



Araştırma Makalesi

Kütahya ve Uşak illerinde iklim değişikliğinin gelecekteki etkilerinin iklim senaryoları ile analiz edilmesi¹

Analysis of future effects of climate change in Kütahya and Uşak provinces with climate scenarios

Aykut Kaya² Selahattin Polat³

Makale Bilgisi

Alındı: 29.04.2025
Düzeltildi: 26.06.2025
Kabul Edildi: 26.06.2025
Yayımlandı: 30.06.2025

Öz

Bu çalışmada, Kütahya ve Uşak illerinin 2023-2098 yılları arasındaki sıcaklık ve yağış senaryoları üzerine araştırma yapılmıştır. İklim değişikliğinin mekânsal ve zamansal etkilerini analiz edebilmek amacıyla sayısal tabanlı iklim modeli yöntemi kullanılmıştır. Atmosferik ve yüzey verileri, senaryolara dayalı olarak çalışan genel dolaşım modelleri aracılığıyla değerlendirilmiştir. HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR ve GFDL-ESM2M küresel iklim modelleri ve iki farklı türde iyimser RCP4.5 ve kötümser RCP8.5 senaryoları kullanılarak, önümüzdeki 75 senenin iklim değişikliği araştırılmıştır. İklim değişikliği su yönetimi, tarım, çevre ve insan yaşamı gibi birçok alanı ciddi şekilde olumlu veya olumsuz etkilemektedir. İklim değişikliği senaryoları ülkeleri yöneten yöneticiler açısından gerekli tedbirlerin ve uygulamaların alınması için önem arz etmektedir. Kütahya ve Uşak illeri için yapılan iklim değişikliği senaryolarının sonuçları incelendiğinde her iki il için sıcaklık değerlerinde artış, yağış miktarında ise azalma görülmektedir. Bu sonuçlara göre bazı önemli tedbirlerin alınması gerekmektedir.

Anahtar Kelimeler: HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR ve GFDL-ESM2M RCP4.5, RCP8.5, Kütahya, Uşak, iklim değişikliği.

Article Information

Received: 29.04.2025
Revised: 26.06.2025
Accepted: 26.06.2025
Published Online: 30.06.2025

Abstract

In this study, research was conducted on the temperature and precipitation scenarios of Kütahya and Uşak provinces between 2023-2098. A numerical climate modeling approach was adopted to assess the spatial and temporal impacts of climate change. Scenario-based General Circulation Models (GCMs) were utilized to analyze atmospheric and surface data. HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR and GFDL-ESM2M global climate models were used to investigate climate change over the next 75 years using two different types of optimistic RCP4.5 and pessimistic RCP8.5 scenarios. Climate change seriously affects many areas such as water management, agriculture, environment and human life positively or negatively. Climate change scenarios are important for the administrators who manage the countries to take the necessary precautions and applications. When the results of the climate change scenarios made for Kütahya and Uşak provinces are examined, it is seen that the temperature values increase for both provinces, while the amount of precipitation decreases. According to these results, it is seen that some important precautions should be taken.

¹Bu makale yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

²Uşak Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, aykut_kaya_98@hotmail.com, 0000-0001-9971-5986

³Prof. Dr., Uşak Üniversitesi, İnsan ve Toplum Bilimleri Fakültesi, Coğrafya Bölümü, selahattin.polat@usak.edu.tr, 0000-0002-8042-1918

Citation/Atf: Kaya, A. ve Polat, S. (2025). Kütahya ve Uşak illerinde iklim değişikliğinin gelecekteki etkilerinin iklim senaryoları ile analiz edilmesi. UÜ Sosyal Bilimler Dergisi, 18(1), 65-76. <https://doi.org/10.29217/usaksosbil.1686750>



Keywords: HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR ve GFDL-ESM2M RCP4.5, RCP8.5, Kütahya, Uşak, Climate Change.

1. Giriş

İnsanların yaşamı üzerinde iklimin önemli bir etkisi vardır. İnsanlar çağlar boyunca iklim koşulları uygun olan sahalara yerleşmişlerdir. İklim şartlarının değişmesi, aşırı ısınma, kuraklık, kuvvetli soğuklar gibi etkenler insanları yaşadıkları yerleri terk etmeye, göçe zorlamıştır. Yerleşim yeri seçiminden, tarım, ulaşım, sağlık, kültür, eğitim gibi beşeri ve iktisadi tüm sektörler kadar iklim doğrudan bir etkindir (Demircan, 2022).

İklim değişikliği gün geçtikçe daha önemli bir konu hâline gelmektedir. Endüstriyel faaliyetler, fosil yakıtların kullanımı, ormansızlaşma, kentleşme ve tarım alanları için yapılan arazi değişiklikleri, iklim değişikliğinin başlıca sebepleridir. Bu faaliyet, atmosferdeki sıcaklığın artmasında ve mevcut durumun giderek daha tehlikeli hale gelmesine neden olmaktadır. Sera gazlarının artması sebebiyle atmosferdeki doğal sera etkisinin güçlenmesi, dünya genelindeki sıcaklıkların artmasına yol açmaktadır. Küresel iklim dengelerini bozarak aşırı hava olaylarına, kuraklık, sel, sıcak hava dalgaları gibi olumsuz durumların yaşanmasına sebep olmaktadır (Dindar vd., 2024). İklim değişikliğinin etkilerini azaltabilmek için, iklim değişikliğinin takip edilmesi önemli bir argüman sağlamaktadır. Gelecek yıllar için bu argümanlara dayanarak modellemeler ve senaryolar geliştirilmektedir. Ülkeler, şehirler ve bazı önemli yerler için küresel iklim senaryosu çalışmaları yapılmıştır. Ulusal ve uluslararası düzeyde gerekli tedbirlerin alınması hedeflenmektedir. Yönetim birimleri, resmi ve akademik çalışmalar ile gelecek öngörülerini için araştırmalar yapmaktadırlar (Eyiñç 2007, Koç 2011 ve Öztürk 2002).

Gerekli tedbirlerin alınması için farklı modelleme senaryoları üzerine çalışmalar yapılmıştır. Genellikle iklim değişikliği için Jeofizik Akışkanlar Dinamiği Laboratuvarı Küresel Modeli (GFDL), Hadley Merkezi Küresel Çevre Modeli (HadGEM2), Max Plank Meteoroloji Enstitüsü Küresel Modeli (MPI) gibi farklı modellemeleri ve Temsili Konsantrasyon Rotası iyi (RCP4.5) ve kötü senaryo (RCP8.5) kullanılmaktadır (Akçakaya ve diğ. 2015). Örneğin, Dindar ve diğ. (2024) Bursa çalışma sahasının iklim değişikliğini HadGEM2-AO modellemesini ve RCP 4.5 ve RCP 8.5 senaryolarını kullanarak sıcaklık ve yağış değişimleri bakımından incelemişlerdir. Demircan M. (2023) Iğdır iklim değişikliği kapsamında Iğdır için uyum önerileri çalışmasını RCP 4.5 ve RCP 8.5 senaryolarını kullanarak yapmıştır.

Bu çalışmadaki amaç, iklim değişikliği göz önünde bulundurularak, Kütahya ve Uşak illerinde gelecekte sıcaklık değişiklikleri ve buna bağlı olarak yağış değişimlerinin öngörülmesi üzerine analiz sunmaktır. İklim değişikliği modellerinden HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR ve GFDL-ESM2M kullanılarak iyi RCP 4.5 ve kötü RCP 8.5 senaryolarından faydalanılmıştır. Bu senaryolardan yola çıkarak Kütahya ve Uşak'ın coğrafi konumu ve topografik özelliklerinin iklim üzerindeki etkileri de dikkate alınarak, Kütahya ve Uşak'ın gelecekte iklim değişikliği sebebiyle ne gibi durumlarla karşı karşıya kalacağı yorumlanmıştır. Ayrıca bu analizlerle, Kütahya ve Uşak illerinde iklim değişikliğine adaptasyon sürecinde karar alma ve politika oluşturma süreçlerine ışık tutulması hedeflenmiştir.

1.1. HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR, GFDL-ESM2M Küresel İklim Modeli, RCP 4.5 ve RCP 8.5 Senaryoları

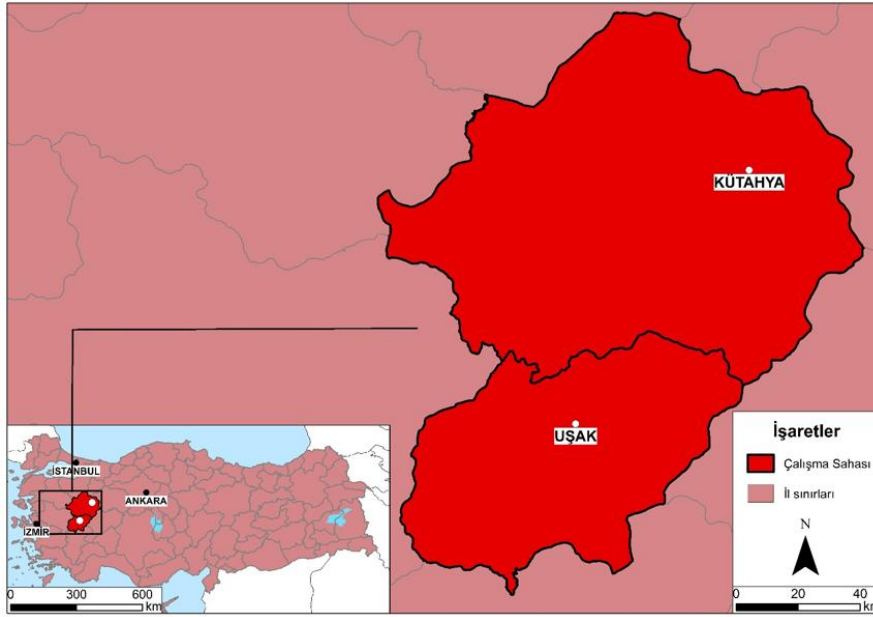
Sanayi Devrimi'yle başlayan insanın iklim üzerine olumsuz küresel etkileri, dünyada önemli gelişmelere yol açmıştır. Küresel düzeydeki çabaların koordinasyonunun sağlanması büyük bir ihtiyaç haline gelmiştir. Bu doğrultuda 1988 yılında Dünya Meteoroloji Teşkilatı (WMO) ve Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP) tarafından kurulan Hükümetlerarası İklim Durumu Paneli (IPCC), dünya genelindeki bilim insanlarının katkılarıyla iklim koşulları hakkında kapsamlı raporlar hazırladılar. Bu raporlar iklim sisteminin mevcut durumu, olası değişimler, geleceğe yönelik alternatif senaryolar sunarlar ve farklı sera emisyon seviyelerine göre iklimin nasıl değişeceği hakkında projeksiyonlar yaparlar (IPCC, 2024). Çalışmamızda Amerika Ulusal Okyanus ve Atmosfer İdaresi (NOAA)'ne bağlı Jeofizik Akışkanlar Dinamiği Laboratuvarı (GFDL-Geophysical Fluid Dynamics Laboratory) tarafından geliştirilen GFDL-ESM2M küresel dolaşım modelinin çıktıları kullanılmıştır (Gürkan ve diğ. 2016). HadGEM2-ES (İngiltere Meteoroloji Servisi (Met Office) 'ne bağlı Hadley Merkezi tarafından kullanıma sunulan küresel iklim projeksiyonudur. HadGEM troposfer, arazi yüzeyi, hidroloji, aerosoller, kara ve deniz yüzey döngülerini dikkate alarak senaryolar üretir. MPI-ESM-MR ise MaxPlank Meteoroloji Enstitüsü, merkezi Almanya Hamburg'ta bulunan enstitü tarafından geliştirilmiştir. MPI-ESM-MR modeli orta karma ölçekli yüksek çözünürlüğe sahip bir modeldir. Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM), Türkiye için iklim senaryoları üretirken CMIP5 (Coupled Model Intercomparison Project Phase 5) projesi kapsamında kullanılan küresel iklim modellerini ve IPCC (Hükümetler arası İklim Paneli) tarafından uygulanan RCP (Temsilci Konsantrasyon Yolları) RCP4.5 iyimser olan gerçekleşmesi muhtemel, RCP8.5 kötümser gerçekleşme ihtimali düşük senaryolar kullanılmaktadır (Akçakaya ve diğ. 2015).

1.2. Kütahya ve Uşak İllerinin Genel Klimatolojik Özellikleri ve İklim Tasnifleri

Kütahya ve Uşak ili, Ege Bölgesi'nin İç Batı Anadolu bölümünde yer almaktadır (Harita 1). İç Anadolu karasal iklimi ile Akdeniz iklimi arasında geçiş iklimi özelliğine sahiptir. İç kesimlerin sıcaklık ortalaması Ege

Bölgesi'nin kıyı kesimine göre daha düşüktür (Yıldırım ve diğ. 2016). Karasal iklimden; yağış miktarı toplamaları karasal iklimlerin yıllık toplam yağış miktarlarına göre yüksek olmaları, yıllık ortalama sıcaklık değerleri bakımından ise Akdeniz ikliminden ortalama sıcaklık değerlerine göre düşük olmaları sebebiyle ayrılırlar. Kütahya ili mevzi olarak, Akdeniz iklimiyle kısmen benzerlikler gösterse de yer şekilleri, yükselti ve diğer iklim özellikleri nedeniyle iklimsel esneklikler gösterir. Bu vaziyet vejetasyon, tarım, ekonomi, sanayi, yerleşim ve diğer alanlar için önemli etkiler oluşturmaktadır (Karbuş 2015 ve Dönmez 2014). Uşak karasal iklim ile Akdeniz iklimi arasında geçiş iklimi özellikleri göstermektedir. (Özav ve Kara 1998). Kütahya ve Uşak'ın bulunduğu kuzey yarımkürede ekvator'dan Kuzey Kutbu'na doğru gidildikçe sıcaklık değerlerinde düşme meydana gelmektedir. Kütahya ve Uşak'ın enlemi, boylamı, yükseltisi ile meteorolojik gözlem türleri Tablo 1'de verilmiştir.

Harita 1. Kütahya ve Uşak İllerinin Lokasyon Haritası

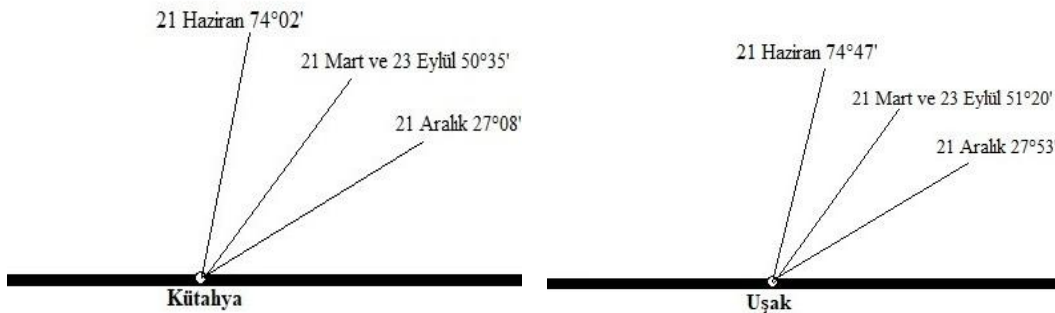


Tablo 1. Kütahya ve Uşak'ın Enlem Boylam Yükselti ve Meteorolojik Gözlem Türü

Yer	Enlem	Boylam	Yükselti (m)	Gözlem Türü
Kütahya	39.4171	29.9891	969.0	Sinoptik-OMGİ- Büyük Klima
Uşak	38.6712	29.4040	919.0	Sinoptik-OMGİ- Büyük Klima

Güneş ışınlarının yeryüzüne farklı açılarda ulaşmasının sıcaklık ve ısınma üzerinde doğrudan etkileri vardır. Kütahya ve Uşak'ın güneş ışığı geliş açıları Şekil 1'de verilmiştir. Güneş ışınlarının geliş açısı, yüzeye ne kadar dik geldiğiyle ilişkilidir. Işınlr dik geldiğinde, daha dar bir alana yoğunlaşır ve bu nedenle daha fazla enerji aktarır.

Şekil 1. Kütahya ve Uşak'ın Güneş Işığı Geliş Açıları



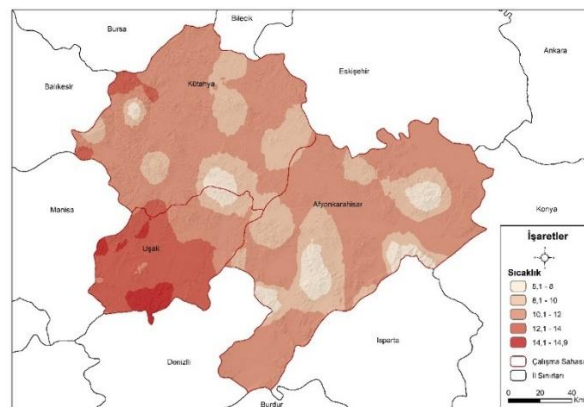
Eğik gelen ışınlar ise daha geniş bir alanı aydınlattığı için aynı miktarda enerji daha geniş bir alana yayılır ve etkisi azalır. Bu durum aynı zamanda coğrafi enlemle de ilişkilidir. Orta enlemlerde yaz ve kış arasındaki sıcaklık farkları, güneş ışınlarının geliş açılarındaki farklılıklardan kaynaklanır. Güneş ışınlarının yüzeye dik geldiği zaman daha fazla enerji aktarılır ve daha fazla ısınma gerçekleşir. Yüzeyin eğik olması, ışınların etkisini azaltır (Sabancı 2012).

Tablo 2. Kütahya ve Uşak'ın Mevsimlik Ortalama Sıcaklık Değerleri

İstasyon	Kış Ortalama Sıcaklık (°C)	İlkbahar Ortalama Sıcaklık (°C)	Yaz Ortalama Sıcaklık (°C)	Sonbahar Ortalama Sıcaklık (°C)	Yıllık Ortalama Sıcaklık(°C)
Kütahya	1.6	9.9	19.9	11.8	10.8
Uşak	3.4	10.9	22.2	13.8	12.6

Kütahya'da mevsimlik ortalama sıcaklıklar kış için 1.6°C, ilkbahar için 9.9°C, yaz için 19.9°C, sonbahar mevsiminde 11.8°C'tır. Uşak için kış 3.4°C, ilkbahar 10.9°C, yaz 22.9°C, sonbahar mevsiminde 13.8°C'dir (Tablo 2). Kütahya Uşak'tan tüm mevsimlerin ortalama sıcaklık değerlerinde 2°C daha soğuktur. Bu fark yükseltiden ileri gelmektedir. İki yerleşim yeri için de yaz aylarının en sıcak aylar olduğu açıkça görülmektedir.

Harita 2. Kütahya ve Uşak İllerinde Yıllık Ortalama Sıcaklık Dağılışı Haritası



Yıllık ortalama sıcaklık değerleri güneyden kuzeye doğru ve rakımın arttığı yerlere çıkıldıkça azalmaktadır (Demircan ve diğ. 2011). Kütahya ve Uşak'ın yıllık ortalama sıcaklık dağılımı haritası Harita 2'de verilmiştir (*Kaynak: Meteoroloji Genel Müdürlüğü*). Haritada görüldüğü gibi, Uşak ve Kütahya arasında bulunan sıcaklık düşüşü Murat Dağı'nın rakımından kaynaklı olduğu açıkça görülmektedir. Kütahya şehrinin yıllık ortalama sıcaklığı 10.8°C, Uşak şehrinin yıllık ortalama sıcaklığı 12.6°C'dir (Acar 2005).

Şekil 2. Kütahya ve Uşak'ın Yıllık Toplam Yağış Miktarlarının Mevsimsel Dağılımı



Hem Kütahya hem de Uşak mevsimsel olarak en fazla yağışı kış aylarında almaktadır. En kurak aylar ise yaz aylarına aittir (Şekil 2). Yaz aylarının kurak geçtiği ve su noksanlığı yaşandığı yorumu yapılabilir. İç Anadolu karasal iklimi ve Akdeniz iklimi yaz kuraklığı ile dikkat çeker. İç Anadolu karasal iklimi ilkbahar en yağışlı, Akdeniz iklimi kışın en yağışlıdır. Çalışma sahasında belirlenmiş istasyonlar karasal iklim ile Akdeniz iklimi arasında geçiş iklimi yağış özelliği göstermektedirler. Uşak, Kütahya'ya göre yağış dağılımı bakımından Akdeniz

değişikliğinin başlıca sebepleridir. Bu faaliyet, atmosferdeki sıcaklığın artmasında ve mevcut durumun giderek daha tehlikeli hale gelmesine neden olmaktadır. Küresel iklim dengelerini bozarak aşırı hava olaylarına, kuraklık, sel, sıcak hava dalgaları gibi olumsuz durumların yaşanmasına sebep olmaktadır (Dindar vd., 2024).

İklim değişikliğinin etkilerini azaltabilmek için, iklim değişikliğinin takip edilmesi önemli bir argüman sağlamaktadır. Gelecek yıllar için bu argümanlara dayanarak modellemeler ve senaryolar geliştirilmektedir. Ülkeler, şehirler ve bazı önemli yerler için küresel iklim senaryosu çalışmaları yapılmıştır. Ulusal ve uluslararası düzeyde gerekli tedbirlerin alınması hedeflenmektedir.

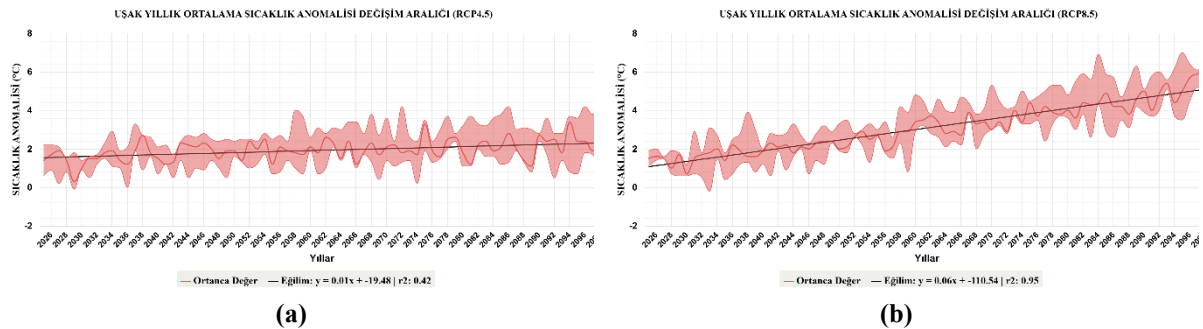
“Kütahya ve Uşak illerinde iklim değişikliğinin gelecekteki etkilerinin iklim senaryoları ile analiz edilmesi” adlı çalışmada Meteoroloji Genel Müdürlüğü’nün Kütahya ve Uşak meteoroloji istasyonları için 01.01.1960 – 31.12.2023 arası günlük ortalama sıcaklık ve günlük toplam yağış verileri analiz edilerek ortalama sıcaklık, yıllık ortalama sıcaklık ve yıllık toplam yağış değerleri ortaya konulmuştur (Tablo 2 ve 3). Schreiber yöntemiyle ArcGIS programı ile haritalandırılıp mevcut meteorolojik durumlar ortaya çıkartılmıştır (Harita 2 ve 3). Ayrıca Köppen, De Mortanne, Thornwaite ve Erinç iklim tasnifleri ile Kütahya ve Uşak’ın iklim sınıflandırmaları belirlenmiştir (Tablo 4). 2007 yılında IPCC’nin 5. Değerlendirme Raporu (AR5) için düzenlenen Uzmanlar Toplantısı’nda, gelecekteki iklim değişikliği senaryoları üzerine çalışmalar yapılmış ve bu çerçevede "RCP" (Representative Concentration Pathways) adı verilen RCP4.5 ve RCP8.5’in emisyon ve konsantrasyon senaryoları oluşturulmuştur (Akçakaya ve diğ. 2015).

Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM), İklim ve Zirai Meteoroloji Dairesi İklim ve İklim Değişikliği Şube Müdürlüğü’nün iklim değişikliği çalışmaları için hazırlanan araçlar ile harita ve grafikler oluşturulmuştur. Elde edilen ortalama sıcaklık ve yağış değerleri referans alınarak 01.01.2023’den 31.12.2098 yılına kadar 75 yıllık günlük ortalama sıcaklık ve günlük toplam yağış değerleri projeksiyonları HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR, GFDL-ESM2M Küresel İklim Modeli, RCP 4.5 ve RCP 8.5 Senaryoları (3 model 2 senaryo) hem Kütahya hem de Uşak için en az 20 km çözünürlükte Meteoroloji Genel Müdürlüğü’nün araçları kullanılarak hazırlanmıştır (Şekil 3-10). Türkiye’deki tek yetkili kurum olan MGM, 3 model ve 2 senaryo için değişim trendlerini gösteren sıcaklık ve yağış anomalileri hazırlanmış ve detaylı uç değişimleri Tablo 5 ve Tablo 6’da verilmiştir. Bununla birlikte 365 gün, 75 yıl, 3 model, 2 senaryo 164250 veri ortalama sıcaklık, 164250 veri toplam yağış olmak üzere 328500 veri Kütahya için, 328500 veri Uşak için olmak üzere toplam 657000 veri kullanılarak yüzyıl 3 döneme ayrılmış, 1. Dönem (2023-2040), 2. Dönem (2041-2070) ve 3. Dönem (2071-2098) olarak sıcaklık ve yağışın olası grafikleri çizilmiştir (Şekil 11-12).

3. Bulgular

“Kütahya ve Uşak illerinde iklim değişikliğinin gelecekteki etkilerinin iklim senaryoları ile analiz edilmesi” adlı çalışmada Kütahya ve Uşak için modelleme çalışmalarından elde edilen verilere göre 2023-2098 yılları arasındaki yıllık ortalama sıcaklık ve yıllık toplam yağış değişimleri en iyi RCP 4.5 ve en kötü RCP 8.5 senaryoları Şekil 3-6’da verilmiştir. İklim değişikliği çalışmalarında sektörel ID uyum çalışmalarının yapılabilmesi için gelecekteki yakın, orta ve uzak dönem için sıcaklık ve yağış verilerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu nedenle yakın (2023-2040), orta (2041-2070), uzak (2071-2098) dönemleri tanımlamak adına bu tarih aralıkları seçilmiştir. *Sıcaklık Anomalisi* (temperature anomaly), bir yerin ortalama sıcaklığı ile üzerinde bulunduğu enleme paralel bir yerin ortalama sıcaklığı arasındaki farkı ifade etmektedir (<https://www.mgm.gov.tr/genel/meteorolojisozlugu.aspx?m=S&k=aa75>). Şekil 3a incelendiğinde Uşak için iyimser RCP 4.5 senaryosuna göre 2023-2040 dönemi için yıllık ortalama sıcaklık değeri -0.1°C – 3.0°C değeri arasında, 2041-2070 dönemi için 1.0°C – 4.1°C , 2071-2098 dönemi için 0.2°C – 4.0°C aralığında değişeceği öngörülmektedir. RCP 4.5 iyimser senaryo için Uşak yıllık ortalama sıcaklık değeri yüzyılın sonunda -0.1°C – 4.1°C aralığında değişeceği tahmin edilmektedir.

Şekil 3. Uşak’ın RCP 4.5-8.5 Senaryoları Sıcaklık Öngörülleri

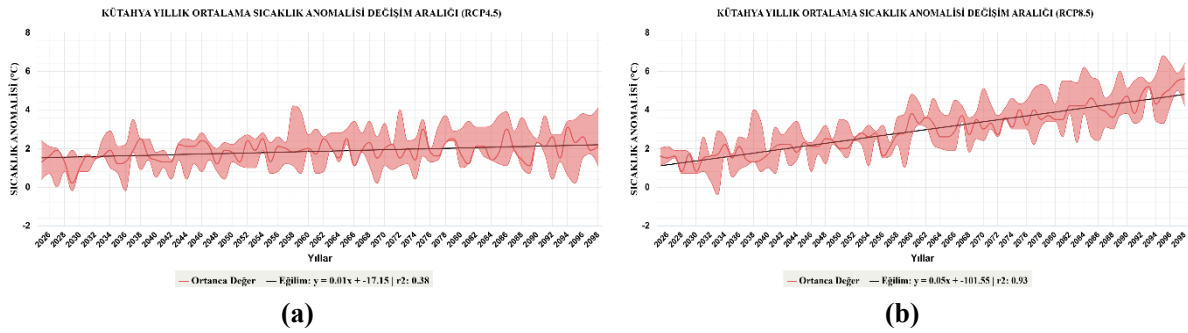


Uşak için kötümser RCP 8.5 (Şekil 3b) senaryosuna göre 2023-2040 dönemi için yıllık ortalama sıcaklık değeri -0.2°C – 3.8°C arasında, 2041-2070 dönemi için 0.5°C – 5.2°C , 2071-2098 dönemi için 1.0°C – 6.5°C aralığında değişeceği anlaşılmaktadır. RCP 8.5 kötümser senaryo için Uşak yıllık ortalama sıcaklık anomalisi

yüzyılın sonunda $-0.2^{\circ}\text{C} - 6.5^{\circ}\text{C}$ aralığında değişecektir. Uşak' ta 75 yıllık sıcaklık artışı RCP 4.5 iyimser senaryosuna göre 0.7°C artarak yıllık ortalama sıcaklığın anomalisi 1.6°C 'den 2.3°C 'ye çıktığı görülmektedir. Aynı şekilde RCP 8.5 kötümser senaryosuna göre 4.1°C sıcaklık anomalisi meydana gelerek, yıllık ortalama sıcaklık anomalisi değişim aralığı 1.1°C 'den 5.2°C 'ye çıkmaktadır (Tablo 5).

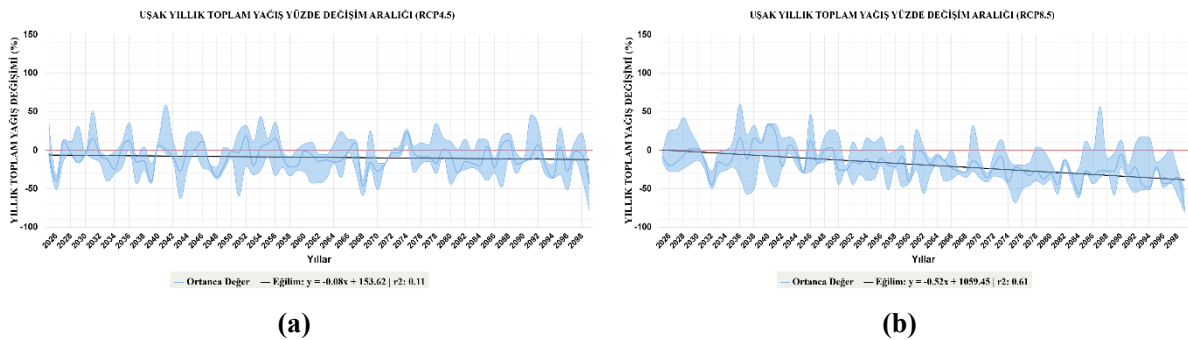
Şekil 4a incelendiğinde Kütahya için iyimser RCP 4.5 senaryosuna göre 2023-2040 dönemi için yıllık ortalama sıcaklık anomalisi $-0.2^{\circ}\text{C} - 3.2^{\circ}\text{C}$ değeri arasında, 2041-2070 dönemi için $0.2^{\circ}\text{C} - 4.0^{\circ}\text{C}$, 2071-2098 dönemi için $0.3^{\circ}\text{C} - 4.2^{\circ}\text{C}$ aralığında değişeceği öngörülmektedir. RCP 4.5 iyimser senaryo için Kütahya yıllık ortalama sıcaklık değeri yüzyılın sonunda $-0.2^{\circ}\text{C} - 4.2^{\circ}\text{C}$ aralığında değişecektir. Kütahya için kötümser RCP 8.5 (Şekil 4b) senaryosuna göre 2023-2040 dönemi için yıllık ortalama sıcaklık anomalisi $-0.4^{\circ}\text{C} - 4.0^{\circ}\text{C}$ değeri arasında, 2041-2070 dönemi için $0.5^{\circ}\text{C} - 5.0^{\circ}\text{C}$, 2071-2098 dönemi için $1.0^{\circ}\text{C} - 6.2^{\circ}\text{C}$ aralığında değişeceği tahmin edilmektedir. RCP 8.5 kötümser senaryo için Kütahya yıllık ortalama sıcaklık değeri yüzyılın sonunda $-0.4^{\circ}\text{C} - 6.2^{\circ}\text{C}$ aralığında değişecektir. Kütahya'nın 75 yıllık sıcaklık artışı RCP 4.5 iyimser senaryosuna göre 0.7°C artarak yıllık ortalama sıcaklık anomalisinin 1.5°C 'den 2.2°C 'ye çıktığı görülmektedir. Aynı şekilde RCP 8.5 kötümser senaryosuna göre 3.8°C sıcaklık anomalisi meydana gelerek, yıllık ortalama sıcaklık anomalisi değişim aralığı 1.1°C 'den 4.9°C 'ye çıkmaktadır (Tablo 6).

Şekil 4. Kütahya'nın RCP 4.5 ve 8.5 Senaryosu Sıcaklık Öngörülleri



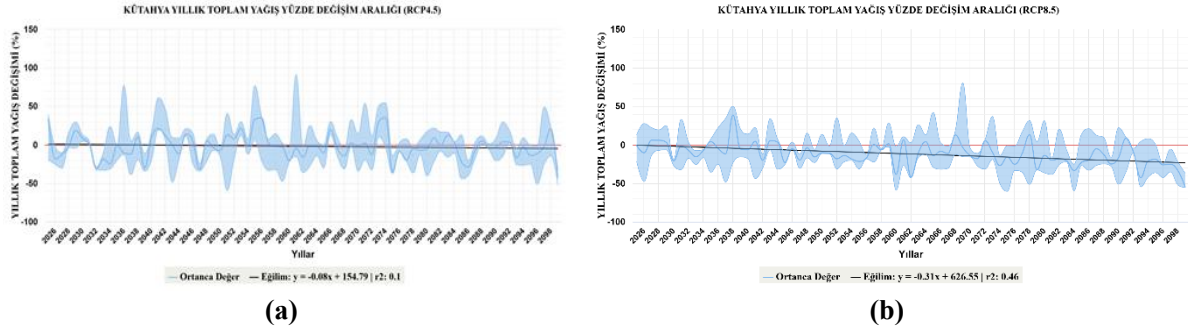
Uşak için iyimser RCP 4.5 senaryosuna göre yıllık toplam yağış miktarının 2023-2040 dönemi için yıllık toplam yağış değişimi $-\%50 - +\%55$, 2041-2070 dönemi için $-\%60 - +\%35$, 2071-2098 dönemi için $-\%70 - +\%40$ aralığında salınma uğrayacağı öngörülmektedir (Şekil 5a). RCP 4.5 iyimser senaryo için Uşak yıllık toplam yağış değerleri yüzyılın sonunda $-\%70 - +\%55$ aralığında değişecektir. Uşak için kötümser RCP 8.5 senaryosuna göre yıllık toplam yağış miktarının 2023-2040 dönemi için yıllık ortalama sıcaklık değeri $-\%55 - +\%55$, 2041-2070 dönemi için $-\%45 - +\%40$, 2071-2098 dönemi için ise $-\%70 - +\%45$ aralığında olacağı tahmin edilmektedir (Şekil 5b). RCP 8.5 kötümser senaryo için Uşak yıllık toplam yağış değerleri yüzyılın sonunda $-\%70 - +\%55$ sınırları dahilinde değişecektir (Tablo 5).

Şekil 5. Uşak'ın RCP 4.5 ve 8.5 Senaryosu Yağış Öngörülleri



Kütahya için iyimser RCP 4.5 senaryosuna göre yıllık toplam yağış miktarının 2023-2040 dönemi için yıllık toplam yağışı $-\%40 - +\%75$, 2041-2070 dönemi için $-\%55 - +\%80$ ve 2071-2098 dönemi için $-\%50 - +\%55$ aralığında değişimlere uğrayacağı öngörülmektedir (Şekil 6a). RCP 4.5 iyimser senaryo için Kütahya yıllık toplam yağış değerleri yüzyılın sonunda $-\%55 - +\%75$ civarlarında değişecektir. Kütahya için kötümser RCP 8.5 senaryosuna göre yıllık toplam yağış miktarının 2023-2040 dönemi için yıllık ortalama sıcaklık değeri $-\%50 - +\%50$, 2041-2070 dönemi için $-\%55 - +\%75$, 2071-2098 dönemi için $-\%55 - +\%40$ aralığında değişimlere uğrayacağı beklenmektedir (Şekil 6b). RCP 8.5 kötümser senaryo için Kütahya yıllık toplam yağış değerleri yüzyılın sonunda $-\%55 - +\%75$ sınırları çerçevesinde öngörülmüştür (Tablo 6).

Şekil 6. Kütahya'nın RCP 4.5 ve 8.5 Senaryosu Yağış Öngörülleri



Tablo 5. Uşak İçin 2023-2098 Dönemi HadGEM2-ES, MPI-ESM MR, GFDL-ESM2M Modellemelerinin RCP4.5 ve RCP8.5 Projeksiyonlar ile Sıcaklık ve Yağış Değişiminin Uç Değerleri

Uşak	HadGEM-MPI-GFDL Ortalaması (RCP4.5)		HadGEM-MPI-GFDL Ortalaması (RCP8.5)	
	Sıcaklık (°C)	Yağış (%)	Sıcaklık (°C)	Yağış (%)
2023-2040	-0.1 – (+3.0)	-50 – (+55)	-0.2 – (+3.8)	-55 – (+55)
2041-2070	+1.0 – (+4.1)	-60 – (+35)	+0.5 – (+5.2)	-45 – (+40)
2071-2098	+0.2 – (+4.0)	-70 – (+40)	+1.0 – (+6.5)	-70 – (+45)

Tablo 6. Kütahya İçin 2023-2098 Dönemi HadGEM2-ES, MPI-ESM MR, GFDL-ESM2M Modellemelerinin RCP4.5 ve RCP8.5 Projeksiyonlar ile Sıcaklık ve Yağış Değişiminin Uç Değerleri

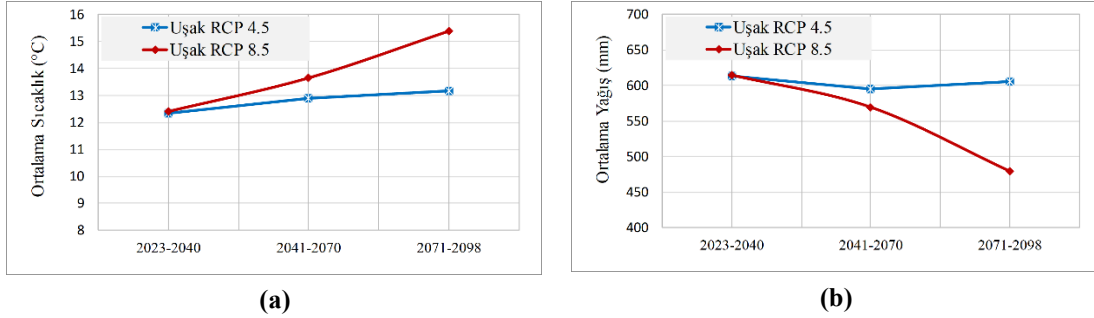
Kütahya	HadGEM-MPI-GFDL Ortalaması (RCP4.5)		HadGEM-MPI-GFDL Ortalaması (RCP8.5)	
	Sıcaklık (°C)	Yağış (%)	Sıcaklık (°C)	Yağış (%)
2023-2040	-0.2 – (+3.2)	-40 – (+75)	-0.4 – (+4.0)	-50 – (+50)
2041-2070	+0.2 – (+4.0)	-55 – (+80)	+0.5 – (+5.0)	-55 – (+75)
2071-2098	+0.5 – (+5.0)	-50 – (+55)	+1.0 – (+6.2)	-55 – (+40)

Uşak şehrinin bulunduğu alanın en az 20 km çözünürlüklü sahasının yıllık ortalama sıcaklık değişim grafiği incelendiğinde iyimser RCP 4.5'a göre 2023-2040 dönemi ortalama sıcaklığı 12.3°C, 2041-2070 dönemi ortalama sıcaklığı 12.9°C, 2071-2098 dönemi ortalama sıcaklığı 13.2°C olması geleceğe yönelik tahmin edilmektedir. Kötümser senaryo RCP 8.5 grafiğine göre 2023-2040 dönemi ortalama sıcaklığı 12.4°C, 2041-2070 dönemi ortalama sıcaklığı 13.7°C, 2071-2098 dönemi ortalama sıcaklığı 15.4°C olması geleceğe yönelik öngörülmektedir (Şekil 7a). IPCC 2024 raporuna göre 2099 yılına kadar küresel sıcaklık artışı 1.5 °C olarak öngörülmektedir. RCP 4.5 senaryoya göre Uşak'ın sıcaklık artışı küresel sıcaklığın altında, RCP 8.5 senaryoya göre küresel artışın çok üstünde olduğu anlaşılmaktadır. İyimser RCP 4.5 senaryoya göre ortalama sıcaklık değerinde az artış görülürken, kötümser RCP 8.5 senaryoya göre ortalama sıcaklık değerinde önemli artış beklenmektedir. RCP 4.5 senaryoya göre ortalama sıcaklık 0.9 °C artarken, RCP 8.5 senaryoya göre ortalama sıcaklık yaklaşık değeri 3.0 °C artış durumu öngörülmektedir. Kötü senaryonun gerçekleşmesi halinde iklim değişikliğinde ciddi olumsuz sonuçlara (tarım, su vb) netice vermesi muhtemeldir.

Uşak için yıllık toplam yağış miktarı değişim grafiği incelendiğinde iyimser RCP 4.5'a göre 2023-2040 dönemi toplam yağış 613.8 mm, 2041-2070 dönemi toplam yağış 595.3 mm, 2071-2098 dönemi toplam yağış 605.9 mm olması geleceğe yönelik tahmin edilmektedir. Kötümser senaryo RCP 8.5 grafiğine göre 2023-2040 dönemi toplam yağış 614.5 mm, 2041-2070 dönemi toplam yağış 569.4 mm, 2071-2098 dönemi toplam yağış 479.5 mm olması beklenmektedir (Şekil 7b). İyimser RCP 4.5 senaryoya göre yıllık toplam yağış miktarında ciddi bir değişim olmazken, Kötümser RCP 8.5 senaryoya göre yıllık toplam yağış miktarında ciddi azalma meydana

gelmektedir. Bu sonuç iki senaryo arasında muhtemel beklenen bir farktır. RCP 8.5 senaryoya göre yağış miktarında yaklaşık %22 oranında azalma durumu gözükmektedir.

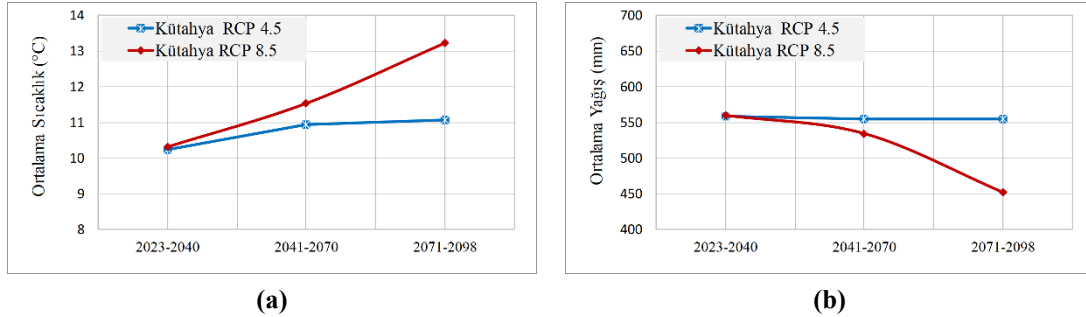
Şekil 7. Uşak Ortalama Sıcaklık ve Yağış Senaryoları



Kütahya şehrinin bulunduğu alanın en az 20 km çözünürlüklü sahasının yıllık ortalama sıcaklık değişim grafiği incelendiğinde iyimser RCP 4.5'a göre 2023-2040 dönemi ortalama sıcaklığı 10.2°C, 2041-2070 dönemi ortalama sıcaklığı 10.9°C, 2071-2098 dönemi ortalama sıcaklığı 11.1°C olması geleceğe yönelik tahmin edilmektedir. Kötümser senaryo RCP 8.5 grafiğine göre 2023-2040 dönemi ortalama sıcaklığı 10.3°C, 2041-2070 dönemi ortalama sıcaklığı 11.5°C, 2071-2098 dönemi ortalama sıcaklığı 13.2°C olması öngörülmektedir (Şekil 8a). İyimser RCP 4.5 senaryoya göre ortalama sıcaklık değerinde beklentilerin altında artış görülürken, kötümser RCP 8.5 senaryoya göre ortalama sıcaklık değerinde önemli artış görülmektedir. RCP 4.5 senaryoya göre ortalama sıcaklık 0.9 °C artarken, RCP 8.5 senaryoya göre ortalama sıcaklık yaklaşık değerinde 2.9 °C artış durumu vardır. Kötümser senaryonun gerçekleşmesi halinde yıllık ortalama sıcaklık değerinde önemli bir artış olacağı ve iklim değişikliğinde ciddi olumsuz sonuçlara (tarım, su vb.) netice vermesi muhtemeldir.

Kütahya için yıllık toplam yağış miktarı değişim grafiği incelendiğinde iyimser RCP 4.5'a göre 2023-2040 dönemi toplam yağış 558.4 mm, 2041-2070 dönemi toplam yağış 554.7 mm, 2071-2098 dönemi toplam yağış 554.9 mm olması geleceğe yönelik tahmin edilmektedir. Kötümser senaryo RCP 8.5 grafiğine göre 2023-2040 dönemi toplam yağış 560.2 mm, 2041-2070 dönemi toplam yağış 534.7 mm, 2071-2098 dönemi toplam yağışın ise 452.4 mm olması beklenmektedir (Şekil 8b).

Şekil 8. Kütahya Ortalama Sıcaklık ve Yağış Senaryoları



İyimser RCP 4.5 senaryoya göre yıllık toplam yağış miktarında ciddi bir değişim olmazken, kötümser RCP 8.5 senaryoya göre yıllık toplam yağış miktarında ciddi azalma meydana gelmektedir. Bu sonuç iki senaryo arasında muhtemel beklenen bir farktır. RCP 8.5 senaryoya göre yağış miktarında yaklaşık %20 oranında azalma durumu gözükmektedir. Sıcaklık ve yağış grafikleri karşılaştırıldığında aralarında uyumlu bir yapı olduğu görülmektedir.

5. Sonuç ve Tartışma

Bu çalışmada, Kütahya ve Uşak illerinde meydana gelen ve ilerleyen zamanlarda meydana gelecek olan iklim değişikliklerinin ne gibi sonuçlara sebep olacağı ve ayrıca bu sonuçlardan nasıl etkileneceğini belirlemek amaçlanmıştır. Küresel 3 model HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR, GFDL-ESM2M ve iyimser RCP 4.5 ve kötümser RCP 8.5 senaryoları kullanılarak Kütahya ve Uşak illerine ait yıllık ortalama sıcaklık ve yıllık toplam yağış dağılımı grafikleri anomalileri ve miktarları elde edilmiştir. Uşak ve Kütahya RCP 4.5 ve 8.5 yağış senaryoları incelendiğinden yağış miktarında azalma olacağından dolayı bu illerin ciddi bir surette etkilenmesi muhtemeldir.

Kütahya şehrinin 1960-2023 yıllık ortalama sıcaklık değeri 10.8°C, RCP 4.5 iyimser senaryoya göre Kütahya sahasının sıcaklık anomalisi değişimi artış olarak 0.7°C olması beklenmektedir. RCP 8.5 kötümser senaryoya göre sıcaklık anomalisi değişimi artış olarak 3.8°C olması öngörülmektedir. Yüzyılın sonunda Kütahya şehrinin sıcaklık değeri RCP4.5 senaryosuna göre 11.5°C, RCP 8.5 senaryosuna göre 14.6°C olması, her iki senaryoya göre Kütahya şehri için yıllık toplam ortalama sıcaklık değerleri 11.5°C – 14.6°C aralığında olabileceği

tahmin edilmektedir. Uşak şehrinin 1960-2023 yıllık ortalama sıcaklık değeri 12.6°C. RCP 4.5 iyimser senaryoya göre Uşak sahasının sıcaklık anomalisi değişimi artış olarak 0,7°C olması varsayılmaktadır. RCP 8.5 kötümser senaryoya göre sıcaklık anomalisi değişimi artış olarak 4.1°C olması öngörülmektedir. Yüzyılın sonunda Uşak şehrinin sıcaklık değeri RCP4.5 senaryosuna göre 13.3°C, RCP 8.5 senaryosuna göre 16.7°C olması, her iki senaryoya göre Kütahya şehri için yıllık toplam ortalama sıcaklık değerlerinin 13.3°C – 16.7°C aralığında olacağı tahmin edilmektedir.

Kütahya şehrinin 1960-2023 yıllık toplam yağış miktarı 570.9 mm'dir. RCP 4.5 iyimser senaryoya göre Kütahya sahasının yıllık toplam yağış anomalisi değişimi azalış olarak %5 olması öngörülmektedir. RCP 8.5 kötümser senaryoya göre yıllık toplam yağış anomalisi değişimi azalma olarak %20 olması muhtemeldir. Yüzyılın sonunda Kütahya şehrinin yıllık toplam yağış miktarı değeri RCP4.5 senaryosuna göre 542.4 mm, RCP 8.5 senaryosuna göre 456.7 mm olması, her iki senaryoya göre Kütahya şehri için yıllık toplam yağış miktarının 456.7 mm – 542.4 mm aralığında olabileceği tahmin edilmektedir. Uşak şehrinin 1960-2023 yıllık toplam yağış miktarı 556.9 mm'dir. RCP 4.5 iyimser senaryoya göre Uşak sahasının yıllık toplam yağış anomalisi değişimi azalış olarak çok %5 olması varsayılmaktadır. RCP 8.5 kötümser senaryoya göre yıllık toplam yağış anomalisi değişimi azalma olarak %22 olması öngörülmektedir. Yüzyılın sonunda Uşak şehrinin yıllık toplam yağış miktarı değeri RCP4.5 senaryosuna göre 529.1 mm, RCP 8.5 senaryosuna göre 434.1 mm olması, her iki senaryoya göre Uşak şehri için yıllık toplam yağış miktarının 434.1 mm – 529.1 mm aralığında olabileceği beklenilmektedir.

Elde edilen verilere göre, RCP 8.5 senaryosuna bakıldığında yıllık toplam sıcaklık değerlerinde ciddi bir artış gözlemlenmektedir. Referans dönemler (1960-2023) dikkate alındığında yüzyılın sonunda (2023-2098) Kütahya için 3.8°C'lik, Uşak için 4.1°C'lik bir artış olacağı beklenmektedir. Sıcaklıkların yıl boyu artması tarımsal üretim dönemini artırırken, soğuklama ihtiyacı olan bitki ve meyve ağaçlarında olumsuz etkilere neden olabilecektir. RCP 4.5 senaryosunda ciddi bir artış öngörülmemektedir. Kütahya ve Uşak için 0.7°C'lik bir artış söz konusudur. Yağış verilerini analiz ettiğimizde RCP 8.5 senaryosuna göre yıllık toplam yağış miktarlarında kaygı verici bir azalma vardır. Referans dönemler (1960-2023) dikkate alındığında yüzyılın sonunda (2023-2098) Kütahya için %20'lik, Uşak için %22'lik bir azalışın olacağı öngörülmüyor. RCP 4.5 senaryosunda ciddi bir azalma öngörülmemektedir. Kütahya ve Uşak için yıllık toplam yağış miktarlarında %5'lik düşüş vardır.

Yıllık ortalama sıcaklık miktarının artışı ve yıllık toplam yağış miktarının azalışı beraber değerlendirildiğinde önemli bir buharlaşmanın meydana geleceği, kurak dönemlerin olabileceği öngörülmekte olup özellikle tarım ve su sektöründe önlem alınmasını elzem hale gelmektedir. Tablo 4'te verilen iklim tasniflerini incelediğimizde her iki ilimiz de De Martonne'ye göre step nemli arası, Köppen'e göre step iklimi, Erinc'e göre yarı kurak, Thorntwaite'ye göre Kütahya su noksanı yaz mevsiminde orta derecede karasal yerlere yakındır. Uşak ilinin ise su noksanı yaz mevsiminde çok kuvvetli olan okyanusal şartlara yakın iklim tasniflerinde olması yazın sıcaklıkların artacağı, buharlaşmanın da fazla olacağı, yağışların ise azalacağı ve su kullanımının çoğalacağı göz önüne alındığında kuraklık çok ciddi bir problem olarak karşımıza çıkacaktır. Barajlarda ve akarsularda kayda değer miktarda buharlaşma yaşanacağı aşikardır. Her iki ilin de en yağışlı mevsimlerinin kış, en kurak mevsimlerinin yaz ayları olduğu (Şekil 2) verilmiştir. Sıcak mevsiminin yaz ayları olduğu da (Tablo 2) yer almaktadır. Yıllık ortalama sıcaklık artışı ve yıllık toplam yağış miktarı azlığı kendini yaz mevsiminde daha şiddetli olarak hissettirecektir. Bazı yıllarda yıllık toplam yağış miktarında artışların olacağı da (şekil 5-6) fark edilmektedir. Bu gelişme kendini kısa süreli dar alanda fazla miktarlar bırakan konveksiyonel şiddetli sağanak yağışlar formunda özellikle ilkbahardan yaz mevsimine ve yazdan sonbahar dönemine geçişte gösterecek olup, iklim değişikliği sebebiyle meydana gelecek normalin dışındaki yağışlardan dolayı oluşacak olan şehir seli, dolu ve yıldırım düşmesi gibi aşırı hava durumları olumsuz koşullar meydana getirecektir. Kütahya ve Uşak ilinde su yönetiminin, tarım, şehirleşme ve alt yapı planlamasının bu koşullara uygun bir şekilde geliştirilmesi gerekmektedir. Tarım sektörü için olası en ciddi sorunlarda biri de tarla ve bahçe bitkileri yetiştiriciliği için ilkbahar mevsimlerinde yaşanması muhtemel ılık dönemlerin akabinde tomurcuklanma ve çiçeğe dönen bitkileri etkilemesi muhtemel zirai don hadisesidir. Sıcaklık artışına bağlı sıcak hava dalgalarındaki sıklık ve nem miktarındaki ciddi azalmanın halk sağlık üzerinde istenmeyen etkileri olacaktır. Bu koşullar ilkbahar mevsiminde yağışlı gün sayısının normalin altına düşmesine yol açacak ve beraberinde tarımsal kuraklığı doğuracaktır. Yaz mevsiminde gerçekleşmesi durumunda ise sahamızdaki dağlarda (Murat Dağı, Şaphane Dağı, Burgaz Dağı...) orman yangını riskinin artmasına neden olacaktır. Kütahya ve Uşak illeri için sıcaklıklardaki artış ve yağıştaki azalma sonucu oluşabilecek bu olumsuz durumlar için şimdiden planlamaların yapılması ve eylem planlarının geliştirilmesi gerekmektedir.

İklim değişikliği ile ilgili birçok çalışmada tek bir model kullanılmış olup bizim önerimiz iklim değişikliği modelleri çalışılırken üç farklı modelin kullanılması uygun olacaktır. Bu durumda daha öngörülebilir bir iklim değişikliği senaryoları oluşturulması beklenmektedir.

Katkı Belirtme

Meteorolojik verilerin temininde yardımlarından ve önerilerinden dolayı Met. Uzmanı Mesut Demircan'a ve Müh. Yusuf Çalık'a teşekkür ederiz.

Kaynakça

- Acar, D. (2005). Bursa'da Şehirleşmenin Yağış ve Sıcaklık Üzerine Etkisi (Yüksek Lisans Tezi). Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Coğrafya (Fizikî Coğrafya) Anabilim Dalı, Ankara.
- Akçakaya, A., Sümer, U.M., Demircan, M., Demir, Ö., Atay, H., Eskioğlu, O. Gürkan, H., Yazıcı, B., Kocatürk, A., Şensoy, S., Bölük, E., Arabacı, H., Acar, Y., Ekici, M., Yağan, S. ve Çukurçayır, F. (2015). Yeni Senaryolar İle Türkiye İklim Projeksiyonları ve İklim Değişikliği, TR2015-CC. Ankara: Araştırma Dairesi Başkanlığı Klimatoloji Şube Müdürlüğü.
- Aydın, O.ve Çiçek, İ. (2013). Ege Bölgesi'nde Yağışın Mekânsal Dağılımı, Coğrafi Bilimler Dergisi 11 (2), 101-120. https://doi.org/10.1501/Cogbil_0000000145
- Demircan, M. (2022). İklim, İklim Değişikliği ve Su İlişkisi. Küresel İklim Değişikliği ve Sosyo-Ekonomik Etkileri, Türk Akademisi Siyasi Sosyal Stratejik Araştırmalar Vakfı (TASAV) Yayınları, Araştırma-İnceleme Dizisi No. 15, ISBN 978-605-73812-8-6, 47-84.
- Demircan, M. (2023). Iğdır İklim Değişikliği Kapsamında Iğdır İçin Uyum Önerileri (Ed. Aydın T. ve diğ.). Doğal ve Beşeri İlimler Açısından Iğdır-II. Ankara: Detay Yayıncılık. 29-58.
- Demircan, M. Alan, İ. ve Şensoy, S. (2011). Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanarak Sıcaklık Haritalarının Çözünürlüğünün Artırılması. TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, 13. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı 18-22. Ankara.
- Dindar, E., Demircan, M, Keskinden, N. (2024). Bursa İl'inde İklim Değişikliğinin Olası Etkilerinin Belirlenmesi. Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, 29 (2), 595-606. <https://doi.org/10.17482/uumfd.1494864>
- Doğru, B. ve Güngöroğlu, C. (2022). Farklı Meteorolojik İstasyonlara Ait Yağış Değerlerinin Haritalanmasında Etkenliğin Arttırılmasına Dair Bir Uygulama, Türkiye Coğrafi Bilgi Sistemleri Dergisi, 4 (1), 15-22. <https://doi.org/10.56130/tucbis.943613>
- Dönmez, Y. (2014). Kütahya Ovası ve Çevresinin Coğrafi Özellikleri. Türk Coğrafya Dergisi, (26), 34-47.
- Eyinc, A. (2007). Küresel İklim Değişiklikleri ve Türkiye İklimi Üzerindeki Etkilerinin İncelenmesi (Yüksek Lisans Tezi). Cumhuriyet Üniversitesi Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Sivas.
- Gürkan, H., Arabacı, H., Demircan, M., Eskioğlu, O., Şensoy, S. ve Yazıcı, B. (2016). GFDL-ESM2M Modeli Temelinde RCP4.5 ve RCP8.5 Senaryolarına Göre Türkiye İçin Sıcaklık ve Yağış Projeksiyonları. Coğrafi Bilimler Dergisi, 14 (2), 77-88. https://doi.org/10.1501/Cogbil_0000000174
- IPCC, (2024). 2027 IPCC Kısa Ömürlü İklim Zorlayıcılarına İlişkin Envanter Metodoloji Raporu (2024), <https://www.ipcc.ch/report/methodology-report-on-short-lived-climate-forcers/>.
- Karbuz, İ. (2015). Kütahya'nın İklimsel Özellikleri. Uluslararası Sosyal Bilimler Dergisi. 17 (1), 416-428. DOI :10.16992/ASOS.825
- Koç, E.M. (2011). İklim Değişikliğinin Tarıma Olası Etkilerinin Wofost Bitki İklim Modeli İle Araştırılması (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Sabancı, S. (2012). Alanya ve Manavgat'ın İklim Özellikleri (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Coğrafya Anabilim Dalı, İstanbul.
- Özav, L. ve Kara, H. (1998). Cumhuriyetin 75. Yılında Uşak, Uşak Valiliği, 36-42.
- Öztürk, K. (2002). Küresel İklim Değişikliği ve Türkiye'ye Olası Etkileri. Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi, 22 (1). <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/77436>
- Yıldırım, M. U., Demircan, M., Özdemir, F. A., Sarhan, E. O. (2016). İklim Değişikliğinin Haşhaş (Papaver somniferum L.) Üretim Alanlarına Etkisi. Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi, 25(ÖZEL SAYI-2), 289-295. <https://doi.org/10.21566/tarbitderg.284303>

Analysis of future effects of climate change in Kütahya and Uşak provinces with climate scenarios

Aykut KAYA ve Selahattin POLAT

Extended Abstract

In this study, research was conducted on the temperature and precipitation scenarios of Kütahya and Uşak provinces between 2023-2098. HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR and GFDL-ESM2M global climate models were used to investigate climate change over the next 75 years using two different types of optimistic RCP4.5 and pessimistic RCP8.5 scenarios. Annual average temperature and annual total precipitation distribution graphs, anomalies and amounts of Kütahya and Uşak provinces were obtained.

The annual average temperature value of Kütahya city center between 1960-2023 is 10.8 °C. According to the RCP 4.5 optimistic scenario, the temperature anomaly change of Kütahya field is expected to increase by 0.7 ° C. According to the RCP 8.5 pessimistic scenario, the temperature anomaly change is predicted to be an increase of 3.8°C. By the end of the century, the temperature value of the Kütahya provincial center is predicted to be 11.5°C according to the RCP4.5 scenario and 14.6°C according to the RCP 8.5 scenario, and the annual average temperature values for the Kütahya provincial center are predicted to be between 11.5°C and 14.6°C according to both scenarios. The annual average temperature value of the Uşak provincial center between 1960-2023 is 12.6°C. According to the RCP 4.5 optimistic scenario, the temperature anomaly change in the Uşak area is predicted to be an increase of 0.7°C. According to the RCP 8.5 pessimistic scenario, the temperature anomaly change is predicted to be an increase of 4.1°C. At the end of the century, the temperature value of Uşak city center is predicted to be 13.3°C according to the RCP4.5 scenario and 16.7°C according to the RCP 8.5 scenario, and the annual average temperature values for Kütahya city center are predicted to be between 13.3°C and 16.7°C according to both scenarios. The annual total precipitation amount of Kütahya city center between 1960-2023 is 570.9 mm. According to the optimistic RCP 4.5 scenario, the annual total precipitation anomaly change in Kütahya field is predicted to decrease by very little 5%. According to the pessimistic RCP 8.5 scenario, the annual total precipitation anomaly change is predicted to decrease by 20%. At the end of the century, the annual total precipitation value of Kütahya city center is predicted to be 542.4 mm according to the RCP4.5 scenario and 456.7 mm according to the RCP 8.5 scenario, and the annual total precipitation amount for Kütahya city center is predicted to be between 456.7 mm and 542.4 mm according to both scenarios.

The annual total precipitation amount of Uşak city center between 1960-2023 is 556.9 mm. According to the RCP 4.5 optimistic scenario, the annual total precipitation anomaly change in the Uşak area is predicted to decrease by very little 5%. According to the RCP 8.5 pessimistic scenario, the annual total precipitation anomaly change is predicted to decrease by 22%. At the end of the century, the annual total precipitation value of Uşak city center is expected to be 529.1 mm according to the RCP4.5 scenario and 434.1 mm according to the RCP 8.5 scenario, and the annual total precipitation for Uşak city center is expected to be between 434.1 mm and 529.1 mm according to both scenarios. When the increase in annual average temperature and the decrease in annual total precipitation are evaluated together, it is predicted that serious evaporation will occur and dry periods may occur, making it essential to take precautions especially in the agricultural and water sectors.

When the climate classifications are examined, both provinces are classified as the transition zone between steppe and humid regions according to De Martonne, steppe climate according to Köppen, semi-arid climate according to Erinç. According to the Thornthwaite classification, Kütahya experiences a moderate water deficit during the summer, characteristic of regions with moderately continental climates, whereas in Uşak, the summer water deficit is very strong, resembling oceanic conditions. Considering the projected increase in summer temperatures, higher evaporation rates, decreased precipitation, and increased water demand, drought is expected to emerge as a highly critical issue. It is obvious that significant evaporation will occur in dams and streams. In both provinces, the rainiest season is winter, the driest season is summer and the hottest season is summer. The annual average temperature increase and the decrease in the annual total precipitation will make themselves felt more severely in the summer season.

In some years, the increases in the annual total precipitation will show themselves in the form of orographic precipitation that leaves large amounts in a narrow area for a short time, especially in the transition from spring to summer and from summer to autumn, and natural disasters such as urban floods, hail and lightning strikes that will occur due to abnormal precipitation due to climate change may create negative conditions. In Kütahya and Uşak provinces, water management, agriculture, urbanization and infrastructure planning must be developed in accordance with these conditions. Temperature increases are projected to cause a substantial decline in humidity levels during heatwaves, which, in turn, will heighten the risk of forest fires in the mountainous regions of the study area. Making plans and developing action plans for these negative situations that may occur as a result of the increase in temperatures and decrease in precipitation in Kütahya and Uşak provinces has become one of

the most important issues that we all need to take seriously. According to these results, it is seen that some important measures should be taken.