

## Küçük Menderes Havzası'nda Meteorolojik Kuraklık Projeksiyonları: Havza Ölçeğinde Zamansal ve Mekânsal Bir Değerlendirme

### Projected Changes in Meteorological Drought in Küçük Menderes River Basin: A Basin-Scale Spatio-Temporal Assessment

Yıldız GÜNEY<sup>1\*</sup>

#### Öz

Kuraklık, Türkiye'nin bulunduğu coğrafyada geçmişten günümüze pek çok konuda önemli etkileri olan bir doğal afettir. Küçük Menderes Havzası gibi tarımsal açıdan önemli alanlarda su kaynaklarının korunması, havza yönetimi gibi konularda kuraklığın zamansal ve mekânsal değişiminin bilinmesi önemlidir. Nitekim havzada özellikle tarım sektöründe çalışanlar tarafından kuraklığın olumsuz etkileri kendini hissettirmeye başlamıştır. Bu çalışmanın temel amacı tarımsal açıdan önemli bir saha olan Küçük Menderes Havzası'nda iklim değişikliği senaryolarını kullanarak meteorolojik kuraklıkla ilgili gelecek yıllarda öngörülen değişimleri tespit etmektir. Bu amaçla Çeşme, Selçuk, Kuşadası, Ödemiş, İzmir (Bölge) meteoroloji istasyonlarının aylık ortalama sıcaklık ve aylık toplam yağış verileri kullanılmıştır. Ayrıca HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR, GFDL-ESM2M küresel iklim modellerinin 1971-2000 referans dönemi ile 2016-2099 yılları arası iklim projeksiyonu iki farklı senaryo (RCP4.5 ve RCP8.5) verileri Küçük Menderes Havzası'nı kapsayan bölge için aylık ortalama sıcaklık ve aylık toplam yağış olarak Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden elde edilmiştir. Öncelikle modellerin referans dönem verileri ile araştırma alanındaki meteoroloji istasyonlarının rasat verileri kullanılarak hata değerleri hesaplanmıştır. Yapılan hata analizleri sonucu araştırma alanı için en uygun model olduğu tespit edilen HadGEM2-ES modelinin gelecek dönem RCP 4.5 ve RCP 8.5 senaryolarının kaba çözünürlük sonuçları 2016-2040, 2041-2070 ve 2071-2099 yıllarını kapsayan periyotlar halinde değerlendirilmiştir. Kuraklık analizleri için elimizdeki veri setine en uygun olan ve Akdeniz Havzası'nda pek çok çalışmada kullanılmış olan Bagnouls Gausson kuraklık indeksi kullanılmıştır. Havzanın özellikle tarımsal açıdan en önemli kesimi olan doğu kesiminde her iki senaryoya göre de periyotlar arasında kuraklık değerlerinin artacağı tespit edilmiştir. Kuraklıktaki bu değişimlerin havza yönetiminden tarıma, su kaynaklarının korunmasından ekolojeye etkileri olacaktır. Havzada yeraltı suyunun bilinçsizce tüketimi gelecekte kuraklığın etkilerinin şiddetlenmesiyle daha büyük bir problem haline gelecektir. Havza kapsamında yapılacak bütün planlama çalışmalarında bu etkiler göz önünde bulundurulmalıdır.

**Anahtar Kelimeler:** İklim değişikliği, Kuraklık, HadGEM2-ES küresel iklim modeli, Bagnouls Gausson kuraklık indeksi, Küçük Menderes Havzası

<sup>1\*</sup> Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Yıldız Güney, İzmir Katip Çelebi Üniversitesi, Sosyal ve Beşeri Bilimler Fakültesi, Coğrafya Bölümü, İzmir, Türkiye.

E-mail: [yildiz.guney@ikc.edu.tr](mailto:yildiz.guney@ikc.edu.tr)  OrcID: 0000-0002-0756-9246

**Atf:** Güney, Y. (2024). Küçük Menderes Havzası'nda meteorolojik kuraklık projeksiyonları: havza ölçeğinde zamansal ve mekânsal bir değerlendirme *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 21(1): 189-205.

**Citation:** Güney, Y. (2024). Projected changes in meteorological drought in Küçük Menderes River Basin: A basin-scale spatio-temporal assessment. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 21(1): 189-205.

©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) kapsamında yayımlanmıştır. Tekirdağ 2024

## Abstract

Drought is a natural disaster that has significant effects on many issues from the past to the present in the geography where Turkey is located. It is important to know the temporal and spatial change of drought in issues such as the protection of water resources and watershed management in agriculturally important areas such as Küçük Menderes Basin. In fact, the negative effects of drought have started to be felt especially by those working in the agricultural sector in the basin. The main objective of this study is to determine the predicted changes related to meteorological drought in the future years by using climate change scenarios in the Küçük Menderes Basin which is an important agricultural area. For this purpose, monthly mean temperature and monthly total precipitation data of Çeşme, Selçuk, Kuşadası, Ödemiş, İzmir (Bölge) weather stations were used. Furthermore, HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR and GFDL-ESM2M global climate models' 1971-2000 reference period and 2016-2099 climate projection two different scenarios (RCP4.5 and RCP8.5) data were obtained from the General Directorate of Meteorology as monthly mean temperature and monthly total precipitation for the region covering the Küçük Menderes Basin. First of all, error values were calculated by using the reference period data of the models and the observation data of the weather stations in the study area. As a result of the error analysis, rough resolution results of future period RCP 4.5 and RCP 8.5 scenarios of the HadGEM2-ES model, which was found to be the most suitable model for the study area, were evaluated in periods covering 2016-2040, 2041-2070 and 2071-2099. The Bagnouls Gaussen drought index, which is the most suitable for the data set we have and has been used in many studies in the Mediterranean Basin, was used for drought analysis. It was determined that drought values would increase between periods according to both scenarios, especially in the eastern part of the basin, the most important part in terms of agriculture. These changes in drought will have effects on agriculture, basin management, conservation of water resources and ecology. Unconscious consumption of groundwater in the basin will become a more significant problem in the future with the growing effects of drought. These effects should be taken into consideration in all planning efforts to be made related to the basin.

**Keywords:** Climate change, Drought, HadGEM2-ES global climate model, Bagnouls Gaussen drought index, Küçük Menderes Basin

## 1. Giriş

Doğal afetlerden biri olan kuraklığın geniş çevrelerce kabul edilmiş, evrensel tek bir tanımı yoktur (Wilhite, 2000). Kuraklık, genel itibariyle yüksek sıcaklık ve düşük yağış nedeniyle ortaya çıkan, olağan dışı ve uzun süreli bir su açığı eksikliğini ifade eder (Zargar ve ark., 2011; Sordo-Ward ve ark., 2017; Chen ve ark., 2019). Kuraklık olayı oluşum mekanizmaları ve kuraklık olayından etkilenen farklı bileşenlerine dayalı olarak meteorolojik, tarımsal, hidrolojik ve sosyo-ekonomik kuraklık olarak sınıflandırılabilir (Tate ve Gustard, 2000). Bu çalışmada ele alınan kuraklık türü olan meteorolojik kuraklık, yağışların normal seviyelerinin altında olduğu uzun bir dönemdir ve genellikle diğer kuraklık türlerinden önce ortaya çıkar (Chen ve ark., 2009).

Kuraklığın önemi yarattığı etkilerden kaynaklanır (Wilhite, 2000). Yavaş gelişen ve insan faaliyetlerini etkileyece kadar varlığı yeterince anlaşılabilen kuraklık; sel, taşkın, fırtına gibi afetlerden farkı olarak ani can kayıplarına yol açmaz. Fakat dünyanın belli bölgelerinde yetersiz beslenme hatta açlık şiddetli kuraklıkları takip eder (Maybank ve ark., 1995). Anadolu coğrafyasında kuraklık ve bunun sebep olduğu özellikle tarım sektöründeki ekonomik kayıplar, tüm bölgeyi etkileyen büyük sosyo-ekonomik patlamalara sebep olmuştur. Geçmişte kuraklıkların Osmanlı köylerine zarar vermiş olduğu muhakkaktır (Faroquhi, 2001). Kaynaklara göre XVI. yüzyılın sonlarından itibaren Osmanlı İmparatorluğu'nda ve hatta Batı Akdeniz'deki ülkelerde de kuraklığa bağlı kıtlık defalarca yaşanmıştır (Lu, 2018). Hatta Celali İsyanları gibi büyük toplumsal patlamalarla kuraklık arasında ilişki kuran pek çok çalışma da vardır (White, 2013; Karademir, 2014; Yılmaz ve Kadioğlu, 2017). Dolayısıyla kuraklık bulunduğumuz coğrafyada birçok konuda etkileri olan önemli bir afettir.

Diğer doğal afetlerin çoğundan farklı olarak, kuraklığın başlangıcını belirlemek zordur. Kuraklık yavaş gelişir ve insan faaliyetleri devam eden yağış azalmasından etkilenmeye başlayana kadar varlığı tanınmaz (Maybank ve ark., 1995). Küçük Menderes Havzası'nda iklim değişikliğinin bazı olumsuz etkileri aktüel olarak kendini göstermeye başlamıştır ve özellikle bundan direkt olarak etkilenen sektörlerdeki insanların konuyla ilgili farkındalık ve endişeleri söz konusudur. Nitekim özellikle tarım sektöründeki insanların bu konudaki görüşleri bunu destekleyen sonuçlar ortaya koymaktadır. Akyüz (2019) tarafından Küçük Menderes Havzası'ndaki çiftçilere iklim değişikliği konusunda yapılması muhtemel yayın çalışmaları içerisinde en önemli ve en önemsiz olarak hangilerini gördükleri ile ilgili fikirleri sorulmuştur. İklim değişikliğinin tarıma etkileri konusu, çiftçilerin en önemli gördükleri konu olmuştur. Tarımsal deneyimi ortalama 25 yıl olan çiftçilere göre havzada tarımsal faaliyetlerini etkileyecek iklim değişikliğinden kaynaklanan en önemli tehlike ise kuraklık ve erozyondur (Akyüz, 2019). Dolayısıyla yavaş gelişen ve insan faaliyetlerini etkileyece kadar varlığı tam olarak anlaşılabilen kuraklık olgusu havzada kendini problem olarak kabul ettirecek kadar ciddi bir hal almıştır. Ayrıca özellikle son yıllarda bazı sivil toplum kuruluşları belediyeler ile birlikte havzada su kıtlığı, kuraklık, iklim değişikliği perspektifinde çalıştaylar, toplantılar düzenleyerek havzada bu konudaki sorunları tartışma platformları yaratma gayreti içerisinde girmişlerdir. KEÇİ Kültür Ekoloji Çevre ve İletişim Derneği liderliğinde düzenlenen "Kuyu Kurumadan" su çalıştayları bunun en güncel örneklerinden olup özellikle Ödemiş'teki toplantısına çiftçilerin yoğun katılımı söz konusu olmuştur (Beyaz Haber Ajansı, 2022). Geniş ve verimli tarım alanlarına sahip havzada son 20 yıla damgasını vuran sorunun kuraklık ve yeraltı sularının gelişi güzel kullanımı olduğuna Vardar (2010)' da dikkati çekmiştir. Alüvyal örtünün kalınlığının yer yer 200 metreyi geçtiği ovada yeraltı suyunun yoğun tüketimi sonucu son yıllarda 150 metrelerde dahi suya ulaşılamamaktadır. Küresel iklim değişikliği ile birlikte bu aşırı tüketimin gelecek yıllarda kaynakların sürdürülebilir kullanımıyla ilgili daha büyük problemlere yol açması beklenmektedir (Vardar, 2010).

Havzanın özellikle Bayındır, Beydağ, Kiraz, Ödemiş ve Tire ilçelerinde geniş sahalarda tarım yapılmakta, söz konusu alanlar dahilindeki nüfusun yaklaşık % 97'si tarımla uğraşmaktadır (Yoldaş, 2011). Tarımsal faaliyetlerin yoğun olduğu verimli topraklara ve ürün çeşitliğine sahip bu havzada yoğun tarımsal sulama, hayvancılık ve sanayileşme sebebiyle son 30 yıldır yeraltı su seviyelerinde ciddi bir düşüş gözlemlenmiştir. Havzanın sürdürülebilirliği için ciddi risk oluşturan bu düşüşlerin ileriki yıllarda daha kötü sonuçları ile karşılaşmamak için havzada pek çok baraj ve gölet gibi su yapısı projesi Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü tarafından planlanmış ve yapılmıştır (Şahin ve ark., 2018). Araştırma alanında halkın büyük bir bölümünün tarım ve hayvancılıkla geçimini sağlaması, yer yer yılda 3 kez hasat yapılan geniş ve verimli tarım alanlarına sahip olması, stratejik bazı tarım ürünlerinin yetiştirilmesi özellikle iklim değişikliği sürecinde artması öngörülen kuraklığın bölge için araştırmaya değer bir problem olduğunu göstermektedir.

Bu araştırma kapsamında Küçük Menderes Havzası'nda meteorolojik kuraklığın gelecekte zamansal ve mekânsal olarak nasıl değişeceği araştırılmıştır. IPCC'nin iklim senaryolarına göre gelecekte Küçük Menderes Havzası'nda kuraklığın mekânsal dağılışı haritalamak, Küçük Menderes Havzası'nda kuraklığın zamansal değişimiyle ilgili olumlu ve olumsuz iklim senaryolarına göre öngörülerini ortaya koymak, çiftçilerin kendi kişisel gözlemlerinden yola çıkarak havzadaki kuraklıkla ilgili endişe etmelerinin bilimsel açıdan da anlamlı olup olmadığını tespit etmek çalışmanın temel amaçlarıdır. Böylece Küçük Menderes Havzasındaki çiftçilerin problem ve araştırılması en öncelikli konu olarak gördükleri kuraklıkla ilgili gelecek yıllarda havzadaki değişimin nasıl olacağı tespit edilecektir.

## 2. Materyal ve Yöntem

### 2.1. Araştırma Alanı ve Veri

Küçük Menderes Havzası Batı Anadolu'da  $38^{\circ}41'05''$  ve  $37^{\circ}24'08''$  kuzey enlemleri ile  $28^{\circ}24'36''$  ve  $26^{\circ}11'48''$  doğu boylamları arasında bulunmaktadır (Şekil 1). Yaklaşık 702.931 hektarlık alanıyla Türkiye'deki 25 büyük hidrolojik havzadan biridir (Orman ve Su İşleri Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, 2018).

Küçük Menderes Havzası'nın iklimi Köppen-Geiger iklim sınıflamasına göre kışları ılık, yazları çok sıcak tipik Akdeniz iklimi (Csa) tipidir (Öztürk ve ark., 2017). Yaz kuraklığının belirgin olduğu araştırma alanında yağışlar Kasım, Aralık, Ocak, Şubat aylarında yoğunluk gösterir. Yıllık yağış miktarı ise 700 mm civarındadır (Vardar, 2010). Kuraklık, dünyanın pek çok bölgesi için önemli bir doğal afettir. Yağış rejiminin mevsimsel olduğu veya yağış değişkenliğinin oldukça yüksek olduğu kurak, yarı kurak alanlar yeryüzünde kuraklığa en hassas alanlardır (Maybank ve ark., 1995). Araştırma alanının da içinde bulunduğu Akdeniz Havzası dünyada yağışın mevsimsel olması ve yağış değişkenliğinin yüksek olması özelliği ile karakterize olmuş bir bölgedir (Dunkeloh ve Jacobeit, 2003; Deitch ve ark., 2017). Dolayısıyla sahip olduğu iklim karakteriyle Küçük Menderes Havzası kuraklığa son derece hassas olan bir alandır.

Bu çalışmada IPCC'nin 5.değerlendirme raporundaki (AR5) iklim senaryolarından RCP 4.5 ve RCP 8.5 senaryosu ile üretilen HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR, GFDL-ESM2M küresel iklim modelinin RegCM4 modeli ile ölçüğü küçültülen çıktılarını kullanılmıştır. 20 km çözünürlüklü olan veri seti 1971-2000 referans dönemi ve 2016-2099 yılları arasında kapsamaktadır. Çalışma alanını içine alan bölge için, aylık ve yıllık toplam yağış (mm) ile aylık ve yıllık ortalama sıcaklık ( $^{\circ}\text{C}$ ) değerleri analizlerde kullanılmıştır. Çalışma kapsamında kullanılan küresel iklim modeli çıktılarını Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden araştırma amaçlı kullanılmak üzere ücretsiz olarak temin edilmiştir. Meteoroloji Genel Müdürlüğü 2011 yılından beri AR5 kapsamında geliştirilen RCP 4.5 ve RCP 8.5 senaryolarını ve HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR, GFDL-ESM2M küresel modellerini tercih ederek, Türkiye ve çevresi için 20 km çözünürlüklü bölgesel iklim projeksiyonlarını üretmeye başlamıştır (MGM, 2015; MGM, 2023). Ayrıca Çeşme, Ödemiş, Selçuk, Kuşadası, İzmir (Bölge) meteoroloji istasyonlarının 1971-2000 yıllarına kapsayan yıllık toplam yağış ve yıllık ortalama sıcaklık verileri model doğrulaması amacıyla Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden temin edilmiştir (MGM, 2021). Meteoroloji istasyonu verileri küresel iklim modellerinin referans dönem verileriyle karşılaştırmak ve modellerin hata paylarını hesaplamak için kullanılmıştır. Meteoroloji istasyonları araştırma alanında 1970-2000 yılları arasında düzenli yağış ve sıcaklık ölçümü yapan istasyonlardan havzanın tamamını temsil edebilecek lokasyonlarda olmalarına dikkat edilerek seçilmiştir. Dolayısıyla kullanılan istasyonların seçiminde havzanın batısını, doğusunu, güneyini ve kuzeyini temsil edebilecek ve 20 km çözünürlüklü küresel iklim modeli verilerinin lokasyonlarına en yakın konumdaki istasyonlar seçilmiştir (Şekil 1). Çalışmadaki iklim verilerinin analizinde Microsoft Excel, haritaların üretilmesinde coğrafi bilgi teknolojileri yazılımlarından ArcGIS 10.2 programı kullanılmıştır.

MGM (2013) tarafından "kötümser" olarak nitelenen RCP 8.5 senaryosu, en yüksek ışımsal zorlama ( $2100$  yılında  $8.5 \text{ w/m}^2$ ) ve konsantrasyon tahmini ile güncel şartlara göre gelecek yıllarda küresel anlamda öngörülen en kötümser senaryodur. "Mutedil" olarak nitelenen RCP 4.5 senaryosuna göre ise radyatif (ışımsal) zorlamanın yüzyılın son çeyreğinde  $4.5 \text{ w/m}^2$ 'ye çıkması öngörülmektedir. RCP 4.5 senaryosu nispeten daha iyimser bir senaryodur (MGM, 2013; Gürkan, 2015).

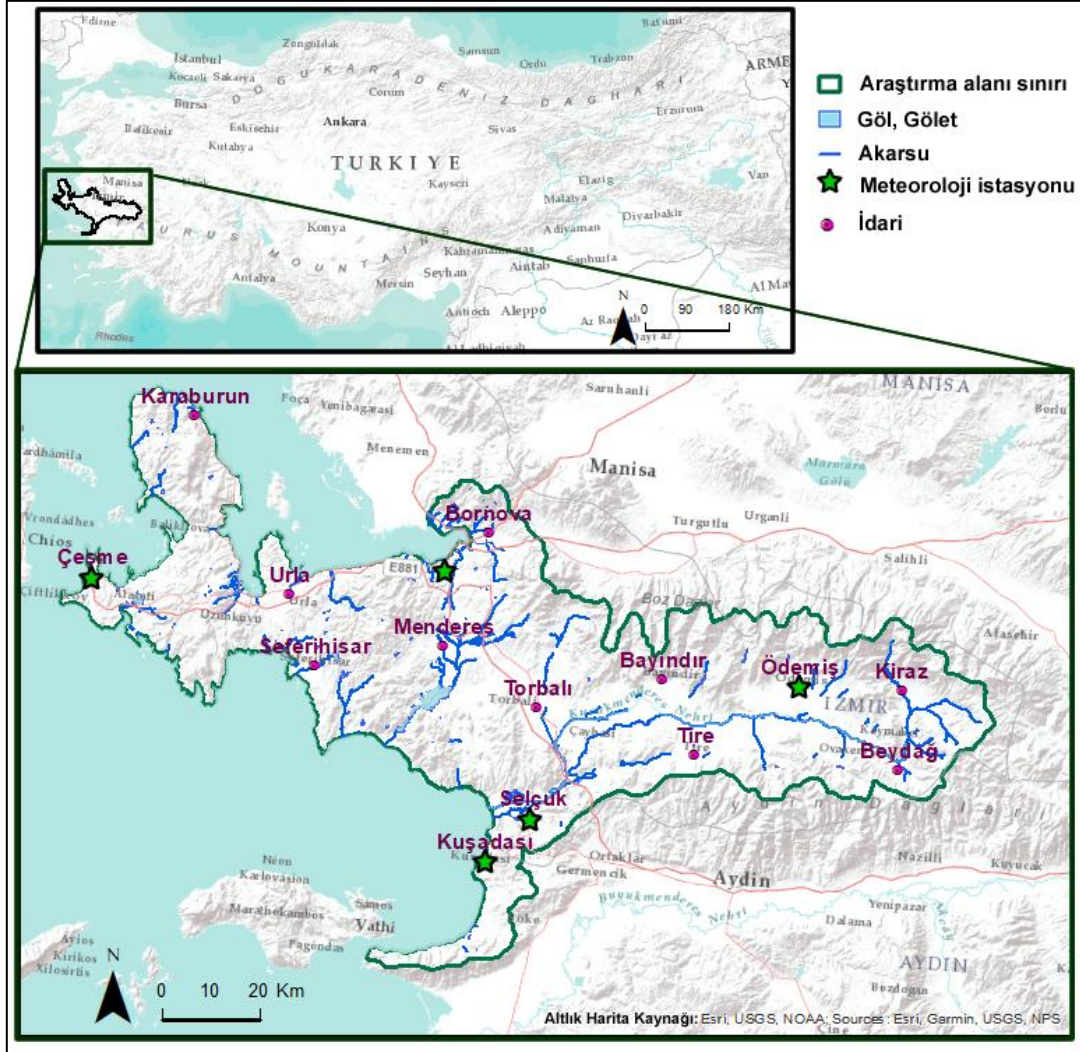


Figure 1. Location map of the study area

Şekil 1. Araştırma alanının lokasyon haritası

## 2.2. Yöntem

Belli sınırlar içerisinde hata payları bulundurması kaçınılmaz olan iklim modellerinin hata oranlarının hesaplanması için literatürde en çok kullanılan yöntemlerden olan ortalama hata değeri (ME) ve kök ortalama kare hata değeri (RMSE) uygulanmıştır (Şen, 2007; Güney, 2017; Eskiöğlü ve ark., 2017; Gürkan ve ark., 2020). İklim modellerinin doğrulaması amacıyla 1971-2000 dönemine ait HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR, GFDL-ESM2M küresel iklim modeli referans verisi ve Selçuk, Kuşadası, Çeşme, Ödemiş, İzmir Meteoroloji İstasyonlarının 1971-2000 dönemine ait yağış ve sıcaklık verilerinden yararlanılmıştır. Doğruluk analizi sonuçlarını sayısal bir şekilde ortaya koyabilmek amacıyla her yılın ortalama sıcaklık ve toplam yağış verileriyle ortalama hata (ME) ve kök hata kareleri ortalaması (RMSE) değerleri hesaplanmış, ayrıca sonuçlar grafik olarak verilmiştir. Böylece HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR, GFDL-ESM2M küresel iklim modellerinin hata payı sayısal olarak ortaya konulmuş, araştırma alanı için en uygun küresel iklim modeline karar verilmiştir.

Yapılan hata analizleri sonucu araştırma alanı için en uygun model olduğu tespit edilen HadGEM2-ES modelinin gelecek dönem RCP 4.5 ve RCP 8.5 senaryolarının kaba çözünürlük sonuçları 2016-2040, 2041-2070 ve 2070-2099 yıllarını kapsayan periyotlar halinde değerlendirilmiştir. Ayrıca 1971-2000 yıllarını kapsayan referans dönem ve 2016-2099 genel periyodu için de analizler yapılmıştır (Şekil 2).

Literatürde farklı boyutlarıyla ele alınan kuraklığı değerlendirmede pek çok farklı yöntem kullanılmıştır (Türkeş ve Demirörs, 2010; Konukçu ve ark., 2020; Sarış ve Gedik, 2021; Bakanoğulları ve ark., 2022). Bu

çalışmada kuraklığın ele alınan boyutu meteorolojik kuraklıktır ve araştırma alanının da içinde bulunduğu Akdeniz Havzasında pek çok çalışmada kullanılmış Bagnouls Gaussen Kuraklık İndisi (BGI) kullanılarak değerlendirilmiştir. Bagnouls ve Gaussen (1953) Akdeniz biyoikliminin analizi, bunun bitkilerin yaşamsal faaliyetleri ve tarım potansiyeliyle ilişkisi üzerinde duran araştırmacılarıdır (Di Castri, 1973). BGI'nın seçilme sebebi araştırma alanının da içinde bulunduğu Akdeniz Havzası'nda bu yöntemin uygulandığı pek çok çalışmanın olması ve elimizdeki veri setinin bu formülde kullanılması gereken parametrelere uygun olmasıdır. Zira, Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden küresel iklim modeli verilerinin sadece aylık verileri temin edilebilmiştir.

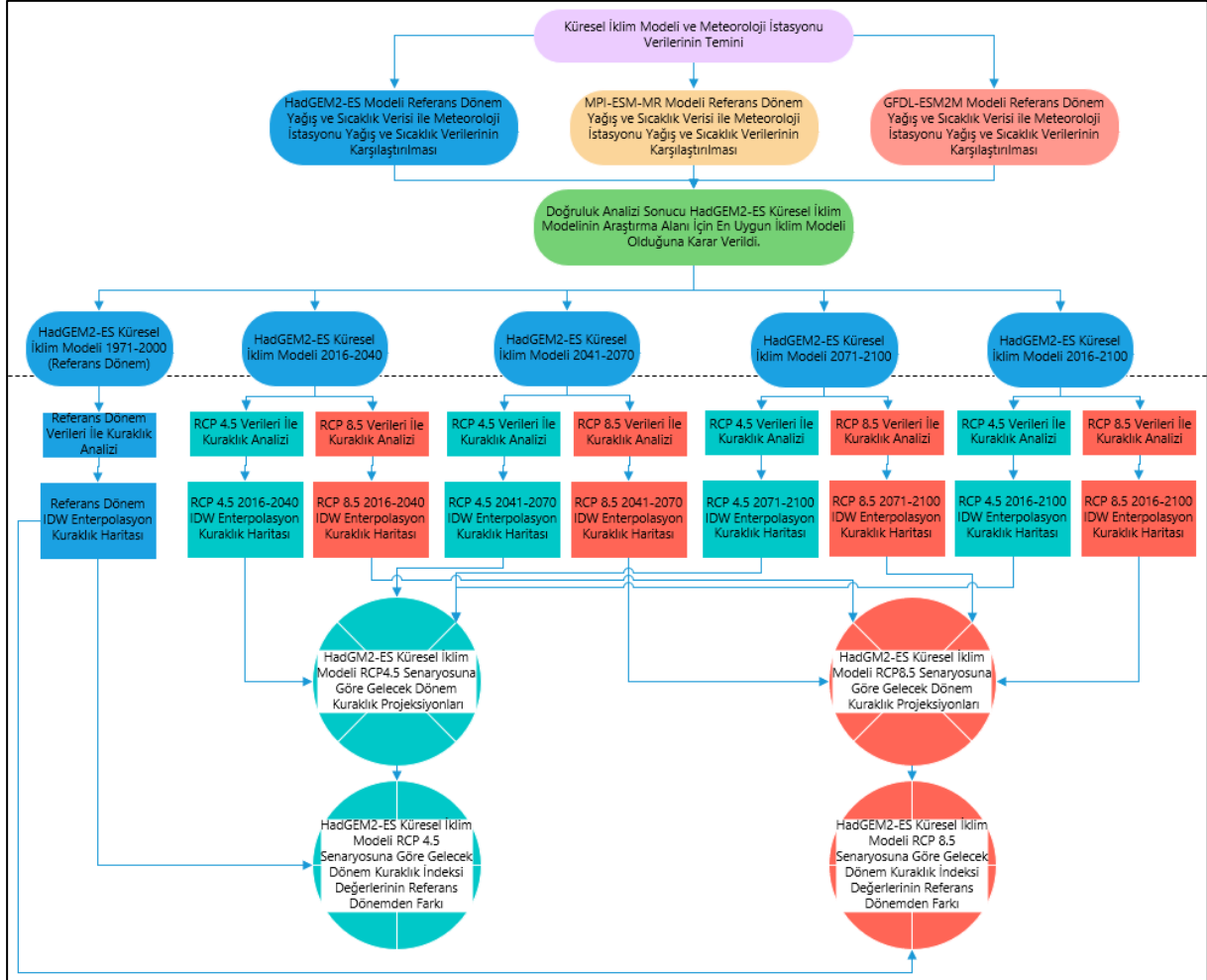


Figure 2. Flow chart of research method

### Şekil 2. Araştırma yönteminin iş akış şeması

BGI, aylık ortalama sıcaklık ve yağış miktarı verileri gibi kolayca elde edilebilen meteorolojik verilerle evapotranspirasyon tahmin edilerek aylık nem dengesi bazında hesaplanır. Eşitlik (1)'de verildiği şekilde uygulanması kolay bir formülü vardır. BGI hesaplarken aylık ortalama sıcaklığın iki katının aynı aydaki yağış miktarından fazla olduğu aylar hesaba katılır. Bu şekilde hesaplanan Bagnouls Gaussen kuraklık indeksi değerleri *Tablo 1*'de sunulmuş olan değer aralıklarına göre değerlendirilip, hangi kuraklık sınıfına girdiği tanımlanır (Cebeci ve ark., 2013; Pogetti ve ark., 2019). BGI'nın normalde 4 sınıflı bir kuraklık tanımlaması vardır (*Tablo 1*). Ancak bu çalışmada kuraklık ile ilgili daha detaylı değerlendirme yapabilmek için haritalama aşamasında lejant 10 sınıflı olarak düzenlenmiştir. BGI analizi sonrası benzer yaklaşımla lejant düzenlemesi Güney (2017) tarafından da yapılmıştır. Bu çalışmada ise indeks değeri 0 olan alanlar "Nemli" ve 1-50 arasında olan alanlar "Yarı Nemli" olarak orijinal sınıflandırmalarındaki şekilde bırakılmıştır. 51-130 BGI değeriyle "Kurak" olarak tanımlanan alanlar ve >130 BGI değeriyle "Çok Kurak" olarak tanımlanan alanlar kendi içinde 20 sınıf aralığıyla bölünmüştür. Böylece 51-70 (Kurak 1), 71-90 (Kurak 2), 91-110 (Kurak 3), 111-130 (Kurak 4), 131-150 (Çok Kurak 1), 151-170 (Çok Kurak 2), 171-190 (Çok Kurak 3), 190'dan büyük (Çok Kurak 4) şeklinde düzenlenerek haritalama

esnasında lejant düzenlenmiştir (Şekil 5-7). Böylece araştırma alanında en geniş alanı kaplayan Kurak ve Çok Kurak sınıflarının alt derecelendirmeleri yapılarak daha detaylı değerlendirme yapabilmek mümkün olmuştur.

$$BGI = \sum_{i=0}^{12} (2ti - pi)ki \quad (\text{Eş.1})$$

Eşitlikte;

ti: i ayındaki aylık ortalama sıcaklık (°C)

pi: i ayındaki aylık toplam yağış miktarı (mm)

ki: 2ti-pi>0 olduğu aylar.

**Tablo 1. Bagnouls Gaussien Kuraklık İndeksi'nin sınıflaması ve sınıf tanımları (Cebeci ve ark., 2013)**

*Table 1. Classification and class definitions of Bagnouls Gaussien Drought Index*

BGI Değeri	Sınıf	Tanım
0	1	Nemli
1-50	2	Yarı-nemli
51-130	3	Kurak
>130	4	Çok kurak

Referans dönemi (1971-2000) ile gelecek dönem (2016-2040, 2041-2070 ve 2071-2099 periyotları ve 2016-2099 genel periyodu) arasındaki farklar alınarak gelecek dönemde gerçekleşmesi öngörülen değişimler ortaya konulmuştur (Güney, 2017). Elde edilen BGI ve fark değerleri IDW enterpolasyonla haritalanıp, araştırma alanı kesilerek havzanın gelecek dönem kuraklık projeksiyonları ve fark haritaları elde edilmiştir (Şekil 2).

### 3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

#### 3.1. Model Doğruluk Analizi

Araştırmada kullanılan meteoroloji istasyonlarının 1971-2000 dönemine ait sıcaklık ve yağış rasat verilerinin iklim modellerinin referans dönem değerleriyle birlikte analizi sonucu elde edilen ortalama hata (ME) ve kök hata kareler ortalaması (RMSE) değerleri sonucunda araştırma alanı için en uygun iklim modelinin HadGEM2-ES modeli olduğuna karar verilmiştir (Tablo 2).

**Tablo 2. İklim modellerinin 1971-2000 referans periyodu yıllık ortalama sıcaklıklarının ve yıllık toplam yağış verilerinin meteoroloji istasyonlarının gözlem verileri ile karşılaştırarak hazırlanmış ortalama hata (ME) ve kök ortalama kare hata (RMSE) analizi sonuçları**

*Table 2. Mean error (ME) and root mean square error (RMSE) analysis results prepared by comparing the 1971-2000 reference period annual average temperatures and annual total precipitation data of climate models with the observation data of meteorology stations*

METEOROLOJİ İSTASYONU	SICAKLIK						YAĞIŞ					
	HadGEM2-ES		MPI-ESM-MR		GFDL-ESM2M		HadGEM2-ES		MPI-ESM-MR		GFDL-ESM2M	
	ME	RMSE	ME	RMSE	ME	RMSE	ME	RMSE	ME	RMSE	ME	RMSE
Çeşme	0.3	0.6	0.1	0.6	-1.9	2.0	202.1	268.7	604.3	656.1	718.2	778.3
Ödemiş	-2.4	2.5	-2.5	2.6	-4.6	4.6	52.0	185.3	-206.9	265.2	-148.5	236.5
Selçuk	-1.0	1.1	-0.8	1.1	-3.0	3.1	644.9	708.3	-21.4	244.8	-104.6	305.9
Kuşadası	1.2	1.3	0.8	1.0	-1.3	1.4	386.3	464.0	717.2	764.0	793.5	881.8
İzmir (Bölge)	-3.0	3.0	-3.0	3.1	-5.1	5.2	267.2	316.5	-136.8	267.7	-102.7	245.7
<b>ORTALAMA</b>	<b>0.98</b>	<b>1.7</b>	<b>-1.08</b>	<b>1.68</b>	<b>-3.18</b>	<b>3.26</b>	<b>310.5</b>	<b>388.56</b>	<b>191.28</b>	<b>439.56</b>	<b>231.18</b>	<b>489.64</b>

Araştırmada kullanılan meteoroloji istasyonlarının 1971-2000 dönemine ait sıcaklık rasat verilerinin HadGEM2-ES modelinin referans periyodu sıcaklık verileriyle karşılaştırılmasında ortalama hata (ME) 0.3 (Çeşme) ile -3.0 (İzmir-Bölge) arasında değişen değerlerde çıkmıştır. En küçük kareler hata değeri (RMSE) ise 0.6 (Çeşme) ile 3.0 (İzmir-Bölge) değişen değerlerde hesaplanmıştır. Model gözlem değerlerine en yakın sonucu 0.3 °C fazla sıcaklık kestiriminde (sıcak bias) bulunarak Çeşme istasyonunda vermiştir. Model gözlem değerlerinden en uzak sonucu ise 3 °C daha düşük sıcaklık kestiriminde bulunarak (soğuk bias) İzmir-Bölge istasyonunda vermiştir. İstasyonların ortalama hata değerlerinin (ME) ortalaması 0.98 °C'dir. Şekil 3'deki yıllık ortalama sıcaklık değerlerinin grafik eğrilerinde genel itibariyle model ile gözlem verileri benzer paterne

sahiptirler. Diğer bir deyişle genel itibariyle gözlem ve model verilerinin birlikte artıp azalması söz konusuken, bazı yıllar model ve gözlem çizgileri çakışacak kadar yakın değerlerdedir. Yıllık olarak model ile gözlem değerleri arasında en büyük fark İzmir Bölge istasyonunda  $-4.6\text{ }^{\circ}\text{C}$  ile 1994 yılındayken, en düşük fark ise  $0.0\text{ }^{\circ}\text{C}$  (model ve istasyon ölçüm değeri aynı) Çeşme istasyonunda 1975 ve 1972 yıllarında olduğu tespit edilmiştir (Şekil 3).

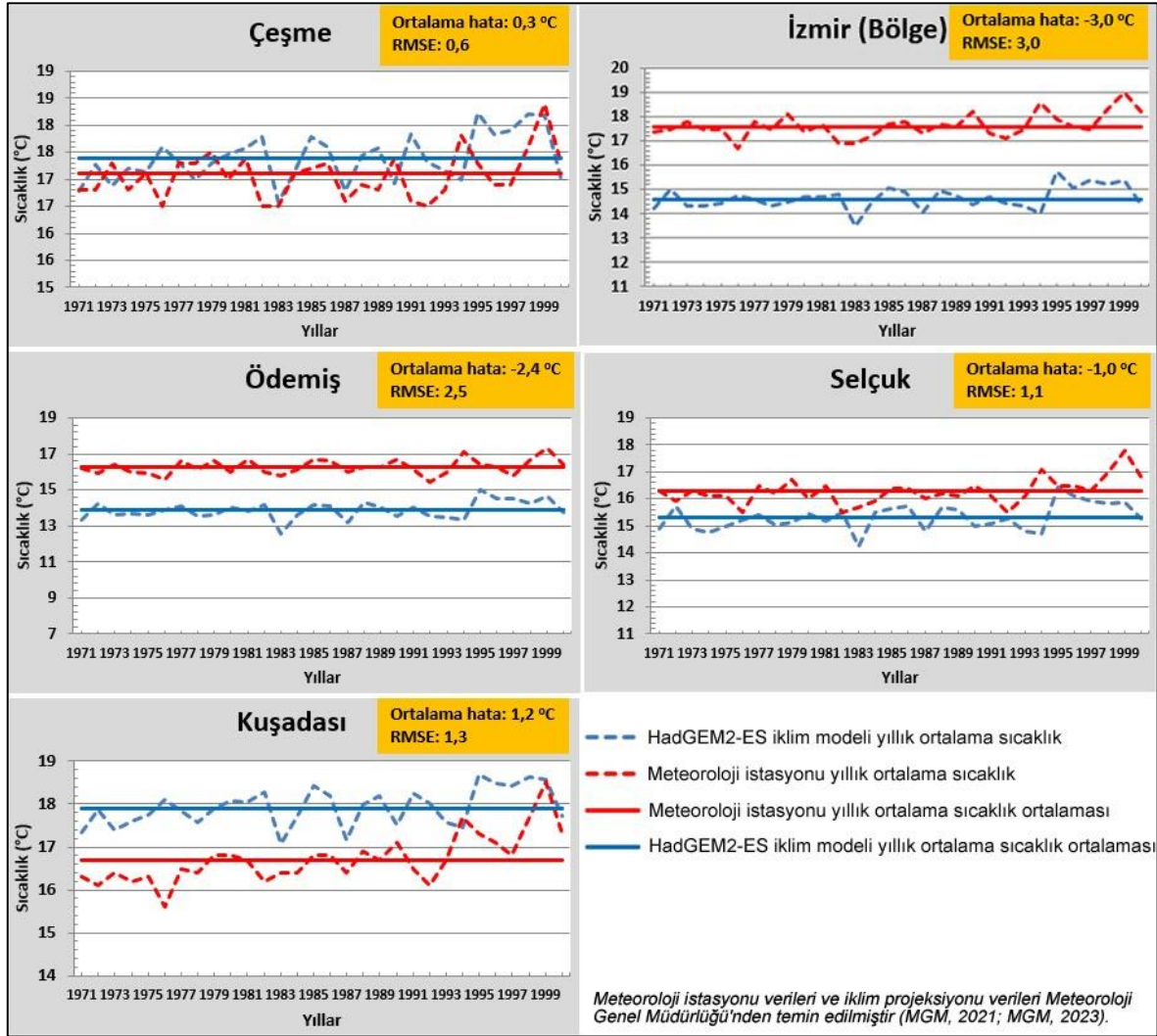


Figure 3. Comparison of annual average temperature data of Çeşme, İzmir (Bölge), Ödemiş, Selçuk, Kuşadası meteorology station and reference period of HadGEM2-ES climate model (1971-2000)

**Şekil 3. Çeşme, İzmir (Bölge), Ödemiş, Selçuk, Kuşadası meteoroloji istasyonu ile HadGEM2-ES iklim modelinin referans döneminin (1971-2000) yıllık ortalama sıcaklık verilerinin karşılaştırması**

Araştırmada kullanılan meteoroloji istasyonlarının 1971-2000 dönemine ait yağış rasat verilerinin HadGEM2-ES modelinin referans dönem yağış değerleriyle kıyaslanmasında ortalama hata değeri (ME) 52 mm (Ödemiş) ile  $-644.9\text{ mm}$  (Selçuk) arasında değişen değerlerde çıkmıştır. En küçük kareler hata değeri (RMSE) ise 185.3 (Ödemiş) ile 708.3 (Selçuk) değişen değerlerde hesaplanmıştır. Model gözlem değerlerine en yakın sonucu 52 mm fazla yağış kestiriminde (yüksek bias) bulunarak Ödemiş istasyonunda vermiştir. Model gözlem değerlerinden en uzak sonucu ise 644.9 mm daha fazla yağış kestiriminde bulunarak (yüksek bias) Selçuk istasyonunda vermiştir. İstasyonların ortalama hata değerlerinin (ME) ortalaması 310.5 mm'dir. Bu durumda modelin yağış verisinin hata payının sıcaklığa göre daha yüksek olduğunu söyleyebiliriz. Yıllık olarak modelle gözlem değerleri arasında en büyük fark Selçuk istasyonunda 1095.7 mm ile 1987 yılındayken, en düşük fark ise  $-0.5\text{ mm}$  Ödemiş istasyonunda 1979 yıllarında olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4).



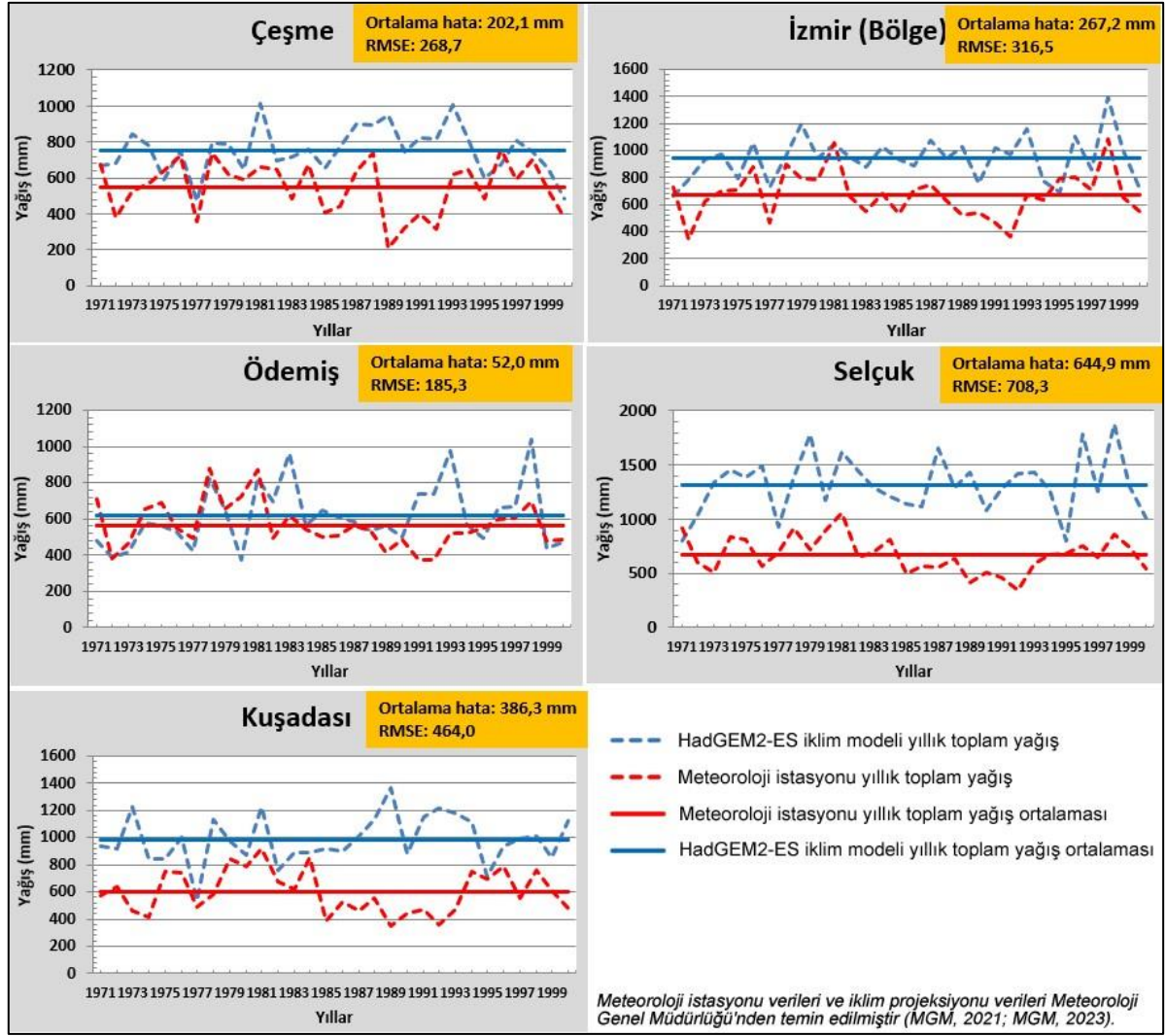


Figure 4. Comparison of annual total precipitation data of Çeşme, İzmir (Bölge), Ödemiş, Selçuk, Kuşadası meteorology station and reference period of HadGEM2-ES climate model (1971-2000)

**Şekil 4. Çeşme, İzmir (Bölge), Ödemiş, Selçuk, Kuşadası meteoroloji istasyonu ile HadGEM2-ES iklim modelinin referans döneminin (1971-2000) yıllık toplam yağış verilerinin karşılaştırması**

**3.2. HadGEM2-ES Küresel İklim Modeli RCP 4.5 Senaryosuna Göre 1971-2000 Referans Dönemi ve Gelecek Dönem Kuraklık Projeksiyonları**

Şekil 5'te 1970-2000 referans dönemi ve HadGEM2-ES küresel iklim modelinin RCP 4.5 senaryosu için Bagnouls-Gausson kuraklık indeksi (BGI) dağılım haritaları verilmiştir. HadGEM2-ES küresel iklim modeli RCP 4.5 senaryosu verilerinin analizi ile elde edilen kuraklık projeksiyonlarına göre araştırma alanında 1970-2000 referans döneminde Bayındır'ın kuzeyinde küçük bir alanda yarı nemli BGI sınıfı, Bayındır ve çevresinde kurak 1 sınıfı, havzanın doğusu ve güneyinde kurak 2, havzanın orta ve batı kesiminde ağırlıklı olarak kurak 3 ve kurak 4 sınıfları, Menderes ilçe merkezinin olduğu kesimde çok kurak 1 BGI sınıflarına ait değerler bulunmaktadır. 1970-2000 referans döneminde araştırma alanında BGI minimum değeri 47.7 iken, maksimum değeri 142.0, havza ortalaması 91.8'dir. 2016-2099 genelinde ve daha detaylı incelemek için ayrılan alt dönemlerde ise kurak 2, 3, 4 ve çok kurak 1, 2, 3, 4 BGI sınıflarına ait değerler olduğunu görüyoruz. HadGEM2-ES küresel iklim modeli RCP 4.5 senaryosuna göre 2016-2099 genel döneminde havzada minimum BGI değeri 73.5, maksimum değer 258.6, havza ortalaması ise 117.1'dir. Dolayısıyla 2016-2099 genel gelecek dönem projeksiyonunda 1971-2000 referans dönemine göre daha yüksek maksimum, minimum ve ortalama BGI değerleri söz konusudur (Şekil 5).

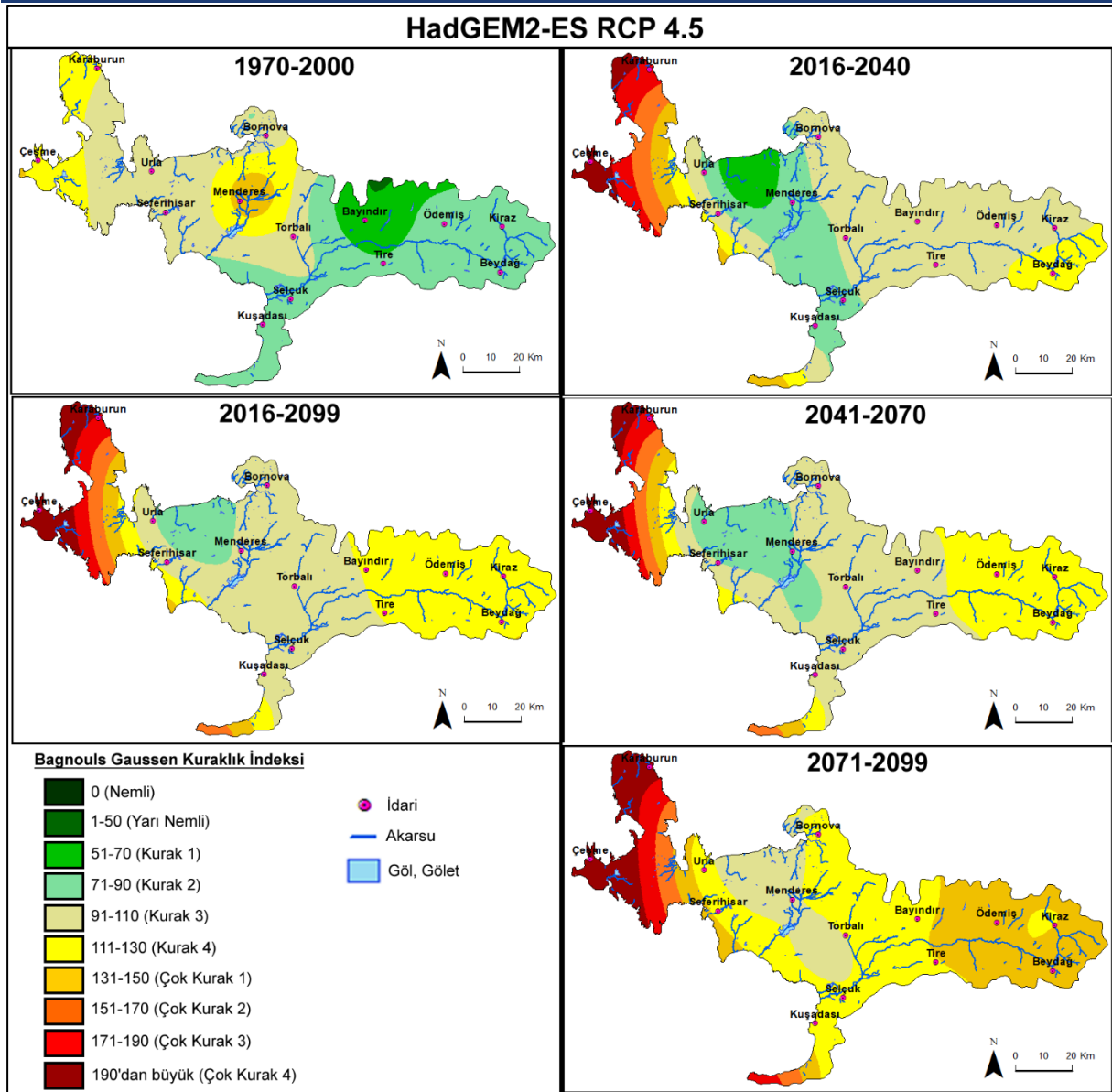


Figure 5. Reference period and future drought projections according to HadGEM2-ES global climate model RCP 4.5 scenario in the study area

**Şekil 5. Araştırma alanında HadGEM2-ES küresel iklim modeli RCP 4.5 senaryosuna göre referans dönem ve gelecek dönem kuraklık projeksiyonları.**

Havzadaki gelecek dönem kuraklığı ele aldığımızda 2016-2040 döneminde HadGEM2-ES RCP 4.5 senaryosuna göre minimum BGI değeri 53.8, maksimum değer 226.2, havza ortalaması 107.1; 2041-2070 periyodunda BGI değerleri artarak minimum 71.0, maksimum 277.1, havza ortalaması 113.6 olmuş iken; 2071-2099 döneminde ise minimum BGI değeri 93.1, maksimum BGI 255.1, ortalama BGI 132.5'tir. Dolayısıyla 2041-2070 ile 2071-2099 periyodundaki maksimum BGI değerini saymazsak havzanın minimum, maksimum ve ortalama BGI değerlerinde periyotlar arasında sürekli bir artış olduğunu söyleyebiliriz. Bunun sonucunda özellikle havzanın orta ve doğu kesiminde ilk gelecek dönem periyodundan son gelecek dönem periyoduna doğru kuraklık sınıflarının daha üst kademede daha geniş alanlar kaplamaya başladığı dikkati çekmektedir. Nitekim 2016-2040 periyodunda havzanın tarımsal açıdan en önemli bölgesi kabul edilen doğu kesiminde kurak 3 sınıfı geniş alan kaplarken, 2071-2099 gelecek dönem periyoduna geldiğimizde ise bu kesimde kurak 3 sınıfı ortadan kalkmış, onun yerine kurak 4 ve çok kurak 1 sınıfı geniş alanlarda yerini almıştır. İyimser senaryoya göre bile havzanın tarımsal açıdan en önemli bölgesindeki bu değişim endişe vericidir. Referans dönemde Bayındır'ın kuzeyinde zaten sınırlı bir alanda görülen yarı nemli sınıfı 2016-2040 döneminde ortadan kalkmıştır (Şekil 5).

İyimser senaryoya göre özellikle havzanın yoğun olarak tarım yapılan doğu ve kısmen orta kesiminde kuraklığın periyotlar arasında kademeli olarak artacağı 2071-2099 periyodunda ise söz konusu bölgelerde kuraktan çok kurak sınıfa geçiş olacağı tespit edilmiştir.

HadGEM2-ES küresel iklim modeli RCP 4.5 senaryosuna göre araştırma alanındaki BGI değerlerinin değişimini ortaya koyabilmek için gelecek dönem periyotlarından referans dönemin farkı alınarak haritalanmıştır (Şekil 5). Havzada kuraklıkla ilgili değişikliklerin yönünü ve şiddetini yansıtan BGI fark haritaları incelendiğinde BGI değerlerinin havzanın çok büyük bir kesiminde artma göstermiştir. Sadece havzanın orta kesiminde Menderes ve çevresinde kuraklık indeksi fark değerlerinin negatif değerler olduğu görülmektedir. Havzanın tarımsal açıdan en önemli kesimi olan doğu kesiminde özellikle kuraklık indeksi fark değerlerine baktığımızda önemli artış olacağı ön görülmektedir. Bu artışlar 2071-2099 periyodunda diğer periyotlara göre daha belirgindir (Şekil 6).

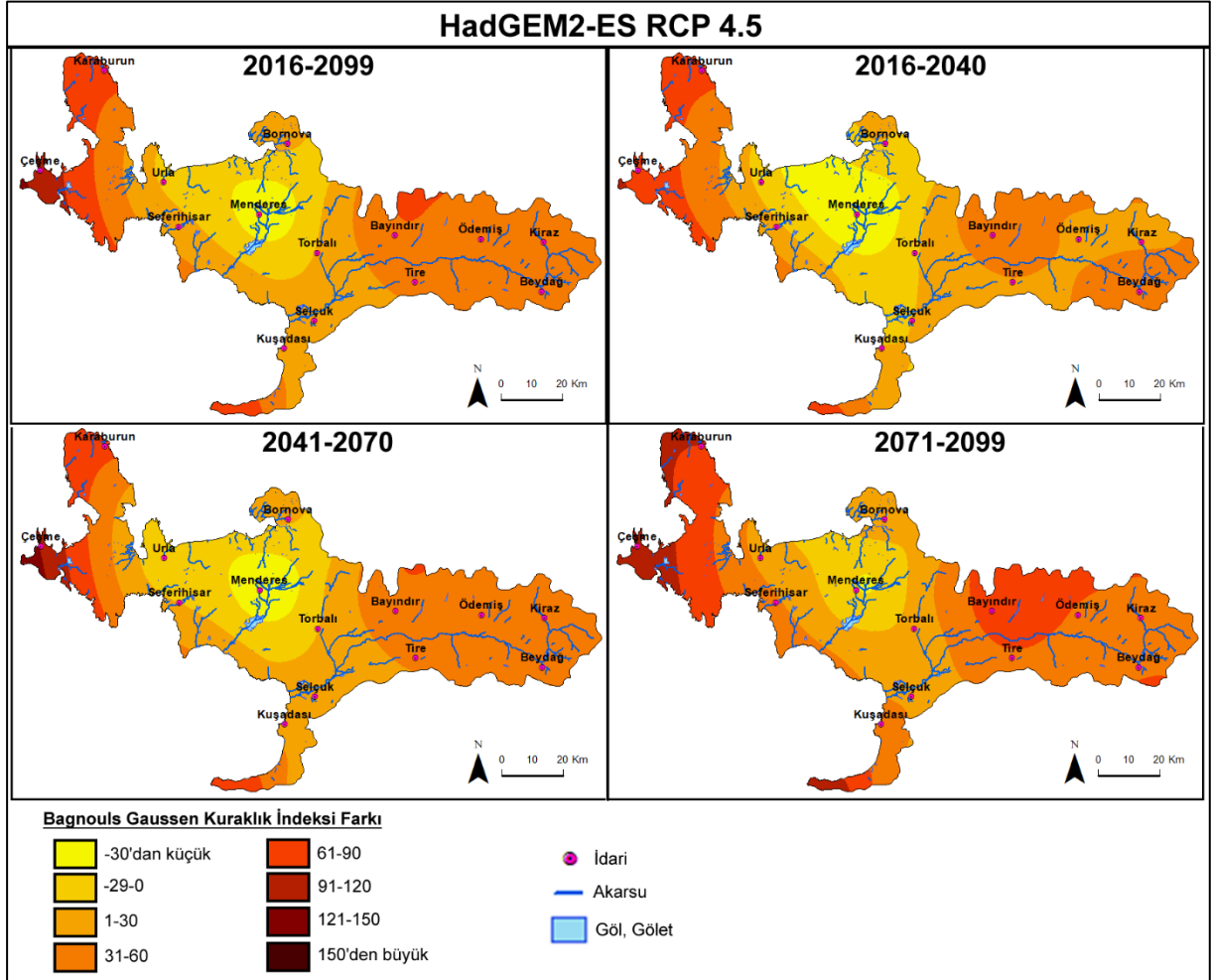


Figure 6. The differences of the future period drought index values from the reference period (1970-2000) according to the HadGEM2-ES global climate model RCP 4.5 scenario in the research area.

**Şekil 6. Araştırma alanında HadGEM2-ES küresel iklim modeli RCP 4.5 senaryosuna göre gelecek dönem kuraklık indeksi değerlerinin referans dönemden (1970-2000) farkları.**

### 3.3.HadGEM2-ES Küresel İklim Modeli RCP 8.5 Senaryosuna Göre 1971-2000 Referans Dönemi ve Gelecek Dönem Kuraklık Projeksiyonları

Şekil 7'de 1970-2000 referans dönemi ve HadGEM2-ES küresel iklim modelinin RCP 8.5 senaryosu için Bagnouls-Gaussien kuraklık indeksi (BGI) dağılım haritaları verilmiştir. HadGEM2-ES küresel iklim modeli RCP 8.5 senaryosu verilerinin analizi ile elde edilen kuraklık projeksiyonlarına göre araştırma alanında 1970-2000 referans döneminde Bayındır'ın kuzeyinde küçük bir alanda yarı nemli BGI sınıfı, Bayındır ve çevresinde kurak 1 sınıfı, havzanın doğusu ve güneyinde kurak 2, havzanın orta ve batı kesiminde ağırlıklı olarak kurak 3 ve kurak

4 sınıfları, Menderes ilçe merkezinin olduğu kesimde çok kurak 1 BGI sınıflarına ait değerler bulunmaktadır. 1970-2000 referans döneminde araştırma alanında minimum BGI değeri 47.7, maksimum değer 142.0, havzanın ortalama değeri ise 91.8'dir. 2016-2009 genelinde ve daha detaylı incelemek için ayrılan alt dönemlerde ise yarı nemli sınıflarına ait değerler ne genel periyotta ne alt dönemlerde bulunmamaktadır. Gelecek dönem projeksiyonlarında kurak 2, 3, 4 ve çok kurak 1, 2, 3, 4 BGI sınıflarına ait değerler olacak öngörülmektedir. 2016-2040 periyodunda Menderes'in kuzey ve güneyinde görülen kurak 2 sınıfı 2040-2070 döneminde yerini kurak 3'e 2071-2099 döneminde ise kurak 4'e bırakacağı ön görülmektedir (Şekil 7).

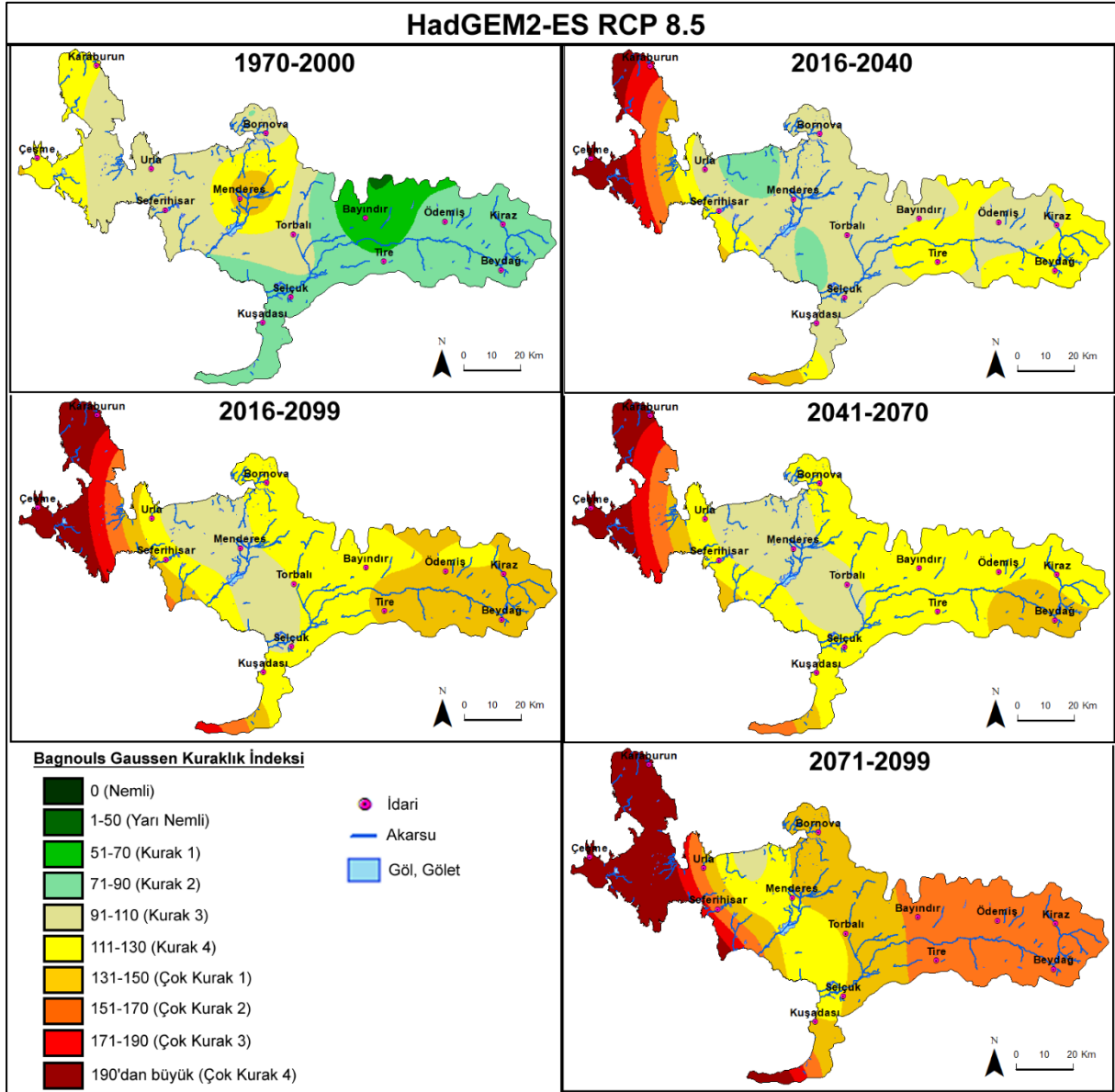


Figure 7. Reference period and future drought projections according to HadGEM2-ES global climate model RCP 8.5 scenario in the study area

**Şekil 7. Araştırma alanında HadGEM2-ES küresel iklim modeli RCP 8.5 senaryosuna göre referans dönem ve gelecek dönem kuraklık projeksiyonları**

HadGEM2-ES küresel iklim modeli RCP 8.5 senaryosu analiz sonuçlarına göre 2016-2099 genel döneminde araştırma alanında minimum BGI değeri 93.7, maksimum BGI 270.3, havza ortalaması 133.1'dir. Dolayısıyla 2016-2099 genel gelecek dönem projeksiyonunda 1971-2000 referans dönemine göre daha yüksek minimum, maksimum ve ortalama BGI değerleri söz konusudur. Aynı zamanda RCP 4.5 senaryosuna göre de daha yüksek minimum, maksimum ve ortalama BGI değerleri öngörülmektedir. Havzadaki gelecek dönem kuraklığı ele

aldığımızda 2016-2040 periyodunda minimum BGI değeri 82.2, maksimum BGI 261.0, havza ortalaması 115.5; 2041-2070 periyodunda minimum BGI 93.0, maksimum 254.1, havza ortalaması 128.3 iken; 2071-2099 döneminde minimum BGI 102.8, maksimum 294.0, ortalama değer ise 160.2'dir. Dolayısıyla 2016-2040 ile 2041-2070 periyodundaki maksimum BGI değerinin saymazsak havzanın minimum, maksimum ve ortalama BGI değerlerinde periyotlar arasında sürekli bir artış olduğunu söyleyebiliriz. Bunun sonucunda özellikle havzanın orta ve doğu kesiminde ilk gelecek dönem periyodundan son gelecek dönem periyoduna doğru kuraklık sınıflarının daha üst kademede daha geniş alanlar kaplamaya başladığı dikkati çekmektedir. Nitekim 2016-2040 periyodunda havzanın tarımsal açıdan en önemli bölgesi kabul edilen doğu kesiminde kurak 3 ve kurak 4 sınıfı geniş alan kaplarken, 2071-2099 gelecek dönem periyoduna geldiğimizde ise bu kesimde kurak 3 ve kurak 4 sınıfı ortadan kalkmış, onun yerine çok kurak 1 ve çok kurak 2 sınıfı geniş alanlarda yerini almıştır. Kötümser senaryoya göre havzanın tarımsal açıdan en önemli bölgesi olan ve halihazırda zaten yeraltı suyu ve kuraklık ile ilgili problemleri bulunan bu sahadaki kuraklığın gelecekte çok daha ciddi bir problem olacağı öngörülmektedir (*Şekil 7*).

Kötümser senaryoya göre de özellikle havzanın yoğun olarak tarım yapılan doğu ve kısmen orta kesiminde kuraklığın periyotlar arasında kademeli olarak artacağı 2071-2099 periyodunda ise söz konusu bölgelerde kuraktan çok kurak sınıfına geçiş olacağı tespit edilmiştir. Kötümser senaryoda iyimser senaryoya göre kuraklığın değerleri genel anlamda daha büyük elde edilmiştir.

HadGEM2-ES küresel iklim modeli RCP 8.5 senaryosuna göre araştırma alanındaki BGI değerlerinin değişimini ortaya koyabilmek için gelecek dönem periyotlarından referans dönemin farkı alınarak haritalanmıştır (*Şekil 8*). Havzada kuraklıkla ilgili değişikliklerin yönünü ve şiddetini yansıtan BGI fark haritaları incelendiğinde BGI değerlerinin havzanın çok büyük bir kesiminde artma göstermiştir. Sadece havzanın orta kesiminde Menderes ve çevresinde kuraklık indeksi fark değerlerinin negatif değerler olduğu görülmektedir. Kuraklık indeks değerlerindeki artışların 2071-2099 periyodunda diğer periyotlara göre çok daha fazla olacağı öngörülmektedir (*Şekil 8*). *Şekil 6*'da sunulan iyimser senaryoya göre kötümser senaryonun bütün periyotlardaki referans dönem farkları daha fazladır.

Muluk ve ark. (2013) Türkiye genelinde büyük havzalardaki kişi başına düşen su miktarını hesaplamış ve bu değerlendirme içerisinde Küçük Menderes Havzası Türkiye'deki 25 büyük havza içerisinde mutlak su kıtlığı yaşayan tek havza olması ile dikkati çekmiştir.

MGM (2014) tarafından yapılan projeksiyon çalışmalarında Küçük Menderes Havzası'nda gelecekte sıcaklıklarda 3 ila 5 °C'lik artışların yaşanacağı, yağışlarda ise 2011-2040 periyodunda artma eğilimi olsa da 2099'a kadar olan kalan dönemde % 10 ila % 20 arasında azalma olacağı öngörülmüştür. Dolayısıyla sıcaklardaki artışa karşın yağış miktarlarında azalış denklemi sonucunda havzada kuraklığın ilerleyen yıllarda daha da artacağı, halihazırda özellikle tarım sektöründe kendini hissettiren su probleminin önümüzdeki yıllarda daha da artacağı ortadadır. Kuraklığın şimdilik tarım sektöründekiler için endişe verici boyutu ilerleyen yıllarda etki alanını geliştirerek kuraklık problemini derinleştirecektir. Eskiden ovada yılda 3 kez hasat yapan çiftçiler sondaj yasaklarıyla birlikte ürün desenlerini ve bazı ziraat alışkanlıklarını değiştirmeye mecburdur.

Akyüz ve Atış (2018) Küçük Menderes Havzası'nda tarım sektöründeki üreticilere geçmiş 15 yıllık periyotta iklimde bir değişiklik gözleyip gözlemediklerini sormuş, çiftçilerin % 98 gibi çok büyük bir kısmı iklimde bir değişiklik yaşandığı şeklinde cevap vermiştir. Havzadaki çiftçilere göre sıcaklık ve kuraklık çok artmış, yağışlar azalmış, ekstrem olaylar ve nem ise geçtiğimiz yıllardan çok farklı olmamıştır (Akyüz ve Atış, 2018). Dolayısıyla projeksiyon sonuçları havzadaki çiftçilerin gözlemleri ile uygun sonuçlar vermiştir. Akyüz ve Atış (2018)'in günümüzde hissedilmekte olan iklim değişikliği etkilerinin gelecekte hangi periyotta daha da yoğunlaşacağı sorusuna çiftçilerin yarısı "önümüzdeki 10 yıl içerisinde" cevabını vererek, iklim değişikliğinin yoğun etkilerinin kısa zamanda içerisinde göstermesini beklediklerini ortaya koymuşlardır. Çiftçilerin bu beklentisi bu çalışma kapsamında yapılan kuraklık projeksiyonu sonuçlarını ile pek örtüşmemektedir. Nitekim gerek iyimser senaryoda gerekse kötümser senaryoda 2071-2099 periyodu kuraklığın en şiddetli olduğu periyottur. Dolayısıyla çiftçilerin kişisel öngörülerinin aksine projeksiyon sonuçları iklim değişikliğinin etkilerinden kuraklığın uzun vadede daha yoğun hissedileceğini ortaya koymuştur.

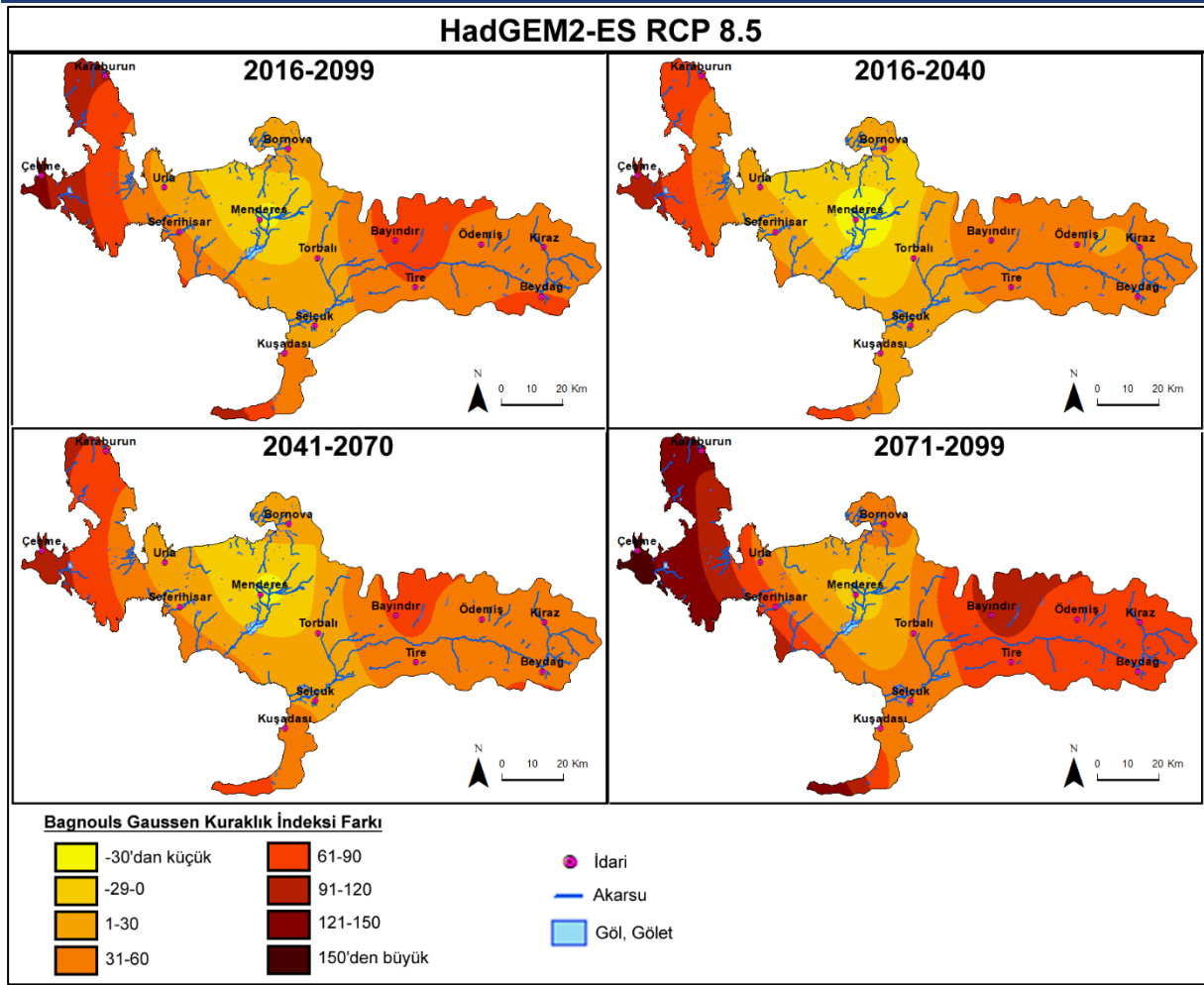


Figure 8. The differences of the future period drought index values from the reference period (1970-2000) according to the HadGEM2-ES global climate model RCP 8.5 scenario in the research area.

Şekil 8. Araştırma alanında HadGEM2-ES küresel iklim modeli RCP 8.5 senaryosuna göre gelecek dönem kuraklık indeksi değerlerinin referans dönemden (1970-2000) farkları

#### 4. Sonuç

Analizler sonucu ortaya konulan projeksiyon sonuçlarına genel olarak bakıldığında hem iyimser (RCP 4.5) hem de kötümser (RCP 8.5) senaryosuna göre genel periyot (2016-2099) boyunca özellikle havzanın tarım açısından önemli doğu kesiminde kuraklıklarda artış beklenmektedir. RCP 8.5 senaryosuna göre öngörülen kuraklık artışı RCP 4.5 senaryosuna göre artıştan daha fazladır. Hem iyimser senaryoda hem de kötümser senaryoda 2071-2099 periyodu kuraklığın en fazla arttığı dönemdir.

Çalışmanın sonuçları açıkça gösteriyor ki havzada tarım sektöründe çalışanların kuraklıkla ilgili endişe duymaları ve tarım sektörünün gelecekteki birinci problemi olarak bunu görmeleri doğru bir endişedir. İklim modeli verileri gerek iyimser senaryoda gerekse kötümser senaryoda çiftçilerin kuraklıkla ilgili endişelerindeki haklılığını bilimsel olarak da desteklemektedir.

Küresel iklim değişikliğinin ve kuraklık riskinin farkında olan çiftçi kesimine özellikle yeraltı suyunun sürdürülebilir kullanımı ile ilgili bilimsel temelli yönlendirmeler yapılmalıdır. Zira küresel iklim değişikliklerinin olumsuz etkilerini minimuma indirme noktasında yapılabilecek çok şey vardır. Kuraklığın etkilerinin azaltılması hususunda tarımsal ürün deseninden su tüketimine kadar bilimsel temelli eğitim ve yönlendirmeler yapılmalıdır.

İklim değişikliğine karşı dünyada en hassas alanlardan birinde bulunan Küçük Menderes Havzasında kuraklık ile ilgili endişeler kendini somut olarak halihazırda hissettirmeye başlamıştır. Kuraklıkla ilgili problemlerin

önümüzdeki dönemde artması öngörülmektedir. Buna göre havza bazlı planlamalar yapılırken bu konunun göz önünde bulundurulması gerekmektedir.

#### **Teşekkür**

İklim projeksiyonu ve meteoroloji istasyonu verilerini araştırma amaçlı olarak ücretsiz temin etmemizi sağlayan Meteoroloji Genel Müdürlüğüne teşekkür ederim.

#### **Etik Kurul Onayı**

Bu çalışma için etik kuruldan izin alınmasına gerek yoktur.

#### **Çıkar Çatışması Beyanı**

Makale yazarları olarak aramızda herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederiz.

#### **Yazarlık Katkı Beyanı**

Planlama: Güney, Y.; Materyal ve Metot: Güney, Y.; Veri Toplama ve İşleme: Güney, Y.; Harita Analizleri: Güney, Y.; Literatür Tarama: Güney, Y.; Makale Yazımı, İnceleme ve Düzenleme: Güney, Y.

### Kaynakça

- Akyüz, Y. (2019). *İklim değişikliğine uyum politikalarına yönelik çiftçi algı ve davranışlarının analizi: Küçük Menderes Havzası örneği*. (Doktora Tezi) Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Akyüz, Y. ve Atış, E. (2018). Küçük Menderes havzasında iklim değişikliğinin olası etkileri ve üreticilerin konuya ilişkin farkındalıkları. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 21: 109-115.
- Bagnouls, F. and Gaussen, H. (1953). Saison sèche et indice xérothermique. *Bulletin de la Société d'histoire naturelle de Toulouse*, 88: 193-239.
- Bakanoğulları, F., Bahar, E., Kırak, C. and Gür, M. (2022). Assessment of meteorological and agricultural drought analysis in Kırklareli province. *Journal of Tekirdağ Agricultural Faculty*, 19(4): 756-768.
- Beyaz Haber Ajansı (2022). Ödemiş'te Düzenlenen Küçük Menderes Su Çalıştayına Üreticiler Yoğun İlgiyi Gösterdi. Beyaz Haber Ajansı, <https://www.beyazhaberajansi.com/odemis-te-duzenlenen-kucuk-menderes-su-calistayi-na-ureticiler-yogun-iligisi-gosterdi/60899/> (Erişim tarihi: 03.09.2022).
- Cebeci, İ., Öztürk, F., Sarısamur, F. ve Cebel, H. (2013). Güvenç Havzası aşındırıcı güç indisleri ve kurak dönemlerin belirlenmesi. *Toprak Su Dergisi*, 2(1): 15-22.
- Chen, S. T., Kuo, C. C. and Yu, P. S. (2009). Historical trends and variability of meteorological droughts in Taiwan. *Hydrological Sciences Journal*, 54(3): 430-441.
- Chen, L. G., Gottschalck, J., Hartman, A., Miskus, D., Tinker, R. and Artusa, A. (2019). Flash drought characteristics based on U.S. drought monitor. *Atmosphere*, 10: 498.
- Deitch, M. J., Sapundjieff, M. J. and Feirer, S. T. (2017). Characterizing precipitation variability and trends in the world's Mediterranean-climate areas. *Water*, 9(4): 259.
- Di Castri, F. (1973). Climatographical Comparisons Between Chile and the Western Coast of North America, *Mediterranean Type Ecosystems* (Editors Francesco di Castri and Harold A. Mooney). 21-36, Springer, Berlin.
- Dünkeloh, A. and Jacobeit, J. (2003). Circulation dynamics of Mediterranean precipitation variability 1948-98. *International Journal of Climatology*, 23: 1843-1866.
- Eskioğlu, O., Gürkan, H., Arabacı, H., Demircan, M., Şensoy, S., Yazıcı, B., Kocatürk, A., Sümer, U. M. ve Coşkun, M. (2017). İklim Değişikliğinin GFDL-ESM2M Modeline Göre Nispi Nem Üzerine Olası Etkisi. *IV. Türkiye İklim Değişikliği Kongresi*, 5-7 Temmuz, İstanbul, Türkiye.
- Faroquhi, S. (2001). Tarımsal Değişimin Bir Göstergesi Olarak Doğal Afet: Edirne Bölgesinde Sel. *Osmanlı İmparatorluğu'nda Doğal Afetler* (Editör Elizabeth Zachariadou), 273-296, Tarih Vakfı Yurt Yayınları, İstanbul.
- Güney, Y. (2017). *Selendi çayı havzası (Manisa) erozyon duyarlılık analizi ve iklim değişikliğinin erozyon duyarlılığına etkilerinin modellenmesi*. (Doktora Tezi) İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Gürkan, H. (2015). *Türkiye'de iklim faktörlerinin ve iklim değişikliğinin ayçiçeği (Helianthus annuus L.) bitkisinin verimi üzerine etkisi*. (Yüksek Lisans Tezi) Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Gürkan, H., Shelia, V., Bayraktar, N., Ersoy Yıldırım, Y., Yesilekin, N., Gündüz, A., Boote, K., Porter, C. and Hoogenboom, G. (2020). Estimating the potential impact of climate change on sunflower yield in the Konya province of Turkey. *The Journal of Agricultural Science*. 158: 806-818.
- Karademir, Z. (2014). İmparatorluğun Açlıkla İmtihanı Osmanlı Toplumunda Kitlıklar (1560-1660). Kitap Yayınları, İstanbul.
- Konukçu, F., Deveci, H. and Altürk, B. (2020). Modelling of the effect of climate change on wheat yield in Thrace region with AquaCrop and WOFOST models. *Journal of Tekirdağ Agricultural Faculty*, 17(1): 77-96.
- Lu, V. A. (2018). XIV. ve XVII. yüzyıllarda iklimsel ve doğal şartların Osmanlı İmparatorluğuna etkisi. *PESA Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 4(2): 216-240.
- Maybank, J., Bonsai, B., Jones, K., Lawford, R., O'Brien, E. G., Ripley, E. A. and Wheaton, E. (1995). Drought as a natural disaster. *Atmosphere-Ocean*, 33(2): 195-222.
- MGM (2013). Yeni Senaryolarla Türkiye için İklim Değişikliği Projeksiyonları. TR2013-CC, MGM Matbaası, Ankara.
- MGM (2014). İklim Projeksiyonlarına Göre Akarsu Havzalarında Sıcaklık ve Yağış Değerlendirmesi. Araştırma Dairesi Başkanlığı Klimatoloji Şube Müdürlüğü, Ankara.
- MGM (2015). Yeni Senaryolar ile Türkiye İklim Projeksiyonları ve İklim Değişikliği. TR2015-CC, MGM Matbaası, Ankara.
- MGM (2021). Çeşme, İzmir (Bölge), Ödemiş, Selçuk, Kuşadası Meteoroloji İstasyonu Rasat Verileri. Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Ankara.
- MGM (2023). İklim Projeksiyonu Veri Talebi Klavuzu. Meteoroloji Genel Müdürlüğü <https://www.mgm.gov.tr/iklim/iklim-degisikligi.aspx?s=veriTalebi> (Erişim tarihi: 05.09.2023).



- Muluk, Ç. B., Kurt, B., Turak, A., Türker, A., Çalışkan, M. A., Balkız, Ö., Gümrükçü, S., Sarıgül, G. ve Zeydanlı, U. (2013). Türkiye’de Suyun Durumu ve Su Yönetiminde Yeni Yaklaşımlar: Çevresel Perspektif. İş Dünyası ve Sürdürülebilir Kalkınma Derneği-Doğa Koruma Merkezi, <https://www.skdturkiye.org/files/yayin/Turkiyede-Suyun-Durumu-ve-Su-Yonetiminde-Yeni-Yaklasimlar-Raporu.pdf> (Erişim tarihi: 20.20.2023).
- Orman ve Su İşleri Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü (2018). Küçük Menderes Havzası kuraklık yönetim planı (Cilt I). <https://www.tarimorman.gov.tr/SYGM/Belgeler/Kuraklik%20Y%C3%B6netim%20Planlar%C4%B1/K%C3%BC%C3%A7%C3%BCk%20Menderes%20Havzas%C4%B1%20Kuraklik%20Y%C3%B6netim%20Plan%C4%B1%20Cilt%201.pdf> (Erişim tarihi: 20.04.2023).
- Öztürk, M. Z., Çetinkaya, G. ve Aydın, S. (2017). Köppen-Geiger iklim sınıflandırmasına göre Türkiye’nin iklim tipleri. *Coğrafya Dergisi*, 35: 17-27.
- Poggetti, E., Cencetti, C., De Rosa, P., Fredduzzi, A. and Rivelli, F. R. (2019). Sediment supply and hydrogeological hazard in the Quebrada de Humahuaca (Province of Jujuy, Northwestern Argentina)-Rio Huasamayo and Tilcara area. *Geosciences*, 9(11): 483.
- Sarış, F. ve Gedik, F. (2021). Konya Kapalı Havzası’nda meteorolojik kuraklık analizi. *Coğrafya Dergisi*, (42): 295-308.
- Sordo-Ward, A., Bejarano, M. D., Iglesias, A., Asenjo, V. and Garrote, L. (2017). Analysis of current and future SPEI droughts in the La Plata basin based on results from the regional eta climate model. *Water*, 9(11): 857.
- Şahin, Y., Baba, A. ve Tayfur, G. (2020). Küçük Menderes Havzasındaki barajlar ve tarımsal gelişmeye olan katkıları. *İklim Değişikliği ve Çevre*, 5(2): 16-23.
- Şen, B. (2007). *Bölgesel iklim modelleri kullanılarak Çukurova Yöresi’nde iklim değişikliğinin 1. ve 2. ürün mısır verimine olası etkilerinin belirlenmesi*. (Doktora Tezi) Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Tate, L. and Gustard, A. (2000). Drought Definition: A Hydrological Perspective. *Drought and drought mitigation in Europe (Editors Jürgen V. Vogt and Francesca Somma)*. 23-48. Springer, Dordrecht.
- Türkeş, M. ve Demirörs, Z. (2009). Palmer Kuraklık İndisi’ne göre İç Anadolu Bölgesi’nin Konya Bölümü’ndeki kurak dönemler ve kuraklık şiddeti. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 7(2): 129-144.
- White, S. (2013). Osmanlı’da İsyen İklimi (Erken Modern Dönemde Celali İsyanları). Alfa Basım Yayın, İstanbul.
- Wilhite, D. A. (2000). Drought as a Natural Hazard: Concepts and Definitions. *Drought: A Global Assessment (Editor Donald A. Wilhite)*, 3-18. Routledge, London.
- Yılmaz, Y. ve Kadioğlu, Y. (2017). Küçük buzul çağı, kuraklık ve diğer coğrafi olayların Celali İsyanları üzerindeki. *Studies Of The Ottoman Domain*, 7(12): 267-288.
- Vardar, S. (2010). Küçük Menderes Havzasına Coğrafi Perspektiften Genel Bir Bakış. *Küçük Menderes Araştırmaları (Editör Emin Başaranbilek)*. 90-101. Ege Ofset ve Yayıncılık, İstanbul.
- Yoldaş, F. (2011). Küçük Menderes Havzasında alternatif sebze ürün arayışları. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 16(2): 54-58.
- Zargar, A., Sadiq, R., Naser, B. and Khan, F. I. (2011). A review of drought indices. *Environmental Reviews*, 19: 333-349.