmektedir.

Yürütülmüş olan hidrojeolojik çalışmalar neticesinde havzanın yeraltı suyu **hidrojeolojik rezervi 76 km³** olarak belirlenmiştir. Bu rezervin teknik ve ekonomik olarak kullanılabilir miktarı, **mümkün rezervi 41 km³** olarak hesaplanmıştır. İklim değişikliği etkileri altında yüzyılın sonunda havzanın hidrojeolojik rezervinde **%8** ve mümkün rezervinde ise **%15** oranlarında azalmalar meydana geleceği tahmin edilmektedir.

5.21 Fırat-Dicle Havzası

2015-2100 dönemi için yapılmış olan iklim değişikliği projeksiyonlarına göre ortalama sıcaklıklarda sürekli bir artış olması beklenmektedir. 1971-2000 yılları gözlem verilerine göre ortalaması **12°C** olan havza geneli ortalama sıcaklığında, **2071-2100** döneminde **en az 2,3°C, en fazla 5,8°C** civarında **artış** yaşanması beklenmektedir. Bu dönem için sıcaklık artışlarının havzanın **güneydoğu** kesimlerinde daha baskın olması beklenmektedir.

1971-2000 yılları gözlem verilerine göre havzanın referans dönemi ortalama yıllık yağış miktarı **584,5 mm** olarak belirlenmiştir. Yapılmış olan projeksiyon sonuçlarına göre, toplam yağışların referans döneme (1971-2000) göre **azalma eğiliminde** olduğu görülmekte olup havzanın **2041-2070** döneminde referans döneme göre **%12 oranında daha az** yağış alacağı öngörülmektedir. Bu dönem için yağış azalmalarının havzanın **güney** ve **iç** kesimlerinde daha baskın olması beklenmektedir.

Hidrolojik model çalışmaları için DSI verisi kullanılmış olup referans dönemine ait havzanın ortalama brüt su potansiyeli **57.167 milyon m³/yıl** olarak belirlenmiştir. İklim değişikliğinin etkisi ile **2041-2070** döneminde havzanın brüt su potansiyelinde **%60'lara varan azalma** meydana gelebileceği öngörülmektedir. Bununla birlikte, aynı dönemde yıllık kullanılabilir su miktarının toplam su ihtiyacını karşılamayacağı, **su açığının** yaklaşık **23.175 milyon m³/yıl** olması beklenmektedir.

Yürütülmüş olan hidrojeolojik çalışmalar neticesinde havzanın yeraltı suyu **hidrojeolojik rezervi 899 km³** olarak belirlenmiştir. Bu rezervin teknik ve ekonomik olarak kullanılabilir miktarı, **mümkün rezervi 473 km³** olarak hesaplanmıştır. İklim değişikliği etkileri altında yüzyılın sonunda havzanın hidrojeolojik rezervinde **%2** ve mümkün rezervinde ise **%5** oranlarında azalmalar meydana geleceği tahmin edilmektedir.

5.22 Doğu Karadeniz Havzası

2015-2100 dönemi için yapılmış olan iklim değişikliği projeksiyonlarına göre ortalama sıcaklıklarda sürekli bir artış olması beklenmektedir. 1971-2000 yılları gözlem verilerine göre ortalaması **12,2°C** olan havza geneli ortalama sıcaklığında, **2071-2100** döneminde **en az 1,7°C**, **en fazla 4,9°C** civarında **artış** yaşanması beklenmektedir. Bu dönem için sıcaklık artışlarının havzanın **güney** kesimlerinde daha baskın olması beklenmektedir.

1971-2000 yılları gözlem verilerine göre havzanın referans dönemi ortalama yıllık yağış miktarı **961,4 mm** olarak belirlenmiştir. Yapılmış olan projeksiyon sonuçlarına göre, toplam yağışların referans döneme (1971-2000) göre **artış eğiliminde** olduğu görülmekte olup havzanın **2071-2100** döneminde referans döneme göre **%15 oranında daha fazla** yağış alacağı öngörülmektedir. Bu dönem için yağış artışlarının havzanın **kuzeydoğu** kesimlerinde daha baskın olması beklenmektedir.

Hidrolojik model çalışmaları için DSI verisi kullanılmış olup referans dönemine ait havzanın ortalama brüt su potansiyeli **15.336 milyon m³/yıl** olarak belirlenmiştir. İklim değişikliğinin etkisi ile **2015-2020** döneminde havzanın brüt su potansiyelinde **%60'lara varan azalma** meydana gelebileceği öngörülmektedir. Buna rağmen, 2100 yılına kadar havzanın toplam su ihtiyacının karşılanabileceği ve havzada su açığı yaşanmaması beklenmektedir.

Yürütülmüş olan hidrojeolojik çalışmalar neticesinde havzanın yeraltı suyu **hidrojeolojik rezervi 0,015 km³** olarak belirlenmiştir. Bu rezervin teknik ve ekonomik olarak kullanılabilir miktarı, **mümkün rezervi 0,008 km³** olarak hesaplanmıştır. İklim değişikliği etkileri altında yüzyılın sonunda havzanın hidrojeolojik ve mümkün rezervlerinde kayda değer bir değişim beklenmemektedir.

5.23 Çoruh Havzası

2015-2100 dönemi için yapılmış olan iklim değişikliği projeksiyonlarına göre ortalama sıcaklıklarda sürekli bir artış olması beklenmektedir. 1971-2000 yılları gözlem verilerine göre ortalaması **8,5°C** olan havza geneli ortalama sıcaklığında, **2071-2100** döneminde **en az 2°C**, **en fazla 5,4°C** civarında **artış** yaşanması beklenmektedir. Bu dönem için sıcaklık artışlarının havzanın **güney** kesimlerinde daha baskın olması beklenmektedir.

1971-2000 yılları gözlem verilerine göre havzanın referans dönemi ortalama yıllık yağış miktarı **616,8 mm** olarak belirlenmiştir. Yapılmış olan projeksiyon sonuçlarına göre, toplam yağışların referans döneme (1971-2000) göre **artış eğiliminde** olduğu görülmekte olup havzanın **2071-2100** döneminde referans döneme göre **%10 oranında daha fazla** yağış

alacağı öngörülmektedir. Bu dönem için yağış artışlarının havzanın **kuzey** kesimlerinde daha baskın olması beklenmektedir.

Hidrolojik model çalışmaları için DSI verisi kullanılmış olup referans dönemine ait havzanın ortalama brüt su potansiyeli **6.600 milyon m³/yıl** olarak belirlenmiştir. İklim değişikliğinin etkisi ile **2071-2100** döneminde havzanın brüt su potansiyelinde **%20'lere varan azalma** meydana gelebileceği öngörülmektedir. Buna rağmen, 2015-2100 yılları arasında havzadaki kullanılabilir su potansiyelinin toplam su ihtiyacının üzerinde olacağı ve havzada su açığı yaşanmayacağı öngörülmektedir.

Yürütülmüş olan hidrojeolojik çalışmalar neticesinde havzanın yeraltı suyu **hidrojeolojik rezervi 1 km³** olarak belirlenmiştir. Bu rezervin teknik ve ekonomik olarak kullanılabilir miktarı, **mümkün rezervi 0,7 km³** olarak hesaplanmıştır. İklim değişikliği etkileri altında yüzyılın sonunda havzanın hidrojeolojik rezervinde **%5** ve mümkün rezervinde ise **%7** oranlarında azalmalar meydana geleceği tahmin edilmektedir.

5.24 Aras Havzası

2015-2100 dönemi için yapılmış olan iklim değişikliği projeksiyonlarına göre ortalama sıcaklıklarda sürekli bir artış olması beklenmektedir. 1971-2000 yılları gözlem verilerine göre ortalaması **6,1°C** olan havza geneli ortalama sıcaklığında, **2071-2100** döneminde **en az 2,3°C**, **en fazla 5,7°C** civarında **artış** yaşanması beklenmektedir. Bu dönem için sıcaklık artışlarının havzanın kuzey ucu harici kesimlerinde daha baskın olması beklenmektedir.

1971-2000 yılları gözlem verilerine göre havzanın referans dönemi ortalama yıllık yağış miktarı **460,5 mm** olarak belirlenmiştir. 30'ar yıllık projeksiyon sonuçlarına göre, toplam yağış parametresi için belirgin bir artış veya azalış eğilimi gözlenmemekte olup havzanın **2041-2070** döneminde referans döneme göre **%5 oranında daha az** yağış alacağı öngörülmektedir. Bu dönem için yağış azalmalarının havzanın **orta** kesimlerinde daha baskın olması beklenmektedir.

Hidrolojik model çalışmaları için DSI verisi kullanılmış olup referans dönemine ait havzanın ortalama brüt su potansiyeli **4.886 milyon m³/yıl** olarak belirlenmiştir. İklim değişikliğinin etkisi ile **2071-2100** döneminde havzanın brüt su potansiyelinde en fazla **%5 oranında azalma** meydana gelebileceği öngörülmektedir. Buna rağmen, 2100 yılına kadar havzanın toplam su ihtiyacının karşılanabileceği ve havzada su açığı yaşanmaması beklenmektedir.

Yürütülmüş olan hidrojeolojik çalışmalar neticesinde havzanın yeraltı suyu **hidrojeolojik rezervi 21 km³** olarak belirlenmiştir. Bu rezervin teknik ve ekonomik olarak kullanılabilir

miktarı, **mümkün rezervi 14 km³** olarak hesaplanmıştır. İklim değişikliği etkileri altında yüzyılın sonunda havzanın hidrojeolojik rezervinde **%8** ve mümkün rezervinde ise **%13** oranlarında azalmalar meydana geleceği tahmin edilmektedir.

5.25 Van Gölü Havzası

2015-2100 dönemi için yapılmış olan iklim değişikliği projeksiyonlarına göre ortalama sıcaklıklarda sürekli bir artış olması beklenmektedir. 1971-2000 yılları gözlem verilerine göre ortalaması **8°C** olan havza geneli ortalama sıcaklığında, **2071-2100** döneminde **en az 2,2°C**, **en fazla 6°C** civarında **artış** yaşanması beklenmektedir. Bu dönem için sıcaklık artışlarının havzanın **güneydoğu** kesimlerinde daha baskın olması beklenmektedir.

1971-2000 yılları gözlem verilerine göre havzanın referans dönemi ortalama yıllık yağış miktarı **527,6 mm** olarak belirlenmiştir. Yapılmış olan projeksiyon sonuçlarına göre, toplam yağışların referans döneme (1971-2000) göre **artış eğiliminde** olduğu görülmekte olup havzanın **2071-2100** döneminde referans döneme göre **%7 oranında daha fazla** yağış alacağı öngörülmektedir. Bu dönem için yağış artışlarının havzanın **güneybatı** kesimlerinde daha baskın olması beklenmektedir.

Hidrolojik model çalışmaları için DSI verisi kullanılmış olup referans dönemine ait havzanın ortalama brüt su potansiyeli **2.569 milyon m³/yıl** olarak belirlenmiştir. İklim değişikliğinin etkisi ile **2071-2100** döneminde havzanın brüt su potansiyelinde **%40'lara varan azalma** meydana gelebileceği öngörülmektedir. Buna rağmen, projeksiyon dönemi boyunca yıllık kullanılabilir su miktarının toplam su ihtiyacını karşılayacağı ve su açığı sorunu yaşanmayacağı beklenmektedir.

Yürütülmüş olan hidrojeolojik çalışmalar neticesinde havzanın yeraltı suyu **hidrojeolojik rezervi 14 km³** olarak belirlenmiştir. Bu rezervin teknik ve ekonomik olarak kullanılabilir miktarı, **mümkün rezervi 7 km³** olarak hesaplanmıştır. İklim değişikliği etkileri altında yüzyılın sonunda havzanın hidrojeolojik rezervinde **%9** ve mümkün rezervinde ise **%17** oranlarında azalmalar meydana geleceği tahmin edilmektedir.

6. Sektörel Etki Analizi

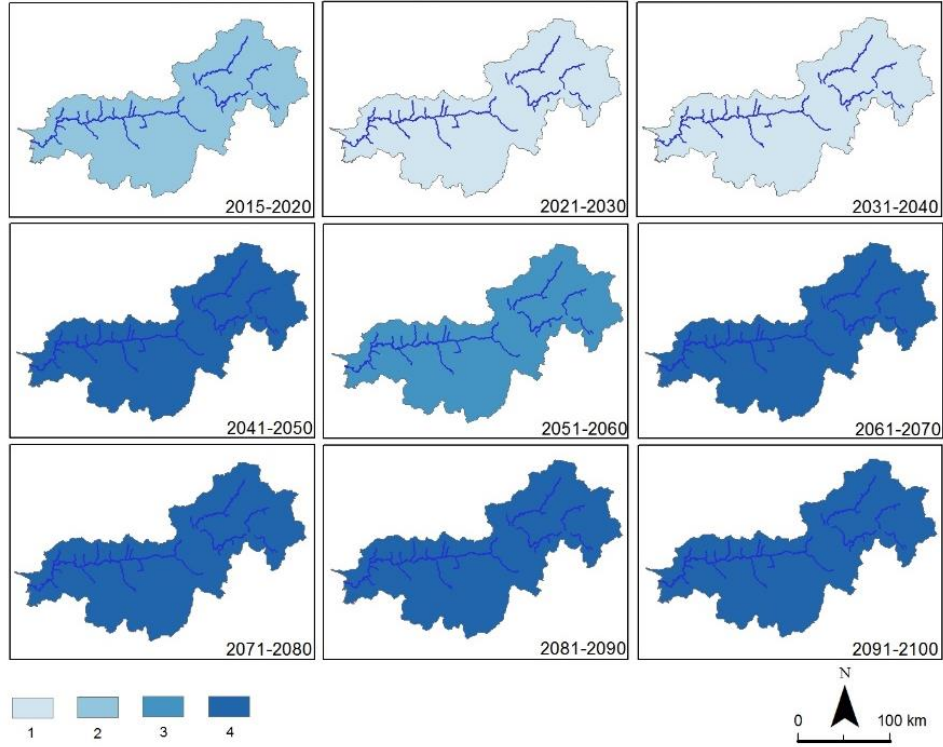
Havzalarda içme ve kullanma suyu, tarım, sanayi, ekosistem hizmetleri ve turizm/enerji/tekstil alt sektörü olmak üzere 5 ana sektörün Duyarlılık (D), Ekonomik Değer (D) ve Uyum Kapasitesi (UK) parametreleri ağırlıklı indis değerleri belirlendikten sonra bu değerlerin projeksiyon dönemi boyunca değişmeyeceği kabulü yapılmış olup, havzayı temsil eden değerlerdir.

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” ile 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 6.1 ile verilmektedir.

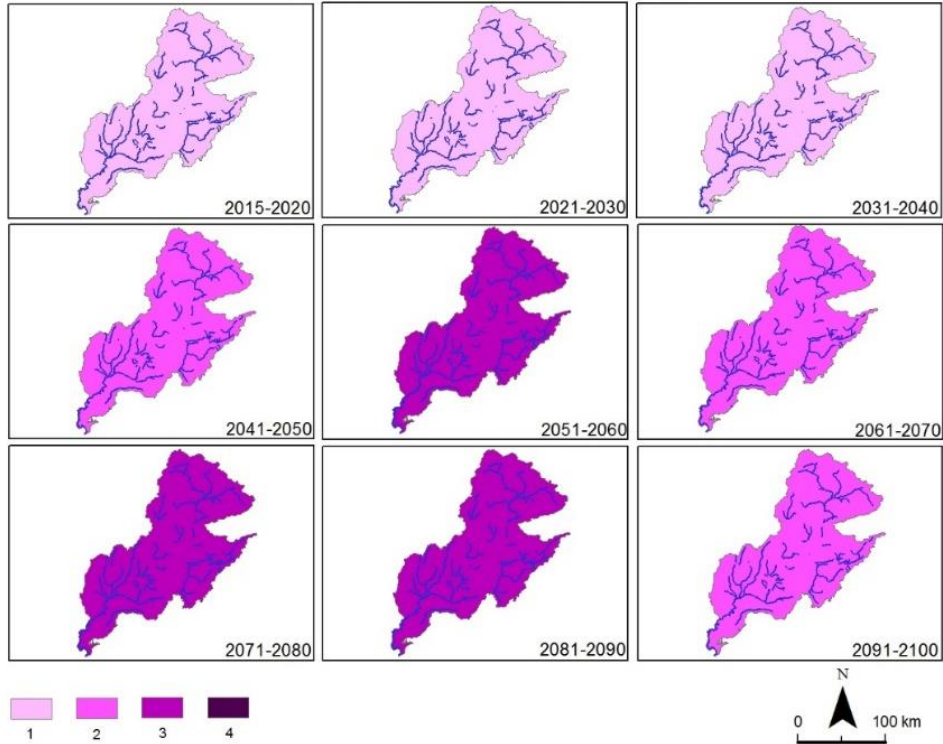
Bu matrisler kullanılarak her bir sektör, senaryo ve projeksiyon dönemi için havza bazında haritalandırmalar yapılmıştır. Örnek teşkil etmek adına, Şekil 6.1 ile Büyük Menderes Havzası RCP8.5 senaryosuna göre içme ve kullanma suyu sektörü, Şekil 6.2 ile Ceyhan Havzası RCP4.5 senaryosuna göre enerji sektörü etkilenebilirlik seviyeleri ve Şekil 6.3 ile Meriç-Ergene Havzası RCP8.5 senaryosuna göre sanayi sektörü etkilenebilirlik seviyeleri gösterilmektedir.

Tablo 6.1 Büyük Menderes Havzası RCP4.5 ve RCP8.5 Senaryolarına göre Sektörel Etkilenebilirlik Analizi Sonuçları

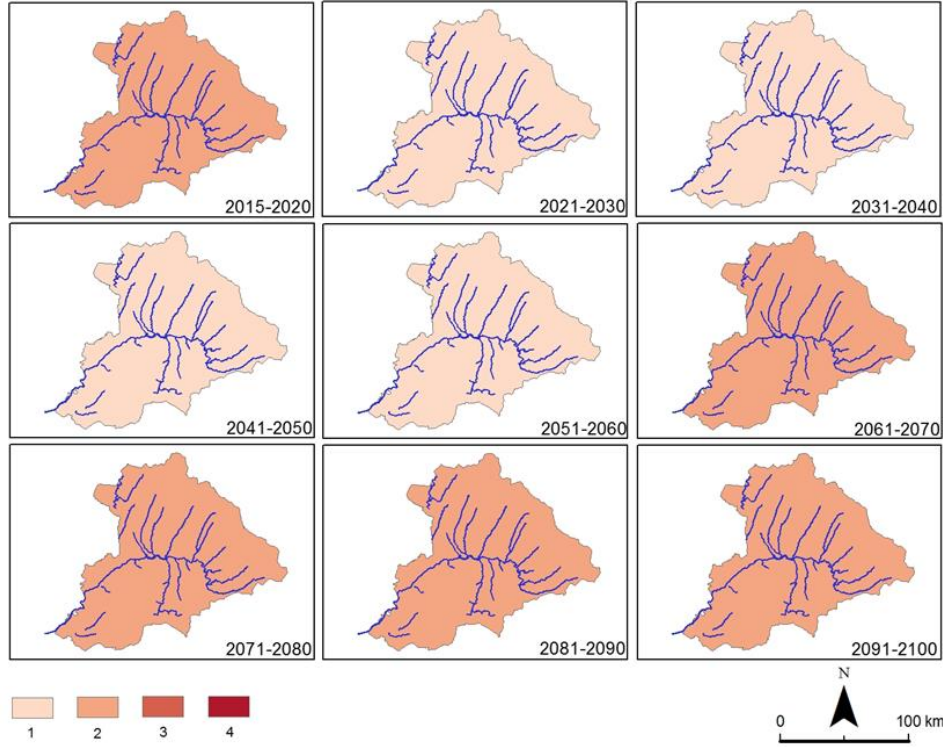
Yıllar / Sektörler	İçme ve Kullanma Suyu		Tarım		Sanayi		Ekosistem		Turizm	
	RCP4.5	RCP8.5	RCP4.5	RCP8.5	RCP4.5	RCP8.5	RCP4.5	RCP8.5	RCP4.5	RCP8.5
2015-2020	1	2	1	1	1	2	1	1	1	2
2021-2030	2	1	1	1	2	1	1	1	2	1
2031-2040	2	1	1	1	2	1	1	1	2	1
2041-2050	2	4	1	2	2	4	1	2	2	3
2051-2060	4	3	2	2	4	3	2	2	3	2
2061-2070	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



Şekil 6.1 RCP8.5 Senaryosuna göre Büyük Menderes Havzası İçme ve Kullanma Suyu Etkilenebilirlik Seviyeleri

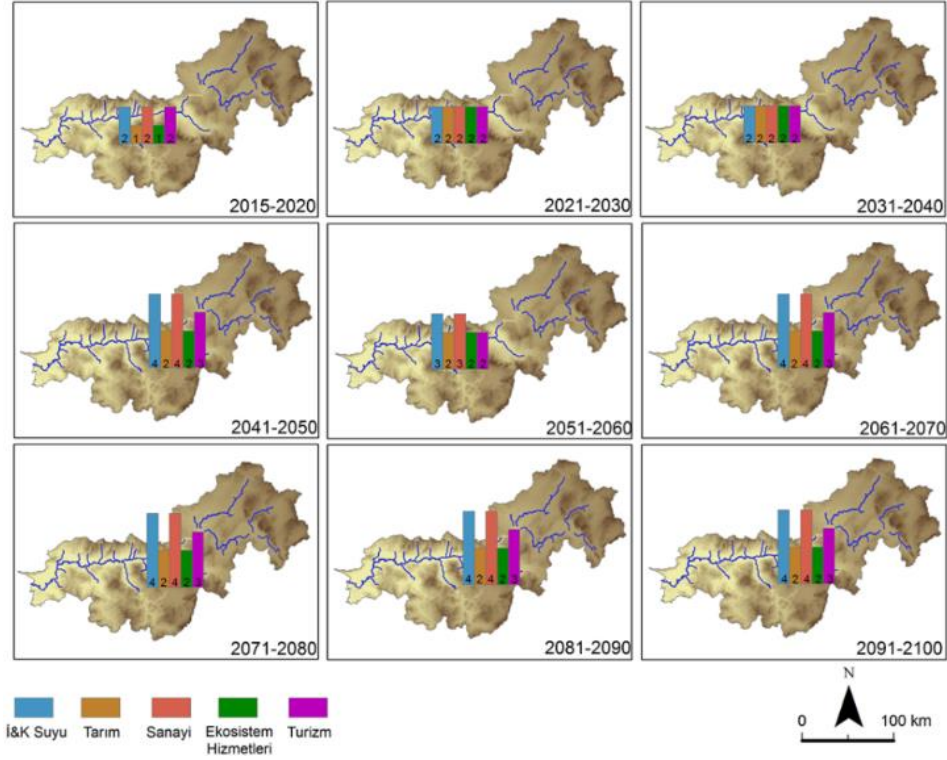


Şekil 6.2 RCP4.5 Senaryosuna göre Ceyhan Havzası Enerji Sektörü Etkilenebilirlik Seviyeleri



Şekil 6.3 RCP8.5 Senaryosuna göre Meriç-Ergene Havzası Sanayi Sektörü Etkilenebilirlik Seviyeleri

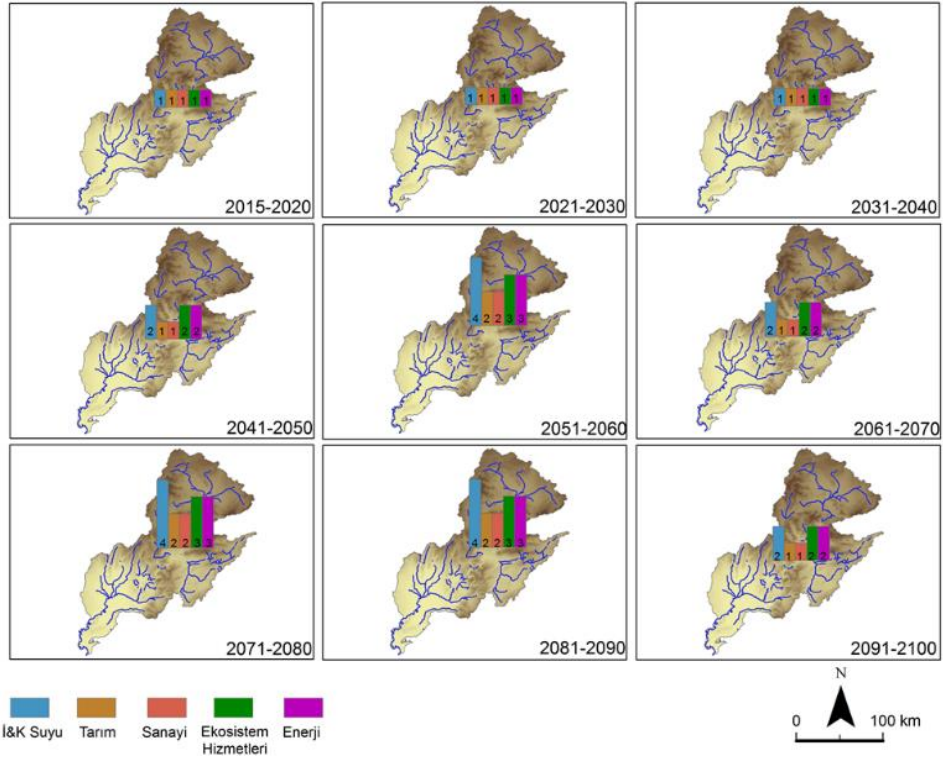
Sektörel etkilenebilirlik analizi sonuçlarına göre Büyük Menderes Havzası'nda incelenen sektörlerin etkilenebilirlik analizi dikkate alındığında projeksiyon dönemi başlangıcı dışında sektörlerin tamamı iklim değişikliğinden etkilenecek olup, başta içme ve kullanma suyu ve sanayi sektörleri olmak üzere turizm sektörünün de oldukça yüksek etkilenebilirlik seviyelerine ulaşacağı öngörülmektedir (Şekil 6.4).



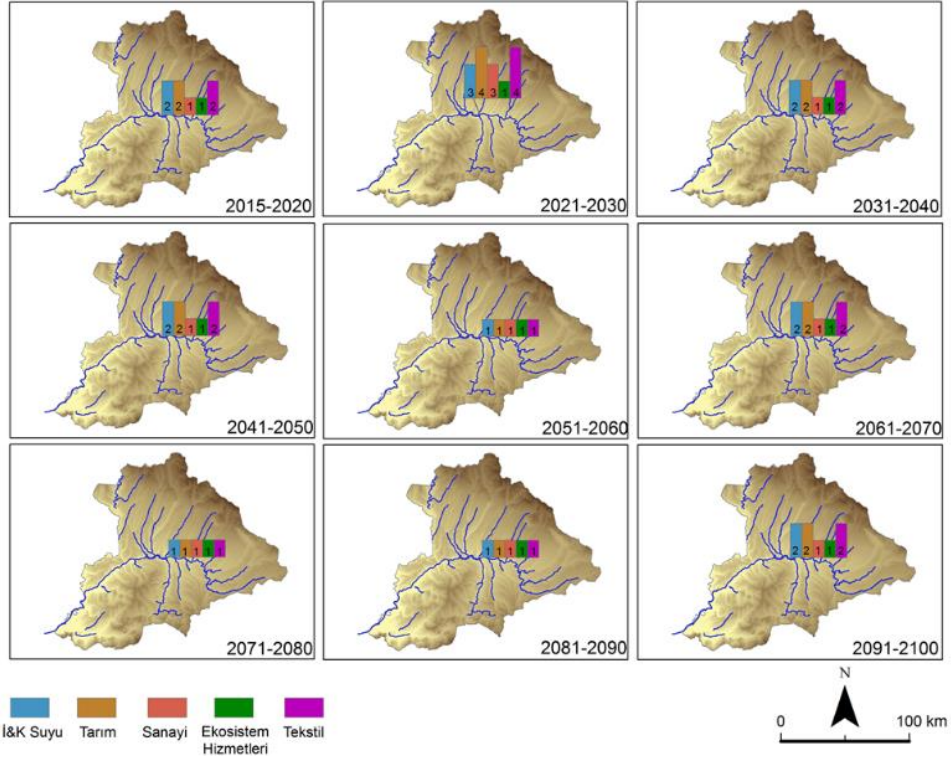
Şekil 6.4 Büyük Menderes Havzası RCP8.5 Senaryosuna göre Sektörlerin Etkilenebilirlik Seviyelerinin Karşılaştırılması

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 tahmin edilmektedir (Şekil 6.5).

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 6.6). 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.



Şekil 6.5 Ceyhan Havzası RCP4.5 Senaryosuna göre Sektörlerin Etkilenebilirlik Seviyelerinin Karşılaştırılması



Şekil 6.6 Meriç-Ergene Havzası RCP4.5 Senaryosuna göre Sektörlerin Etkilenebilirlik Seviyelerinin Karşılaştırılması

7. Uyum Faaliyetleri

Uyum faaliyetleri özelinde, tüm havzalar göz önünde bulundurularak iklim değişikliğinin su kaynaklarına olumsuz etkilerinin azaltılması için çeşitli uyum faaliyetleri önerileri değerlendirilmektedir. Uyum faaliyetlerinin belirlenmesi çalışmasında öncelikle Avrupa Birliği'nde (AB) geliştirilen stratejiler, temel başlıklarda kronolojik olarak tanımlanmıştır. 2007 yılında AB komisyonu tarafından hazırlanmış ilk resmi doküman olan Yeşil Kitap, 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 koşturmaktadır. Belgede, ağırlıklı olarak ilgili mevzuat, mevzuatın uygulanması ve uygulama sürecinde kullanılabilecek fonlar açıklanmıştır.

Yeşil Kitabın akabinde AB komisyonu tarafından 2009'da Beyaz Kitap 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.

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 örneklerle de Uyum Faaliyetleri Raporu'nda yer verilmiştir.

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. 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.

Ülkemiz açısından önem arz eden 3 ana sektörün (içme ve kullanma suyu, tarım ve sanayi) iklim değişikliğine karşı alabilecekleri önlemler kapsamında, gerçekleştirilmesi muhtemel aşağıda verilen uyum faaliyetleri detaylı olarak irdelenmiştir.

İçme ve Kullanma Suyu	Tarım	Sanayi
• Kayıp/Kaçak (Gelir Getirmeyen Su) Oranlarının Azaltılması • Yağmur Suyu Hasadı • Evsel Atıksuların Geri Kazanımı	• İklim Değişikliğine Uygun Ürün Deseni • Verimli Sulama Teknikleri • Organik (ekolojik) Tarım	• Tesis İçi Kontrol • Temiz Üretim • Sanayi Atıksularının Geri Kazanımı

Sektörlerin, paylarına düşen suyu bilinçli ve kontrollü tüketmesi ile çağın gereklerine uygun olarak tasarruflu kullanması gerekmektedir. 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 özendirerek ve teşvik edecek yönlendirmeler ile teknolojik gelişmelere paralel olarak alternatif su kaynaklarının çoğaltılması, temiz su kaynaklarının kullanımını en aza indirmiş olacaktır.

Proje kapsamında geliştirilen sektörel etkilenebilirlik metodolojisinin uygulandığı Büyük Menderes, Meriç-Ergene ve Ceyhan Havzalarına Şubat-Nisan 2016 döneminde 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. Teknik gezilerden elde edilen bilgiler ışığında 3 pilot havza için öncelikle uygulanması gereken kayıp/kaçak oranlarının

azaltılması, evsel atıksuların geri kazanımı ve verimli sulama tekniklerine geçilmesi, uyum faaliyetleri için ön maliyet analizi çalışması yapılmıştır. Küresel ölçekte uyum faaliyetleri değerlendirildiğinde uyum faaliyetlerinin uygulanabilirliğini daha rahatlıkla sağlayabilmek için 25 akarsu havzamız gruplandırılmıştır. Söz konusu gruplandırma, uyum faaliyetlerinin sektörel bazlı 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.

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. Tariflenen bu yöntemle yapılan havza gruplandırmasına göre, aşağıda verilen şekilde 5 temel havza kategorisi ortaya çıkmaktadır (Şekil 7.1).

- 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.



Şekil 7.1 Türkiye'nin Kıyı ve İç Havzaları

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. Ayrıca seçilen 12 sektöre göre Türkiye özelinde uyum faaliyetleri belirlenmiştir.

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

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, geliştirilmeli ve tüm havzalar özelinde yapılmalıdır.

Her bir havza özelinde uyum faaliyeti konusunda ise bir master plan yaklaşımıyla izlenmesi gereken adımlar aşağıda verilmektedir.

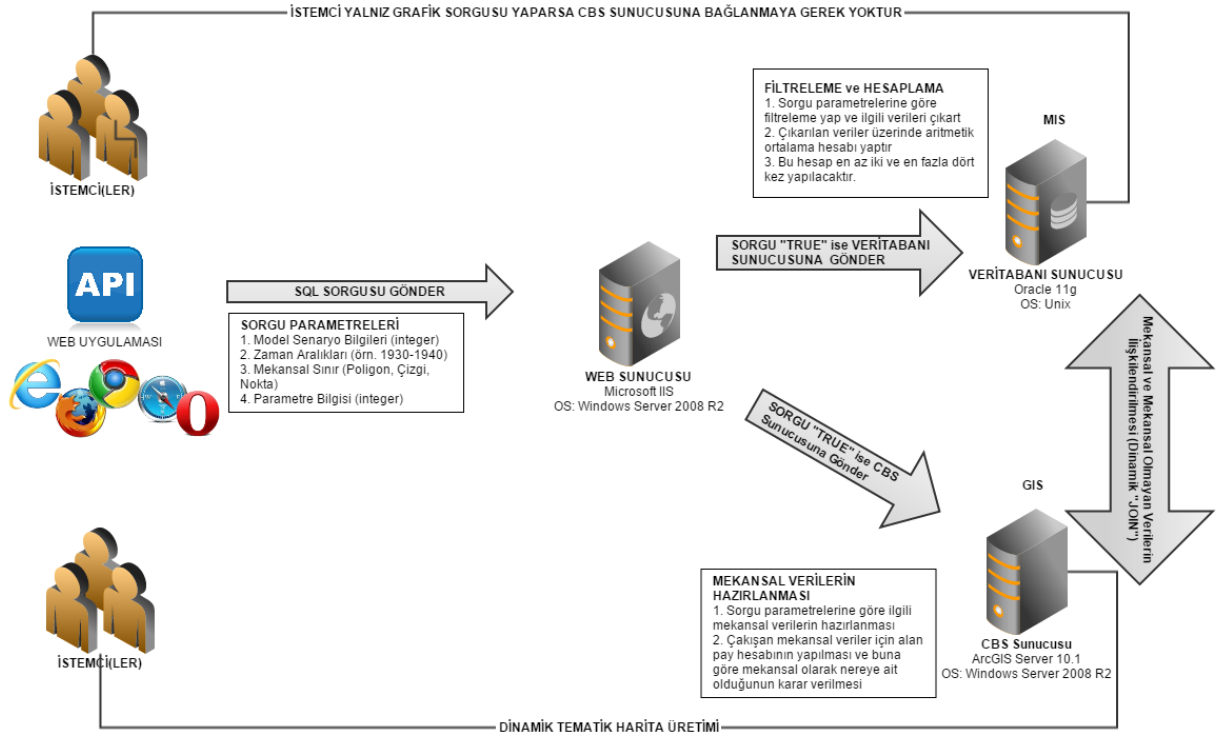
- Önerilen sektörler bazında sektörel etkilenebilirlik analizleri çalışması (saha çalışmaları ve detaylı bir envanter çıkartılması),
- Sektörel etkilenebilirlik analizi sonuçlarına göre uyum faaliyetlerinin belirlenmesi, önceliklendirilmesi,
- Uyum faaliyetlerinin sektörel bazda planlanması,
- Planlanan 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. İklim Su Veri Tabanı

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 çalışmalar sonucunda ürettikleri tablo yapısındaki verilerdir.

Bu kapsamda yürütülmüş olan çalışmaların sonucunda veri tabanı 500 milyonun üzerinde kayıt içermektedir. Veri tabanında model sonuçlarının mekânsal (grid, drenaj alanı, su kütlesi) ve zamansal çözünürlükleri (aylık ve yıllık) veri grubuna ve parametreye göre değişkenlik göstermektedir. Uygulamada istemcinin/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.

Çalışmada, veri katmanı Oracle 11 g (11.2.0) veri tabanı üzerinde gerçekleşmiş, 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. 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 Değerlendirme

“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 yüksekliğin 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 aşırımları 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 öngörülleri MPI-ESM-MR modeline en ılıman kuraklık öngörülleri 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 görmektedir 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 kullanımlarına 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 alışmaları 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) ettleri, tüm Türkiye Ovalarını kapsayacak şekilde yeniden yapılmalıdır.
- Özellikle lke 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 nlem yöntemleri hayata geçirilmelidir.
- Türkiye genelinde varlığı belirlenen kaya ve taneli ortam sutaşırları; şekilsel, jeohidrolik, yeraltısuyu potansiyeli, kullanılabilme, 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 aan ve atıranlar 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 kirletici 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 çıktılarına 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 personeline 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

- AB Bakanlığı. (2013). *Türkiye İlerleme Raporu*. Ankara: Avrupa Komisyonu Genişleme Genel Müdürlüğü.
- Birleşmiş Milletler. (2013). *İnsani Gelişme Programı Raporu*. Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı.
- Bozkurt, & diğ. (2011). Bozkurt, D.; Turuncoglu, U.; Sen, O.L.; Öno, 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*.
- Brutsaert, W., & Parlange, M. (1998). Hydrologic cycle explains the evaporation paradox. *Nature*, 396, 30, doi:10.1038/23845.
- Demir, İ. (2011). Bölgesel İklim Modeli Projeksiyonları:RCHAM5-B1. *5th Atmospheric Science Symposium*, (s. 153-160).
- 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.
- 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*.
- 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.
- 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.
- IPCC. (2014). *Intergovernmental Panel on Climate Change AR5-Fifth Assessment Report*. Cambridge: Cambridge University Press.

- Kadioğlu, M. (1997). Trends in Surface Air Temperature Data Over Turkey. *International Journal of Climatology*, 511-520.
- 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*.
- Kurnaz, L. (2014). Kuraklık ve Türkiye. *IPM-Mercator Politika Notu*. Sabancı Üniversitesi.
- 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.
- Önol, & diğ. (2006). Önol, 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*.
- Ormancılık ve Su Şurası. (2013, Mart 21-23). *Havza Yönetimi ve Su Bilgi Sistemi Çalışma Grubu Raporu*. Ankara: Ormancılık ve Su Şurası.
- OSİB. (2014, Mayıs 08). İçme Suyu Temin ve Dağıtım Sistemlerindeki Su Kayıplarının Kontrolü Yönetmeliği. Sayı:28994. Ankara: T. C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı.
- 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.
- Şen, & diğ. (2013). Şen, Ö.L.; Bozkurt, D.; Göktürk, O.M.; Dünder, 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.
- 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.

- 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.
- 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*.
- Toros, H. (2012). Spatio-Temporal Variation of Daily Extreme Temperatures over Turkey. *International Journal of Climatology*, 1047-1055.
- TÜBİTAK MAM. (2010). *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.
- 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.; Mentes, 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., & Mentes, 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*.

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

Zhao, Z.-C., Y., L., & J.-B., H. (2013). A review on evaluation methods of climate modeling. *Advances in Climate Change Research*.