

ADANA İLİNDE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ ETKİLERİ DEĞERLENDİRMESİ¹

Assessment of Climate Change Impacts on Adana

Mesut Efe BÜKEN
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Ahmet YÜCEER
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

ÖZET

Bu çalışma, Türkiye'nin en büyük illerinden birisi olan Adana ilinde, insan kaynaklı iklim değişikliğine bağlı potansiyel sıcaklık ve yağış değişikliklerini tespit etmek amacıyla yapılmıştır. Araştırmaya Adana Meteoroloji Bölge Müdürlüğü'nden alınan 1960 ile 2011 yılları arasında ölçümlenen gerçek veriler kullanılarak 3 farklı iklim modeli ve 3 farklı iklim senaryosunun birbiriyle karşılaştırılması sonucunda en uygun model ve senaryonun bulunmasıyla başlanmıştır.

Araştırmanın ikinci bölümünde, analizler sonucu elde edilen gerçek verilere en yakın sonuçları veren iklim senaryosu ve modelinin, yaklaşık %9.5 hata payı ile BCCR-BCM2.0 Küresel Dolaşım Modelinin A2 senaryosu olduğu tespit edilmiş; ardından bu iklim modeli ve senaryosu ile orta vadeli (2045-2055 yıllar arası) ve uzun vadeli (2089-2099 yılları arası) sıcaklık ve yağış projeksiyonları yapılmıştır. Yapılan aylık ortalama sıcaklık çalışmalarında, 2001-2011 yılları arası 19,41 °C olan 10 yıllık ortalama sıcaklık değeri, 2045-2055 yılları arasında 0,5 °C artarak 19,91 °C olduğu, 2089-2099 yılları arasında ise toplam 2,47 °C artarak 21,88 °C olduğu gözlemlenmiştir. 2016-2099 yılları arası maksimum sıcaklığın 4,57 °C kadar artabileceği tespit edilmiştir. Yapılan aylık toplam yağış çalışmalarında ise, 10 yıllık toplam ortalama yağış değerleri 2001-2011 yılları arası 60,93 mm/ay, 2045-2055 yılları arası 56,17 mm/ay ve 2089-2099 yılları arasında ise 52,45 mm/ay olarak gözlemlenmiştir. Çalışılan periyotlardan orta vadeli 2045-2055 yılları arasında aylık yağışlarda ortalama %7,81 düşüş gözlemlenirken; uzun vadeli 2089-2099 yılları arasında ise %13,91 oranında düşüş gözlemlenmiştir. Yapılan çalışmadan elde edilen veriler, Adana ilinde görülmesi muhtemel iklim değişikliği etkilerinin daha özel konularda araştırılması için kaynak niteliği oluşturmaktadır.

Anahtar Kelimeler: İklim Projeksiyonları, SRES A2, Adana, Yağış, Sıcaklık

ABSTRACT

This study was held in Adana, one of the biggest cities in Turkey, to determine potential temperature and precipitation changes depend on human-induced climate change. The research was started by comparing 3 different climate models and 3 different climate emission scenarios by using real data obtained from Regional Directorate of Meteorology which was measured between 1960 and 2011; and consequently finding the most suitable model and emission scenario.

In the second part of the study, it was found that ,with the 9.5% margin of error, Global Circulation Model BCC-BCM2.0 and SRES A2 scenario gave the

¹ Aynı başlıklı Yüksek Lisans tezinden üretilmiştir.

closest results to real data; afterwards medium-term (between the years 2045-2055) and long-term (between the years 2089-2099) temperature and precipitation projections were done with this climate model and scenario. During the monthly mean temperature researches it was observed that 10 years between 2001-2011 annual average temperature of 19.41 ° C, 0.5 ° C increase in the years 2045 to 2055 was 19.91 ° C and total increased by 2.47 ° C between the years 2089-2099 became 21, 88 ° C. It has been determined that the maximum temperature in the range 2016-2099 years will increase by 4.57 ° C. During the monthly areal precipitation researches conducted it has been observed that the total value of the 10-year average precipitation between 2001-2011 was 60.93 mm / month, between the years 2045-2055 it is 56.17 mm / month and in the years 2089-2099 it is 52.45 mm / month. From the periods studied in the medium-term period of 2045-2055 years 7.81% decrease in the average monthly precipitation and in long-term period of 2089-2099 years 13.91% decrease was seen. The data obtained from studies done constitutes a resource for the more specific topics to analyse of the possible effects of climate change to be seen in Adana province.

Keywords: Climate Projections, SRES A2, Adana, Precipitation, Temperature

Giriş

“İklim değişikliği” ve “küresel ısınma” kavramları çoğu zaman beraber kullanılan, hatta birbiriyle karıştırılan kavramlar olarak süregelmiştir. Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Sözleşmesi göz önüne alınırsa, henüz ilk paragrafta iklim değişikliğini, “ karşılaştırılabilir zaman periyotları süresince doğal iklimde gözlemlenen doğal iklim değişkenliğine ek olarak, doğrudan ya da dolaylı olarak insan aktiviteleri sonucu küresel atmosfer birleşiminde oluşan değişimler” olarak tanımlanmaktadır. Bu tanımlamayla UNFCCC, atmosferik kompozisyonu değiştiren insan aktivitelerinin neden olduğu iklim değişikliği ile doğal nedenlerle oluşan iklim değişkenliği arasındaki farkı ortaya koymaktadır. Küresel ısınma ise ancak günümüz koşullarında yaşanan iklim değişikliğinin şekli, bir alt kümesi olarak düşünülebilir.

İklim değişikliği, çevre ile ilgili 20. Yüzyılın ortalarında başlayan çevresel uyanışın bir sonucu olarak, bilim insanlarınca uzun süreden beri irdelenen bir konudur. 20. Yüzyılın son çeyreğinde, konunun ciddiyeti ve muhtemel zararları anlaşılmaya başlandığında ise, İklim değişikliği, Birleşmiş Milletler (BM) öncülüğünde dünya ülkelerinin gündemine taşınmıştır. Burada 1988 yılında çıkan karar ile Birleşmiş Milletlerin iki örgütü olan (WMO) Dünya Meteoroloji Organizasyonu ve (UNEP) Birleşmiş Milletler Çevre Programı aracılığıyla, insan faaliyetlerinin neden olduğu iklim değişikliğinin risklerini değerlendirmek üzere (IPCC) Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli kurulmuştur. Günümüz dünyasında ise, giderek artan önemiyle sadece bilim insanlarını ya da devletleri değil, herkesi ilgilendiren bir konu haline gelmeye başlamıştır.

Zaman içinde, gelişen teknolojinin de yardımıyla dünyada iklim değişikliği konusunda yapılan çalışmalar artmış olmasına rağmen ülkemizde yeterli çalışmanın yapılmadığı ve gereken önlemlerin alınmadığı bilinmektedir. Gelecek

birkaç on yıl içinde gezegenin sıcaklık değişiklikleri ve yağış biçimlerinde meydana gelecek değişikliklerle karşı karşıya kalacağı birçok bilimsel çalışmalarla kanıtlanmıştır. Son 100 yıl içinde küresel iklim sıcaklığı, kısmen insani faaliyetlerden kaynaklanan sera gazı emisyonları nedeniyle ortalama 0,5°C ila 0,8°C arasında artmıştır. Bunun yanı sıra oluşan aşırı uç hava olayları (kasırga, sel vb) da bu süreç içinde artış göstermiştir (IPCC 2014).

Uzun vadeli küresel ısınma eğilimleri, 40°-70°K boylamları arasında ve yüksek rakımlı alanlarda daha yüksektir. Ülkemiz de bu bölge içinde yer almaktadır. Özellikle Akdeniz bölgesi ülkeleri coğrafi olarak mevcut küresel değişimden en çok etkilenen alanların başında gelmektedir (Cosun ve Karabulut 2009).

1950 yılından beri yapılan ölçümler doğrultusunda Kuzey Kutbundaki buzulların yaklaşık yüzde 15 oranında azaldığı tespit edilmiştir (IPCC 2014). Bunun sonucu olarak ise 35 bin fok balığı çiftleşmek ve doğum yapmak için yüzyıllardır gittikleri Kuzey Kutbundaki buzullara değil, Alaska ve Sibirya'nın kuzey bölgelerine gittikleri gözlemlenmiştir (Vox 2016). Kuzey kutbunda eriyen buzullar sadece hayvanlara değil aynı zamanda tüm insanlığa tehdit oluşturmaktadır. 2050 yılına kadar deniz seviyesindeki yarım metrelik artışın $\frac{3}{4}$ ü Asya kıtasında olmak üzere 130 milyon insanı doğrudan etkileyeceği düşünülmektedir (MetOffice 2013). 2008 yılına kadar yapılan tespitlerde ise yaklaşık 20 milyon kişinin iklim nedeniyle oluşan doğal felaketler sebebiyle iltica etmek zorunda kaldıkları bildirilmiştir (Guardian 2009). Sıcaklık artışı sadece dolaylı olarak değil, direkt olarak da insan hayatını olumsuz yönde etkilemektedir. 1995 yılında Amerika Birleşik Devletlerinin Chicago kentinde yaşanan sıcak dalgası sonucu resmi rakamlara göre 5 gün içinde 739 sıcaklık artışına bağlı sebeplerle hayatını kaybetmiş, 3300 den fazla kişi sıcak çarpması nedeniyle hastanelik olmuştur (Dematte ve ark 1998). Yapılan çalışmalarda Amerika Birleşik Devletleri'nde her yıl ortalama 400 kişi aşırı sıcaklığa bağlı sebeplerle hayatını kaybetmektedir (Basu ve Samet 2002).

Bu çalışmada, Adana ilinde yaşanması muhtemel sıcaklık ve yağış değişimlerinin, uluslararası ölçekli projeksiyon verisetleriyle incelenip, geçmiş yıllara ait gerçek veriler ışığında, gelecekteki potansiyel iklim değişikliği tehdidi incelenecektir. Toplanan ve doğruluğu tespit edilen veriler vasıtasıyla mevcut etken değişimlerin en aza indirilip sürdürülebilir yaşam çerçevesinde minimum insani ve ekonomik zararla atlatılabilmesi için bilimsel bir altyapı oluşturulup, bölgemiz insanına ve kalkınmasına yardımcı olunması için gerekli yol haritasının çıkarılması ve ele alınan sorunlara belli çözüm önerileri getirilmesi amaçlanmıştır. Gelecekte, daha spesifik konularda yapılacak çalışmalarda, oluşturulan bu veri tabanı sayesinde çözüme çok daha hızlı ve kolay ulaşılabilmesi amacıyla beraber, yeni fikirlerin de ortaya çıkabilmesi açısından bir basamak niteliği taşıyacağı da düşünülmektedir.

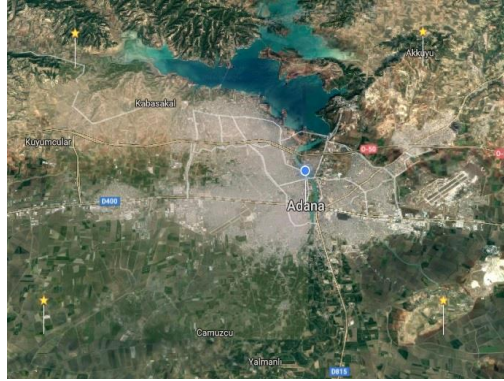
“ Bugün karşı karşıya olduğumuz önemli sorunlar, geçmişte onları yaratan aynı bilinç düzeyi ile çözülemez.” A. Einstein

Materyal ve Metot

Materyal

Çalışılan Bölge Hakkında Genel Bilgiler

Çalışma için seçilen bölge, merkezi 37°0'K 35°19'D enlem ve boylamları olan Adana ili sınırlarını kapsayan aşağıda gösterilen bölgedir



Şekil 1. Adana, çalışılan bölgenin genel bir görüntüsü.

Kullanılan Veriler

Yapılan çalışmada, Adana Meteoroloji Bölge Müdürlüğü'nden temin edilen Adana ili meteoroloji istasyonları, aylık ortalama sıcaklık ve aylık toplam yağış verileri, IPCC'nin 3 farklı (SRES A1B, A2, B1) emisyon senaryosu ile beraber entegre olarak oluşturulmuş 3 farklı iklim modeli (BCCR-BCM2.0, CGCM3.1 (T47), ECHAM5MPI-OM) verilerinden elde edilen 2016-2099 arası projeksiyonları incelenmiştir. Yapılan veri incelemesinde kontrol verileri, Adana Meteoroloji Bölge Müdürlüğü 17351 numaralı meteoroloji istasyonundan alınan 1960-2011 arası gerçek aylık ortalama sıcaklık verileri olarak belirlenmiştir. Zira bölgede bulunan diğer gözlem istasyonları ya belirlenen bölgeyi kapsamamaktadır yada verisetlerinden ciddi eksiklikler bulunmaktadır. Verisetleri, Adam ve Lettenmaier (2003) tarafından yapılan 0,5° ile şebekeleştirilmiş küresel iklim modelleri verisetinden, Maurer ve arkadaşlarının (2009), Wood ve arkadaşları (2004) tarafından ortaya çıkarılmış yöntemle yaptıkları uzaysal doğrulama ve indirgenme çalışmaları sonucu oluşturulan ve Meehl ve arkadaşları (2007) tarafından WCRP'nin (Dünya İklim Araştırmaları Programı - World Climate Research Programme) CMIP3 projesiyle www.engr.scu.edu/~emaure/glob_data/ adresinde paylaşılan verilerdir.

Kullanılan İklim Modelleri

Yapılan çalışmada kullanılan iklim dolaşım modelleri 1,9° x 1,9° çözünürlüklü, Norveç Bjerknes Centre for Climate Research'e ait BCCR-BCM2.0 Küresel Dolaşım Modeli, 2,8 ° x 2,8 ° çözünürlüklü, Kanada Canadian Centre for

Climate Modelling and Analysis'e ait CGCM3.1 (T47) Küresel Dolaşım Modeli ve $1,9^\circ \times 1,9^\circ$ çözünürlüklü, Almanya Max Planck Institute for Meteorology'e ait ECHAM5MPI-OM küresel iklim dolaşım modelleri veritabanlarından elde edilen 2016-2099 arası projeksiyonları incelenmiştir.

Kullanılan iklim projeksiyonlarının görüntülenmesi işlemleri için Java tabanlı toolsUI programının 4.6.4 sürümü ile Java tabanlı idv programının 1.0.1 sürümü kullanılmıştır.

Metot

Meteoroloji Bölge Müdürlüğü'nden elde edilen gerçek 1960-2011 arası aylık ortalama sıcaklık verileri ile SRES A1B, A2 ve B1 emisyon senaryolarına göre düzenlenmiş Norveç Bjerknes Centre for Climate Research'e ait BCCR-BCM2.0 Küresel Dolaşım Modeli, Kanada Canadian Centre for Climate Modelling and Analysis'e ait CGCM3.1 (T47) Küresel Dolaşım Modeli ve Almanya Max Planck Institute for Meteorology'e ait ECHAM5MPI-OM küresel iklim dolaşım modellerinden oluşturulmuş 1960-2011 arası aylık ortalama sıcaklık projeksiyon verileri, "mean absolute percentage error (MAPE)" analizi ile hata paylarının hesaplanabilmesi amacıyla Microsoft Excel ortamında derlenmiştir.

Derlenen bu veriler her bir modelin her bir senaryosu için gerçek verilerle karşılaştırılarak "mean absolute percentage error (MAPE)" analizleri yapılmıştır. Bu analizlerin yanında hata paylarının minimum ve maksimum değerleri ile birlikte standart sapmaları da bulunmuştur.

Bulgular ve Tartışma

Yapılan çalışmalarda kullanılan her bir iklim modeli ve senaryosu için elde edilen karşılaştırmalı veriler aşağıda verilmiştir. Uygulama verileri Adana ili konumu ve model çözünürlükleri itibarıyla $37^\circ 25'K$ ve $35^\circ 75'D$ enlem ve boylamlarını sınırlayan ve bir meridyenin $\frac{1}{4}$ üne denk gelen alanda gerçekleştirilmiştir.

Bulgular

Önceki bölümlerde gösterilmiş veri setlerinden elde edilen bulgulara göre Adana ili iklimine en uygun model ve senaryonun tespiti için birincil olarak Mean Absolute Percentage Error (MAPE) Analizi sonucu 0'a en yakın olan veri seti olacak, ancak herhangi iki veri seti Mean Absolute Percentage Error (MAPE) analizi sonuçları arasında $\pm 0,01$ fark var ise bu iki veri arasından en uygunun seçilmesi için ikincil olarak bakılan veri Standart Sapma değeri 0'a en yakın olan veri olacaktır.

Bu doğrultuda aşağıda verilmiş Çizelge 1.'de görüldüğü gibi Adana ili için en uygun olan Norveç Bjerknes Centre for Climate Research'e ait BCCR-BCM2.0 Küresel Dolaşım Modelinin A2 senaryosu olacaktır.

Çizelge 1. Verisetleri üzerinde yapılan çalışmalardan elde edilen Ortalama Mutlak Hata Yüzdesi (MAPE) ve Standart Sapma değerleri.

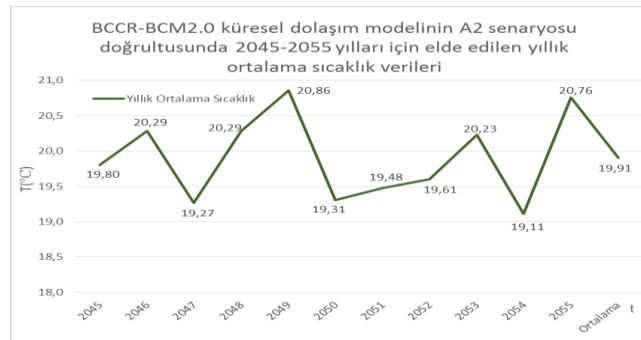
Model/Senaryo	Ortalama Mutlak Hata Yüzdesi (MAPE)	Standart Sapma
(BCCR-BCM2.0)/A1B	9,7784	9,923271058
(BCCR-BCM2.0)/A2	9,5892	11,1335
(BCCR-BCM2.0)/B1	10,5867	11,88220527
(CGCM3.1(T47))/A1B	11,35923639	12,9095756
(CGCM3.1(T47))/A2	9,901531411	10,22883891
(CGCM3.1(T47))/B2	10,03330645	10,82118157
(ECHAM5MPI-OM)/A1B	10,80614616	13,68364433
(ECHAM5MPI-OM)/A2	11,75987506	13,72207666
(ECHAM5MPI-OM)/B1	11,37722068	13,01437843

Ortaya çıkan söz konusu iklim senaryosunun SRES A2 senaryosu olduğu ve hata payının %10 altında olduğu göz önüne alındığında, senaryonun oluşturulma nedeni başta olmak üzere iklim değişikliğinin sebepleri ve sonuçları belirgin bir şekilde göze batmaktadır.

SRES A2 iklim senaryo grubu oldukça heterojen bir dünya tanımlamaktadır. Bölgesel kültürel yapı, aile değerleri ve bölgesel alışkanlıklar bu senaryoda güçlü etkiye sahiptir. Temel konular, kendi kendine yetebilme ile yerel kimliklerin korunmasıdır. Hızlı bir nüfus artışı ve bununla bağlantılı hızlı bir ekonomik gelişmeyi ön görmektedir. Hızlı gelişen ekonomik dünyada çevreye verilen önemin ise azaldığı bir senaryodur.

Gelecek Yıllar İçin Elde Edilen Sıcaklık Projeksiyonları BCCR-BCM2.0 Küresel Dolaşım Modelinin A2 senaryosu doğrultusunda 2045-2055 yılları için elde edilen sıcaklık verileri

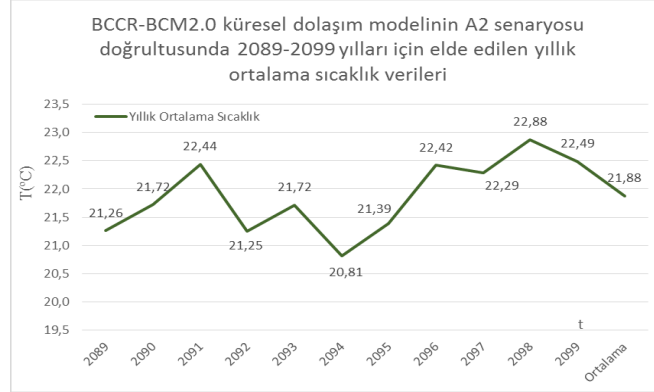
En uygun model ve senaryoların seçilmesi aşamalarının ardından elde edilen BCCR-BCM2.0 Küresel Dolaşım Modelinin A2 senaryosu doğrultusunda, 2045-2055 yılları için elde edilen sıcaklık verileri Şekil 2 de gösterilmektedir.



Şekil 2 BCCR-BCM2.0 küresel dolaşım modelinin A2 senaryosu doğrultusunda 2045-2055 yılları için elde edilen yıllık ortalama sıcaklık verileri (°C).

BCCR-BCM2.0 Küresel Dolaşım Modelinin A2 senaryosu doğrultusunda 2089-2099 yılları için elde edilen sıcaklık verileri

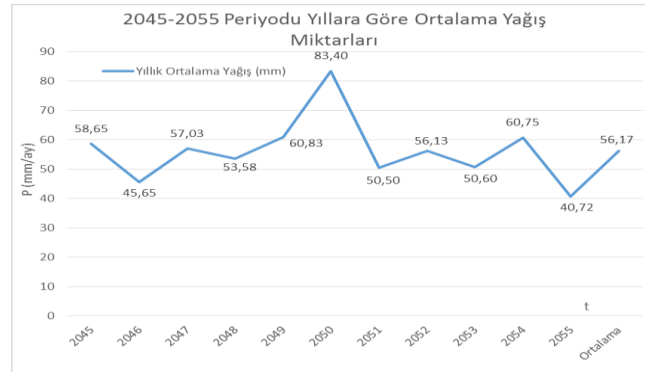
En uygun model ve senaryoların seçilmesi aşamalarının ardından elde edilen BCCR-BCM2.0 Küresel Dolaşım Modelinin A2 senaryosu doğrultusunda, 2089-2099 yılları için elde edilen sıcaklık verileri Şekil 3 de gösterilmektedir.



Şekil 3 BCCR-BCM2.0 küresel dolaşım modelinin A2 senaryosu doğrultusunda 2089-2099 yılları için elde edilen yıllık ortalama sıcaklık verileri (°C).

Gelecek Yıllar İçin Elde Edilen Yağış Projeksiyonları BCCR-BCM2.0 Küresel Dolaşım Modelinin A2 senaryosu doğrultusunda 2045-2055 yılları için elde edilen yağış verileri

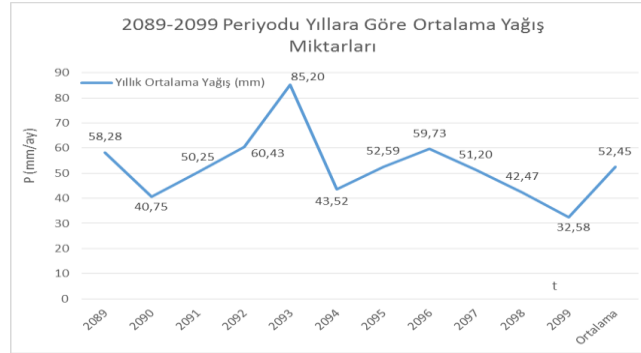
En uygun model ve senaryoların seçilmesi aşamalarının ardından elde edilen BCCR-BCM2.0 Küresel Dolaşım Modelinin A2 senaryosu doğrultusunda, 2045-2055 yılları için elde edilen aylık ortalama yağış verileri Şekil 4.de gösterilmektedir.



Şekil 4. BCCR-BCM2.0 küresel dolaşım modelinin A2 senaryosu doğrultusunda 2045-2055 yılları için elde edilen yıllık ortalama yağış verileri (mm/ay).

BCCR-BCM2.0 Küresel Dolaşım Modelinin A2 senaryosu doğrultusunda 2089-2099 yılları için elde edilen yağış verileri

En uygun model ve senaryoların seçilmesi aşamalarının ardından elde edilen BCCR-BCM2.0 Küresel Dolaşım Modelinin A2 senaryosu doğrultusunda, 2089-2099 yılları için elde edilen aylık ortalama yağış verileri Şekil 5 de gösterilmektedir.



Şekil 5. BCCR-BCM2.0 küresel dolaşım modelinin A2 senaryosu doğrultusunda 2089-2099 yılları için elde edilen yıllık ortalama yağış verileri (mm/ay).

Sonuçların İstatistiksel Olarak Yorumlanması

Sıcaklık

Yapılan aylık ortalama sıcaklık çalışmalarında gözlemlenen 10 yıllık ortalama sıcaklık değerleri, 2001-2011 arası 19,41 °C, 2045-2055 arası 19,91 °C ve 2089-2099 yılları arasında ise 21,88 °C gözlemlenmiştir.

Gözlemlenen aralıklar içinde kontrol periyodu olan 2001-2011 sürecinde, orta vade olan 2045-2055 yılları arasında ve uzun vade olarak değerlendirilen 2089-2099 yılları için gözlemlenen minimum ve maksimum değerler ise

- 2001-2011 yılları arasında minimum 7,1 °C ve maksimum 30,8 °C,
- 2045-2055 yılları arasında minimum 3,47 °C ve maksimum 32,04 °C
- 2089-2099 yılları arasında minimum 2,07 °C ve maksimum 35,26 °C olarak analiz edilmiştir.

Bu verilerden yola çıkarak 2001 ila 2099 yılları arasında gözlemlenen ve gözlemlenecek minimum hava sıcaklığının 5,03 °C düşüş yaşayarak 2,07 °C, maksimum hava sıcaklığının ise 4,46 °C artarak 35,26 °C olacağı, ortalama sıcaklığın ise 2,47 °C artarak 21,88 °C olacağı gözlemlenmiştir. Verilerin hata payları ise ortalama %9,58 olarak hesaplanmıştır.

Yağış

Yapılan aylık toplam yağış çalışmalarında 10 yıllık toplam ortalama yağış değerleri, 2001-2011 arası 60,93 mm/ay, 2045-2055 arası 56,17 mm/ay ve 2089-2099 yılları arasında ise 52,45 mm/ay olarak gözlemlenmiştir. Çalışılan

periyotlardan orta vadeli 2045-2055 yılları arasında aylık yağışlarda ortalama %7,81 düşüş, uzun vadeli 2089-2099 yılları arasında ise %13,91 oranında düşüş gözlemlenmiştir.

Gözlemlenen aralıklar içinde kontrol periyodu olan 2001-2011 sürecinde, orta vade olan 2045-2055 yılları arasında ve uzun vade olarak değerlendirilen 2089-2099 yılları için gözlemlenen minimum ve maksimum yağış değerleri ise

- 2001-2011 yılları arasında minimum 0,2 mm ve maksimum 177,9 mm,
- 2045-2055 yılları arasında minimum 0 mm ve maksimum 260,7 mm,
- 2089-2099 yılları arasında minimum 0 mm ve maksimum 296,4 mm olarak analiz edilmiştir.

Bu verilerden yola çıkarak 2001 ile 2099 yılları arasında gözlemlenen ve gözlemlenecek minimum yağış miktarının 0,2 mm/ay düşüş yaşayarak 0 mm/ay olacağı, maksimum yağış miktarının ise 118,1 mm/ay artarak 296,4 mm/ay olacağı, aylık ortalama yağış miktarının ise 8,48 mm/ay azalarak 52,45 mm/ay olacağı gözlemlenmiştir. Verilerin hata payları ise ortalama %9,58 olarak hesaplanmıştır.

BCCR-BCM2.0 küresel dolaşım modelinin A2 senaryosu doğrultusunda elde edilen çıktılar, aylık periyotlar halinde gözlemlendiğinde ise yağış rejimlerinin şiddetli bir şekilde değiştiği, Adana ilinde kurak geçen ayların daha da kuraklaşacağı, bahar ve sonbahar aylarındaki yağış miktarlarının azalacağı ve yağışlı geçen kış aylarının ise daha şiddetli yağışlar bırakacağı analiz edilmiştir.

Sonuçların Benzer Çalışmalar ile Değerlendirilmesi

Bölgede benzer iklim senaryoları önceden 2007 yılında Seyhan havzasında ICCAP kapsamında yapılan çalışmalarda da kullanılmış ve farklı bir iklim modeli (HadCM3) ile sonuçları yayınlanmıştır. ICCAP projesi kapsamında yapılan çalışmalarda Fujihara ve arkadaşlarının (2008) yaptıkları araştırmanın sonucunda Seyhan havzası çevresinde sıcaklığın ve kuraklığın yıllar içinde artacağı sonucunu elde etmiştir. Akdeniz bölgesinde yağış miktarlarının %20 ye varan azalma tespit edilmiştir (Türkeş ve ark 2007). Yapılan diğer çalışmada ise 3 farklı senaryo (A1B-A2-B1) ve MGME modeli ile Akdeniz bölgesinde 2071-2100 yılları arasında yağış miktarının %25-30 arasında azalacağı ve sıcaklığın ise 4-5°C artacağı sonuçlarını elde etmişlerdir (Giorgi ve Lionello 2008). Bahadır (2011a), Güney Doğu Anadolu Bölgesi için uygulanan ARIMA modeli sonuçlarında 2050 yılına kadar bölgedeki sıcaklıkların 1-2°C artacağını öngörerek yağışların ise %4-5 azalacağını öngörmüştür. Aynı araştırmacı 15 yıllık kısa vadede ise Akdeniz bölgesinde sıcaklıkların 0,5-0,6°C artacağı sonuçlarına ulaşmıştır (Bahadır 2011b).

Türkiye’de ise, benzer iklim senaryosu kullanılarak farklı bir iklim modeli (PRECIS) ile 2071-2099 yılları arası için sıcaklık ve yağış verileri elde edilmiştir. Yapılan çalışma, kullanılan iklim senaryosu açısından benzerlik göstermektedir. Yapılan çalışmada Türkiye’nin kıyı bölgelerindeki ortalama sıcaklıklarında 5-6°C lik

artışlar öngörülmüştür. Bunun yanı sıra doğudan batıya artış trendinde olan yaklaşık %40'lık bir yağış rejimi azalışı söz konusudur (Demir ve ark 2008).

Bu çalışmada RCP4.5 ve RCP8.5 senaryoları için Almanya'da bulunan Max Plank 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 verilerinden daha yüksek çözünürlüklü iklimsel parametreler elde etmek amacıyla RegCM 4.3.4 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. Elde edilen projeksiyon sonuçlarına genel olarak baktığımızda, her iki senaryoya göre de tüm periyot (2016-2099) boyunca sıcaklıklarda artışlar beklenmektedir. 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 öngörülmürken, 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 öngörülmektedir (Gürkan ve ark 2015). Adana/Merkez, Meteoroloji Gözlem İstasyonlarından alınan 37 ve 32 yıllık ortalama, maksimum ve minimum sıcaklık, toplam yağış ve bağıl nem verilerine Mann-Kendall trend analizi uygulanarak sonuçlar elde edilmiştir. Bu sonuçlara göre, Adana/Merkez istasyonunun 37 yıllık ortalama sıcaklık verisetinde, özellikle haziran temmuz ve ağustos aylarında, Mann-Kendall trend analizleri sonuçlarına göre %4,54 ila %5.17 lik bir trend artışı gözlemlenmiştir (Kum ve Çelik 2014). Önceden bölgede yapılan bu çalışmalar, yapılan çalışmada elde edilen bulgularla ciddi benzerlikler göstermektedir. CMIP5 projesi kapsamında kullanılan IPCC 5. Değerlendirme Raporu'nda yer alan RCP4.5 konsantrasyon senaryosu ile üretilen HadGEM2-ES küresel dolaşım modeli çıktıları ile RegCM4.3.4 bölgesel iklim modeli kullanılarak dinamik ölçek küçültme yöntemi ile ülkemiz ve bölgesi için 20 km çözünürlükte 2013-2099 yılları için sıcaklık ve yağış projeksiyonları üretilmiştir. Elde edilen çıktılarına göre 2099'a kadar ilk periyotta sıcaklık artışı 1-1.5°C sınırlıyken özellikle son periyotta (2070-2099) Kıyı Ege ve Güney Doğu Anadolu'da yaz sıcaklıklarında artış 4-5°C olarak dikkat çekmektedir. Yağışlarda ise, ilk periyotta Marmara, Kıyı Ege ve Batı Akdeniz'de sonbahar ve kış yağışlarında artışlar gözlenirken, özellikle son periyotta Doğu Akdeniz, Güneydoğu Anadolu ve Doğu Anadolu'nun güneyinde kış ve ilkbahar yağışlarında azalmalar gözlenmektedir (Demir ve ark 2013). Bu çalışmadaki bulguların çoğu yapılan çalışma ile benzerlik gösterse de bu çalışmada Doğu Akdeniz'de ilkbahar aylarında az da olsa bir yağış azalması analiz

edilmiştir. Verilerdeki farklılığın bölge ölçeğinin farklılığından kaynaklandığı düşünülmektedir. Ülkemizin diğer bölgelerinde ise, Yeşilirmak havzasında yapılan çalışmada, zincirleme bir modelleme tekniği kullanarak bölgede 2021–2050 ve 2069–2098 yılları olmak üzere 2 periyot halinde nitrat verilerini elde etmiştir. Bu modelleme yapılırken bir Bölgesel İklim Modeli (RCM) bir kavramsal hidroloji modeli (HBV) ve azot modeli için de INCA-N modeli kullanmıştır. Bu model çıktıları ise 1961-1990 arasındaki hazır elde edilmiş kontrol verilerini kullanarak doğrulanmıştır. Simülasyon sonucunda 2. Periyot olan 2069-2098 yılları arasındaki Nitrat konsantrasyonunun 7.5 mg N/L, yani 1961-1990 arasındaki kontrol verilerinin yaklaşık iki katı olacağını öngörmüştür (Jin ve ark 2011).

Benzer iklim projeksiyonları komşu ülkelerde de uygulanmaktadır. İran'ın doğusu, güneyi ve güney doğusunu kapsayan 13 istasyonun 1966-2005 yılları arasındaki verilerini kullanarak yapılan çalışmada yıllık minimum, ortalama ve maksimum sıcaklıkların yanı sıra yıllık ortalama yağış miktarlarındaki değişimler incelenmiştir. İncelemelerde Mann-Kendall, Mann-Whitney ve Mann-Kendall sıralama istatistik testinin sonuçlarının ortalaması alınarak bir sonuca ulaşılmıştır. Bu sonuçlara göre 1970'li yılların başlangıcından itibaren ortalama sıcaklıklarda 0.412°C, maksimum meydana gelen sıcaklıklarda 0.452°C ve minimum meydana gelen sıcaklıklarda da 0.493°C artış meydana geldiği belirtilmiştir. Ancak çalışmada yıllık yağış miktarlarının düzensiz oluşundan dolayı yağış için her hangi bir trend belirlenememiştir (Tabari ve ark 2011). Aynı iklim senaryosu ile Dünya'da yapılan çalışmalar ise daha eskiye dayanmaktadır. SRES A2 iklim senaryosu ve HadCM3 iklim modeli kullanarak projeksiyonlarda 2080 yıllarında orta amerika'da ortalama sıcaklığın 6,6 C artacağı öngörülmüştür (Johns ve ark 2003). Çalışmada kullanılan A2 iklim senaryosu sadece yağış ve sıcaklık verilerinin elde edilmesinde değil aynı zamanda tarım, hidrojeoloji, arazi kullanımı ve su kalitesi gibi farklı modellerle beraber de kullanılarak sonuçlar da elde edilmiştir (Ducharne ve ark 2007). Çin'de yapılan çalışmada SRES A2 iklim senaryosu, BIOME-BGC vejetasyon modeli ve HSPF hidrolojik modeli ile birlikte kullanılarak Guishui nehrinin analizleri yapılmıştır (Guo ve ark 2014). Bunun yanı sıra A2 iklim senaryosu, sıcaklık, nem, yağış gibi faktörlerden dolayı olarak etkilenen konuların araştırılmasında da kullanılmıştır. Araştırmacılar, A2 iklim senaryosunu HadCM, CCMA, NCAR gibi 3 farklı iklim modeli ile birlikte uygulayarak vektör kaynaklı hastalıkların yayılımını ve morbiditesini incelemişlerdir (Husain ve Chaudhary 2008). Lübnan'da yapılan benzer bir çalışmada ise iklim değişikliği sebebiyle artması muhtemel besin ve su kaynaklı hastalıkların 2100 yılına kadar olan süre içindeki morbidite araştırması yapılmıştır. Analizde morbidite verileri, Lübnan sağlık bakanlığından temin edilerek 3 farklı emisyon senaryosu ile 2 farklı iklim değişikliği modeli kullanılarak korelasyonları yapılmıştır. Bu doğrultuda 19,2°C eşik değerinin üzerine çıkıldığında besin ve su kaynaklı morbiditenin %16-28 arasında artacağı, dönemin sonunda ise %42'lik bir artışa tırmanacağı analiz sonuçlarında gözlemlenmiştir (El-Fadel ve ark 2012). Ayrıca farklı bir çalışmada aynı iklim senaryoları bir hava kalitesi programı olan CHIMERE ile beraber kullanarak Avrupa'da ozon hassasiyetini incelenmiştir. Sonuçlara göre gelecek yıllarda ozon

hassasiyetinde %20 ye varan artışlar öngörülmüştür (Meleux ve ark 2007). Benzer iklim senaryoları iklim kimyası ile ilgili çalışmalarda da aktif olarak kullanılmaktadır (Isaksen ve ark 2009).

Sonuçlar

Adana ilinde yapılan, Meteoroloji Bölge Müdürlüğü'nden alınan gerçek sıcaklık ve yağış verileri, 3 farklı iklim senaryosu ve 3 farklı iklim modeli kullanılarak yapılan iklim projeksiyonları sonucunda elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

1. Yapılan çalışmada 3 farklı iklim senaryosu içinden seçilerek bulunan SRES A2 iklim senaryo grubu, oldukça heterojen bir dünya tanımlamaktadır. Bölgesel kültürel yapı, aile değerleri ve bölgesel alışkanlıklar bu senaryoda güçlü etkiye sahiptir. Temel konular, kendi kendine yetebilme ile yerel kimliklerin korunmasıdır. Hızlı bir nüfus artışı ve bununla bağlantılı hızlı bir ekonomik gelişmeyi ön görmektedir. Hızla gelişen ekonomik dünyada çevreye verilen önemin azaldığı ve söz konusu senaryolar içinde iklim değişiminin en şiddetli şekilde hissedileceği bir yapıdadır.
2. Aylık ortalama sıcaklık çalışmalarında gözlemlenen 10 yıllık ortalama sıcaklık değerleri, 2001-2011 arası 19,41 °C, 2045-2055 arası 19,91 °C ve 2089-2099 yılları arasında ise 21,88 °C olarak gözlemlenmiştir. Gözlemlenen aralıklar için minimum ve maksimum değerler ise 2001-2011 yılları arasında minimum 7,1 °C ve maksimum 30,8 °C, 2045-2055 yılları arasında minimum 3,47 °C ve maksimum 32,04 °C, 2089-2099 yılları arasında minimum 2,07 °C ve maksimum 35,26 °C olarak analiz edilmiştir.
3. Elde edilen verilerden yola çıkarak ortalama %9,58 hata payı ile, 2001-2099 yılları arasında gözlemlenen ve gözlemlenecek minimum hava sıcaklığının 5,03 °C düşüş yaşayarak 2,07 °C, maksimum hava sıcaklığının ise 4,46 °C artarak 35,26 °C olacağı, ortalama sıcaklığın ise 2,47 °C artarak 21,88 °C olacağı gözlemlenmiştir.
4. Meteorolojiden elde edilen veriler ve BCCR-BCM2.0 küresel dolaşım modelinin A2 senaryosu doğrultusunda elde edilen çıktılar, aylık periyotlar halinde gözlemlendiğinde ise aralık-mart ayları arasında hata paylarının gözle görülür bir şekilde arttığı, ancak yaz aylarında ise hata paylarının ciddi bir şekilde azaldığı görülmüştür.
5. Projeksiyon sonucu elde edilen aylık ve yıllık ortalama sıcaklık verileri, 2001-2011 yıllarında gözlemlenen gerçek veriler ile karşılaştırıldığında sıcaklık dalgalanmalarının şiddetlenerek arttığı hesaplanmıştır.
6. BCCR-BCM2.0 küresel dolaşım modelinin A2 senaryosu doğrultusunda elde edilen veriler aylık olarak incelendiğinde ise 2001-2009 yılları arasında en az değişim gözlemlenen ayın 0,56 °C artışla Mart ayının olduğu, en fazla değişim gözlemlenen ayın ise 4,43 °C artışla Ağustos ayı olduğu analiz edilmiştir.
7. Yapılan aylık toplam yağış çalışmalarında ise 10 yıllık toplam ortalama yağış değerleri, 2001-2011 arası 60,93 mm/ay, 2045-2055 arası 56,17

mm/ay ve 2089-2099 yılları arasında ise 52,45 mm/ay olarak elde edilmiştir. Çalışılan periyotlardan orta vadeli 2045-2055 yılları arasında aylık yağışlarda ortalama %7,81 düşüş, uzun vadeli 2089-2099 yılları arasında ise %13,91 oranında düşüş gözlemlenmiştir. Gözlemlenen aralıklar için minimum ve maksimum değerler ise 2001-2011 yılları arasında minimum 0,2 mm/ay ve maksimum 177,9 mm/ay, 2045-2055 yılları arasında minimum 0 mm/ay ve maksimum 260,7 mm/ay, 2089-2099 yılları arasında minimum 0 mm/ay ve maksimum 296,4 mm/ay olarak analiz edilmiştir.

8. Elde edilen verilerden yola çıkarak ortalama %9,58 hata payı ile, 2001 ile 2099 yılları arasında gözlemlenen ve gözlemlenecek minimum yağış miktarının 0,2 mm düşüş yaşayarak 0 mm olacağı, maksimum yağış miktarının ise 118,1 mm artarak 296,4 mm olacağı, aylık ortalama yağış miktarının ise 8,48 mm/ay azalarak 52,45 mm/ay olacağı gözlemlenmiştir.
9. Aylık ortalama yağış miktarları değişimi açısından en az değişimi yaşayan ayın 1,61 mm/ay azalışla temmuz ayı olduğu, en fazla değişim yaşanan ayın ise 33,52 mm/ay azalışla mart ayı olduğu gözlemlenmiştir. Yağış rejiminde ciddi bir artış gözlemlenen tek ay ise 22,83 mm/ay ile aralık ayı olmuştur. Bu veriler ise yaz, ilkbahar ve sonbahar aylarındaki yağış miktarlarının azalacağı, yağışlı geçen kış aylarının ise daha şiddetli yağışlar bırakacağı analizlerini destekler niteliktedir.
10. BCCR-BCM2.0 küresel dolaşım modelinin A2 senaryosu doğrultusunda elde edilen çıktılar, aylık periyotlar halinde gözlemlendiğinde ise yağış rejimlerinin şiddetli bir şekilde değiştiği, Adana ilinde kurak geçen ayların daha da kuraklaşacağı, bahar ve sonbahar aylarındaki yağış miktarlarının azalacağı ve yağışlı geçen kış aylarının ise daha şiddetli yağışlar bırakacağı analiz edilmiştir.

Öneriler

Adana ili için yapılan bu çalışma iklim değişikliğinin giderek arttığını gözler önüne sermektedir. İklim, insanların hayatının her yerine etki edebilen çok geniş bir kavramdır. Bu kavramda oluşan ufak bir değişiklik sadece insanları değil, bütün canlıları ve ekosistemi etkilemektedir.

İnsan kaynaklı iklim değişimi, son yüzyılda yaşadığımız en büyük felaketlerin belki de en büyüğüdür. Yapılan çalışmada elde edilen senaryo doğrultusunda analiz edilen bulgular iklim değişikliğinin daha yeni başladığını, giderek artan şiddetiyle insanoğlunun gelecekte yaşayacağı en büyük sınavlardan biri olacağını göstermektedir. Bu felaketlerle ancak iki adımda başa çıkılabileceği düşünülmektedir.

1. İnsan kaynaklı iklim değişikliğinin önüne geçilip, doğanın tekrar kendi düzenini sağlaması.

2. Olası iklim değişikliklerine karşı adaptasyon.

İnsanoğlunun iklime verdiği zararın en aza indirilebilmesi adına devletlerin acilen Kyoto Protokolü'nde imzaladıkları karbon emisyonu seviyelerine inmesi,

ekonomik büyümeden çok çevresel bilince önem verilmesi ve çevre konusundaki bilincin küresel çapta geliştirilmesi en önemli husustur.

Günümüzde iklim ve hava koşullarında görülen değişiklikler ülkelerin vatandaşlarını, ekonomilerini ve çevrelerini etkileyen sinyalleri vermeye başlamıştır. Şehirler iklim değişikliklerine hazır değildir. Yerleşik düzenin iklim değişikliklerine adapte olabilmesi için bilim insanlarının yaratıcı çözümler üretmeleri gerekmektedir. Ülkeler, riski en aza indirmek ve potansiyel faydaları maksimum düzeye çıkarmak için çözüm önerileri oluşturmak zorundadırlar. Süreç içinde iklim değişikliğinin daha iyi anlaşılabilmesi adına bilim insanlarınca konuyla ilgili yapılan çalışmaların birçok farklı alandan artarak devam etmesi gerekmektedir.

Adana ili için yapılması önerilenler ana hatlarıyla aşağıdaki gibidir.

Projeksiyonu yapılan sıcaklık ve yağış değerlerinin doğrultusunda;

- Şehrin altyapısına uygunluğu araştırılmalı, potansiyel şiddetli hava olaylarına karşı eylem planları oluşturulmalı.
- Şehrin sosyo-kültürel yapısına etkileri araştırılmalı ve gerek duyulursa adaptasyon seçenekleri üretilmeli,
- Halk sağlığına ve vektör kaynaklı hastalıklara etkileri araştırılmalı,
- Bölgedeki yer altı ve yer üstü su kaynaklarına etkileri gerek içme suyu gerekse kullanım ve sulama suları açısından araştırılmalı,
- Bölge için acilen güncel bir karbon envanteri çıkarılmalı,
- Bölgenin arazi kullanımının tekrar gözden geçirilmeli ve gerekli adaptasyon seçenekleri göz önünde bulundurulmalı,
- Bölgenin ozon hassasiyeti raporu çıkarılmalı,
- Şehrin ekonomik temel taşlarına (tarım ürünleri, sanayi vb.) etkileri araştırılmalı ve oluşacak potansiyel tehditler için B planları, gerekirse C planları hazır tutulmalı,
- Diğer iklimsel parametrelerin (nem, güneş radyoaktivitesi, güneşli gün sayısı vb) benzer araştırma metodlarıyla projeksiyonları çıkarılmalı,
- Bölgede insan dışında yaşayan başta endemik türler olmak üzere bitki ve hayvan popülasyonları için araştırmalar yapılmalıdır.

Unutulmamalıdır ki, insanoğlu, üstünde yaşadığı toprak parçasını, onun üzerinde bulunan doğayı ve etrafını saran çevresini anlamadığı sürece her zaman kaybeden olacaktır

Kaynaklar

- ADAM, J. C. and LETTENMAIER, D. P., 2003. Adjustment of global gridded precipitation for systematic bias, *J. Geophys. Res.*, 108, 1–14.
- BAHADIR, M., 2011a. Güneydoğu Anadolu Proje (GAP) Alanında Sıcaklık ve Yağışın Trend Analizi. *Journal of International Social Research*, 4:16.
- BAHADIR, M., 2011b. Türkiye’de İklim Değişikliğinin İklim Bölgelerine Yansımada Kuzey-Güney Yönlü Sıcaklık ve Yağış Değişim Öngörülleri. *Uluslararası Hakemli Sosyal Bilimler E-Dergisi* 26, 1-18.

- BASU, R., and SAMET, J.M., 2002. Relation between elevated ambient temperature and mortality: a review of the epidemiologic evidence. *Epidemiologic reviews* 24, 190-202.
- COSUN, F., and KARABULUT, M., 2009. Kahramanmaraş'ta ortalama, minimum ve maksimum sıcaklıkların trend analizi. *Türk Coğrafya Dergisi* 53,41-50.
- DEMATTE, J.E., O'MARA, K., BUESCHER, J., WHITNEY, C.G., FORSYTHE, S., MCNAMEE, T., ADIGA, R.B., and NDUKWU, I.M., 1998. Near-Fatal Heat Stroke during the 1995 Heat Wave in Chicago. *Annals of Internal Medicine* 129, 173-181.
- DEMİR, İ., KILIÇ, G., and COŞKUN, M., 2008. PRECIS Bölgesel İklim Modeli ile Türkiye İçin İklim Öngörüler: HaDAMP3 SRES A2 Senaryosu. *Atmosfer Bilimleri Sempozyumu, Bildiriler Kitabı*, 365-373.
- DEMİR, Ö., ATAY, H., ESKİOĞLU, O., TUVAN, A., DEMİRCAN, M., and AKÇAKAYA, A., 2013. RCP4. 5 Senaryosuna Göre Türkiye'de Sıcaklık ve Yağış Projeksiyonları, in: TİKDEK (ed.), III. TÜRKİYE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ KONGRESİ 3 - 5 Haziran. TİKDEK, İstanbul.
- DUCHARNE, A., BAUBION, C., BEAUDOIN, N., BENOÎT, M., BILLEN, G., BRISSE, N., GARNIER, J., KIEKEN, H., LEBONVALLET, S., LEDOUX, E., MARY, B., MIGNOLET, C., POUX, X., SAUBOUA, E., SCHOTT, C., THERY, S., and VIENNOT, P., 2007. Long term prospective of the Seine River system: confronting climatic and direct anthropogenic changes. *Sci Total Environment* 375, 292-311.
- EL-FADEL, M., GHANIMEH, S., MAROUN, R., and ALAMEDDINE, I., 2012. Climate change and temperature rise: implications on food- and water-borne diseases. *Sci Total Environ* 437, 15-21.
- FUJİHARA, Y., SIMONOVIC, S.P., TOPALOGLU, F., TANAKA, K., and WATANABE, T., 2008. An inverse-modelling approach to assess the impacts of climate change in the Seyhan River basin, Turkey. *Hydrolog Sci J* 53, 1121-1136.
- GIORGİ, F., and LIONELLO, P., 2008. Climate change projections for the Mediterranean region. *Global and Planetary Change* 63, 90-104.
- GUARDIAN, 2009. Global warming could create 150 million 'climate refugees' by 2050. <https://www.theguardian.com/environment/2009/nov/03/global-warming-climate-refugees> (Erişim Tarihi: 5 Nisan 2016)
- GUO, B., ZHANG, J., GONG, H., and CHENG, X., 2014. Future climate change impacts on the ecohydrology of Guishui River Basin, China. *Ecohydrology & Hydrobiology* 14, 55-67.
- GÜRKAN, H., DEMİR, Ö., ATAY, H., ESKİOĞLU, O., YAZICI, B., DEMİRCAN, M., KOCATÜRK, A., AKÇAKAYA, A., 2015. MPI-ESM-MR Modelinin RCP4. 5 VE RCP8. 5 Senaryolarına Göre Sıcaklık ve Yağış Projeksiyonları, VII. Atmospheric Science Symposium, pp. 636-645.
- HUSAIN, T., and CHAUDHARY, J.R., 2008. Human Health Risk Assessment due to Global Warming – A Case Study of the Gulf Countries. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 5, 204-212.

- IPCC, 2014. Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.
- ISAKSEN, I.S.A., GRANIER, C., MYHRE, G., BERNTSEN, T.K., DALSGØREN, S.B., GAUSS, M., KLIMONT, Z., BENESTAD, R., BOUSQUET, P., COLLINS, W., COX, T., EYRING, V., FOWLER, D., FUZZI, S., JÖCKEL, P., LAJ, P., LOHMANN, U., MAIONE, M., MONKS, P., PREVOT, A.S.H., RAES, F., RICHTER, A., ROGNERUD, B., SCHULZ, M., SHINDELL, D., STEVENSON, D.S., STORELMO, T., WANG, W.C., VAN WEELE, M., WILD, M., and WUEBBLES, D., 2009. Atmospheric composition change: Climate–Chemistry interactions. *Atmospheric Environment* 43, 5138-5192.
- JIN, L., WHITEHEAD, P.G., HADJIKAKOU, M., FUTTER, M., HADJINICOLAOU, P., and SHAHGEDANOVA, M., 2011. Modelling nitrogen in the Yesilirmak River catchment in Northern Turkey: impacts of future climate and environmental change and implications for nutrient management. *Sci Total Environ* 409, 2404-2418.
- JOHNS, T., GREGORY, J., INGRAM, W., JOHNSON, C., JONES, A., LOWE, J., MITCHELL, J., ROBERTS, D., SEXTON, D., and STEVENSON, D., 2003. Anthropogenic climate change for 1860 to 2100 simulated with the HadCM3 model under updated emissions scenarios. *Climate Dynamics* 20, 583-612.
- MAURER, E.P., ADAM J.C., and WOOD A.W., 2009. Climate Model based consensus on the hydrologic impacts of climate change to the Rio Lempa basin of Central America, *Hydrology and Earth System Sciences* 13, 183-194.
- MEEHL, G. A., COVEY C., DELWORTH T., LATIF M., MCAVANEY B., MITCHELL J. F. B., STOUFFER R. J., and K. E. TAYLOR, 2007. The WCRP CMIP3 multi-model dataset: A new era in climate change research, *Bulletin of the American Meteorological Society*, 88, 1383-1394.
- MELEUX, F., SOLMON, F., and GIORGI, F., 2007. Increase in summer European ozone amounts due to climate change. *Atmospheric Environment* 41, 7577-7587.
- METOFFICE (2013) Sea-level rise. <http://www.metoffice.gov.uk/climate-change/guide/impacts/high-end/sea-level> (Erişim tarihi: 01.02.2016)
- WOOD, A. W., LEUNG, L. R., SRIDHAR, V., and LETTENMAIER, D. P., 2004. Hydrologic implications of dynamical and statistical approaches to downscaling climate model outputs, *Climatic Change*, 62, 189–216.