

## MPI-ESM-MR MODELİNİN RCP4.5 VE RCP8.5 SENARYOLARINA GÖRE SICAKLIK ve YAĞIŞ PROJEKSİYONLARI

**Hüdaverdi GÜRKAN<sup>1</sup>, Ömer DEMİR<sup>1</sup>, Hakkı ATAY<sup>1</sup>, Osman ESKİOĞLU<sup>1</sup>, Başak YAZICI<sup>1</sup>, Mesut DEMİRCAN<sup>1</sup>, Arzu KOCATÜRK<sup>1</sup>, Alper AKÇAKAYA<sup>1</sup>**

[hgurkan@mgm.gov.tr](mailto:hgurkan@mgm.gov.tr)<sup>1</sup>, [omerdemir@mgm.gov.tr](mailto:omerdemir@mgm.gov.tr)<sup>1</sup>, [hatay@mgm.gov.tr](mailto:hatay@mgm.gov.tr)<sup>1</sup>, [oeskioglu@mgm.gov.tr](mailto:oeskioglu@mgm.gov.tr)<sup>1</sup>,  
[byazici@mgm.gov.tr](mailto:byazici@mgm.gov.tr)<sup>1</sup>, [mdemircan@mgm.gov.tr](mailto:mdemircan@mgm.gov.tr)<sup>1</sup>, [akocaturk@mgm.gov.tr](mailto:akocaturk@mgm.gov.tr)<sup>1</sup>, [aakcakaya@mgm.gov.tr](mailto:aakcakaya@mgm.gov.tr)<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Klimatoloji Şube Müdürlüğü, Ankara-TÜRKİYE

**Özet:** Senaryo, gelecekteki bazı olayları resmeden hikâyelerdir (Gregory ve Duran, 2001). Bu bağlamda, emisyon senaryoları, sera gazları ve aerosoller gibi yer yüzünün radyasyon dengesini bozan maddelerin gelecekte atmosferdeki konsantrasyonlarının tahmin edilmesidir (Moss vd., 2010). Senaryo geleceğin tahmini değil, olması muhtemel alternatif durumların tanımlanmasıdır (IPCC, 2000). Bunun yanında, emisyon senaryoları, iklim değişikliği çalışmalarının en önemli bileşenlerinden birini teşkil etmektedir. Bu çalışmada RCP4.5 ve RCP8.5 senaryoları için Almanya’da bulunan Max Planck Meteoroloji Enstitüsü tarafından geliştirilmiş MPI-ESM-MR küresel dolaşım modeli çıktıları kullanılmıştır. Bu senaryolar, IPCC 5. Değerlendirme Raporu’nda da en fazla tercih edilen senaryolardır. Düşük çözünürlükte olan küresel model datalarından daha yüksek çözünürlüklü iklimsel parametreler elde etmek amacıyla RegCM4.3.4 Bölgesel İklim Modeli ile Nesting (İç içe simülasyonlar) yöntemiyle dinamik ölçek küçültme yapılarak 130x180 grid matrisinde 20 km çözünürlükte, 1971-2000 referans periyoduna göre 2016-2040, 2041-2070, 2071-2099 yılları için sıcaklık ve yağış projeksiyonları üretilmiştir. IPCC raporlarında da belirtildiği üzere ülkemiz, iklim değişikliğine karşı en hassas bölgelerden biri olan Doğu Akdeniz havzasında yer almaktadır. İklim değişikliğinin olumsuz etkilerini en aza indirmek, sektörel bazda iklim değişikliğine uyum ve mücadele faaliyetlerini desteklemek amacıyla havza, bölge ve il düzeyinde sıcaklık ve yağış projeksiyonları geliştirilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** IPCC, MPI-ESM-MR, RegCM4.3.4, RCPs, Nesting.

**Abstract:** Scenario is a story that depicts some events in future (Gregory and Duran, 2001). Emissions scenario is a depiction of potential future unloading into the atmosphere of some matters such as greenhouse gases and aerosols which affects the Earth’s energy budget (Moss et al. 2010). Scenario is not a forecast or a prediction of future, it is description of the possible alternative cases (IPCC, 2000). Additionally, the emission scenario is one of the most important components of climate change studies. In this study, MPI-ESM-MR global circulation model outputs, developed by the Max Planck Institute for Meteorology in Germany, were used for RCP4.5 and RCP8.5. These scenarios were the most preferred scenarios in the IPCC 5th Assessment Report. In order to obtain high-resolution climatic parameters from the low-resolution global model data, nesting method (Nested simulations) were used with Regional Climate Model RegCM4.3.4, then temperature and precipitation projections were produced for 2016-2040, 2041-2070, 2071-2099 periods, relative to the 1971-2000 reference period with 20 km resolution in 130x180 grid matrix. Our country is located in the eastern Mediterranean basin, one of the most vulnerable regions to climate change as stated in the IPCC report. Basin-based, regional-based and provincial-based temperature and precipitation projections were developed for minimizing the negative effects of climate change adaptation and to support activities to combat climate change on a sectoral basis.

**Keywords:** IPCC, MPI-ESM-MR, RegCM4.3.4, RCPs, Nesting.

## **1. GİRİŞ**

İklim geniş bölgelerde çok uzun zaman içinde gerçekleşen ortalama hava koşullarıdır. İklim aynı zamanda ekstrem hava olaylarını da içerirken; bir bölgenin hava olayları bakımından karakterini ve bitki örtüsünü de tayin eder. İklim değişikliği ise “nedeni ne olursa olsun iklimin ortalama durumunda veya değişkenliğinde onlarca yıl ya da daha uzun süre boyunca gerçekleşen değişiklikler” biçiminde tanımlanmaktadır. Sanayi devriminden bu yana yani iklimde büyük değişiklikler görülmeye başlanmıştır. Bunun en önemli etmeni sanayi devrimiyle birlikte yoğun olarak kullanılmaya başlayan fosil yakıtlar, hızlı kentleşme, hızlı nüfus artışıyla birlikte arazi kullanım yapısında gerçekleşen değişiklikler, orman alanlarının yok edilmesi gibi etmenler kabul edilmektedir. Tüm bu olumsuz etmenler atmosferdeki sera gazı oranında hızlı bir artışa ve buna bağlı olarak da küresel olarak ısınmaya yol açmaktadır.

İklimde meydana gelen değişiklikler insanoğlu ve tüm canlıların yaşamını doğrudan etkilemektedir. Sanayi devrimiyle beraber insan faaliyetleri nedeniyle küresel olarak iklimde meydana gelen değişiklikleri önleyebilmek, azaltabilmek ve iklim değişikliği ile küresel manada çalışmaları koordine edilmek adına 1988 yılında Dünya Meteoroloji Teşkilatı (WMO) ve Birleşmiş Milletler Çevre Programı tarafından Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli(IPCC) kurulmuştur. IPCC günümüzde iklim değişikliği ile ilgili çalışmaları koordine eden en önemli kuruluşlardan biridir. IPCC'nin en önemli çalışma konularından bir tanesi geleceğe yönelik muhtemel alternatif durumların ortaya konması çalışmalarıdır. Yani geleceğe yönelik muhtemel senaryoları oluşturma çalışmalarının yürütülmesini koordine etmektedir. Senaryo, gelecekteki bazı olayları resmeden hikâyelerdir (Gregory ve Duran, 2001). Senaryo geleceğin tahmini değil, olması muhtemel alternatif durumların tanımlanmasıdır (IPCC, 2000).

İklim değişikliği çalışmaları bünyesindeki senaryo geliştirme sürecinde sera gazları konsantrasyonlarının gelecekteki potansiyel miktarlarını ortaya koyabilmek için emisyon senaryoları oluşturulmuştur. Bu bağlamda, emisyon senaryoları, sera gazları ve aerosoller gibi yer yüzünün radyasyon dengesini bozan maddelerin gelecekte atmosferdeki konsantrasyonlarının tahmin edilmesidir (Moss vd., 2010). Bunun yanında, emisyon senaryoları, iklim değişikliği çalışmalarının en önemli bileşenlerinden birini teşkil etmektedir.

IPCC 25. Oturumu'na kadar iklim değişikliği ile ilgili senaryoların oluşturulma işlerini koordine etmekteydi. Fakat 25. Oturumunda (Nisan,2006, Mauritius) IPCC'nin senaryo geliştirme çalışmalarına koordine etmek yerine senaryo geliştirme çalışmalarının

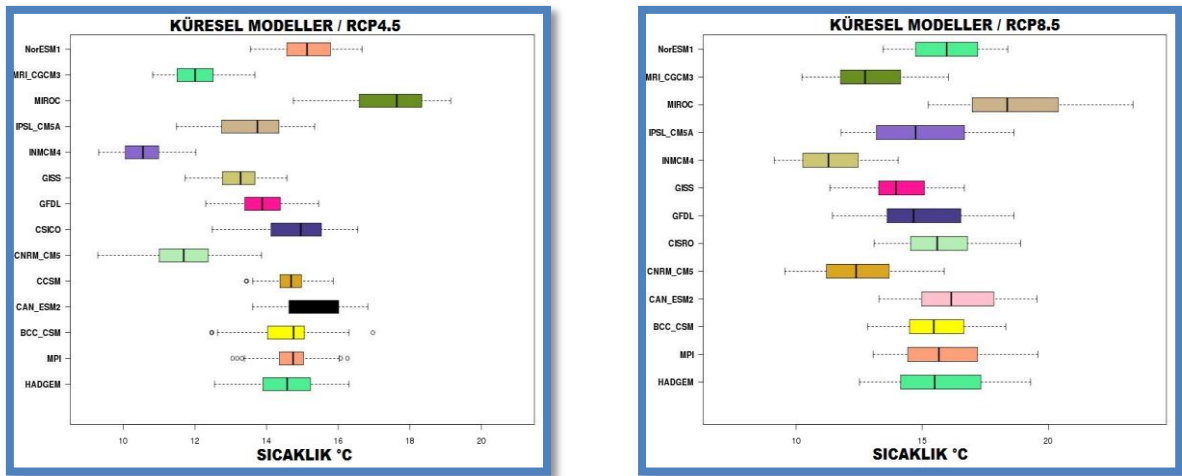
## VII. Uluslararası Katılımlı Atmosfer Bilimleri Sempozyumu, 28-30 Nisan 2015, İstanbul Teknik Üniversitesi İstanbul Aydın Üniversitesi, İstanbul, Türkiye

kolaylaştırma misyonunu üstlenmesine ve geliştirilecek yeni emisyon senaryolarının geliştirme işlerini araştırma camiasının yürütmesine karar verilmiştir.

IPCC'nin 25. Oturumu'nda alınan kararlar doğrultusunda, 2007 yılında yapılan IPCC Uzmanlar Toplantısı'nda yeni senaryolar ile ilgili bir dizi kararlar alınmış ve senaryoların ana hatları yeniden belirlenmiştir. Bu yeni yaklaşımla geliştirilen yeni konsantrasyon senaryoları Temsili Konsantrasyon Rotaları (RCP: Representative Concentration Pathways) olarak adlandırılmıştır. Aynı toplantıda belirlenen özellikler bakımından ve ışınımsal zorlama seviyeleri ve rotaları için 4 adet RCP tipi tanımlanmıştır. Bunlar ışınımsal zorlama değerleri en küçükten en büyüğe sırası ile RCP3-PD(RCP2.6), RCP4.5, RCP6.0 ve RCP8.5'dir.

### 2. MATERYAL ve YÖNTEM

IPCC raporlarında da belirtildiği üzere ülkemiz, iklim değişikliğine karşı en hassas bölgelerden biri olan Doğu Akdeniz havzasında yer almaktadır. IPCC'nin kararlaştırdığı yeni nesil senaryolar belirlenmesinden sonra küresel ölçekte, düşük çözünürlüklü iklim modelleri geliştirilmiştir. Küresel ölçekte, gelecekte olması muhtemel senaryolar için anlamlı sonuçlar veren küresel modellemelerin yanı sıra gelecek ile ilgili plan, proje hazırlamada ve karar vericilerin politika belirlemede katkıda bulunabilmesi için havza, ülke ve bölge bazlı daha yüksek çözünürlüklü iklim projeksiyonları oluşturması gerekmektedir. Bu çalışmada Birleştirilmiş Model Karşılaştırma Projesi (CMIP5) kapsamında da tercih edilen küresel iklim modellerinin ülkemiz coğrafyası için oluşturduğu ortalama sıcaklık değerleri karşılaştırılmış ve ülkemiz ortalamasına en yakın sonuçlar üreten modeller tercih edilmiştir(Şekil1)



Şekil 1: Küresel modellerin RCP4.5 senaryosu (sol) ve RCP8.5 senaryosuna (sağ) göre Türkiye için gösterdikleri ortalama sıcaklık değerlerinin karşılaştırılması

Bu çalışmada Almanya'da bulunan Max Plank Meteoroloji Enstitüsü tarafından geliştirilmiş MPI-ESM-MR küresel dolaşım modeli çıktıları kullanılmıştır. Çalışmamızda MPI-ESM'nin

## **VII. Uluslararası Katılımlı Atmosfer Bilimleri Sempozyumu, 28-30 Nisan 2015, İstanbul Teknik Üniversitesi İstanbul Aydın Üniversitesi, İstanbul, Türkiye**

orta-karma ölçekli olarak adlandırılan MPI-ESM-MR sürümü tercih edilmiştir. CMIP5’de tercih edilen modellerden biri olan bu sürüm, karada 1,9° (~210 km) çözünürlüğe ve yatayda 63 seviyeden oluşmaktayken; dikeyde ise 95 seviye içermektedir. Ayrıca MPI-ESM-MR’de troposfer ve stratosfer 0,01 hPa’a (~80km’ye) kadar 95 farklı seviyede detaylı olarak analiz edilebilmektedir.

Çalışmamızda IPCC’nin geliştirdiği yeni nesil senaryo ailesinden küresel ölçekte de en çok tercih edilen senaryolar olan RCP4.5 ve RCP8.5 senaryoları tercih edilmiştir. RCP8.5 muhtemel en yüksek ışımsal zorlama ve konsantrasyon rotasıdır. RCP4.5 ise orta bir dengede tutma rotası olup 2100-2150 yılları arasında ışımsal zorlamanın 4.5 w/m<sup>2</sup>’de sabitleneceğini varsayılmaktadır. Bu senaryonun diğer senaryolara göre iki avantajı bulunmaktadır. Bunlardan birincisi yüksek rota ile arasındaki farktan dolayı çok iyi sinyal elde edilebilmesi, ikincisi ise literatürde bu rota ile ilgili çok sayıda yayınlanmış çalışmanın bulunmasıdır.

Küresel iklim modellerinin düşük çözünürlüklü verilerinden ülkemizi içine alan bölgeyi kapsayan daha yüksek çözünürlüklü bölgesel iklim projeksiyonları oluşturabilmek için bölgesel iklim modellerinin kullanılması gerekmektedir. Çalışmamızda Bölgesel İklim Model Sistemi (Regional Climate Model System - RegCM) olarak tanımlanan, Amerikan Ulusal Atmosfer Araştırmaları Merkezi (NCAR) tarafından geliştirilmiş bölgesel iklim modeli kullanılmıştır. RegCM, Uluslararası Abdüsselam Teorik Fizik Merkezi’nin (ICTP) Yer Sistem Fiziği Bölümü (ESP) tarafından bölgesel iklim modeli olarak uyarlanmış ve geliştirilmesi halen devam etmektedir.

Düşük çözünürlükte olan küresel model datalarından daha yüksek çözünürlüklü iklimsel parametreler elde etmek amacıyla RegCM4.3.4 Bölgesel İklim Modeli ve Nesting (İç içe simülasyonlar) yöntemiyle dinamik ölçek küçültme yapılarak 130x180 grid matrisinde 20 km çözünürlükte, 1971-2000 referans periyoduna göre 2016-2040, 2041-2070, 2071-2099 yılları için sıcaklık ve yağış projeksiyonları üretilmiştir. Projeksiyonlarda daha sağlıklı sonuç elde edebilmek için ~210 km çözünürlüklü verilerden önce 50 km çözünürlüklü projeksiyon daha sonra da 50 km çözünürlüklü verilerden 20 km çözünürlüklü projeksiyonlar elde edilmiştir.

Geleceğe yönelik en uygun projeksiyonlar elde edebilmek için küresel veri setinden RegCM4.3.4 ile referans dönemi (1971-2000) için üretilen veriler dünyaca kabul görmüş küresel çapta gridlenmiş gözlem verilerine sahip olan CRU (Climate Research Unit/ East

## VII. Uluslararası Katılımlı Atmosfer Bilimleri Sempozyumu, 28-30 Nisan 2015, İstanbul Teknik Üniversitesi İstanbul Aydın Üniversitesi, İstanbul, Türkiye

Anglia University-İngiltere) ve UDEL'e (University of Delaware-Amerika) ait gözlem verileri ile karşılaştırma yapılarak parametrisasyon yapılmıştır. Bölgesel iklim modeliyle (RCM) referans döneminde CRU ve UDEL verilerine uygun sonuçlar veren projeksiyonlar üretebilmek için sıcaklık ve yağış parametreleri kıyaslanarak yirmiden fazla parametrisasyon işlemi gerçekleştirmiş olup gözlem datalarına yakın çıktılar üretilmeye çalışılmıştır (Tablo 1).

Tablo 1: 1971-2000 referans periyodu mevsimlik ortalama sıcaklıklarının ve günlük yağış verilerinin gözlem verileri ile karşılaştırılması ( Türkiye/MPI-ESM-MR / RegCM4.3.4 )

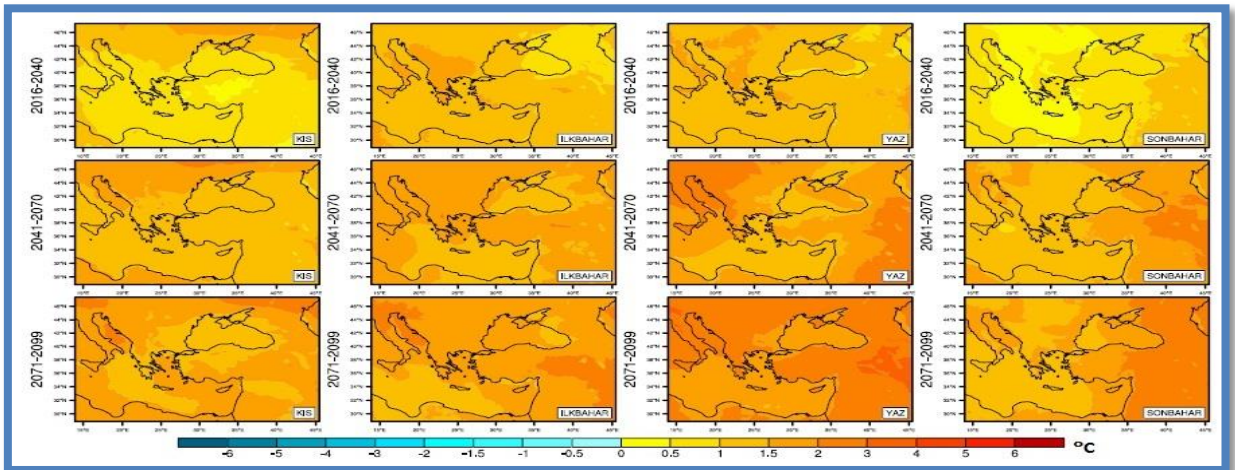
	SICAKLIK(°C)			YAĞIŞ (mm/gün)		
	RCM	CRU	UDEL	RCM	CRU	UDEL
KIŞ	<u>0,525</u>	0,561	-0,076	<u>2,524</u>	2,126	2,353
İLKBAHAR	<u>8,628</u>	9,712	9,309	<u>1,920</u>	1,973	2,098
YAZ	<u>19,603</u>	20,859	20,7	<u>0,417</u>	0,685	0,742
SONBAHAR	<u>11,003</u>	12,48	11,961	<u>1,284</u>	1,332	1,454
ORTALAMA	<u>9,95</u>	10,906	10,474	<u>1,532</u>	1,530	1,664

### 3. BULGULAR

Ülkemizin de içinde bulunduğu coğrafya için, RCP4.5 ve RCP8.5 senaryosuna göre, MPI-ESM-MR küresel model verileri RegCM4.3.4 bölgesel iklim modeli kullanılarak dinamik ölçek küçültme yöntemiyle 1971-2000 referans periyotlu ve 2016-2099 gelecek dönemi için projeksiyonlar üretilmiştir.

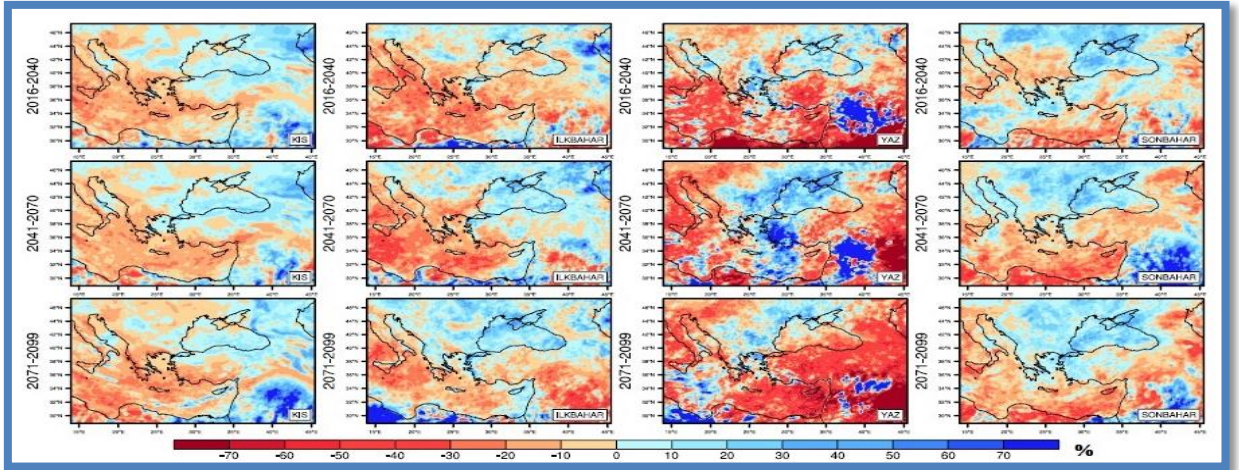
Elde edilen 20 km çözünürlüklü bölgesel iklim modeli datalarından sıcaklık ve yağış parametrelerinin mevsimsel olarak 2016-2040, 2041-2070, 2071-2099 periyotları için projeksiyon çıktılarının görüntülemesi yapılmıştır.

#### 3.1. RCP4.5 SENARYOSUNA GÖRE SICAKLIK VE YAĞIŞ PROJEKSİYONLARI



Şekil 2: RCP4.5'e göre RegCM4 Bölgesel Modeli 20 km sıcaklık projeksiyonları (MPI-ESM-MR/RF:1971-2000)

## VII. Uluslararası Katılımlı Atmosfer Bilimleri Sempozyumu, 28-30 Nisan 2015, İstanbul Teknik Üniversitesi İstanbul Aydın Üniversitesi, İstanbul, Türkiye



Şekil 3: RCP4.5'e göre RegCM4 Bölgesel Modeli 20 km yağış projeksiyonları (MPI-ESM-MR/RF:1971-2000)

MPI-ESM-MR küresel iklim modeli verilerinden RCP4.5 senaryosuna göre RegCM4.3.4 bölgesel iklim modeli dinamik ölçek küçültme yöntemiyle 20 km çözünürlükte sıcaklık ve yağış projeksiyonlarına göre;

### 2016-2040 Periyodu

Isınmanın genellikle 0,5°C-1,5°C arasında olacağı, ilkbahar ve yaz aylarında Kıyı Ege'de 1,5°C'nin üzerinde bir ısınmanın olacağı ön görülmektedir.

Yağışlarda kış ve sonbahar aylarında İç Anadolu Bölgesi, Marmara Bölgesi'nin doğusu ve Karadeniz Bölgesi'nde bir artış; ilkbaharda Marmara Bölgesi hariç tüm yurttan %30'a varan bir azalma; yaz mevsiminde Güneydoğu Anadolu, Ege ve Marmara bölgelerinde yer yer artışlar görülürken yurdun büyük bölümünde %50'ye varan oranda azalma ön görülmektedir.

### 2041-2070 Periyodu

Sıcaklık artışının yurt genelinde kış mevsiminde normallerinin 1°C üzerine diğer mevsimlerde 1,5°C üzerine çıkacağı; hatta yaz ve sonbahar mevsiminde özellikle Doğu ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinde 2°C üzerine çıkacağı dikkat çekmektedir.

Yağışlarda; yaz mevsiminde Ege ve Marmara bölgelerinde artış görülürken iç bölgelerde azalış, sonbaharda hemen hemen tüm yurttan %30'a varan oranda bir azalış öngörülmektedir.

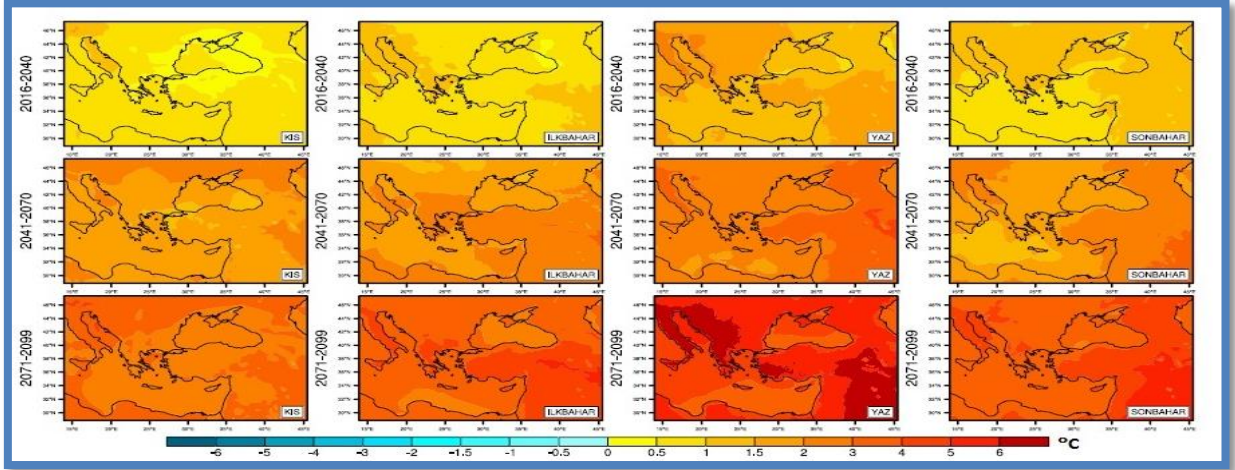
### 2071-2099 Periyodu

Sıcaklık artışının yaz mevsiminde hemen hemen tüm yurttan normallerin 3°C, Doğu Anadolu'nun doğusunda 4°C üzerinde olacağı beklenmektedir.

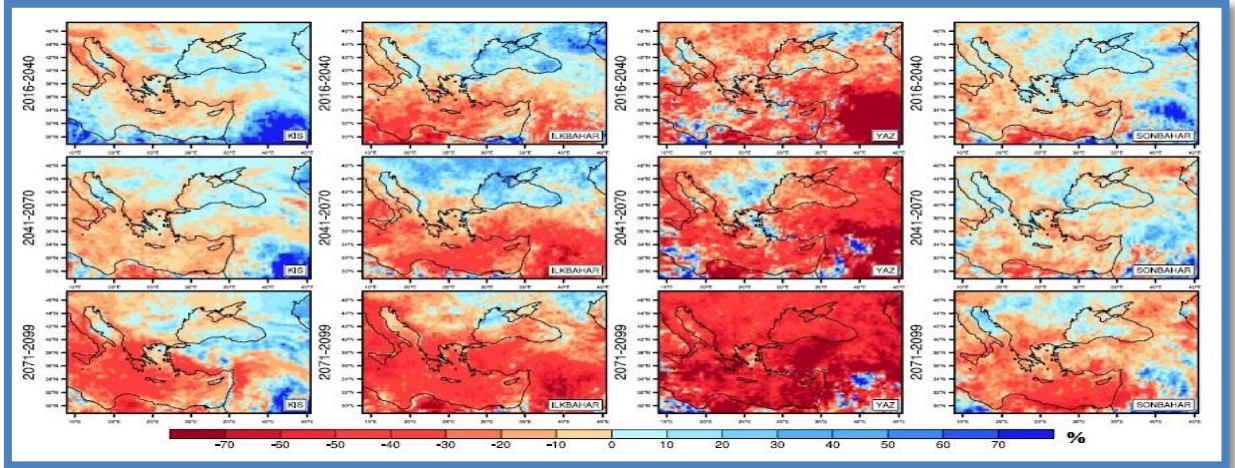
## VII. Uluslararası Katılımlı Atmosfer Bilimleri Sempozyumu, 28-30 Nisan 2015, İstanbul Teknik Üniversitesi İstanbul Aydın Üniversitesi, İstanbul, Türkiye

Yağışlarda Doğu Anadolu'da kış mevsimi hariç diğer mevsimlerin tamamında bir azalış, yaz mevsiminde tüm yurttan %60-70'lere varan oranda bir azalış, yurdun batısında ilkbahar ve sonbaharda artış öngörülmektedir.

### 3.2. RCP8.5 SENARYOSUNA GÖRE SICAKLIK VE YAĞIŞ PROJEKSİYONLARI



Şekil 4: RCP8.5'e göre RegCM4 Bölgesel Modeli 20 km sıcaklık projeksiyonları (MPI-ESM-MR/RF:1971-2000)



Şekil 5: RCP8.5'e göre RegCM4 Bölgesel Modeli 20 km yağış projeksiyonları (MPI-ESM-MR/RF:1971-2000)

MPI-ESM-MR küresel iklim modeli verilerinden RCP8.5 senaryosuna göre RegCM4.3.4 bölgesel iklim modeli dinamik ölçek küçültme yöntemiyle 20 km çözünürlükte sıcaklık ve yağış projeksiyonlarına göre;

#### 2016-2040 Periyodu

Sıcaklık artışının yurt genelinde 0,5°C-1,5°C arasında olacağı, yaz mevsiminde ise yurdun kuzeyi dışındaki tüm bölgelerde 2°C'ye varan artışlar olacağı öngörülmektedir. Yağışlarda periyot boyunca yurdumuzda genel olarak azalış olacağı dikkat çekmektedir. Bu azalmaların Akdeniz Bölgesi'nde tüm mevsimlerde, Ege ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinde sonbahar

## **VII. Uluslararası Katılımlı Atmosfer Bilimleri Sempozyumu, 28-30 Nisan 2015, İstanbul Teknik Üniversitesi İstanbul Aydın Üniversitesi, İstanbul, Türkiye**

dışında, İç Anadolu Bölgesi'nde ise kış mevsimi dışında kalan diğer mevsimlerde olacağı öngörülmektedir. Yağışlardaki bu azalmaların ilkbahar mevsiminde %30-%40 oranında, yaz mevsiminde ise %50-%70 oranlarına kadar çıkabileceği, yurdun kuzeyinde ise kış mevsiminde yağışlarda artış olacağı ön görülmektedir.

### **2041-2070 Periyodu**

Kış aylarında 1°C-2°C, ilkbahar ve sonbahar aylarında 1,5°C-3°C, yaz aylarında ise 4°C-5°C'yi aşan sıcaklık artışları, kış yağışlarında Marmara Bölgesi'nin doğusu, Batı ve Doğu Karadeniz ile Doğu Anadolu bölgelerinin dışında kalan yerlerde azalışlar beklenmektedir.

İlkbahar yağışlarında tüm yurttan yer yer %50'lere varan oranda azalışlar, yaz mevsimindeki yağışlarda ise Kıyı Ege haricinde tüm yurttan % 60-%70'lere varan oranda azalmalar dikkat çekmektedir. Sonbahar yağışlarında ise Doğu Anadolu Bölgesi'nin güneyi, Güneydoğu Anadolu, Marmara, Batı ve Orta Karadeniz bölgeleri dışında kalan yerlerde azalmalar olacağı öngörülmektedir.

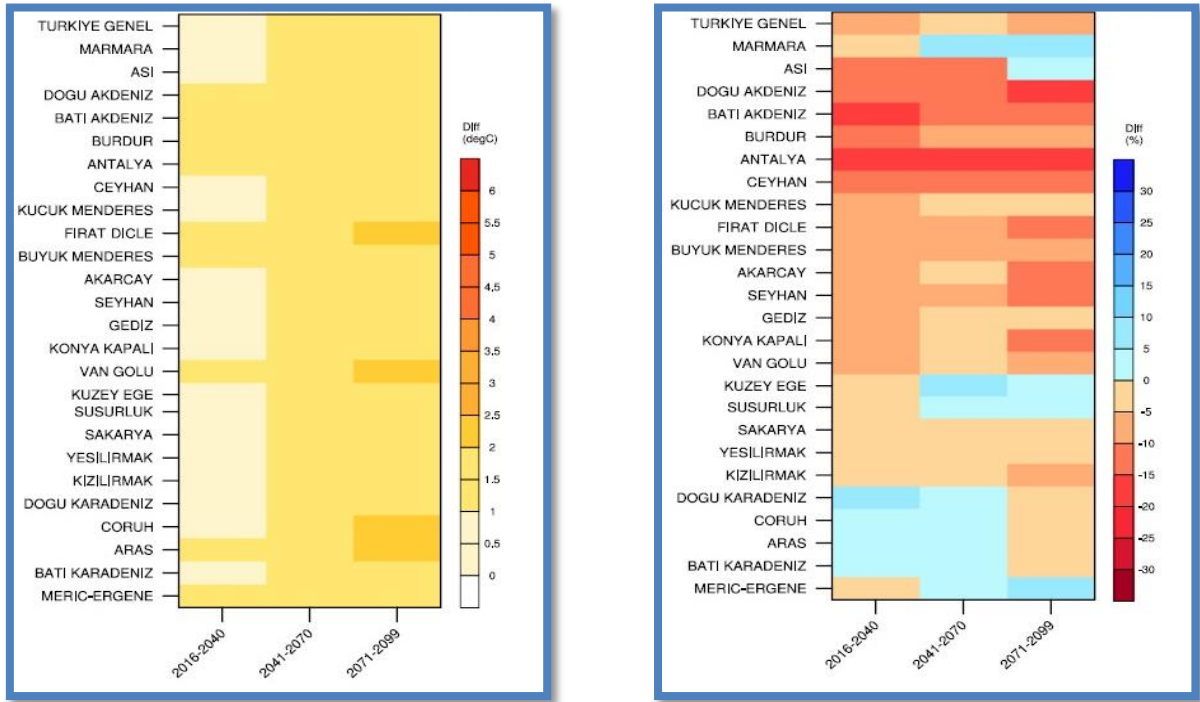
### **2071-2099 Periyodu**

Sıcaklıklarda tüm yurttan kış mevsiminde 2°C-4°C arasında artış, ilkbahar, yaz ve sonbahar mevsimlerinde ise ülke genelinde 5°C'yi, Ege ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinde ise 6°C'yi aşan artışları ön görülmektedir.

Yağışlarda ilkbahar, yaz ve sonbahar mevsimlerinde tüm yurttan azalışlar olacağı, bu azalışların ilkbaharda %50'ye varan oranda, yaz mevsiminde özellikle İç Anadolu'da %70'e varan oranda, sonbaharda ise %10-%30 oranlarında gerçekleşeceği beklenmektedir. Kış mevsimi yağışlarında yurdun kuzeyinde %10-%40 oranlarında bir artış öngörülürken, özellikle toplam yağışının büyük kısmını kış mevsiminde alan Ege Bölgesi'nde %30-40'lara varan oranda azalışlar olacağı dikkat çekmektedir.



### 3.3. RCP4.5 VE RCP8.5 SENARYOLARINA GÖRE HAVZA BAZLI PROJEKSİYONLAR



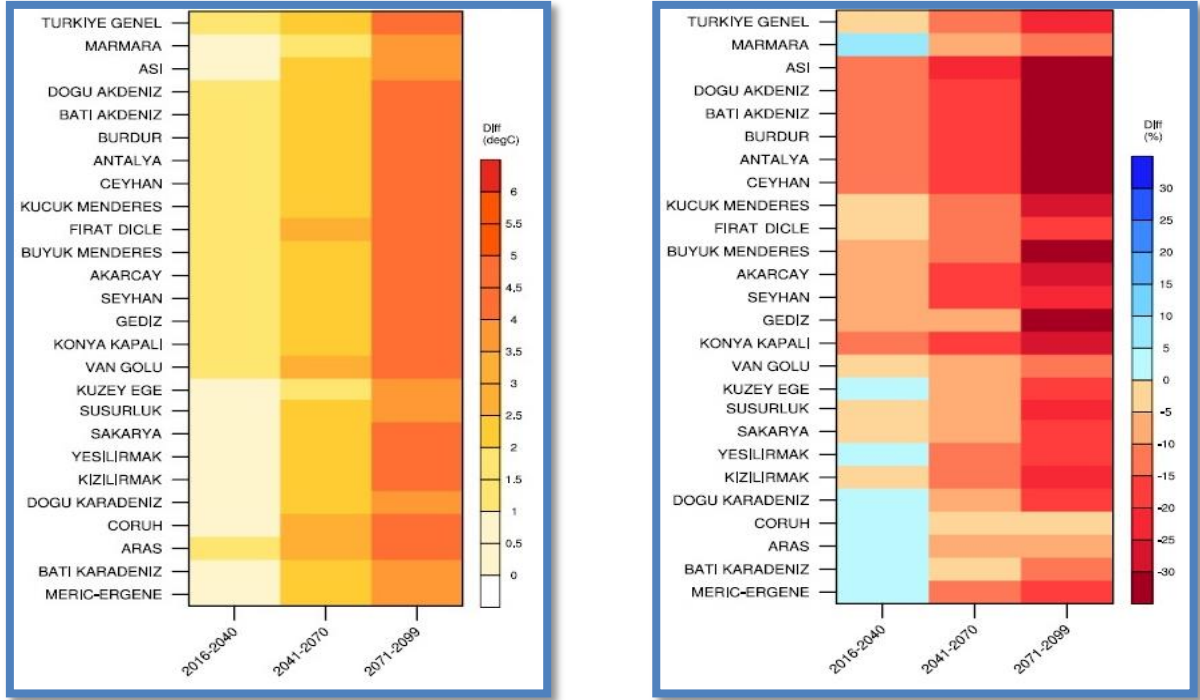
Şekil 6: 2016-2099 havza sıcaklık ve yağışlarının referans periyottan farkları (RCP4.5:MPI-ESM-MR/RegCM4.3.4/RF:1971-2000)

RCP4.5 senaryosuna göre;

Ortalama sıcaklıkların tüm havzalarda artış eğiliminde olduğu görülmektedir. Artış, ilk periyotta genel olarak 1°C civarındayken; 2041-2070, ve 2071-2099 periyotlarında 2°C'ye çıktığı görülmektedir. En fazla sıcaklık artışı 2071-2099 periyodunda 2,5°C artışla Fırat Dicle, Van Gölü, Çoruh ve Aras havzalarında ön görülmektedir.

Yağış projeksiyonları incelendiğinde, Türkiye genelinde tüm periyotlarda toplam yağışlarda azalma ön görülürken, Doğu Karadeniz, Çoruh, Aras, Batı Karadeniz havzalarında ilk periyotta, Marmara, Kuzey Ege, Susurluk, Meriç-Ergene havzalarında son iki periyotta, Asi havzasında da son periyotta artışlar görülmektedir. En fazla azalış ise genelde Akdeniz Bölgesi havzalarında, özellikle de Antalya havzasında olduğu dikkat çekmektedir.

## VII. Uluslararası Katılımlı Atmosfer Bilimleri Sempozyumu, 28-30 Nisan 2015, İstanbul Teknik Üniversitesi İstanbul Aydın Üniversitesi, İstanbul, Türkiye



Şekil 7: 2016-2099 havza sıcaklık ve yağışlarının referans periyottan farkları (RCP8.5:MPI-ESM-MR/RegCM4.3.4/RF:1971-2000)

RCP8.5 senaryosuna göre;

Ortalama sıcaklıkların tüm havzalarda artış eğiliminde olduğu öngörülmektedir. Artışın, ilk periyotta genel olarak 1,5°C-2°C civarındayken, 2041-2070 periyodunda 2,5°C-3°C'ye, 2071-2099 periyodunda ise 4°C'nin de üzerine çıktığı görülmektedir.

Yağış projeksiyonları incelendiğinde; Türkiye genelinde tüm periyotlarda toplam yağışlarda azalma ön görülmektedir. Sadece Marmara Bölgesi ve Karadeniz Bölgesi'nde yer alan havzalarda ilk periyotta bir artış görülmektedir. 2041-2070 ve 2071-2099 periyotlarında tüm havzalarda azalma olduğu dikkat çekerken, en fazla azalışın Akdeniz Bölgesi ve Ege Bölgesi'nde yer alan havzalarda olduğu dikkat çekmektedir.

#### 4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Düşük çözünürlükte olan (~210 km) küresel model (MPI-ESM-MR) verilerinden daha yüksek çözünürlüklü iklimsel parametreler elde etmek amacıyla RegCM4.3.4 Bölgesel İklim Modeli ve Nesting ( İç içe simülasyonlar ) yöntemiyle dinamik ölçek küçültme yapılarak 130x180 grid matrisinde 20 km çözünürlükte, 1971-2000 referans periyoduna göre 2016-2040, 2041-2070, 2071-2099 yılları için sıcaklık ve yağış projeksiyonları üretilmiştir.

Elde edilen projeksiyon sonuçlarına genel olarak baktığımızda, her iki senaryoya (RCP4.5 ve RCP8.5) göre de tüm periyot (2016-2099) boyunca sıcaklıklarda artışlar beklenmektedir.

## **VII. Uluslararası Katılımlı Atmosfer Bilimleri Sempozyumu, 28-30 Nisan 2015, İstanbul Teknik Üniversitesi İstanbul Aydın Üniversitesi, İstanbul, Türkiye**

RCP4.5 senaryosuna göre periyot boyunca ortalama olarak 1,5°C artış beklenirken RCP8.5 senaryosuna göre artış miktarının ortalama olarak 2,5°C'ye ulaşması ön görülmektedir.

Yağış parametresi için projeksiyon sonuçları genel olarak değerlendirildiğinde ise tüm periyot boyunca toplam yağış miktarlarındaki azalma eğilimi ile birlikte yağış miktarlarındaki düzensizlikler de dikkat çekmektedir. RCP4.5 senaryosuna göre periyot boyunca Türkiye genelinde yağışlarda yıllık ortalama olarak 30 mm/yıl civarında bir azalış öngörülmektedir, yağışlardaki düzensizlik nedeniyle zaman zaman değişmekle birlikte yıllık bazda ortalama 140 mm/yıl civarında artışların görülebileceği gibi 210 mm/yıl değerinde azalışlar da dikkat çekmektedir. RCP8.5 senaryosuna göre ise periyot boyunca ortalama ~160 mm/yıl civarında bir azalış ön görülmektedir.

IPCC raporlarında da belirtildiği üzere ülkemiz, iklim değişikliğine karşı en hassas bölgelerden biri olan Doğu Akdeniz havzasında yer almaktadır. İklim değişikliğinin olumsuz etkilerini en aza indirmek, sektörel bazda iklim değişikliğine uyum ve mücadele faaliyetlerini desteklemek amacıyla “Türkiye İçin İklim Değişikliği Projeksiyonları” adlı bir proje ile havza, bölge ve il düzeyinde sıcaklık ve yağış projeksiyonları geliştirilmiştir. Proje kapsamında üretilen projeksiyon verileri iklim değişikliği ile ilgili uyum, önleme ve mücadele konusunda planlama yapan tüm kurum ve kuruluşlar için kaynak sağlamaktadır. Kurum ve kuruluşların geleceğe yönelik çalışmalarında “Türkiye İçin İklim Değişikliği Projeksiyonları” verilerini kullanmaları daha sağlıklı plan ve programlama yapmalarına olanak sağlayacaktır.

## VII. Uluslararası Katılımlı Atmosfer Bilimleri Sempozyumu, 28-30 Nisan 2015, İstanbul Teknik Üniversitesi İstanbul Aydın Üniversitesi, İstanbul, Türkiye

### KAYNAKLAR

1. Akçakaya, A., Atay, H., Demir Ö., (2013). İklim Değişikliği Senaryolarında Yeni Dönem: Paralel Yaklaşım ve Temsili Konsantrasyon Rotaları (RCPs). 6<sup>th</sup> Atmospheric Science Symposium-ATMOS 2013.
2. Demir, Ö., Atay, H., Eskioğlu, O., Tüvan, A., Demircan, M. ve Akçakaya, A., (3-5 Haziran, 2013). RCP4.5 Senaryosuna Göre Türkiye’de Sıcaklık ve Yağış Projeksiyonları. III. Türkiye İklim Değişikliği Kongresi - TİKDEK 2013, Bildiri Kitabı, İstanbul, Türkiye.
3. Demircan, M., Demir, Ö., Atay, H., Eskioğlu, O., Tüvan, A. ve Akçakaya, A., (8-10 Ekim 2014). Climate Change Projections for Turkey with New Scenarios. The Climate Change and Climate Dynamics Conference-2014 – CCCD2014, İstanbul, Türkiye.
4. Demircan M., Demir Ö., Atay, H., Eskioğlu O., Yazıcı, B., Gürkan, H., Tuvan, A., ve Akçakaya, A., (23-24 Ekim, 2014). Türkiye’de Yeni Senaryolara Göre İklim Değişikliği Projeksiyonları. TÜCAUM - VIII. Coğrafya Sempozyumu, Ankara.
5. Gregory, W.L., Duran, A., (2001). Scenarios and Acceptance of Forecasts. Principles of Forecasting: A Handbook for Researchers and Practitioners, Edited by J. Scott Armstrong. Springer Science-Business Media, inc. New York.
6. M. Meinshausen, S. Smith, K. Riahi, D. van Vuuren et al., (May 2010). Harmonized Emissions Concentration and Radiative Forcing Data RCP Concentration & Data Group [RCP Tiplerine Ait Küresel Toplam Işınımsal (Radyatif) Zorlama]
7. Moss, R.H. vd. (2010). “The Next Generation Of Scenarios For Climate Change Research and Assesment”. Nature,2010:Vol 463j1 1 February 2010doi:10.1038/nature08823.
8. CMIP Coupled Model Intercomparison Project, <http://cmip-pcmdi.llnl.gov/cmip5/index.html?submenuheader=0>
9. IPCC, (2000). Special Report on Emissions Scenarios, Cambridge University Press.
10. IPCC, (2001). Climate Change 2001, Synthesis Report.
11. IPCC, (26-28 April, 2006). Report of The 25<sup>th</sup> Session of the IPCC, Port Louis, Mauritius.
12. IPCC, (2007). Climate Change 2007 - The Physical Science Basis Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the IPCC.
13. IPCC, (September, 2007). “Towards New Scenarios for Analysis of Emissions, Climate Change, impacts, and Response Strategies: IPCC Expert Meeting Report”, the Netherlands.
14. IPCC, (2013). Climate Change 2013, The Physical Science Basis, Working Group I Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press. [http://www.climatechange2013.org/images/report/WG1AR5\\_ALL\\_FINAL.pdf](http://www.climatechange2013.org/images/report/WG1AR5_ALL_FINAL.pdf)
15. IPCC, (2013). Climate Change 2013: The Physical Science Basis, <http://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/>
16. Meteoroloji Genel Müdürlüğü, (2013). Yeni Senaryolar İle Türkiye İçin İklim Değişikliği Projeksiyonları, TR2013-CC.
17. MPI-ESM, New Earth System Model of Max Planck Institute for Meteorology, <http://www.mpimet.mpg.de/en/science/models/mpie-sm.html>
18. UNFCCC, (1992). İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi.