

SPATIAL ESTIMATES ON THE FUTURE OF CLIMATE FROM AN URBAN PLANNING PERSPECTIVE: THE CASE OF ANTALYA BASIN

Öznur IŞINKARALAR

ABSTRACT

Climate change is one of the critical problems of today's world and is a long-term process that threatens life. According to the common view, urban activities are held responsible for the negative effects experienced due to the greenhouse gases produced by fossil fuels used in industrial production, transportation, and heating. But at the same time, urban regions are the leading force for climate change adaptation and resilience. This research aims to predict climate change and to produce strategies at the basin scale by accepting planning against possible threats as a tool. In this direction, first of all, the effects of temperature, precipitation, and wind parameters on climate classes were estimated as spatiotemporal. Within the framework of the moderate (SSP 245) and pessimistic (SSP 585) scenarios defined in the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) reports, in the Antalya basin, which is one of the most vulnerable regions in terms of climate change, using the Lang, Emberger and De Martonne climate indices, it is estimated at twenty-year intervals until the year 2100. maps are spatially produced. According to the estimations, it is predicted that arid and semi-arid areas that do not exist today within the borders of the basin will be formed and the desert class will begin to form.

Keywords: Climate Change, Urbanism, Urban Planning, Watershed Management

Dr, Kastamonu Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi

Mail: obulan@kastamonu.edu.tr

 ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-9774-5137>

Makale Atıf Bilgisi: Işinkalar, Ö. (2023). "Kent Planlama Perspektifinden İklimin Geleceğine İlişkin Mekânsal Öngörüler: Antalya Havzası Örneği". *Çevre, Şehir ve İklim Dergisi*. Yıl: 2. Sayı: 4. ss. (128-145)

Makale Türü: Araştırma
Geliş Tarihi: 20.03.2023
Kabul Tarihi: 02.06.2023
Yayın Tarihi: 31.07.2023
Yayın Sezonu: Temmuz 2023

KENT PLANLAMA PERSPEKTİFİNDEN İKLİMİN GELECEĞİNE İLİŞKİN MEKÂNSAL ÖNGÖRÜLER: ANTALYA HAVZASI ÖRNEĞİ

Öznur İŞINKARALAR

ÖZ

İklim değışikliği, günümüz dünyasının kritik sorunlarından biri olup canlılığı tehdit eden uzun vadeli bir süreçtir. Yaygın görüŖe göre yaşanan olumsuz etkilerden sanayi üretiminde, ulaşımda ve ısınmada kullanılan fosil yakıtların ürettiği sera gazlarından dolayı kentsel faaliyetler sorumlu tutulmaktadır. Ancak aynı zamanda kentsel bölgeler, iklim değışikliğine uyum ve dayanıklılık için lider güç konumundadır. Bu araştırma, iklimin değışimini öngörmek ve olası tehditlere karşı planlamayı bir araç olarak kabul ederek havza ölçeğinde stratejiler üretmeyi amaçlamaktadır. Bu doğrultuda öncelikle sıcaklık, yağış ve rüzgâr parametrelerinin iklim sınıfları üzerindeki etkileri zamansal-mekânsal olarak tahmin edilmiştir. Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) raporlarında tanımlanan ılımlı (SSP 245) ve kötümser (SSP 585) senaryolar çerçevesinde, iklim değışikliği açısından en kırılgan bölgelerden biri olan Antalya havzasında, Lang, Emberger ve De Martonne iklim indeksleri kullanılarak 2100 yılına kadar yirmi yıl aralıklarla tahmin haritaları mekânsal olarak üretilmiştir. Yapılan tahminlere göre havza sınırları içerisinde günümüzde yer almayan kurak ve yarı kurak alanların oluşacağı, çöl sınıfının oluşmaya başlayacağı öngörülmektedir.

Anahtar Kelimeler: İklim Krizi, Ŗehirçilik, Havza Yönetimi, Planlama Stratejileri

1. Giriş

İklim değişikliği, içerisinde bulunduğumuz yüzyılın en önemli meselelerinden biri olarak kabul edilmektedir (While ve Whitehead, 2013). Değişen iklim koşullarının yerleşimleri etkileyen olağandışı bazı somut göstergeleri bulunmaktadır. Ülkelerin finansal altyapısı, gelir eşitsizliği, konumu, coğrafi yapısı gibi farklı özelliklerine göre iklim değişikliğinin neden olduğu sonuçların boyutları değişiklik göstermektedir (Pata vd., 2022). Ancak aşırı hava olayları ve buna bağlı olarak yaşanan afetler sonucunda son yirmi yılda ortalama bir milyonu aşkın insan yaşamını yitirmiş ve yaklaşık 3 trilyon dolar değerinde finansal kayıpla sonuçlanmıştır. Bu değerler, 2000 öncesi döneme göre %75 daha yüksektir (UNOPS, 2021). Sıcaklık değerlerinin artmasıyla birlikte eriyen buzullar, kuraklık, fırtına ve sel gibi doğal afetlerin frekans ve şiddetindeki artış, iklim değişikliğinin etkilediği olaylardır (Zhao vd., 2022). Pek çok bölgede buzulların erimesiyle eriyik su seviyesi artar ve metan yutak alanları olan çayır alanları bataklığa dönüşerek karbondioksitten sonra en fazla bulunan sera gazı olan metan salımına neden olabilir (Xing vd., 2022; Zhu vd., 2023). Bunun sonucunda, iklim parametrelerindeki değişimin kentsel yerleşimleri tehdit etmesi söz konusudur.

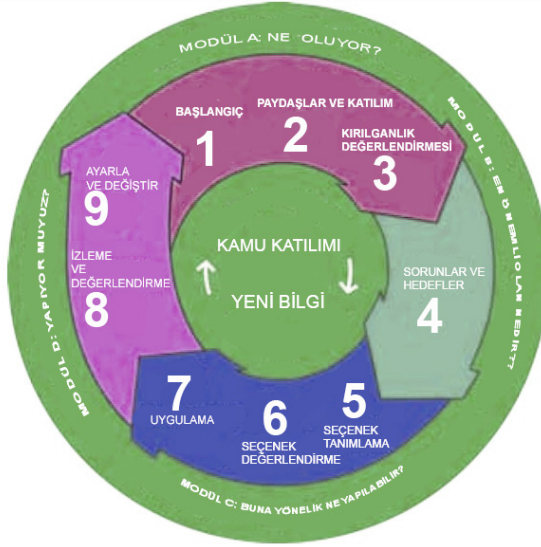
Dünyadaki fiziksel, sosyal, ekonomik yaşamı ekoloji ve çevreyle ilişkilendiren sosyo-ekolojik sürdürülebilirliğe yönelik iklimsel risklerin oluşturduğu tehdit ile kentsel enstrümanların ürettiği emisyonlar ve arazi yönetimi birbiriyle doğrudan ilişkilidir (Szewrański and Kazak, 2020; Alibašić, 2022; Işınkaralar, 2023). 2000 ile 2030 yılları arasında üç katına çıkması beklenen dünya nüfusu (Anguluri ve Narayanan, 2017; Mansuroğlu vd., 2021) ve kentsel dinamiklerin etkisiyle oluşan süreçler, atmosferik olaylar ile zincirleme olarak birbirini tetiklemektedir (Işınkaralar, 2022). Sanayileşmeyle birlikte artan aşırı tüketime dayalı kentsel aktiviteler, doğal arazi örtüsü ve ekolojik yapıya yapılan müdahaleler gibi kentsel süreçlerin ortaya çıkardığı sonuçlar, salımlardan sorumlu tutulmaktadır (Beillouin vd., 2022). Artan salımlar sonucunda ise iklim göstergelerindeki değişim hız kazanmaktadır. Dolayısıyla, kentsel alanlarda yürütülen faaliyetler ile iklim değişikliğinin etkileri karşılıklı etkileşim halindedir.

Kentsel alanlara yönelik olarak iklim risklerine karşı dünyaya rehberlik eden analizleri ve stratejileri açıklayan IPCC'nin değerlendirme raporları, tarihteki iklim değerlendirmesi üzerine en kapsamlı göstergeleri ortaya koymaktadır. Güncel rapor, iklim tehlikelerinin yanı sıra iklim risklerine maruz kalma süresinin ve kırılganlığının altını çizmektedir (IPCC, 2022). Bu bağlamda, iklimin mekânsal olarak değişiminin araştırılması ve tüm canlıların karşı karşıya kaldığı risklere karşı savunma stratejilerinin üretilmesi hayati bir değere sahiptir.

Yaşanacak olası risklere karşı canlılığı ve toplumu koruma fikri, kentsel mekan sistemine ilişkin çok boyutlu sorunları gündeme getirmiştir. Kentsel yaklaşımların ve farklı ölçeklerdeki stratejilerin iklim değişikliğinin başlıca zorluklarına cevap vermesi kritik bir konu haline gelmiştir. Bu nedenle, son yıllarda iklim faktörleriyle birlikte kentsel mekânsal planlamaya ilişkin araştırmalara ilgi artmaktadır. IPCC 2007 raporu, şehir düzeyinde iklim değişikliği araştırmalarının önemli bir konu haline geldiğini ortaya koyduktan sonra, iklim değişikliği için şehir planlaması üzerine yapılan çalışmalar, şehirleşme modellerinin dinamik ilişkisinin analizlerinden kentsel mekân sistemlerinin iç sistemleri üzerine araştırmalara kadar kapsamlı bir yapı kazanmıştır (IPCC, 2007).

Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (UNFCCC) kapsamındaki bazı ilerlemeler ve otuz yıllık çabalar antropojenik sera gazı (GHG) emisyonlarının artışını durdurmamaktadır (Kemp vd., 2022). Bununla birlikte, iklimsel riskler zamanla boyutlanmakta ve dünya genelinde küresel aşırı hava olaylarının meydana gelme sıklığı artmaktadır (Abbass vd., 2022). Dolayısıyla yakın gelecekte iklim değişikliğinin kaçınılmaz olarak yerleşimler için çok daha önemli bir sorun haline geleceği açıktır. Mevcut süreçlerin etkisini azaltmak veya toplumların maruz kalma düzeyini yönetebilmek için müdahale edilebilecek alanlar kentler olup, en temel müdahale araçlarından biri ise 'planlama' olarak ifade edilebilir. Özetle, iklim değişikliğinin etkilerini artıran kentsel çevreler, aynı zamanda eylemin ve müdahalenin başlaması gerektiği alanlardır.

İklim değişikliği etkilerini artıran unsurlara ilişkin çözüm önerileri geliştirmek ve toplumları bekleyen iklim risklerine karşı hazırlıklı olarak aşırı olaylara uyum stratejileri üretmek oldukça önemlidir. Fakat iklim krizini yönetebilmek için öncelikle iklimin hâlihazırdaki değişim sürecini anlamak gerekmektedir. UN Habitat (2014), İklim Değişikliği için Planlama Raporu, konu ile ilgili uzmanlar ve özellikle şehir planlıları için stratejik ve değer-tabanlı yaklaşım sloganıyla araçlar serisi yayınlamıştır. Buna göre, modülün ilk aşaması iklim değişikliğiyle birlikte neler yaşandığını anlamaktır ve sürecin aşamalarına yer verilmektedir (Şekil 1).



Şekil 1. İklim Değişikliği İçin Planlama Aşamaları (UN Habitat, 2014)

Şehirler ve bölgeler için alınacak kararlarda iklimin mekânsal örüntüsü ve zamana bağlı olarak etkilenme düzeyi ve değişim süreci kritik bir boşluk olarak görülmektedir. İklim kuşaklarındaki zamansal-mekânsal değişim, mekânsal karar almaya yönelik planlama stratejilerinin üretilmesinde faydalı bir bakış açısı sağlamaktadır. Makro ölçekte mekânsal planlama, afet yönetim süreçleri, ulaşım ve enerji stratejileri ile sektörel gelişmeler; mikro ölçekte ise tasarım kararları, enerji tasarrufu, malzeme seçimi gibi pek çok konuda yol gösterici olabilir.

İklim parametreleri, zamansal değişimi analiz etmekte temel bir envanterdir. Ancak, değişen iklimsel değerleri zamansal-mekânsal olarak okumak ve yorumlamak hızla büyüyen, yayılan, sıçrayan ve gelişen kentsel örüntülerin yönetimi açısından bir ihtiyaçtır. Özellikle Türkiye gibi iklim değişikliğine bağlı olan/olmayan afetlere karşı riskin yüksek olduğu ülkelerde faydalı bir rehberdir. Zamansal-mekânsal çalışmalar, sosyal, fiziksel ve ekonomik açıdan çok boyutlu olarak kentlerin, bölgelerin ve ülkelerin zarar görebilirlik seviyesini azaltmaya yardımcı olur. Bununla birlikte, günümüz teknolojik koşullarında uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleri (CBS), mekânsal olmayan değerlerin de coğrafi analizinin yapılmasını kolaylaştırmaktadır.

Araştırma iklim kuşaklarının zamansal-mekânsal değişimini yirmi yıllık aralıklarla 2020-2100 yılları için ortaya koymaktadır. Gelecek tahminlerinin yapılmasında CBS bir araç olarak kullanılmıştır. Çalışmanın temel amacı, iklimin değişen yapısına dikkat çekmek, iklim kuşaklarının mekânsal değişiminin anlaşılmasını sağlayacak gelecek modelleri üretmek ve arazi kullanım politikalarını yönlendirebilecek havza ölçeğinde bir analiz ortaya koymaktır.

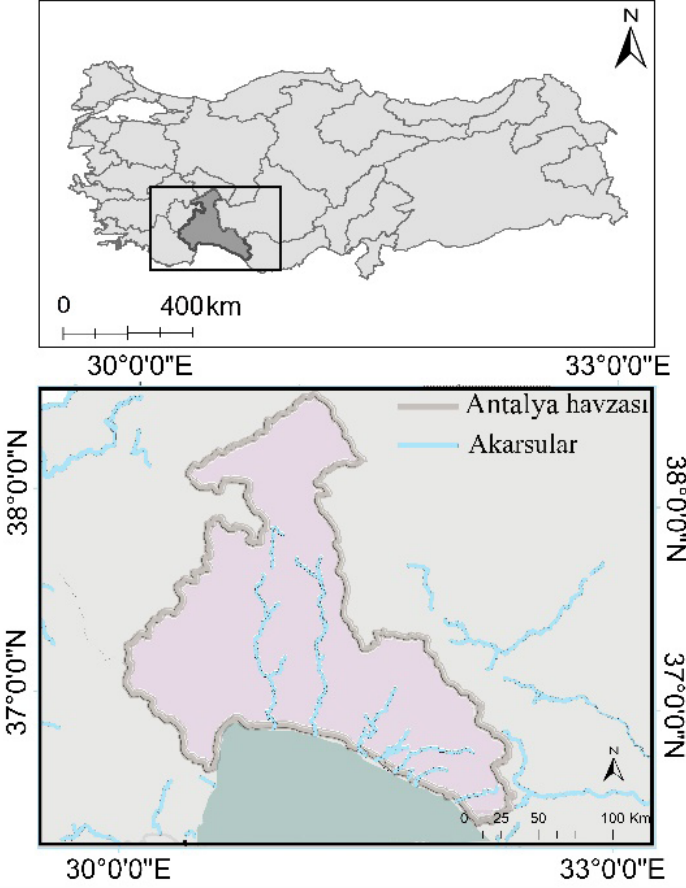
2. Materyal ve Yöntem

2.1. Antalya Havzasında Değişen İklim Kuşakları

İklimsel risklere karşı kıyı kentleri, deniz seviyesinin yükselmesi, taşkınlar, sel, toprak kayıpları ve aşırı hava olayları açısından daha savunmasız bir konumdadır. Havza, doğal kaynakların planlanmasında, yönetiminde ve analizinde ideal bir çalışma ölçeği olarak görülmektedir (Öztürk vd., 2012). IPCC'nin 4. Değerlendirme Raporunda (2007), Türkiye'nin de içinde bulunduğu Akdeniz Havzası'nın iklim değişikliğinden etkilenecek riskli bölgeler arasında yer aldığı açıklanmıştır. Akdeniz kıyıları, ülkemizin ekolojik zenginlikleri nedeniyle yerli ve yabancı turist açısından önemli bir turizm cazibe alanıdır. Bu açıdan tarımsal üretim, deniz ticareti, eğlence gibi pek çok sektörde temel bir kalkınma kaynağıdır. Dolayısıyla, kıyı bölgeleri, iklim değişikliğine karşı dirençlilik açısından daha hassas ve zarar görülebilirlik açısından daha kritik özelliklere sahiptir. Bu bağlamda, zamansal-mekânsal iklim kuşaklarının analizinde çalışma alanı olarak Antalya havzası belirlenmiştir.

2.2. Antalya Havzası

Antalya havzası, Türkiye'nin güneyinde Akdeniz bölgesinde yer almaktadır. Sunduğu farklı hizmetler sayesinde turizm sektöründe önde gelen destinasyonlardan biri olan Antalya ilinin (Dönmez ve Türkmen, 2015) büyük bir bölümü ile Burdur ve Isparta illerinin bir kısmını içermektedir. Araştırma alanı, biyolojik çeşitlilik içeren doğal kaynak değerleri açısından oldukça zengin bir bölgeyi kapsamaktadır. Ülkemizin en kalabalık illerinden biri olan Antalya kent merkezi, havza sınırlarında yer almaktadır.



Şekil 2. Çalışma alanının konumu

2.3. İklim Kuşaklarının Belirlenmesinde İndeksler

Havza ölçeğinde iklim değişikliğinin mekânsal etkilerini izlemekte iklim kuşaklarını sınıflandıran indekslerden yararlanılmıştır. Kuraklık indeksleri olarak da adlandırılan bu sınıflandırma çeşitleri, belirli bir yerde mevcut olan su eksikliğinin nicel göstergeleri olarak ifade edilmekte olup (Oliver, 2008) Kuraklık kalıplarını ve yoğunluklarını tasvir etmedeki yüksek performanslarına ilişkin güncel araştırmalar oldukça yaygındır (Ullah vd., 2022). İndekslerde mevcut iklim verileri Meteoroloji Genel Müdürlüğü'ne ait Antalya havzası ve çevresinde yer alan 83 meteoroloji istasyonu (Isparta, Burdur ve Antalya il ve ilçelerinde yer alan meteoroloji istasyonları) tarafından yapılan ölçümler temin edilmiştir. Elde edilen verilerden 2000-2022 yılları arasında yapılan ölçüm verileri "Inverse Distance Weighted (IDW)" interpolasyon yöntemi

ile 30m × 30 m mekânsal çözünürlükte iklim haritaları oluşturulmuştur. Senaryolara dayalı veriler ise küresel iklime ilişkin büyük veriyi sağlayan WorldClim veri kaynağı olarak kullanılmıştır. Veriler indekslerin formüllerinde tanımlandığı gibi yıllık ortalama değerleri kapsamaktadır. İklim tiplerinin değişimi Lang (LE), Emberger (EE) ve De Martonne (DME) olmak üzere üç farklı iklim indeksine göre belirlenmiştir. Bunlardan Lang (1990), Denklem 1'e göre hesaplanmaktadır. İklim sınıflandırmasında çöl sınıfını içermesiyle diğer indekslerden ayrılmaktadır. Lang indeksi aşağıdaki formüle dayanmaktadır. Burada P, yıllık ortalama toplam yağış (mm) ve Ta yıllık ortalama sıcaklıktır (°C) (Lang, 1920; Elagib and Addin Abdu 1997; Ashraf vd., 2014).

$$I_L = \frac{P}{T_a} \quad (1)$$

De Martonne İndeksi aşağıdaki formüle dayanmakta olup, burada P, yıllık yağış miktarı (mm) ve T, yıllık ortalama sıcaklıktır (°C) (Mavrakis and Papavasileiou, 2013):

$$DME = \frac{P}{(T+10)} \quad (2)$$

Bir alanın sıcaklık ve yağış değerlerine dayanan, Emberger (1933) İklim sınıflandırması Denklem 3'tedir. Burada M, en yüksek sıcaklık değerine sahip ay verilerinin ortalaması (°C), m en düşük sıcaklık değerine sahip ay verilerinin ortalaması (°C) ve P yıllık ortalama yağıştır (mm) (Gavilán, 2005; Savo vd., 2012).

$$EE = \frac{100 \times P}{(M^2 - m^2)} \quad (3)$$

Çalışma alanının olası iklim bölgeleri Tablo 1'de yararlanılarak sınıflandırılmıştır. (Baltas, 2007; Nistor, 2016; Rahimi vd., 2013; Heidarizadi vd., 2022). De Martonne İklim İndeksi, kuraktan aşırı nemliye kadar 7 sınıflandırmadan oluşmaktadır (Dursun ve Babalık, 2021). IL sınıflandırması, diğer indekslerden farklı olarak çöl kategorisini içermektedir. EE iklim kuşakları ise, kuraktan nemliye yükselen 4 sınıflandırmadan oluşmaktadır. İndekslerin iklim sınıflandırması kullanılarak, Antalya Havzası'nın iklim modelleri ArcGIS 10.5 yazılımında mekânsal analiz (*spatial analysis*) araç çubuğu ile iklim tipi (Lang, Emberger ve de Martonne) indeks formülleri uygulanarak iklim sınıflandırması haritaları oluşturulmuştur.

Tablo 1. İklim İndeksi Sınıflandırmaları

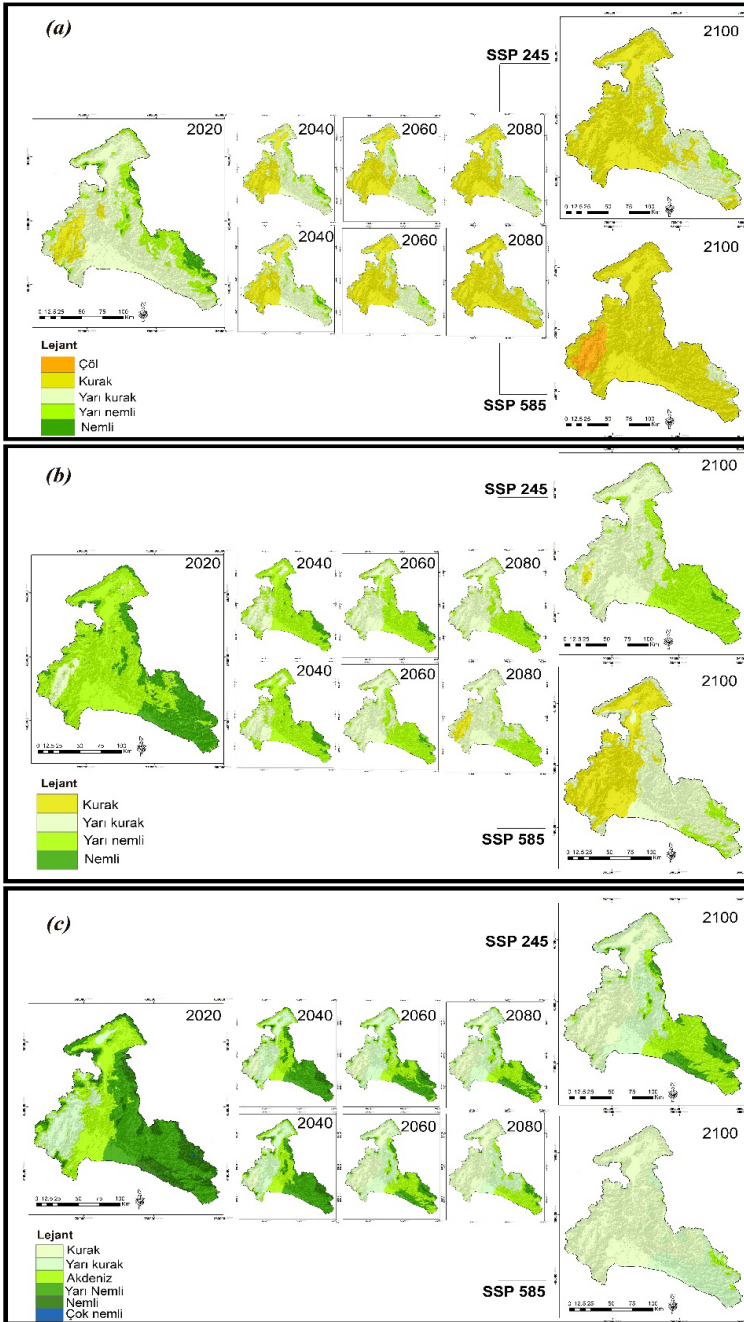
No	IL İklim sınıflandırması		EE İklim sınıflandırması		DME İklim sınıflandırması	
1	0-20	Çöl	<30	Kurak	0-10	Kurak
2	20,1-40	Kurak	30-50	Yarı kurak	10,1-20	Yarı kurak
3	40,1-60	Yarı kurak	50-90	Yarı nemli	20,1-24	Yarı kurak ve nemli (Akdeniz)
4	60,1-100	Yarı	>90	Nemli	24,1-28	Yarı nemli
5	100,1-160	Nemli			28,1-35	Nemli
6					35,1-55	
7					>55	Aşırı nemli

2.4. IPCC ve İklim Senaryoları

Dünya’da yaşanmakta olan veya yaşanacak süreçleri tahmin etmek karmaşık dinamikler nedeniyle oldukça güçtür (Işınkaralar ve Varol, 2023). Ancak, gelecek olayları belirli kabullere bağlı olarak olasılıklara dayandırarak öngörme çabaları, belirli riskler yaşanmadan müdahale imkanı sağladığından oldukça faydalıdır. Bu yaklaşımla IPCC, iklimin geleceğine yönelik kabuller ve hikâyelere dayalı senaryolar üretmektedir. 2007-2013 döneminde Emisyon Senaryoları Özel Raporu: SRES (IPCC, 2007), 2013 yılında Temsilci Konsantrasyon Yolları: RCP (IPCC, 2013) ve 2020 yılında sürdürülebilir kentleşmenin sağlandığı/ sağlanmadığı senaryoları kapsayan Ortak Sosyo-Ekonomik Rotalar: SSPs (Yang vd., 2020) olmak üzere raporlar çerçevesinde senaryolara yönelik bilgilendirme sağlamaktadır. Çalışma kapsamında SSP senaryo gruplarından yararlanılmıştır. SSPs, IPCC tarafından hazırlanan 6. Değerlendirme raporunda yer almaktadır. Rapor, bulunduğumuz yüzyılın parametrelerine dayanmaktadır. Risk yönetimi ve belirsizlik altında yerinde karar verme, uç noktalar hakkında bilgi sahibi olmayı gerektirdiğinden senaryolar içerisinde iyimser yaklaşımlar yerine raporda üretilmiş olan orta ve yüksek etkilere sahip senaryolar seçilmiştir. İklim kuşaklarının değişimi, raporda tanımlanan ılımlı (SSP 245) ve kötümser (SSP 585) senaryolar çerçevesinde tahmin edilmiştir.

3. Bulgular

Mekânsal iklim kuşaklarının okunabilirliğini sağlayan iklim indeksleri, coğrafi bilgi sistemlerinin bir araç olarak gelişmesiyle birlikte gelecek iklim yapısının öngörülmesine olanak sağlamaktadır. Şekil 3’te farklı indekslere bağlı olarak yapılan tahminlere göre iklim sınıflandırması yer almaktadır. Buna göre, doğal bitki örtüsünün korunduğu, orman, tarım vb. nitelikteki alanlar ve yükseklik değerinin fazla olduğu bölgelerde Akdeniz iklimi ve nemliliğin gelecekte sürebileceği öngörülmektedir. Ancak indeksler, alanın güneyinde yer alan ve Antalya kent merkezini içeren kıyı bölgesindeki kuraklığa işaret etmektedir. 2100 tahminlerinde kurak ve yarı kurak alanlar geniş yer tutmaktadır.

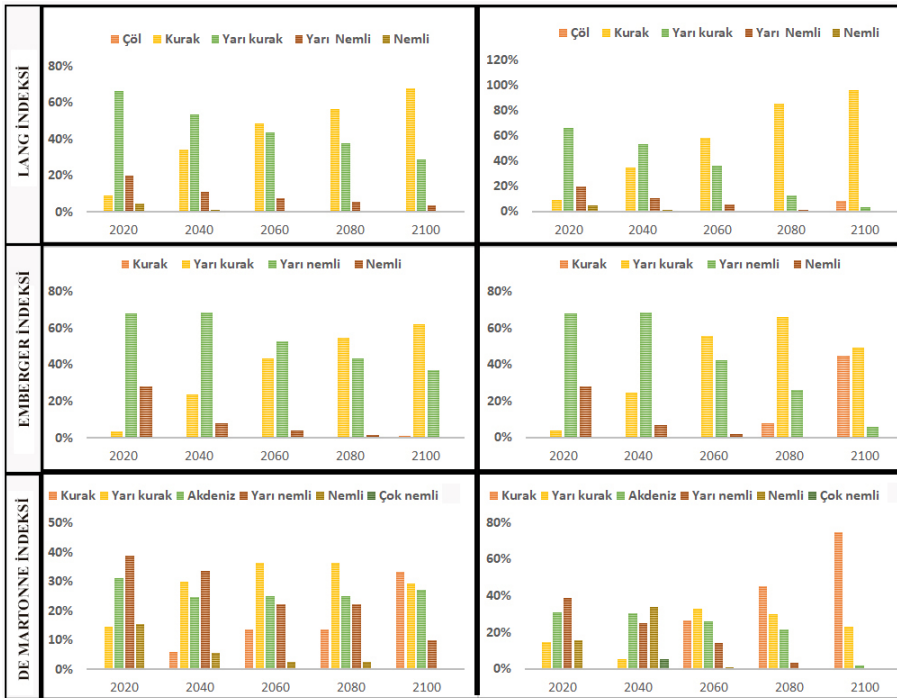


Şekil 3. İndekslere bağlı olarak havza ikliminin mekânsal değişimi
(a: Lang İndeksi, b: Emberger İndeksi, c: De Martonne İndeksi)

Lang İndeksine göre günümüzde havza alanının %9'unu oluşturan kurak alanlar SSP 585 senaryosuna göre 2100 yılına ulaşıldığında alanın %96'sında etkili olacaktır. Yarı-kurak alanlar hızla kurak alana dönüşürken, günümüzde alanda bulunmakta olan yarı nemli alanların ve nemli iklimin daha sınırlı alanlara hakim olma eğiliminde olduğu görülmektedir. Bununla birlikte, SSP 585'e göre 2100 yılında ilk kez en kritik sınıflandırmayı oluşturan çöl ikliminin olduğu alanların oluşmaya başladığı Şekil 4'te görülmektedir.

Emberger sınıflandırmasına göre alanın %68'lik payı yarı-nemli iklim kuşağında olup SSP 585'e göre 2100 hedef yılında yok olma eğilimindedir. Buna karşın yarı kurak ve kurak alanların oluşmaya başladığı izlenmektedir. SSP 585'e göre 2080 yılında alanda hakim olan yarı-kurak alanlar 20 yıllık süreçte kurak alanlara yerini bırakmaya başlamaktadır. 2020 yılında alanda bulunan nemli alanlar SSP 245'e göre 2080, SSP585'e göre ise 2060 yılı sonrasında yer almamaktadır.

De Martonne iklim indekslerine göre ise, günümüzde alanda bulunmayan yarı kurak alanlar alanın %75'inde hakim olacaktır. Kurak alanlar %45'lik ve yarı-kurak alanlar %49'luk bir yer kaplayacaktır. Havzanın karakteristik iklim yapısını oluşturan Akdeniz iklimi ve yarı nemli iklime sahip alanların yok olmaya başlayacağı tahmin edilmektedir. İndekslere bağlı olarak iklim kuşaklarının zamansal değişimi açısından nemlilik düzeyinin azaldığı ve kuraklık seviyelerinin arttığı görülmektedir.



Şekil 4. İndekslere bağlı olarak iklim kuşaklarının zamansal değişimi

4. Tartışma ve Sonuç

İklim değişikliği, mekansal, sosyal, ekonomik ve politik yönleriyle 21. yüzyılın en önemli sorunlarından biri haline gelmiştir. İklim değişikliğinin ölçeği, kapsamı ve hızıyla ilgili belirsizlikler bulunmaktadır. IPCC (2022) raporunun belirttiği gibi, iklim riskleri zamanla daha karmaşık ve yönetimi zor hale gelmektedir. Bunun yanında bölgelerle sektörler arasında hızla yayılmaktadır. Ancak, yerleşimlerin iklim değişikliği kaynaklı ciddi etkilere maruz kalacağı pek çok araştırmada öngörülmekte konunun yaşamsal boyutu da daha ciddi bir düzeye ulaşmaktadır. Bu nedenle risklere yönelik analizler, risklerini değerlendirmek, yorumlamak, iletmek ve azaltmak için kullanılan güçlü bir araçtır.

Havza ölçeğinde yürütülen bu araştırma, bölgenin parametrelerindeki ciddi değişimi mekânsal olarak yansıtmaktadır. Bu açıdan bakıldığında araştırma, UN Habitat tarafından oluşturulan planlama modüllerinin ilki kapsamında süreci anlamaya yönelik olasılıkları ortaya koymaktadır. Özellikle az gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde değişen iklimin etkilerini anlamak ve önlem almak daha kritik bir konudur. Coğrafi yapısı nedeniyle iklimsel risklere karşı görece kırılgan bir konumda olan Türkiye, etkileri azaltmaya yönelik eylemler açısından bakıldığında öncelikle çevreye yönelik ilgili bakanlığın kapsamını Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı olarak güncelleyerek mücadele için koordinasyona yönelik yönetsel bir adım atmıştır. İklimsel risklere yönelik alınacak kararlara yönelik bir paydaş kurum altyapısı oluşturulmuştur. Modülün bir sonraki aşaması ise oluşan etkilerden en önemli ve kritik olanı tespit etmektir. Bu aşamada sorunlar ve hedefleri tanımlamak ve yol haritası oluşturmak gerekmektedir.

Çalışma alanında yürütülen geçmiş araştırmalar, kritik sıcaklık artışlarına dikkat çekmektedir. Durmuş vd. (2021), 1980-2019 yılları arasında maksimum sıcaklık ortalamasının Alanya ve Fethiye gibi kıyı kesimlerde maksimum sıcaklıkların 4 °C'ye yakın artacağına ilişkin modeli istatistikî açıdan anlamlı bulunmaktadır. Doğal güzellikleri, deniz ve kültür turizmi potansiyeli ve tarımsal üretim kapasitesiyle ülke ekonomisinde önemli bir paya sahiptir. Yüksek nem ile birleşen aşırı sıcaklıklar, açık hava çalışanlarının üretkenliğini, tarımsal ürünlerin ihtiyacı olan koşulların değişmesiyle üretim verimini etkileyebilecektir. Sıcaklığa bağlı sonuçlar, birden çok dolaylı strese (ekonomik hasar, toprak kaybı, su ve gıda güvensizliği gibi) neden olabilir. İklim değişikliği doğrudan uluslararası çatışma gibi diğer felaket risklerini tetikleyebilir veya bulaşıcı hastalık yayılımını ve yayılma riskini şiddetlendirebilir. Bunlar güçlü aşırı tehdit çarpanları olabilir (Kemp vd., 2022). Kıyı bölgelerinde yerleşimleri tehdit etmese dahi deniz seviyesi yükselmesi riski, limanların, rıhtımların, depolama alanlarının sular altında kalması, tesislerin yeniden konumlandırılması ve onarımı ciddi finansal

riskler oluşturmaktadır. Bu kapsamda ele alındığında olası aşırı sıcaklar üzerine teknolojinin avantajlarından yararlanan politik bir mercek makro ve mikro analizlere ihtiyaç duyulmaktadır.

Çalışma sonuçları incelendiğinde sıcaklık, yağış ve iklim indeksi değişimlerinin kritik düzeyde olduğu görülmektedir. Lang indeksinde SSP 585 senaryosuna göre 2100 yılına ulaşıldığında alanın %96'sında kurak alanlar etkili olacaktır. Koç (2021)'in Bolu ilinde yürüttüğü çalışmada 2070 yılında RCP 85 senaryosunda Lang indeksine göre kurak alanların %30,41 seviyesine çıkacağı öngörülmektedir. Lang indeksine göre Irak'ta yapılan sınıflandırmaya göre ise 1998-2015 yılları arasındaki dönemde kurak alanların %95,48'lik paya sahip olduğu ifade edilmektedir (Al-Zamili ve Al-Lami, 2018). Elde edilen bulgu, alanın tamamının kurak olacağı gibi ekstrem bir değişime değil, ancak çarpıcı düzeyde artışa işaret etmektedir. Bu durumun ortaya çıkmasında Lang indeksi sınıflandırmasına göre diğer indekslerde bulunmayan "çöl" tanımlaması (0-20 aralığı) en kritik düzeyde oluşturmaktadır.

Emberger indeksine göre günümüzde alanın sınırlı bir bölümünü oluşturan yarı-kurak alanların SSP 585'e göre 2080 yılında alanda hakim olacağı ve 2100 yılında kurak alanların oluşmaya başlayacağı izlenmektedir. Elfanne vd. (2022) Morocco'nun El Ganzra bölgesinde yaptıkları iklim sınıflandırmasında 44,15 olarak hesaplamış ve günümüzde alanı yarı-kurak olarak tanımlamıştır. Geçmiş araştırmalarda elde edilen bu bulgular, model sonuçlarını desteklemektedir.

Çalışma alanında önemli ölçüde artışta olacağı modellenen kuraklık, dünyanın birçok yerinde insanlar için potansiyel riskler oluşturan önemli bir çevre sorunudur (Huang vd., 2016). Gözlemlenen kayıtlar, küresel kurak alanların yirminci yüzyılda yaklaşık %4-8 oranında genişlediğini ve küresel kara yüzeyinin yaklaşık %40'unu oluşturduğunu tahmin etmektedir (Schlaepfer vd., 2017). Kuraklık eğilimine karşı hafifletme önlemlerinin merkezinde yer alan ve günümüzün en kritik göreviyle karşı karşıya kalan şehircilik, bugün iklim değişikliğinin etkilerine karşı verimli ve entegre bir yaklaşıma gereksinim duymaktadır. Karar alma ve uygulama yönetimi sürecinde, kültür, politika ve diğer sosyal ve politik faktörler gibi sosyal ve politik faktörlerde işbirliğine dayalı gelişimin dikkate alınması, uyarlamalı eylem planlamasının uygulanmasına yardımcı olacaktır. Piyasa süreçleri, adil ve güvenli araziye erişim ile çevresel kaygıları geri planda bırakmamalıdır. Ekosistemi ve kırılgan alanları koruyarak tehlikeli olmayan güvenli ve yaşam kalitesi yüksek kentsel çevrelerin planlanması için stratejiler üretilmelidir.

Mekânsal planlama; yapı stokuna yönelik önlemler, altyapı sistemlerinin geliştirilmesi, afet risklerini azaltmak, etkin su yönetimi ve toplumun tüm kesimlerine yönelik araçlar geliştirmek gibi endişelere yanıt vermelidir. IUCN, ekosistem hizmetlerinin sürdürülebilirliği için su hasadı ve taşkın parkı gibi

doğa temelli çözümler ve mavi-yeşil altyapı çalışmalarının yaygınlaştırılmasına dikkat çekmektedir (IUCN, 2022). Bölgeye ve kente özgü çözümler sunulurken toplumun demografik yapısı göz önünde bulundurulmalı, halk katılımı ve paydaş kapasitesi, planlama sürecinde bir anahtar olarak ele alınmalıdır. Özetle, etkin planlama ile geleceğin şehirlerinin maruz kalma düzeyini azaltarak olası maddi ve manevi kayıpların önüne geçmek mümkündür. Bu açıdan yerel, bölgesel veya ulusal somut hedeflerin ve gelişme kurallarının tanımlanması yararlı etkilere sahiptir. Yerel ekonomik kalkınma sağlanırken iklim gerçeği göz önünde bulundurularak bugün alınan kararların gelecek nesillere etkisi her adımda düşünülmelidir.

Kaynakça

- Abbass, K., Qasim, M. Z., Song, H., Murshed, M., Mahmood, H., ve Younis, I. (2022). "A review of the global climate change impacts, adaptation, and sustainable mitigation measures". *Environmental Science and Pollution Research*, 29(28), 42539-42559.
- Alibašić, H. (2022). "The administrative and ethical considerations of climate resilience: The politics and consequences of climate change". *Public Integrity*, 24(1), 33-50.
- Al-Zamili, H. S., ve Al-Lami, A. M. (2018). "Assessment of spatial distributions of some climate indices in Iraq". *Journal of Applied and Advanced Research*, 3, 96-104.
- Ashraf, B., Yazdani, R., Mousavi-Baygi, M., ve Bannayan, M. (2014). "Investigation of temporal and spatial climate variability and aridity of Iran". *Theoretical and Applied Climatology*, 118, 35-46.
- Baltas, E. (2007). "Spatial distribution of climatic indices in northern Greece". *Meteorological Applications: A journal of forecasting, practical applications, training techniques and modelling*, 14(1), 69-78.
- Beillouin, D., Cardinael, R., Berre, D., Boyer, A., Corbeels, M., Fallot, A., ve Demenois, J. (2022). "A global overview of studies about land management, land-use change, and climate change effects on soil organic carbon". *Global change biology*, 28(4), 1690-1702.
- Dönmez, Y., ve Türkmen, F. (2015). "Turistlerin satın alma kararında peyzaj düzenlemelerinin rolü: Belek örneği". *Turizm Akademik Dergisi*, 2(2).
- Durmuş, B., Bulut, İ., ve Gönençgil, B. (2021). "Antalya Bölümünde sıcaklık ve yağış indislerinin değişim analizleri". *Türk Coğrafya Dergisi*, (78), 91-108.
- Dursun, İ., ve Babalık, A.A. (2021). "De Martonne-Gottman ve Standart Yağış İndeksi

yöntemleri kullanılarak kuraklığın belirlenmesi: Isparta ili örneği". *Turkish Journal of Forestry*, 22(3): 192-201.

Elagib, N. A., ve Abdu, A. S. A. (1997). "Climate variability and aridity in Bahrain". *Journal of Arid Environments*, 36(3), 405-419.

Gavilán, R. G. (2005). "The use of climatic parameters and indices in vegetation distribution. A case study in the Spanish Sistema Central". *International Journal of Biometeorology*, 111-120.

Heidarzadi, Z., Jamali, Z. (2022). "Future Changes in Dry Conditions using Statistical Downscaling Model (SDSM) in the Western Region of Gorgan Plain, Iran". *Arid Ecosystems* 12, 345–352 <https://doi.org/10.1134/S2079096122040072>

Huang, J., Ji, M., Xie, Y., Wang, S., He, Y., ve Ran, J. (2016). "Global semi-arid climate change over last 60 years". *Climate Dynamics*, 46, 1131-1150.

IPCC, (2007). *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge, UK.

IPCC. (2013). *Climate Change 2013: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.

IPCC. (2022). *Impacts, Adaptation, and Vulnerability*. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, H.-O. Pörtner et al., Eds. Cambridge University Press, 2022.

Isınkaralar, K. (2022). "The large-scale period of atmospheric trace metal deposition to urban landscape trees as a biomonitor". *Biomass Conversion and Biorefinery*. <https://doi.org/10.1007/s13399-022-02796-4>.

Isınkaralar, O. (2023). "Bioclimatic comfort in urban planning and modeling spatial change during 2020–2100 according to climate change scenarios in Kocaeli, Türkiye". *International Journal of Environmental Science and Technology*. <https://doi.org/10.1007/s13762-023-04992-9>

Isınkaralar, O., ve Varol, C. (2023). "A cellular automata-based approach for spatio-temporal modeling of the city center as a complex system: The case of Kastamonu, Türkiye". *Cities*, 132, 104073.

IUCN. (2022). Nature-based solutions. Erişim: 14 Mayıs 2022 [https://www.iucn.org/commissions/commission-ecosystem-management/ourwork/nature-basedsolutions#:~:text=Nature%2Dbased%20Solutions%20\(NbS\),%2Dbeing%20and%20bi%20odiversity%20benefits%E2%80%9D](https://www.iucn.org/commissions/commission-ecosystem-management/ourwork/nature-basedsolutions#:~:text=Nature%2Dbased%20Solutions%20(NbS),%2Dbeing%20and%20bi%20odiversity%20benefits%E2%80%9D)

Kemp, L., Xu, C., Depledge, J., Ebi, K. L., Gibbins, G., Kohler, T. A., ve Lenton, T. M. (2022). "Climate Endgame: Exploring catastrophic climate change scenarios". *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 119(34), e2108146119.

Lang, R. (1920). *Verwitterung und Bodenbildung als Einführung in die Bodenkunde*. E. Schweizerbart'sche verlagsbuchhandlung, E. Nagele.

Mansuroğlu, S., Dağ, V., ve Kalaycı Önaç, A. (2021). "Attitudes of people toward climate change regarding the bioclimatic comfort level in tourism cities; evidence from Antalya, Turkey". *Environmental Monitoring and Assessment*, 193, 1-16.

Mavrakis, A., ve Papavasileiou, H. (2013). "NDVI and E. de Martonne indices in an environmentally stressed area (Thrasio Plain-Greece)". *Procedia Technology*, 8, 477-481.

Nistor, M. M. (2016). "Spatial distribution of climate indices in the Emilia-Romagna region". *Meteorological applications*, 23(2), 304-313.

Oliver, J. E. (Ed.). (2008). *Encyclopedia of world climatology*. Springer Science & Business Media.

Öztürk, S., Tönük, G. U., ve Arıca, B. (2012). "Devrekani Çayı Alt Havzası'nın doğal kaynak değerlerinin CBS ile belirlenmesi". *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Mühendislik Bilimleri Dergisi Özel Sayısı*, 14, 21.

Pata, U. K., Yilanci, V., Hussain, B., ve Naqvi, S. A. A. (2022). "Analyzing the role of income inequality and political stability in environmental degradation: evidence from South Asia". *Gondwana Research*, 107, 13-29.

Rahimi, J., Ebrahimpour, M., & Khalili, A. (2013). "Spatial changes of extended De Martonne climatic zones affected by climate change in Iran". *Theoretical and applied climatology*, 112, 409-418.

Savo, V., De Zuliani, E., Perini, L., ve Ganeva, G. (2012). "Long-term changes in precipitation and temperature patterns and their possible impacts in vegetation (Tolfa-Certie Area, Central Italy)". *Applied Ecology and Environmental Research*, 243-266

Schlaepfer, D. R., Bradford, J. B., Lauenroth, W. K., Munson, S. M., Tietjen, B., Hall, S. A., ve Jamiyansharav, K. (2017). "Climate change reduces extent of temperate drylands and intensifies drought in deep soils". *Nature communications*, 8(1), 14196.

Szewrański, S., ve Kazak, J. K. (2020). "Socio-environmental vulnerability assessment for sustainable management". *Sustainability*, 12(19), 7906.

Ullah, S., You, Q., Sachindra, D. A., Nowosad, M., Ullah, W., Bhatti, A. S., ve Ali, A. (2022). "Spatiotemporal changes in global aridity in terms of multiple aridity indices: An assessment based on the CRU data". *Atmospheric Research*, 268, 105998.

UN-Habitat (2014). A new strategy of sustainable neighbourhood planning: Five principles. Nairobi, Kenya: United Nations Human Settlements Programme.

UNOPS. (2021). Infrastructure for climate action. Copenhagen: UNOPS.

While, A. ve Whitehead, M. (2013). "Cities, urbanisation and climate change". *Urban Studies*, 50(7), 1325-1331.

Xing, T., Liu, P., Ji, M., Deng, Y., Liu, K., Wang, W., ve Liu, Y. (2022). "Sink or Source: Alternative Roles of Glacier Foreland Meadow Soils in Methane Emission Is Regulated by Glacier Melting on the Tibetan Plateau". *Frontiers in Microbiology*, 13.

Yang, Z., Yang, H., ve Wang, H. (2020). "Evaluating urban sustainability under different development pathways: A case study of the Beijing-Tianjin-Hebei region". *Sustainable Cities and Society*, 61, 102226.

Zhao, Q., Yu, P., Mahendran, R., Huang, W., Gao, Y., Yang, Z., ve Guo, Y. (2022). "Global climate change and human health: Pathways and possible solutions". *Eco-Environment & Health*.

Zhu, X., Deng, Y., Hernández, M., Fang, J., Xing, P., ve Liu, Y. (2023). "Distinct responses of soil methanotrophy in hummocks and hollows to simulated glacier meltwater and temperature rise in Tibetan glacier foreland". *Science of The Total Environment*, 862, 160888.