



Bu proje Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.



İklim Değişikliğine Dirençli Kentler için Bir Çerçeve: Yeşil Odaklı Uyarlama Kılavuzu



İklim Değişikliğine Dirençli Kentler İçin bir Çerçeve: Yeşil Odaklı Uyarlama Kılavuzu, İZMİR, 2019

Editörler	: Prof. Dr. Hakan Alphan, Doç. Dr. Çiğdem Coşkun Hepcan
Yazarlar	: Prof. Dr. Süha Berberoğlu, Dr. Ahmet Çilek, Dr. Yüksel Ünlükaplan
Proje Ekibi	: Özlem Sevinç Gökçen (Proje Koordinatörü), S. Gökçen Kunter Karaduman (Proje Yönetim Uzmanı), Dr. Eylem Demircioğlu (Proje Uzmanı), Meral Aydın (Proje Uzmanı)

Bu kılavuz kitap “Dirençli Kentler İçin Bir Çerçeve Yeşil Odaklı Uyarlama (Green Revision: A Framework For Resilient Cities)” projesi kapsamında hazırlanmıştır.

Proje Künyesi

Proje Adı	: Dirençli Kentler İçin Bir Çerçeve: Yeşil Odaklı Uyarlama Projesi
Proje Referans Numarası	: TR2013/0327.05.01-02/099
Hibe Faydalanıcısı	: İzmir Büyükşehir Belediyesi (İBB)
Hibe Eş-faydalanıcı/ları	: Peyzaj Araştırmaları Derneği (PAD)
Uygulama ili/illeri	: İzmir
Süre	: 18 ay
Bütçe	: 150.386,52 Avro
Basım	: PARDUS Tan. Bas. Yay. Org. San. Ve Tic. Ltd. Şti.
ISBN	: 978-975-18-0267-5
	1. Basım 800 Adet / Mart 2019
Telif hakkı yazısı	: Bu kitabın bütün hakları İzmir Büyükşehir Belediyesi (İBB) ve Peyzaj Araştırmaları Derneği (PAD) aittir. İBB ya da PAD'ın yazılı izni olmaksızın, kitabın tümünün ya da bir kısmının çoğaltımı veya dağıtımı yapılamaz. Bilimsel araştırma, tez, makale, kitap ve benzeri eserlerde kitabın, yazarların, İBB ve PAD'ın tam adları belirtilerek atıf yapılabilir.

“Dirençli Kentler İçin Bir Çerçeve: Yeşil Odaklı” Projesi Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından ortak finanse edilen Türkiye’de İklim Değişikliği Alanında Kapasite Geliştirme Hibe Programı çerçevesinde gerçekleştirildi.

İzmir Büyükşehir Belediyesi Çevre Koruma ve Kontrol Dairesi Başkanlığı Sağlıklı Kentler ve Temiz Enerji Şube Müdürlüğü

<http://skpo.izmir.bel.tr>
sagliklikentler@izmir.bel.tr
www.izmir.bel.tr

Peyzaj Araştırmaları Derneği

www.pad.org.tr
bilgi@pad.org.tr
info@pad.org.tr

Bu yayın Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti’nin mali desteği ile hazırlanmıştır. Bu yayının içeriği yalnızca İzmir Büyükşehir Belediyesi ve Peyzaj Araştırmaları Derneği’nin sorumluluğundadır. Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti’nin görüşlerini yansıtmamaktadır.









İklim Değişikliğine **Dirençli Kentler için Bir Çerçeve:** **Yeşil Odaklı Uyarlama Kılavuzu**

İçindekiler

GİRİŞ	7
İzmir'in İklim Modeli	8
Arazi Bozunumu Haritaları ve Modelleri	8
Ekosistem Servisleri	8

BÖLÜM 1

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNE UYUM İÇİN YEŞİL ALTYAPI İYİ UYGULAMA ÖRNEKLERİ

1.1. Yeşil Altyapı: Kavramsal Çerçeve	9
1.2. İyi Uygulama Örnekleri	9
1.2.1. İspanya'nın Deneyimi	9
1.2.2. İtalya'nın Deneyimi	12

BÖLÜM 2

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN MODELLENMESİ

Özet	16
2.1. İklim Değişikliği Araştırmalarının Gelişim Süreci	16
2.1.1. Yeni Süreçte Yer Alan Gruplar	17
2.1.2. Birleştirilmiş Modelleme Üzerine Çalışma Grubu (Working Group on Coupled Modelling-WGCM)	18
2.1.3. İklim Değişikliğinin Modellenmesi	20
2.2. Yöntem	21
2.2.1. Ölçek Küçültme Teknikleri	23
2.3. Bulgular	26
2.3.1. 1971-2000 ile 2050-2100 Yıllar Dönem Aralıkları RCP 4.5 ve RCP 8.5 İklim Değişikliği Senaryoları için Meteorolojik Parametrelerin Mevsimsel Değişimleri	28
2.3.2. Model Sonuçlarının Gözlemlerle Karşılaştırılması ve Meydana Gelen Yanlılıkların Düzeltilmesi	46
2.3.3. Ekstrem Değerlerin Değerlendirilmesi	54
2.3.4. İzmir İli Sıcaklık Ekstrem Değerlerinin İstatistiksel Analizleri	58
2.3.5. 1971-2000 ve 2050-2100 Dönemleri İçin İklim Projeksiyonlarının (RCP 4.5 ve RCP 8.5) Meteorolojik Değişkenlerin Haritalanması	73

BÖLÜM 3

ARAZİ ÖRTÜSÜ DEĞİŞİMİNİN MODELLENMESİ

Özet	101
3.1. Arazi Örtüsü Kavramı ve İklim	101
3.1.1. Arazi Örtüsü Değişimi ile İklim Modeli Arasındaki İlişki	102
3.2. İzmir ili Balçova İlçesi Arazi Örtüsü/Arazi Kullanımları (1963 ve 2016 yılları)	103

3.2.1. Verilerin Hazırlanması ve Ön İşleme	103
3.2.2. Arazi Örtüsü/Arazi Kullanımı Sınıfları	103
3.2.3. Arazi Örtüsü/Arazi Kullanımlarının Haritalanması (1963 ve 2016 yılları)	103
3.2.4. Harita Doğruluklarının Değerlendirilmesi	105
3.3. Balçova İlçesi Arazi Örtüsü/Arazi Kullanımı Değişimleri (1963 ve 2016 yılları)	108
3.3.1. Yöntem ve Kullanılan Veriler	108
3.4. Arazi Örtüsü/Arazi Kullanım Uygunluklarının Haritalanması	111
3.5. 2050 Yılı Projeksiyonu İçin Geçiş Olasılıkları	121
3.6. 2050 Yılı İçin Arazi Örtüsü/Arazi Kullanım Değişimi Modeli	124
3.7. İzmir İli Balçova İlçesi İçin Kentsel Yeşil Altyapı Sistemi	128
3.7.1. Kentsel Yeşil Altyapı Sisteminin Kompozisyon ve Konfigürasyonu	128
3.7.2. Yeşil Altyapı Sisteminin Zayıf ve Güçlü Özellikleri	129

BÖLÜM 4

EKOSİSTEM SERVİSLERİNİN HARİTALANMASI

Özet	131
4.1. İzmir İli Balçova İlçesi Kentsel Yeşil Alanlarının Yüzey Akışa Geçen Yağış Suyunu Tutma Kapasitesinin Hesaplanması ve Haritalanması	132
4.2. İzmir İli Balçova İlçesindeki Kentsel Yeşil Alanlarda Bulunan Bitki Örtüsünün CO ₂ Tutma Kapasitesinin Hesaplanması ve Haritalanması	134
4.3. İzmir İli Balçova İlçesi Kentsel Yeşil Alanlarının Hava Temizleme Kapasitesinin Hesaplanması ve Haritalanması	137
4.4. İzmir İli Balçova İlçesi Kentsel Yeşil Alanlarının Düzenleyici Ekosistem Servisleri Kapasitesinin Hesaplanması ve Haritalanması	141

BÖLÜM 5

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1. Sıcaklık ve Yağış Değişimleri Kapsamında Öneriler	143
5.1.1. Ortalama Sıcaklık	143
5.1.2. Toplam Yağış	144
5.2. Arazi Kullanımlarının Planlanması İçin Öneriler	146
5.3. Yeşil Alanların Yönetimi İçin Öneriler	147
5.4. Yağış Suyu Yönetimi İçin Öneriler	147
5.5. Karbon Tutma ve Hava Temizleme İçin Öneriler	149
5.6. Proje Düzeyinde Öneriler	151
5.7. Farklı Ölçeklerdeki Önerilerin Hiyerarşisi	152
Şekil Listesi	154
Tablo Listesi	159
Kısaltmalar Dizini	161
Kaynakça	162





Küresel iklim değışikliğı Dünyamızı tehdit ediyor. Doğanın uyarılarına artık kulak vermek ve geç olmadan önlem almak zorundayız. Yaşadığımız kentlerden yola çıkarak Dünya'nın geleceğini kurtarmak için sorumluluklarımızı yerine getirmeliyiz.

Hükümetlerarası İklim Değişikliğı Paneli'ne (IPCC) göre karbondioksit oranındaki artışın nedeni fosil yakıt kullanımındaki artıştır. Kayda değer ikinci etken, başta ormansızlaşma olmak üzere arazi kullanımındaki değişimdir. İnsan faaliyetlerinin atmosferde yarattığı etkinin sonucunda küresel ortalama sıcaklıklarda da artış yaşandığı gözlenmektedir. Küresel iklim değişikliğinin ana nedeninin sera gazı emisyonlarında insan faaliyetleri sonucunda gözlenen artış olduğunu ortaya koydu.

Bu bilinçle hareket ederek "Avrupa Birliğı Belediye Başkanları Sözleşmesi"ne (Covenant of Mayors) taraf olduk. 2020 yılına kadar karbondioksit salınımını yüzde 20 oranında azaltmayı taahhüt ettik. Çevre projeleriyle Avrupa'nın öncü kentleri arasında yer alan İzmir Avrupa Birliğı ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilen, Türkiye'de İklim Değişikliğı Alanında Kapasite Geliştirme Hibe Programı kapsamında desteklenen, yürütücülüğünü yaptığımız "Green Re-vision: A Framework for the Resilient Cities" (Dirençli Kentler için Bir Çerçeve: Yeşil Odaklı Uyarlama) Projesi ile İzmir ili ve çevresi için iklim değişikliğıyle mücadele programına dahil olduk.

Projede, İzmir ve çevresi için 2050-2100 yılları dönem aralığına ait orta iyimser ve en kötümser iklim senaryoları kullanılarak iklim modelleri oluşturuldu. Kentsel yeşil altyapı sistemi stratejileri ve uygulamaya yönelik öneriler geliştirildi. Bu kapsamda, İzmir ilinin iklim değişikliğıne uyumlu bir kent olabilmesi için öneriler içeren bir kılavuz kitap hazırlandı.

Umuyorum ki "İklim Değişikliğıne Dirençli Kentler için Bir Çerçeve: Yeşil Odaklı Uyarlama Kılavuzu" İzmir ilinin iklim değişikliğı ile mücadelesine yol gösterecektir.

Sevgi ve saygılarımla...

Aziz KOCAOĞLU
İzmir Büyükşehir Belediye Başkanı



Küresel sıcaklık artışları, yağış paternlerindeki düzensizlikler ve ekstrem hava olaylarındaki artışlar, iklim ile ilgili giderek artan sayıda ciddi bilimsel araştırmalar tarafından da doğrulanıyor. Gelecekte bu değişimlerin bazı sonuçları olacağı yaygın olarak kabul ediliyor. Bugün artık iklim değişikliğinin olup olamayacağını değil, gelecekte meydana gelmesi olası değişimlerin büyüklüğünün ve yaygınlığının ne olacağını konuşuyoruz.

İnsanoğlu olarak Yeryüzü Sistemine bağımlıyız; iklim ile şekillenen, iklim olayları tarafından yönetilen Yeryüzü Sistemine. Orman ekosistemlerinin ya da okyanusların verimliliğini, tatlı su kaynaklarının varlığını, üretebileceğimiz ürünlerin çeşitlerini ve miktarını iklim belirliyorsa, o zaman aslında iklime bağımlıyız.

Günümüzde insan nüfusunun önemli bir bölümü giderek daha da artan oranlarda kentlerde yaşamaya başladığından, küresel iklim değişikliklerinin yereldeki etkilerini en belirgin yaşayacağımız yerler, şüphesiz, kentler olacak. Artan kuraklık sonunda suyu daha verimli kullanmak zorunda kalacağız. Yağış düzensizliklerine ve ekstrem hava olaylarının yaratacağı sonuçlara hazırlıklı olmamız gerekecek. Sıcaklık artışının kentlerimizde yaratacağı etkileri azaltacak ekolojik altyapıları geliştirmemiz gerekecek.

Bu projede yeryüzü-iklim etkileşiminden yola çıktık; iklim değişikliğinin etkilerine karşı daha hazırlıklı bir kent yaratabilmek için yeşil altyapıyı ve ekosistem servislerini ele aldık. Bunu yaparken, bu konuda yol almış ülkelerdeki iyi uygulamalara baktık. Arazi örtüsü değişimi, kentleşme ve iklim değişikliği ile ilgili ayrıntılı modeller ürettik. Buradan elde ettiğimiz bilgi ile yeşil altyapı ve ekosistem servislerini ilişkilendirdik. Tüm bunlara dayanarak da İzmir için iklim değişikliğine uyum sağlamayı kolaylaştıracak öneriler geliştirdik.

Peyzaj Araştırmaları Derneği (PAD) olarak faaliyetlerimizi 2012 yılından bu yana kentsel ve kırsal peyzajlarda temel olarak doğa ile kurduğumuz ilişkinin ekolojik sistem ve süreçlerle uyumunu güçlendirecek yöntem ve yaklaşımların araştırılması, uygulanması ve toplumda yaygınlaştırılması amaçları doğrultusunda sürdürüyoruz. İklim değişikliğinin kırdı ve kentlerde insan yaşamı üzerinde yaratacağı olumsuz etkileri azaltıcı araştırma ve uygulamalar öncelikli faaliyetlerimiz arasında yer alıyor. Bu kılavuz kitapta sunulan, farklı araştırma alanlarını birleştiren bütüncül yaklaşımın ve önerilerin iklim değişikliğinin olumsuz etkilerine daha dayanıklı kentler oluşturmak için başlangıç rehberi haline gelmesi dileklerimle.

Prof. Dr. Hakan ALPHAN
Peyzaj Araştırmaları Derneği
Yönetim Kurulu Başkanı

GİRİŞ

Yeryüzü sistemi, ormanlar gibi doğal, tarım alanları gibi kültürel ve kentler gibi inşa edilmiş özelliklerin ayrı ayrı ya da bir arada bulunduğu peyzajlardan oluşur. İklim, hem yeryüzünün fiziksel özelliklerinin hem de atmosfer kimyasının bir sonucudur. İnsan faaliyetleri ve yeryüzünü kullanma şekilleri, yeryüzünü ve iklimi etkiler ve onlardan etkilenir. Bu açılarından bakıldığında yeryüzü, iklim ve insan birbirini etkiler ve birbirlerinden etkilenir. İklim değişikliği ve bu değişikliğin yaratacağı sonuçlara uyum sağlama stratejilerinin geliştirilmesi yeryüzü, iklim ve insan bileşenlerinin doğru şekilde analiz edilmesine bağlıdır.

İklim değişiminin küresel düzeydeki etkilerinin giderek artacağı, ekolojik süreçler üzerinde büyük değişimler ve bozulmalara neden olacağı birçok çalışmayla ortaya konmuştur. Bölgesel ölçekte ise bu etkilerin genelden bağımsız daha heterojen bir yapıda olacağı tahmin edilmektedir. Bu kapsamda insanların yaşam alanları üzerindeki çevresel risklerin artacağı ve önlem olarak özellikle yeşil altyapının güçlenmesi gerektiği savunulmaktadır. Bu amaçla iklim değişiminin mevcut ve potansiyel etkilerinin belirlenmesi için ileri düzey modeller geliştirilmesine, bölgesel ve yerel ölçekte risk limitlerinin belirlenmesine ihtiyaç duyulmaktadır.

İklim değişimi sadece küresel anlamda sıcaklık artışı olarak düşünülmemelidir. Peyzajlar gibi ekolojik sistemleri etkisi altında tutan süreçleri de etkileyen bir olgu olan iklim değişikliği, çevresel olayların konumları, şiddetleri, süreleri gibi özellikleri bakımından da değişimlere neden olmaktadır. İklimdeki değişimlerden kaynaklanan birçok çevresel olay için bölgesel ve bölgesel ölçekte mevcut durumun belirlenmesi ve bütüncül bir risk değerlendirmesinin oluşturulması, etkin planlama önerilerinin geliştirilmesi açısından önemlidir.

Artan fosil yakıt kullanımı, ormansızlaşma ve arazi kullanım değişiklikleri gibi insan faaliyetleri sonucunda atmosferde CO₂, H₂O, O₃, CH₄, N₂O ve sentetik CFC gibi sera gazları birikmekte ve sonuçta, küresel iklim değişikliğine yol açmaktadır. İklim değişikliği ve küresel ısınma konusunda uluslararası uzlaşının ilk defa 1979 yılında Birinci Dünya İklim Konferansı ile sağlandığı görülmektedir. Bu süreç, 1988 Uluslararası İklim Değişikliği Paneli, 1997 Kyoto Protokolü, 2001 Marakeş Anlaşması ve 2002 Delhi Bildirgesi ana başlıkları ile devam etmiştir. Bunlardan en önemlisi, 1997'deki Kyoto Protokolü'dür. Türkiye süreç içinde yer almış ve 2004'te Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (UNFCCC)'ne taraf olmuştur.

Giderek karmaşık hale gelen ve küresel boyutlara ulaşan çevre sorunlarının izlenmesinde klasik yöntemler, gerek ihtiyaç duyulan zaman ve hız, gerekse veri hassasiyeti açısından günün ihtiyaçlarını karşılayamamaktadır. Bu nedenle, İzmir Kentini değişen iklim koşullarına karşı daha dayanıklı bir hale getirmek için konumsal bilgi teknolojileri (konumsal modeller, uzaktan algılama, CBS) kullanılarak kapsamlı analizler yapılmış ve yeşil altyapının potansiyeline dayalı iklim değişikliğine dirençli bir kentsel alan yaratılması için öneriler geliştirilmesi hedeflenmiştir. Kenti, iklim değişikliğine karşı daha dayanıklı hale getirecek bir çerçeve geliştirmek, hedef grupların ve paydaşların iklim değişikliği aksiyonu konusundaki kapasitelerini geliştirmek, üretilen bilgi ve kazanılan deneyimi yayarak iklim değişikliği konusunda toplum bilincini arttırmak bu projenin diğer hedefleri arasındadır. Proje, Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilen, faydalanıcı kurumu Çevre ve Şehircilik Bakanlığı ve sözleşme makamı Merkezi Finans ve İhale Birimi olan "Türkiye'de İklim Değişikliği Alanında Kapasite Geliştirme Hibe Programı" kapsamında desteklenen "Dirençli Kentler İçin Bir Çerçeve: Yeşil Odaklı Uyarılama (Green Re-vision: A Framework for the Resilient Cities)" projesi TR2013/0327.05.01-02/099 sözleşme numarası ve 08/05/2017 tarih



ve 97509404.301.05.435 sayılı Meclis kararı ile İzmir Büyükşehir Belediyesi Sağlıklı Kentler ve Temiz Enerji Şube Müdürlüğü ve Peyzaj Araştırmaları Derneği (PAD) tarafından yürütülmüştür. Society For Urban Ecology (SURE) Proje'ye iştirakçi olarak destek vermiştir.

Bu kılavuz kitabın hazırlanmasında aşağıdaki üç ana başlıkta analizler gerçekleştirilmiştir.

İzmir'in İklim Modeli

Gelecekteki iklim değişimlerinin tahmin edilmesinde en önemli araçlardan biri olan iklim modelleri mevcut durumları dikkate alarak belli bir süre sonraki iklim şartlarının genel çerçevesini çizmeyi amaçlar. Projede, İzmir için 2050-2100 yılları dönem aralığını kapsayacak şekilde orta iyimser ve en kötümser iklim senaryoları kullanılarak iklim modelleri oluşturulmuştur. Projede İzmir için 2050-2100 yılları dönem aralığını kapsayacak şekilde IPCC 5. Değerlendirme Raporu'nda yer alan CMIP5 projesinde de kullanılan HadGEM2-ES Küresel Dolaşım Modeline (GCM) ait RCP 4.5 (orta iyimser) ve RCP 8,5 (en kötümser) senaryolar kullanılarak 500 m. çözünürlükte iklim modelleri oluşturulmuştur.

Arazi Bozunumu Haritaları ve Modelleri

Arazi örtüsünde meydana gelen değişimlerin bilinmesi ve gelecekte ortaya çıkması muhtemel değişimlerin tahmin edilmesi, iklim değişikliğinin olumsuz etkilerine karşı hazırlık yapmak ve değişen iklim koşullarına uyum sağlamayı kolaylaştıracak stratejiler geliştirmek için çok önemlidir. Bu projede pilot bölge olan Balçova'daki arazi örtüsünde geçmişten bugüne (1955-1965 ve 2015-2017 tarih aralıklarında) meydana gelen değişimler haritalanarak, 2050 yılı için arazi örtüsü/arazi kullanım değişimi modeli oluşturulmuştur.

Ekosistem Servisleri

Kentsel ekosistem servisleri doğal ya da yarı doğal alanları içeren kentsel yeşil alanların insanlara ve diğer canlılara sağladığı ekolojik, ekonomik ve sosyo-kültürel faydalardır. Pilot bölge Balçova'da kentsel yeşil alanların yağış suyu tutma, karbon ve karbondioksit tutma ile hava temizleme kapasitesi sayısal yöntemler kullanılarak hesaplanmış ve haritalanmıştır. Kentsel ekosistem servislerine ait birleştirilmiş bir sonuç haritası üretilmiştir.

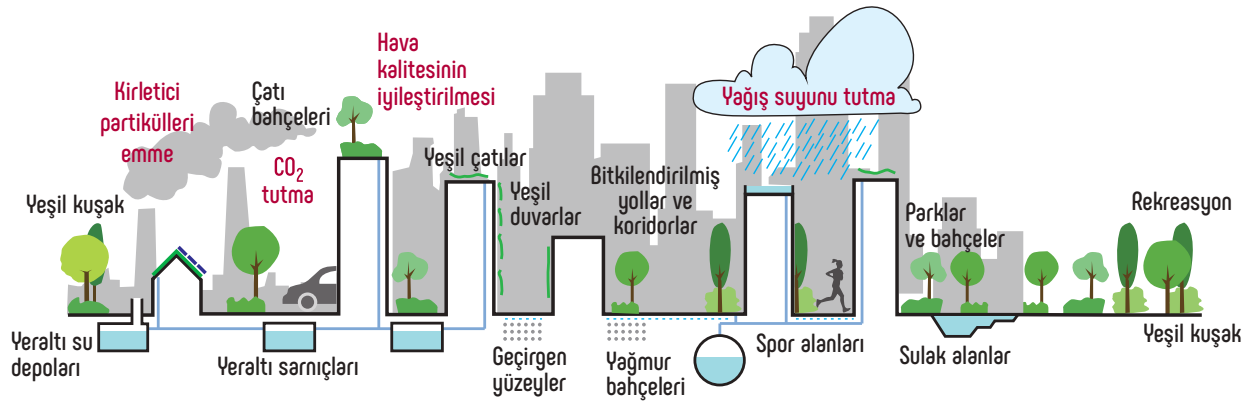
Projenin ana kurgusu, iklim değişikliğine uyum çalışmaları konusunda ilerleme sağlamış ülkelerin deneyimlerinden ve yeryüzü sistemi, iklim sistemi ve insan varlığının etkileşimini dikkate alan jeo-yersel model çalışmalarının sonuçlarından yararlanılarak iklim değişikliğine uyum için öneriler geliştirilmesidir. Bu amaçla, bu kılavuz kitapta önce konu ile ilgili diğer ülkelerin deneyimleri aktarılmış ve yukarıdaki başlıklar kapsamında analizler ve tartışmalar sunulmuştur.



BÖLÜM 1

İklim Değişikliğine Uyum İçin
Yeşil Altyapı İyi Uygulama
Örnekleri

Yeşil Altyapı Elemanları ve Faydaları



Yeşil Altyapı, "geniş kapsamlı ekosistem hizmetleri sunmak ve hem kırsal hem de kentsel ortamlarda biyolojik çeşitliliği korumak üzere tasarlanmış ve yönetilen diğer çevresel özelliklere sahip, yüksek kaliteli doğal ve yarı doğal alanların stratejik olarak planlanmış bir ağı" olarak tanımlanabilir.

Çevresel Faydalar

- Temiz su temini
- Hava ve sudan kirlenicilerin uzaklaştırılması
- Tozlaşmaya destek
- Toprak erozyonuna karşı koruma
- Yağmur suyu tutma
- Haşere kontrolü
- Arazi kullanımının azaltılması ve toprak yalıtımı

Sosyal Faydalar

- Daha sağlıklı ve konforlu yaşam koşulları yaratma
- İş fırsatlarının yaratılması
- Yerel ekonominin çeşitlendirilmesi
- Daha çekici, daha yeşil şehirler
- Daha yüksek mülk değerleri ve yerel farklılık
- Daha bütünsel ulaşım ve enerji çözümleri
- Gelişmiş turizm ve rekreasyon fırsatları

İklim değişikliği adaptasyonu ve azaltım yararları

- Ekosistemleri güçlendirme
- Karbon depolama ve tecrit
- Kentsel ısı ada etkilerinin azaltılması
- Afet önleme

Biyoçeşitlilik faydaları

- Yaban hayatı için geliştirilmiş habitatlar
- Ekolojik koridorlar
- Peyzaj geçirgenliği



İklim Değişikliğine Uyum İçin Yeşil Altyapı İyi Uygulama Örnekleri

1.1. Yeşil Altyapı: Kavramsal Çerçeve

Yeşil altyapı, gelişmiş ve gelişmekte olan pek çok ülkede giderek artan oranlarda ilgi çekmektedir. Bu ilginin nedenlerinden biri, toplumların yeşil altyapının sağladığı hizmet ve yararları talebinin artmasıdır. İklim değişikliğinin olumsuz etkileri ile mücadelede kilit rolü olan yeşil altyapı konusunda artan farkındalık, bu ekosistem bileşeninin geliştirilmesi ile ilgili bir altlık oluşturur.

*Yeşil Altyapı,
“geniş kapsamlı ekosistem hizmetleri sunmak ve hem kırsal hem de kentsel ortamlarda biyolojik çeşitliliği korumak üzere tasarlanmış ve yönetilen diğer çevresel özelliklere sahip, yüksek kaliteli doğal ve yarı doğal alanların stratejik olarak planlanmış bir ağı” olarak tanımlanabilir.*

Daha detaylı bir tanımlama ile doğadan insana fayda sağlayan mekânsal bir yapı olarak kabul edilen yeşil altyapı, doğanın temiz hava veya su gibi çok değerli ekosistem mal ve hizmetlerini sunma yeteneğini geliştirmeyi amaçlar¹.

Bu amaçların aşağıdaki hedeflere ulaşmada yardımcı olması beklenir:

- Bireylerin yaşam kalitesinde iyileşme sağlama ve insan refahını destekleme. Örneğin bireylere yaşamak ve çalışmak için yüksek kaliteli bir çevresel ortam sağlama.
- Biyolojik çeşitliliği geliştirme. Örneğin izole edilmiş doğa alanlarını birbirleriyle yeniden bağlayarak ve daha geniş bir peyzajda yaban hayatının hareketliliğini arttırma.
- İklim değişikliğine ve diğer çevresel afetlere karşı, örneğin selleri hafifleterek, karbon depolayarak veya toprak erozyonunu önleyerek koruma sağlama.
- Avrupa'nın sınırlı yüzölçümüne sahip alanlarının mümkün olduğunca verimli ve tutarlı bir şekilde kullanılmasını sağlayan ve gelişime daha akıllı ve daha bütünsel bir yaklaşımın teşvik edilmesi.

1.2. İyi Uygulama Örnekleri

1.2.1. İspanya'nın Deneyimi

Yeşil altyapı kavramı mevcut ulusal mevzuattaki çeşitli alanlarda oldukça açık bir biçimde yer almaktadır. 42/2007 sayılı Doğal Miras ve Biyoçeşitlilik'i içeren Kanun, özerk bölgelerin çevresel bağlantılılığını sağlamaya yönelik önlemler alması için geniş kapsamlı bir yükümlülüğü gerekli kılarken, çeşitli bölgesel yasalar da doğal alanların bağlantılılığına odaklanmaktadır. 42/2007 sayılı Kanun'un kabul edilmesinden önce, özerk topluluklar çevresel koridorları geliştirmek için bazı girişimler başlatmıştır.

İspanya yeşil altyapı politikasının odak noktası, kapsamlı ve tutarlı bir ekolojik ağın geliştirilmesini teşvik etmek yerine, mevcut korunan alanlar arasında bağlantıyı sağlayan önlemleri uygulamaktır.

Yeşil Altyapı, Ekosistem hizmet sunumuna ilişkin birçok yasada kabul edilmiştir.

Kıyı Bölgesi için İspanya Stratejisi: AB Biyoçeşitlilik Stratejisi'nin 2020 tarihli ve 5 Numaralı Eylem Planı, Üye Devletlerdeki ekosistemlerin ve ilgili hizmetlerin haritalandırılması ve değerlendirilmesi üzerine çalışmalarını



istemektedir. İspanya, Milenyum Ekosistem Değerlendirmesi (MA) kavramlarını izleyerek ulusal bir değerlendirme tamamlamıştır².

İspanya'nın bu kapsamdaki stratejisi

- doğal kıyı alanlarındaki fiziksel işlevselliği eski haline getirmek ve
- iklim değişikliğine uyum sağlama konularında yeşil altyapı ile bağlantı kurmaktadır.

1.2.1.1. Barselona Yeşil Altyapı ve Biyolojik Çeşitlilik Planı 2020



Barselona, Avrupa'nın en yüksek nüfus yoğunluğuna sahip şehirlerinden biridir. Barselona'da kişi başına düşen yeşil alan oranı nispi olarak düşük olsa da sokak ağacı sayısı (150 farklı türden 161.423 ağaç) diğer Avrupa şehirlerinden daha fazladır.

2013 yılında uygulamaya konulan "Barselona Yeşil Altyapı ve Biyoçeşitlilik Planı 2020", çevresel ve sosyal hizmetler sunmak, doğayı şehre taşımak, biyoçeşitliliği artırmak, dağıntık yeşil altyapılar arasındaki bağlantıyı artırmak ve şehri daha dirençli hale getirme amaçlarıyla 70'in üzerinde proje

ve eylemi listelemektedir. Bu kapsamda devam eden yeşil altyapı projeleri ve biyoçeşitlilik projeleri şunlardır: Yeşil Koridorlar Ağı, eko-bahçe, habitat koruma (yapay resifler) ve tür korumayı (kentsel havuzlarda amfibilerin korunması ve kentsel kuşların korunması) içeren kentsel tahsisler. Barselona'nın güneyindeki Akdeniz kıyılarında deniz biyoçeşitliliğini yeniden tesis etme amacı taşıyan yapay resifler vardır. Bu öncü proje, türlerin çoğaltılmasını kolaylaştırmayı ve geleneksel balıkçılık yöntemlerinden yararlanmayı amaçlamaktadır. Barselona Yeşil Altyapı ve Biyolojik Çeşitlilik Planı 2020'nin merkezinde iki temel uygulama yatmaktadır. Bunlar:

- Yeşil altyapının bağlantılılığının sağlanması ve
- Şehrin doğallığının yeniden kazandırılmasıdır³.

Bu kapsamdaki uygulamaların başında yeşil (ekolojik) koridorlar gelmektedir.

- Yeşil koridorlar, yayalara ve bisikletçilere öncelik verilmek zorunda olan, bol bitki örtüsüne sahip olan kuşaklar olarak kentsel dokuda tanımlanan ve yeşil alanlar arasındaki bağlantıyı sağlamayı amaçlayan bir araçtır.
- Yeşil koridorlar sağlıklı ve ekolojik bir şehir inşa etmede stratejik bir rol oynamaktadır.

Diğer bir araç olan fırsat alanları, tüm mahallelerde mevcut olmalarına rağmen, büyüklük ve tip bakımından farklılık göstermektedir.

- Boş araziler,
- Çatılar,
- Balkonlar ve
- Genel olarak flora ve fauna barındırabilen ve barındırabilecek tüm alanlar

bu kapsamdadır.

Fırsat alanları aynı zamanda, yeşil alanların ve biyoçeşitliliğin varlığını arttırmak ve geliştirmek için büyük fırsatlar sunar. Böylece, vatandaşlar için daha sağlıklı ve konforlu alanlar yaratılmasına yardımcı olur⁴.

1.2.1.2. Vitoria-Gasteiz

1990'ların başlarında Vitoria-Gasteiz, şehrin dış bölgelerini restore etmek ve geri kazanmak için Yeşil Kuşak yaratılmasını içeren iddialı bir proje başlatmıştır.

Proje, ekolojik ve sosyal kaygılar taşıyan bir bakış açısıyla Vitoria kent çevresini sellerin önlenmesine odaklanarak yenilemeyi amaçlamıştır. Projede, eko-rekreasyonel koridorlar ile stratejik olarak bağlantılı yüksek ekolojik ve peyzaj değeri olan kent çevresi park alanlarının oluşturulması amaçlanmaktadır.

Vitoria-Gasteiz’de mevcut beş park alanına ilave olarak, plan aşamasında olan iki park daha bulunmaktadır. Bu parklar Uluslararası Öne Sahip Sulak Alanlar ve “Toplumsal Önem Alanı” (Sites of Community Importance/SCI) statüsündeki ve Natura 2000⁵ ağına dâhil edilmiş alanları içerir. 2012 yılında şehir Avrupa Yeşil Başkenti unvanını almıştır.

Vitoria-Gasteiz’in Kentsel Yeşil Altyapı Sistemi aşağıdaki genel hedefleri ele almaktadır⁶.

- Kentsel ve kentsel yeşil alanlar arasındaki mekânsal ve fonksiyonel bağlanabilirliği arttırarak, şehrin biyoçeşitliliğini teşvik etme
- Şehirdeki ekosistem hizmetlerini, doğal süreçler doğrultusunda kentsel metabolizma süreçlerini daha fazla destekleyerek ve doğal kaynak tüketimini azaltarak artırma
- Ekolojik ve hidrolojik süreçleri bütünleştirme ve yeterli düzeyde planlama ile kentsel gelişmiş ağa akım sağlama
- Kentsel ısı adalarını azaltma, iklim değişikliğini önleme ve bu amaçlara uyum için koşul ve süreçleri iyileştirme. Bölgenin direncini artırma ve savunmasızlığını azaltma
- Yeşil alanlar ile uyumlu kamu kullanımının teşvik edilmesi, boş zaman ve rekreasyon olanaklarının arttırılması, erişilebilirliğin ve ülke-şehir bağlantılarının arttırılması, kültürel mirasın ve geleneksel manzaraların korunması ve kimlik ve aidiyet duygusunun arttırılması
- Sağlığı, kolektif refahı ve şehrin genel yaşanabilirliğini destekleyen ortamlar yaratılması
- Doğa biyoçeşitliliği/toplum ilişkisi ve özellikle ekonomik değerlendirme dâhil olmak üzere ekosistemlerin mal ve hizmetlerine ilişkin bir farkındalık yaratılması
- Yeşil istihdam yoluyla ekonomik gelişmeye katkıda bulunulması.

Yeşil Kuşak ile ilgili ve halen uygulama sürecinde olan proje örnekleri ise:

Zadorra nehir kıyısının bir bölümünü, Yeşil Kuşak ile bütünleşmiş büyük bir doğal parka, bir dinlenme alanı olarak ve aynı zamanda nehir için bir taşkın alanına dönüştürmek.

Sulak araziye geri kazanmak ve Yeşil Kuşak’ta birleştirmek için güney akıntıları kanalizasyon sisteminden Salburía Sulak Alanı’na yönlendirmektir.

1.2.1.3. Deva Nehri

Kuzey İspanya’daki Deva Irmağı, Cantabria ve Asturias Özerk Toplulukları’ndan Cares Nehri’ne ve daha sonra Atlantik Okyanusu’na dökülmektedir. Nehrin sağ kıyısındaki yoğun erozyon mevcut kıyı ormanlarının bozulmasına neden olmuştur. Diğer yandan, vejetasyon varlığı akarsu hareketliliğinin azalmasına yol açmıştır⁷.

Projenin amaçları nehir kıyısındaki ormanların gelişimini teşvik etmek ve Deva Nehri’nin sağ kıyısının daha fazla aşınmasını önlemektir.

1.2.1.4. Madrid + Natural (Madrid+ Natural Project)

Bu proje Madrid Şehir Meclisi tarafından yürütülmekte olan ve kentsel alanların yeniden canlandırılması ile ilgili bir projedir. “Madrid + Natural”, iklim değişikliğine karşı, çoklu yerel çözümler yolu ile mücadele etmek ve uyum sağlamak amacı taşıyan bir dizi rehberden oluşmaktadır.



Bu rapor, Madrid kent çevresini düzenlemek ve kirlilik, şiddetli fırtınalar, kuraklık, anormal aşırı sıcaklık dönemleri ve yerel biyoçeşitlilik kayıpları gibi sorunlara müdahale edebilmek için doğa temelli çoklu çözümler sunar. Bu proje kapsamındaki uygulamalar “Yeşil duvarlar, nehir restorasyonu, geçirgen parkeler, kentsel tarım, kent ormanları ve sürdürülebilir drenaj sistemleri” olarak sıralanabilir⁸.

1.2.1.5. Avrupa Biyoçeşitlilik Bilgi Sisteminin İspanya’daki Yeşil Altyapı Uygulamaları

Valensiya’nın Peyzaj Politikası, gelecekte bölgenin temel ekolojik altyapısı haline gelecek olan çevresel, kültürel ve görsel değere sahip peyzajlardan oluşan birbirine bağlı bir ağa sahiptir. Şehir yönetimi, 2015 yılında Comunidad Valenciana’da yeşil altyapı için bir Eylem Planının uygulamaya konulmasını içeren bir kararı açıklamıştır. Yeşil altyapı, korunan doğal alanların Valensiya ağı veya Natura 2000 ağı gibi girişimlerle, kültürel ve görsel değerlerin diğer bölgelerin ve taşkın alanları, yüksek riskli alanlar gibi kentleşmeye getirilen kısıtlamaların bulunduğu bölgenin kritik alanlarının birleştirilmesiyle bütünleşecektir. Bu sayede ilgili mekanların kümeleri, ekolojik koridorlar ve fonksiyonel bağlantılar vasıtasıyla bölgesel olarak birbirine bağlanmış olacaktır⁴.

Benaguasil Belediyesi yeşil altyapıya dayanan yağmur suyu yönetim sistemi, 2016 yılında su döngüsü kategorisinde Sürdürülebilir Kent Ödülü’ne layık görülmüştür.

Sistem, Şehirselleştirilebilir Drenaj Sistemlerinin (Sustainable Drainage Systems/SuDS) kullanımıyla daha fazla sürdürülebilir bir yağmur suyu yönetimini destekler. Bu yönüyle sistem, akan suyun tutulmasını ve sızmasını teşvik eden yeşil bir altyapı niteliğindedir. Bu amaçla, drenaj hendekleri, geçirgen kaplamalar, yağmur bahçeleri, yağmur suyu toplama depoları inşa edilerek kentsel alanların yenilenmesi sağlanmıştır.

2016 yılında Burgos kenti, şehirde Burgos yeşil kuşak uygulaması ile doğal hayata yeniden dönüşte 80 yılı aşma unvanını kutlamıştır. Bu başarılı kentsel girişim, bölgesel alanda ve yeşil kuşağın ekolojik durumunda iyileşme sağlamak için uygun yönetim önlemleri, devam eden ve yeni girişimlerle birlikte yeterli destekleyici politika ve mevzuatın uzun bir tarihini temsil eden iyi bir uygulama örneği olarak görülmektedir⁹. Zaragoza şehri, şehirdeki yeşil altyapı girişimlerini teşvik etmeye yönelik bir LIFE projesini yürürlüğe koymuştur. “Zaragoza’da yeşil altyapının oluşturulması, yönetimi ve tanıtımı” isimli projenin süresi 2013-2017 yıllarını kapsamakta olup bütçesi 2 Milyar Euro’dur.

Proje, nehirler, nehir kıyıları ve sulak alanlara odaklanan “mavi matris”, orman ve bozkır alanlarına odaklanan “yeşil bir matris” altyapısı çerçevesinde Zaragoza’nın yeşil altyapısını tasarlayıp yöneterek yeşil altyapının kalitesini iyileştirmeyi amaçlamaktadır. Amaç, her iki alanın ekolojik durumunun yanı sıra çok işlevli bir kaynak sağlamak için birbirine bağlılıklarını ve tutarlılıklarını geliştirmektir.

1.2.2. İtalya’nın Deneyimi

İtalya’da Yeşil Altyapı kavramı ilk olarak Aralık 2013’te “La Natura dell’Italia” konferansının bir parçası olarak Çevre Bakanlığı tarafından tanıtılmıştır. Bu konferansın amacı, İtalya’nın doğal sermayesi ve korunan alanlarına odaklanarak ekonomide gerekli farkındalığı başlatmak ve yeşil biyo-çevrenin Ulusal Biyolojik Çeşitlilik Stratejisi için yeşil ekonomi bağlamında önemini vurgulamaktır. 2020 için Avrupa Biyoçeşitlilik Stratejisi’nin daha geniş bağlamında, Yeşil Çevre Stratejisi’nin ulusal düzeyde uygulanmasından İtalyan Çevre Bakanlığı sorumludur. Bu doğrultuda Bakanlık, İtalyan Botanik Topluluğu’nu (Società Botanica Italiana / SBI), Roma La Sapienza Üniversitesi ve Üniversitelerarası Araştırma Merkezi “Biyoçeşitlilik, Bitki Sosyolojisi ve Peyzaj Ekolojisi” çalışma grubu ile birlikte aşağıdaki ilerlemeleri sağlamak üzere yetkilendirmiştir:

- İtalya’da ekosistem restorasyon önceliklerini tanımlamak ve Yeşil Altyapıyı teşvik etmek için metodolojik bir çerçeve geliştirmek;
- Yeşil Altyapı kullanan tatlı su ekosistemleri üzerine bir restorasyon projesi geliştirmek;
- Roma Metropolitan Alanı’nın kent ve kent çevresi için iki pilot Yeşil Altyapı projesi geliştirilmesi¹⁰.



İtalya'da tanıtılan 'Yeşil Altyapı' kavramı genel olarak, ekosistem hizmetlerine ve yeşil ekonomiye dayanmaktadır.

İtalya, Yeşil Altyapı'yı daha çevreci bir ekonomi geliştirmek, biyoçeşitliliğin korunmasını güçlendirmek, doğal sermayeyi teşvik etmek ve geliştirmek için bir araç olarak görmektedir. Uygulamanın, doğal sermayeyi korumak, sürdürülebilir turizmi uygulamak ve geleneksel tarım ve sanayi biçimlerini uygulamak için çok önemli olan koruma altındaki alanlardan başlaması önerilmektedir. Zira bu faaliyetler yeşil bir ekonomi geliştirmek için çok uygundur.

AB Biyoçeşitlilik Stratejisi'nin 2020 tarihli ve 5 Numaralı Eylem Planı, Üye Devletlerin ekosistemlerin ve ilgili hizmetlerin haritalandırılması ve değerlendirilmesi üzerine çalışmalarını istemektedir. İtalya, 2014 yılında ulusal ekosistemini değerlendirmeye başlamış, ekosistem haritasının üretimi ile biyofiziksel değerlendirmesini kısa bir süre önce tamamlamıştır.

1.2.2.1. Yeşil Taç (Corona Verde)

Yeşil Taç, 93 belediyenin yer aldığı, Torino'nun metropolitan ve dağlık çevrelerinde uygulanan stratejik bir projedir. Proje Piemonte Bölgesi ve "Torino Politeknik (Politecnico di Torino) Üniversitesi" tarafından başlatılmıştır¹⁰.

Proje, metropoliten şehrin yeşil kuşağı da dâhil olmak üzere, Torino kentine yayılmış on altıncı ve on yedinci yüzyıldan kalma bir kraliyet konut sistemi olan "Corona di Delitie" yi (Delüks Taç) şehirdeki parklar, nehirler ve kırsal alanlarla bütünleştiren yeşil bir altyapı kurmayı amaçlamaktadır.

1.2.2.2. Modena'da Sürdürülebilir Enerji İçin Yeşil Altyapı (Piano di azione per l'energia sostenibile)

2010 yılında, Modena şehri sürdürülebilir enerji (SEAP) için bir eylem planı uygulamaya koymuştur. Proje, 2008 yılında birçok belediye başkanının imzaladığı ve İtalyan belediyelerinin "Patto dei Sindaci" adlı "Başkanlar Sözleşmesi" olarak bilinen daha büyük ölçekli yerel girişimin bir parçasıdır. Projenin amacı, sürdürülebilir kalkınma kriterlerine göre bölge topraklarını yeniden tesis etmek ve 2020 yılına kadar enerji verimliliği hedeflerini ve %20'lik bir CO₂ azaltımını takip etmektir¹¹.

1.2.2.3. Lombardia Bölgesi Genelinde Ekolojik Ağ (Progetto di rete ecologica regionale)

Proje, bölgesel korunan alanlara dahil olmayan toprak parçalarını koruyan ekolojik bir ağ oluşturarak biyoçeşitliliğin korunmasının önemine odaklanmaktadır. Amaç, arazi parçalanmasının meydana geldiği flora ve fauna arasındaki bağlantıyı sürdürmek ve bağı tekrar sağlamaktır.

1.2.2.4. Avrupa Biyoçeşitlilik Bilgi Sisteminin İtalya'daki Yeşil Altyapı Uygulamaları

Avrupa Biyoçeşitlilik Bilgi Sisteminin İtalya'daki yeşil altyapı uygulamaları aşağıdaki şekilde sıralanmıştır¹².

Roma Belediyesi Ekolojik Ağı

Ekolojik ağ kavramı, 2003 yılında Roma Belediyesi'nin şehir planlamasında tanıtılmıştır.

2008 yılında onaylanan Yeni Genel Master Plan, çevrenin ve kültürel mirasın korunmasını ve geliştirilmesini tanımlayan çevre sistemi; şehir ve demiryolu altyapısının geliştirilmesine odaklanan altyapı sistemi ve kentsel gelişimin sınırlarını planlayan ve belirleyen şehir ve metropol sistemi olmak üzere üç bileşenin etrafında yapılandırılmıştır.

Gorla Maggiore'de Çok Amaçlı Yeşil Altyapı Olarak İnşa Edilen Sulak Alanlar

Proje, geleneksel gri altyapı yerine yeşil bir altyapı kullanmanın fizibilitesini araştırmış ve Lombardia bölgesinde 5000 kişilik bir köy belediyesi olan Gorla Maggiore'de kanalizasyon taşmalarını test etmiştir. Proje kapsamında geliştirilen yeşil altyapı Olona Nehri kıyısında daha önce kavak ekimi için kullanılan bir alandaki bir parkla çevrili bir dizi sulak alandan oluşmaktadır.



Gorla Maggiore'deki yeşil altyapı şunları içermektedir:

- Bir ızgara, bir çökeltme tankı ve dört dikey alt yüzey akışı inşa edilmiş sulak alanlar ile bir kirletici çıkarma alanı
- Çok sayıda fonksiyona sahip sulak alan yüzey akışı. Örneğin kirlilik tutulması, sel tamponu, biyoçeşitliliğin korunması ve rekreasyon ve restore edilmiş kıyıdaş ağaçları, yeşil açık alan, bilgi panelleri, yürüyüş ve bisiklet yolları ile bir eğlence parkını içerir.

Projeden beklenen sonuçları arasında şunlar yer almaktadır:

- İnsanların ve biyoçeşitliliğin yararı için su kaynaklarının iyileştirilmiş yönetimi.
- Yeşil altyapının mevcut su yönetmeliklerine uymasının yanı sıra ek hizmetler yarattığına dair kanıt sağlamak.
- Projenin ana sponsoru olan bölgesel hükümetin, bu tür müdahalelerin diğer bölgelerdeki potansiyel etkisini analiz etmek için çoğaltılabilecek bir maliyet-fayda analizi yapmasını sağlamak.

Padova Ağaç Veritabanı



Padova şehri, 1999'dan itibaren sokak ağaçları hakkında bilgi toplamaktadır. 2013'ten bu yana, veri toplama, genel yeşil alanların (şehir parkları ve bahçeleri) içinde gelişmekte olan ağaçları da içermektedir. Veriler, mobil cihazlar ve kağıt formları kullanılarak eğitimli ve deneyimli araştırmacılar tarafından toplanır ve tüm kayıtlar doğruluk açısından kontrol edilir. Her ağaç türü popülasyonunun büyüklüğü ile birleştirilen bu bilgi, hava kalitesi düzenlemesi ve mikro iklim düzenlemesi gibi hizmetler için sağlam tahminler sunar. Veriler, arazi örtüsü ve arazi kullanımı üzerine tek başına modellerin doğrulanması ve böylece belirsizliğin azaltılmasına yardımcı olmak için de çok kullanışlıdır.

GreenSurge Projesi

İtalya; yeşil alan, biyoçeşitlilik, insan ve yeşil ekonomiyi bütünleştirecek yolları araştırarak, arazi kullanım çelişkileri, iklim değişikliğine uyum, demografik değişiklikler ile insan sağlığı ve refahı ile ilgili önemli kentsel zorlukları karşılayacak şekilde tanımlayacak, geliştirecek ve test edecek olan ve AB tarafından ortak finanse edilen GreenSurge projesinde yer almaktadır. Buna ek olarak, İtalya'daki Padova, Roma ve Trento şehirleri yeşil altyapı ile ilgili AB destekli çeşitli büyük projelerin örnek alanlarını temsil etmektedir¹³.

URBAN GreenUP

Mantova şehri, iklim değişikliğinin azaltılması ve iklim değişikliğine adaptasyon ve verimli su yönetimine odaklanan "Doğa Esaslı Kentsel Planları"nın (Renaturing Urban Plan) ortak bir şekilde geliştirilmesini desteklemek ve doğa temelli çözümlerin etkin bir şekilde uygulanmasına yardımcı olmak için özel bir yöntem elde etmeyi amaçlayan Horizon 2020 projesinde URBAN GreenUP'a katılmıştır.

Kentsel Doğa Laboratuvarları (UNaLab/Urban Nature Labs)

Cenova, şehirlerin iklim ve su direncini arttırmak için sağlam bir veritabanı ve yenilikçi, tekrarlanabilir ve yerel olarak uyumlaştırılmış doğa temelli çözümlerin (Nature Based Solutions/NBS) Avrupa çerçevesini geliştirmeyi amaçlayan Horizon 2020 projesi Urban Nature Labs'a (UNaLab) katılmıştır. UNaLab, ağaçlandırma/ bitkilendirme önlemleri ve yenilikçi ve kapsayıcı kentsel tasarım ile birlikte kentsel ekolojik su yönetimine odaklanmaktadır.

İklim ve Suya Dayanıklılık, Sürdürülebilir Ekonomik Büyüme, Sağlıklı Vatandaşlar ve Ortamlar için Yeşil Şehirler (GrowGreen)

Modena şehri, iklim ve su esnekliği, sosyal, çevresel ve ekonomik performansta niceliksel geliştirmeler sağlamak için doğa bazlı çözümlerin (Nature Based Solutions/NBS) geliştirilmesi amacıyla Horizon 2020 projesinde Yedi Kentin uzun vadeli planlama, geliştirme, işletme ve yönetimine sistemsel değişiklikler sağlamayı amaçlayan "İklim ve Su Dayanıklılığı, Sürdürülebilir Ekonomik Büyüme, Sağlıklı Vatandaşlar ve Ortamlar (GrowGreen) için Yeşil Şehirler"e katılmıştır.



BÖLÜM 2

İklim Değişikliğinin Modellenmesi

İklim modelleri geniş alanları kaplayan modellerdir. İklim değişikliğine uyum kapsamında yerel çözümler geliştirmek için bu modellerin yerelde detaylandırılması (downscaling), yeryüzü sistemi üzerindeki örtünün (arazi örtüsü) dinamiklerinin modellenmesi, bu örtüden sağlanan ekosistem hizmetlerinin sayısallaştırılması gerekir. İklim değişikliğine üst düzeyde uyum, bu bilgilerin birleşimine dayalı kılavuzlardan elde edilecek önerilerle mümkün olabilir. Bu nedenle, iklim değişikliğine uyum kılavuzu oluşturmanın ilk aşaması olarak iklim değişikliği, İzmir yerelinde modellenmiştir.

İZMİR İKLİM MODELİ

(2050 - 2100)

RCP 4,5 ORTA İYİMSE İKLİM SENARYOSU 650 PPM

- SICAKLIK:** Alçak kesimlerde sıcaklık artışı beklenirken, yüksek kesimlerde kış aylarındaki fazla soğumadan dolayı yıllık düzeyde bir düşüş görülmektedir.
- TOPLAM YAĞIŞ:** Genel olarak bir artış görülmektedir.
- BUHARLAŞMA:** Alçak kesimlerde büyük oranda artış beklenirken, yüksek kesimlerde düşüş olacağı görülmektedir.
- ORT. TOPRAK SICAKLIĞI:** Alçak kesimlerde büyük oranda bir artış beklenirken, yüksek kesimlerde düşüş olacağı modellenmiştir.
- ORT. TOPRAK NEMİ:** Alçak kesimlerde büyük oranda bir artış beklenirken, yüksek kesimlerde düşüş olacağı modellenmiştir.
- ORT. RÜZGAR HIZI:** Yüksek kesimlerde rüzgar artışı görülürken alçak kesimlerinde düşük oranda artış veya azalış görülmektedir.
- RADYASYON:** Alçak kesimlerde büyük oranda artış beklenirken, yüksek kesimlerde düşüş olacağı görülmektedir.

EKSTREM DEĞERLER

RCP 8,5 EN KÖTÜMSE İKLİM SENARYOSU 1370 PPM

- SICAKLIK:** Denize yakın bölgelerde ve alçak kesimlerde ortalama sıcaklıkta yüksek artış beklenirken, yüksekliğinin 1500 m üzerindeki alanlarda yıllık ortalama bir azalış beklenmektedir.
- TOPLAM YAĞIŞ:** İzmir ilinin genelinde bir azalış görülmektedir.
- BUHARLAŞMA:** Genel olarak tüm bölgelerde artış görülmektedir.
- ORT. TOPRAK SICAKLIĞI:** Alçak kesimlerde sıcaklık artarken, yüksek kesimlerde ise düşük oranda bir azalış görülmektedir. Genelinde artış görülmektedir.
- ORT. TOPRAK NEMİ:** Alçak kesimlerde yüksek oranda bir artış, yüksek kesimlerde ise düşük oranda bir artış olacağı modellenmiştir.
- ORT. RÜZGAR HIZI:** Genel olarak azalış içindedir.
- RADYASYON:** Alçak kesimlerde en fazla oranda artış görülürken yüksek kesimlere gidildikçe artış devam etmektedir.

EKSTREM DEĞERLER

RCP 4,5 senaryosu 2100 yılında uzun zamandaki sera gazı emisyon trendlerini, kısa ömürlü türleri ve arazi kullanımındaki değişimleri radyoaktif gücün yaklaşık 4,5 W/m² de olduğunu, 2050 yılından itibaren radyoaktif enerji ve emisyonlarda düşüş olacağını kabul ederek 2100 yılından önceki verileri dikkate alarak değerlendirilmesindeki senaryoyu ifade eder. CO₂ eşdeğer konsantrasyonların 2100 yılında yaklaşık 650 ppm'e ulaştığını öngörür.

RCP 8,5 senaryosu radyoaktif gücün 8,5 W/m² ye yaklaştığı en yüksek risk grubu senaryosudur. 2100 yılında artan yüksek nüfus popülasyonunu, kişi başına düşen gelirlerin gittikçe azaldığını kabul ederek, uzun zamanlı enerji talebinin, sera gazı emisyonlarının ve arazi kullanımının etkisiyle teknolojinin gelişmesi ve enerji yoğunluğunun artmasını baz alarak varsayımlar yapar. CO₂ eşdeğer konsantrasyonların yaklaşık olarak 2100 yılında 1370 ppm'e ulaştığını öngörür.



İklim Değişikliğinin Modellenmesi

2.1. İklim Değişikliği Araştırmalarının Gelişim Süreci

Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC: The Intergovernmental Panel on Climate Change) 1988 yılında Birleşmiş Milletlere bağlı olarak faaliyet gösteren iki uzman kuruluş olan Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO: World Meteorological Organization) ve Birleşmiş Milletler Çevre Programı, (UNEP: United Nations Environment Programme) tarafından, iklim değişikliği konusunda mevcut bilimsel, teknik ve sosyo-ekonomik bilgi ve çalışmaların değerlendirilmesi, bilimsel çıktılar ışığında iklim değişikliğiyle mücadele ve iklim değişikliğine uyum konularında karar vericilere yol göstermek amacıyla kurulmuştur.

IPCC, Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP: United Nations Environment Programme), ve Dünya Meteoroloji Örgütü'ne üye ülkelerden oluşan, Türkiye'nin de içinde olduğu 195 IPCC üyesi ülke tarafından belirlenmiş bağımsız süreçlere göre çalışmalarını sürdürmektedir.

IPCC ayrıca, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (BMİDÇS) Taraflar Konferansı veya Bilimsel ve Teknolojik Danışma Yardımcı Organı tarafından yönetilecek talepler üzerine belirli konularda özel rapor ya da teknik değerlendirmeler hazırlamaktadır. Panelin metodoloji alanındaki çalışmaları, tarafların sera gazı envanterlerinin oluşturulması için rehberler hazırlanmasında önemli rol oynamaktadır. Raporlar müzakerelerde temel referans kaynakları olarak kullanılmakta olup, ihtiyaca göre belirli dönemlerde çalışma grupları oluşturulabilmektedir. Her 5 ile 7 yılda bir, Dünya'nın iklim sisteminin bugün geldiği duruma ilişkin derlenen Değerlendirme Raporları basın ve karar vericilerle paylaşılmaktadır. Bu raporlar;

- Rapor 1. 1990 (ek 1992) (FAR),
- Rapor 2. 1996 (SAR),
- Rapor 3. 2001 (TAR),
- Rapor 4. 2007 (AR4),
- Rapor 5. 2014 (AR5) yılında yayınlanmıştır.

IPCC'nin 5. Değerlendirme Raporu (AR5), 2007 yılından bu yana hazırlanmakta olup, 2014 yılında onaydan geçmiştir. Söz konusu rapor, Çalışma Grubu I (WGI) Fiziksel Bilim Tabanı, Çalışma Grubu II (WGII) Etkiler, Uyum ve Hassasiyet, Çalışma Grubu III (WGIII) İklim Değişikliği Zarar Azaltma Raporlarını kapsayacak şekilde, daha çok politika yapıcılar ve karar vericiler gibi son kullanıcılara yönelik olarak hazırlanmış olup, 30 bin sayfadan fazla çalışmanın 900 bilim insanının değerlendirmesiyle hazırlanmıştır.

IPCC, 2007 yılında Hollanda'da gerçekleştirdiği yüksek katılımlı uzmanlar toplantısında IPCC 5. raporunda kullanılmak üzere yeni konsantrasyon rotaları ve bunlara dayanan yeni iklim değişikliği senaryoları oluşturmaya karar vermiştir (Şekil 2.1).



Şekil 2.1. İklim değişikliği senaryo süreci¹⁴

2.1.1. Yeni Süreçte Yer Alan Gruplar

IAM grupları: Entegre değerlendirme model grupları, sosyoekonomik senaryolar

CMC grupları: İklim model grupları (toplulukları)

İAV grupları: Etki, adaptasyon ve etkilenebilirlik değerlendirme grupları

Kyoto Protokolü, küresel ısınma ve iklim değişikliği konusunda mücadeleyi sağlamaya yönelik uluslararası tek çerçevedir. Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi içinde imzalanmıştır. Kyoto Protokolü'ndeki amaç, atmosferdeki sera gazı yoğunluğunun, iklime tehlikeli etki yapmayacak seviyelerde dengede kalmasını sağlamaktır. Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli, 1990 ile 2100 yılları arasında 1,4 °C ile 5,8 °C arası sıcaklık artışı tahmin etmektedir. Tahminlere göre, başarılı bir şekilde uygulanması durumunda Kyoto Protokolü bu artışı 0,02 °C ile 0,28 °C arasında düşürmeyi amaçlamaktadır. Kyoto Protokolü, 1997 yılında kabul edilmiş, 2005 yılında yürürlüğe girmiştir. Ülkemiz Protokol'e 2009 yılında taraf olmuştur (Şekil 2.2).



Şekil 2.2. Dünya'nın Kyoto Protokolüne katılımı

2.1.2. Birleştirilmiş Modelleme Üzerine Çalışma Grubu (Working Group on Coupled Modelling-WGCM)

WGCM, Uluslararası Bilim Konseyi (International Science Council/ISCU); Dünya Meteoroloji Örgütü (World Meteorological Organization/WMO) ve Birleşmiş Milletler Eğitim, Bilim ve Kültür Örgütü (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization/UNESCO) ortak girişimi ile kurulmuş ve finanse

edilmiştir. Bu kuruluşun geliştirdiği en önemli projelerden biri birleştirilmiş model karşılaştırma projesidir (Coupled Model Intercomparison Project/CMIP). Özellikle sonuçları IPCC tarafından yararlanılan bu proje; Eylül 2008’de, atmosfer-okyanus genel dolaşım model çiftlerinden yeni nesil iklim model çalışmalarını koordine etmek amacı ile 20 farklı iklim modelleme grubu bir araya getirilerek hayata geçirilmiştir. Bu proje kapsamında üretilen veriler IPCC’nin 5. değerlendirme raporunda kullanılmıştır.

CMIP tarafından geliştirilen modeller kaba çözünürlükte veri üreten (50-100 km) Genel Dolaşım / İklim Modelleridir (GCM: General Circulation / Climate Model). Mevcut atmosferik süreçler matematiksel ifadeler yoluyla tanımlanarak fizik kurallarına dayalı olarak oluşturulmaktadır. Farklı çalışma grupları tarafından modeller önceden tanımlanmış belirli emisyon senaryolarını dikkate alarak geleceğe yönelik iklim tahminlerini üretmektedir (Tablo 2.1).

Tablo 2.1. CMIP tarafından geliştirilen Genel Dolaşım / İklim Modelleri

Model İsmi	Ait Olduğu Ülke ve Enstitü	Model İsmi	Ait Olduğu Ülke ve Enstitü
ACCESS-1.0	CSIRO-BOM, Australia	HadCM3	MOHC, UK
BCC-CSM1.1	BCC, CMA, China	HadGEM2-AO	NIMR-KMA, Korea
CanESM2	CCCMA, Canada	HadGEM2-ES	MOHC, UK
CCSM4	NCAR, USA	INMCM4	INM, Russia
CESM1-BGC	NSF-DOE-NCAR, USA	IPSL-CM5A-LR	IPSL, France
CESM1-CAM5	NSF-DOE-NCAR, USA	IPSL-CM5A-MR	IPSL, France
CMCC-CM	CMCC, Italy	MIROC5	JAMSTEC, Japan
CNRM-CM5	CNRM-CERFACS, France	MIROC-ESM	JAMSTEC, Japan
CSIRO-MK3 6.0	CSIRO-QCCCE, Australia	MIROC-ESM-CHEM	JAMSTEC, Japan
GFDL-CM3	NOAA, GFDEL, USA	MPI-ESM-LR	MPI-N, Germany
GFDL-ESM2G	NOAA, GFDEL, USA	MPI-ESM-MR	MPI-N, Germany
GFDL-ESM2M	NOAA, GFDEL, USA	NorESM1-M	NCC, Norway
		NorESM1-ME	NCC, Norway

Proje kapsamında bu iklim modellerinden HadGEM modeli kullanılmıştır. **HadGEM;**

- IPCC 5. değerlendirme raporunda (AR5) belirlenen RCP senaryoları için İngiltere Meteoroloji Servisi’ne bağlı bir araştırma kuruluşu olan Hadley Centre tarafından geliştirilen 2. nesil küresel bir modeldir.
- HadGEM2 serisi birleştirilmiş atmosfer-okyanus konfigürasyonu ve içerisinde dinamik vejetasyon, okyanus biyolojisi, atmosfer kimyasının da bulunduğu bir yer-sistem konfigürasyonunu içermektedir.
- Bu modelin benzer fiziksel özelliklere sahip fakat farklı konfigürasyonda birçok versiyonu bulunmaktadır: HadGEM2 serisinde; HadGEM2-A, HadGEM2-O, HadGEM2- AO, HadGEM2-CC, HadGEM2-CCS, HadGEM2-ES.

*Proje kapsamında HadGEM2 serisinin en kapsamlı versiyonu olan **HadGEM2-ES** kullanılmıştır.*

2.1.3. İklim Değişikliğinin Modellenmesi

Dünya İklim Araştırma Programı (World Climate Research Programme/WCRP) altında görev yapan, Birleştirilmiş Modelleme üzerine Çalışma Grubu (Working Group on Coupled Modelling/WGCM), atmosfer-okyanus genel dolaşım model çiftlerinden (Atmosphere-Ocean General Circulation Models/AOGCM) çalışılan çıktılar için standart deneysel protokol geliştirmek üzere Birleştirilmiş Model Karşılaştırma Projesi’ni (Coupled Model Intercomparison Project/CMIP) Eylül 2008 tarihinde, yeni nesil iklim model çalışmalarını koordine etmek amacı ile 20 farklı iklim modelleme grubunu bir araya getirerek hayata geçirmiştir. CMIP, iklim modelinin tanısı, doğrulama, dögölü-karşılaştırma, dokümantasyon ve veri erişimini destekleyen bir altyapı sağlamaktadır. Bu çerçeve, bilim



insanlarından oluşan bir topluluğa sistematik bir şekilde Küresel Dolaşım Modellerinin (General Circulation/GCM) Analizi ve mevcut modellerin geliştirilmesini kolaylaştıracak hizmet sunmaktadır. Bu proje kapsamında üretilen veriler IPCC'nin 5. değerlendirme raporunda kullanılmıştır.

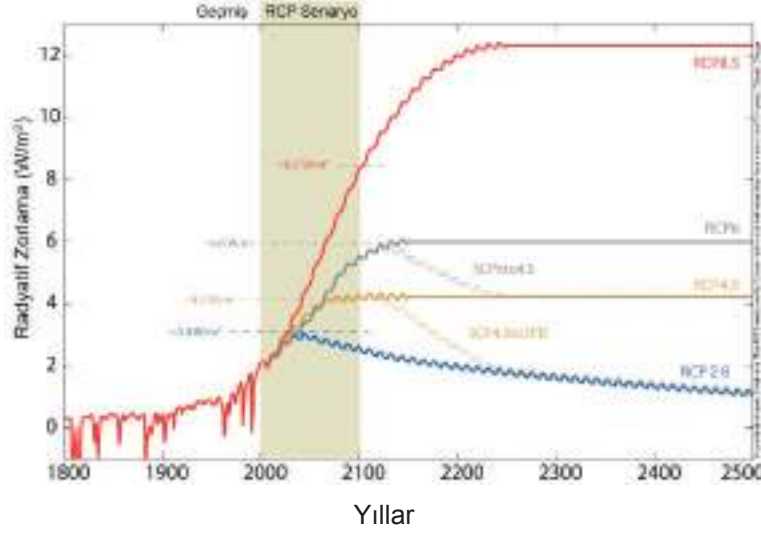
Küresel senaryolara karşılık gelen iklim model simülasyonu IPCC 5. Değerlendirme Raporu'nu destekleyen CMIP5 aracılığı ile Dünya genelindeki modelleme grupları tarafından geliştirilen küresel iklim modellerine dayanmaktadır. Bu projeksiyonlar, son IPCC değerlendirme raporunda¹⁵ kullanılan farklı sera gazı ve emisyon senaryoları ile arazi kullanım değişikliklerini temsil eden Temsili Konsantrasyon Rotası Senaryoları (Representative Concentration Pathways/RCPs) için hazırlanmıştır. Temsili konsantrasyon rotaları (RCP) 5. Değerlendirme Raporu (AR5) için IPCC tarafından adapte edilen sera gazlarına ait dört konsantrasyon yörüngesidir. Diğer bir deyişle temsili konsantrasyon rotaları, yeryüzünün radyasyon dengesini bozan emisyonlara ait konsantrasyon miktarları için oluşturulan senaryolardır. Radyatif zorlama seviyeleri ve rotalarına göre RCP'ler tanımlanmıştır¹⁶. Bu dört senaryo 2100 yılında ne kadar sera gazının salınacağını göz önüne alarak geleceğe yönelik iklimi öngörür. Söz konusu dört RCP senaryosu 2100 yılında sanayi devrimi öncesine göre radyatif zorlamanın olası değerlerini göz önüne alan +2,6, +4,5, +6,0 ve +8,5 W/m² referanslı RCP 2.6, RCP 4.5, RCP 6 ve RCP 8.5'dan oluşur. Bu senaryolar 2100 yılında ulaşılacak radyatif zorlamayı ifade etmektedir. Örneğin, RCP 2.6 senaryosu 2100 yılı öncesinde 3 W/m² lik ve 2100 yılında ise 2,6 W/m² lik bir radyatif zorlamaya karşı gelir (Tablo 2.2). Sanayi devrimi yıllarından 2150 yılına kadar radyatif zorlamanın değişimi Şekil 2.3 ile gösterilmiştir¹⁵.

Tablo 2.2. Temsili Konsantrasyon Rotası Senaryoları

Adı (RCP's)	İşinımsal Zorlama	Zaman	İşinımsal Zorlama Değişimi	Konsantrasyonlar (CO ₂ eşdeğer)	Emisyonlar (Kyoto Protokolü Sera Gazları)
RCP 8.5	> 8,5 W/m ²	2100'de	Yükselme	> ~1370 (2100'de)	2100'e kadar artış devam ediyor
RCP 6.0	~6,0 W/m ²	2100 sonrası	Hedefi geçmeden Stabilizasyon	~ 850 ppm (2100'de)	Yüzyılın son çeyreğinde düşüş
RCP 4.5	~4,5 W/m ²	2100 öncesi	Hedefi geçmeden Stabilizasyon	~ 650 ppm (2100'de)	Yüzyılın ortalarından itibaren düşüş
RCP 2.6	~3,0 W/m ²	2100 öncesi	3,0 W/m ² e ulaşmadan zirve ve düşüş	Zirve ~ 490 ppm ve düşüş (2100'de)	Yüzyılın ilk çeyreğinde düşüş

RCP 8.5 senaryosu radyatif gücün 8,5 W/m² ye yaklaştığı en yüksek risk grubu senaryosudur. 2100 yılında artan yüksek nüfus, kişi başına düşen gelirin gittikçe azaldığını kabul ederek, uzun dönemli enerji talebinin, sera gazı emisyonlarının ve arazi kullanımının etkisiyle teknolojinin gelişmesi ve enerji ihtiyacının artmasını baz alarak varsayımlar yapar. CO₂ eşdeğer konsantrasyonların yaklaşık olarak 2100 yılında 1370 ppm'e ulaştığını öngörür.

RCP 4,5 senaryosu 2100 yılında uzun dönemdeki sera gazı emisyon eğilimlerinin ve arazi kullanımındaki değişimlerin radyatif gücün yaklaşık 4,5 W/m² de olmasına neden olduğunu, 2050 yılından itibaren radyatif enerji ve emisyonlarda düşüş olacağını kabul eden senaryoyu ifade eder. CO₂ eşdeğer konsantrasyonların 2100 yılında yaklaşık 650 ppm'e ulaşmasını öngörür.



Şekil 2.3. Küresel Toplam Radyatif Zorlama Grafiği¹⁷

2.2. Yöntem

Projede, iklim projeksiyonu olarak CMIP5 (Coupled Model Intercomparison Project Phase 5) İzmir bölgesi için 2050-2100 yılları dönem aralığını kapsayacak şekilde kullanılmıştır. İzmir'i içine alan bölgede, IPCC 5. Değerlendirme Raporu'nda yer alan CMIP5 projesinde de kullanılan HadGEM2-ES Küresel Dolaşım Modeline (GCM) ait RCP 4.5 ve RCP 8.5 senaryoları kullanılmıştır.

Bölgesel ölçek küçültme yöntemi ile İzmir ve çevresini içeren çalışma alanında, 2050-2100 yılları dönem aralığı için;

1. Aylık, mevsimsel ve yıllık ortalama sıcaklık
2. Aylık, mevsimsel ve yıllık toplam yağış
3. Yılın en soğuk üç ayı için ortalama sıcaklık
4. Yılın en sıcak üç ayı için ortalama sıcaklık
5. Yılın en kurak üç ayı için toplam yağış
6. Yılın en ıslak üç ayı için toplam yağış
7. Aylık buharlaşma
8. Aylık ortalama toprak sıcaklığı
9. Aylık toplam toprak nemi
10. Aylık ortalama rüzgar hızı
11. Radyasyon projeksiyonları üretilmiştir.

Sonuçlar referans dönemine (1971-2000 yılı) ait yukarıda belirtilen 11 adet iklim değişkeni ile karşılaştırılarak farklar tespit edilmiştir. Mevcut istasyonlara ait gelecek değerler RCP 4.5 ve RCP 8.5 senaryolarına göre üretilerek 500 m. çözünürlükte Avustralya Üniversitesi tarafından geliştirilen thin-plate smoothing spline modeli ile interpolate edilerek grid formatında üretilmiştir.

Bu bağlamda, İzmir Bölgesi kapsamında iklim değişikliği modellemesinde izlenen metodoloji özetle şu şekildedir:

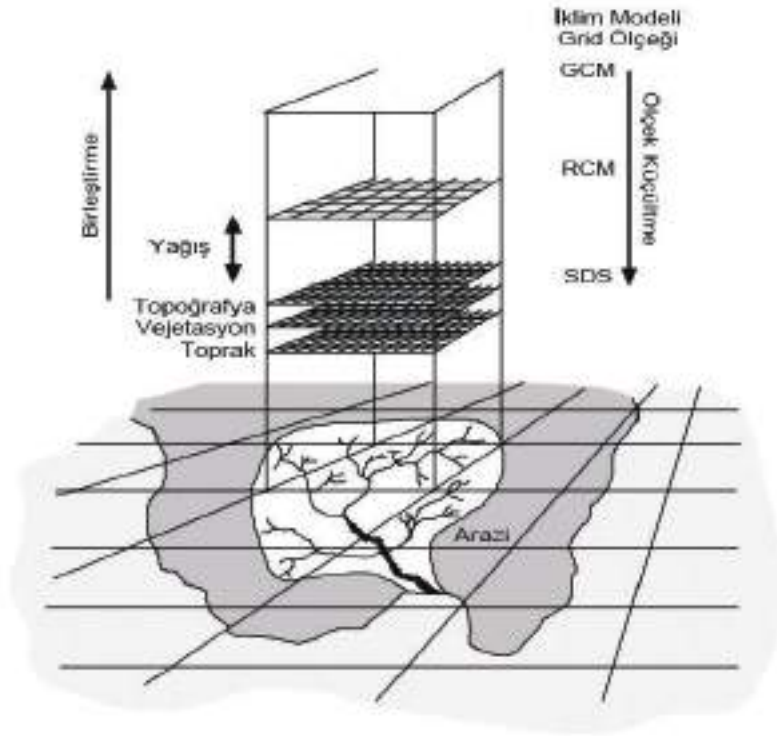
Projede iklim değişikliği projeksiyonları kapsamında yapılan model simülasyonları 1971-2000 yılı referans dönemi olarak alınmıştır. Birleştirilmiş yer sistem modeli 1971 yılından başlayarak yapılmıştır. RCP 4.5 ve RCP 8.5 temsili konsantrasyon rotaları için elde edilen gelecek iklim simülasyonları 1971-2000 yılı referans dönemine göre değerlendirilmiştir. İncelenen parametrelerin referans dönemine göre 2050-2100 yılları dönem aralığı için değişim aralığı aylık, mevsimsel ve yıllık ortalamalar (yağış için yıllık toplam) halinde hesaplanmıştır.

Bu kapsamda İzmir Bölgesi için, HadGEM2-ES yer sistem modelinin günümüz koşullarına karşılık gelen simülasyonlar ile referans dönemindeki 30 yıllık periyot ve gelecek simülasyonları değerlendirilmiştir. HadGEM2-ES modeli için günümüz simülasyonları Ocak 1971-Aralık 2000 dönemi için gerçekleştirilmiş ve günümüz koşullarında toplam 30 yıllık simülasyon yapılmıştır. RCP 4.5 ve RCP 8.5 temsili konsantrasyon rotaları için elde edilen referans dönemi iklim simülasyonları, meteorolojik gözlem verileri ile karşılaştırılmış ve simülasyonlardaki yanlışlık belirlenerek, iklim modelinin gelecek için öngördüğü sonuçların belirsizliği günümüz iklim koşullarına göre ortaya konmuştur.

Projede kullanılan yüksek çözünürlüklü ölçek küçültme (downscaling) işlemi Statistical Downscaled Model (SDSM) modeli kullanılarak gerçekleştirilmiştir. SDSM en iyi stokastik iklim üretici ve transfer fonksiyon yöntemlerinin bir karışımı olarak tanımlanır. Bunun nedeni, büyük ölçekli sirkülasyon paternleri ve atmosferik nem değişkenlerinin, yerel ölçekli iklim üretim parametrelerini koşullandırmak için kullanılmasıdır. Buna ek olarak, indirgenmiş günlük zaman serilerinin varyansını yapay olarak gözlemlerle daha iyi uyumlaştırmak için stokastik teknikler kullanılmıştır. Bugüne kadar, SDSM'nin ölçek küçültme algoritması, bir dizi meteorolojik, hidrolojik ve çevresel değerlendirmenin yanı sıra Afrika, Avrupa, Kuzey Amerika ve Asya dahil olmak üzere çeşitli coğrafyalara uygulanmıştır.

Genel sirkülasyon modelleri (General Circulation Model/GCMs) küresel ve bölgesel ölçeklerde iklim açısından önemli sonuçları olan artan sera gazı konsantrasyonlarını göstermektedir. GCMs, kaba yersel çözünürlük (genellikle 50.000 km² düzenlenmiş) ile bulut veya topografya gibi sınırlayıcılar nedeniyle doğrudan kullanımı yerel ölçekte mümkün olmamaktadır. Yerel ölçekte yüzey iklim durumunun atmosferik tahmin değişkenlerinden elde edilmesi iki teknikle olmaktadır. İlk olarak, MOS (Model Output Statistics) ve kısa dönemli sayısal hava durumu tahmini için kullanılan "perfect prog" yaklaşımının uygulanmasıdır. İkinci olarak, Bölgesel İklim Modelleri (Regional Climate Models/RCMs) kullanımı gelmektedir, bu yaklaşım belirli bir alanı sınırlayan GCM tarafından sağlanan zamana bağlı atmosferik koşulları dinamik olarak kullanarak grid bazında iklim özelliklerinin simülasyonuna dayanmaktadır (Şekil 2.4).

Her iki yaklaşım da sera gazı konsantrasyonlarında gelecekte meydana gelecek artışlardan kaynaklanan potansiyel iklim değişikliği etkilerinin değerlendirilmesinde önemli rol oynamaktadır.



Şekil 2.4. Ölçek küçültme genel yaklaşımı

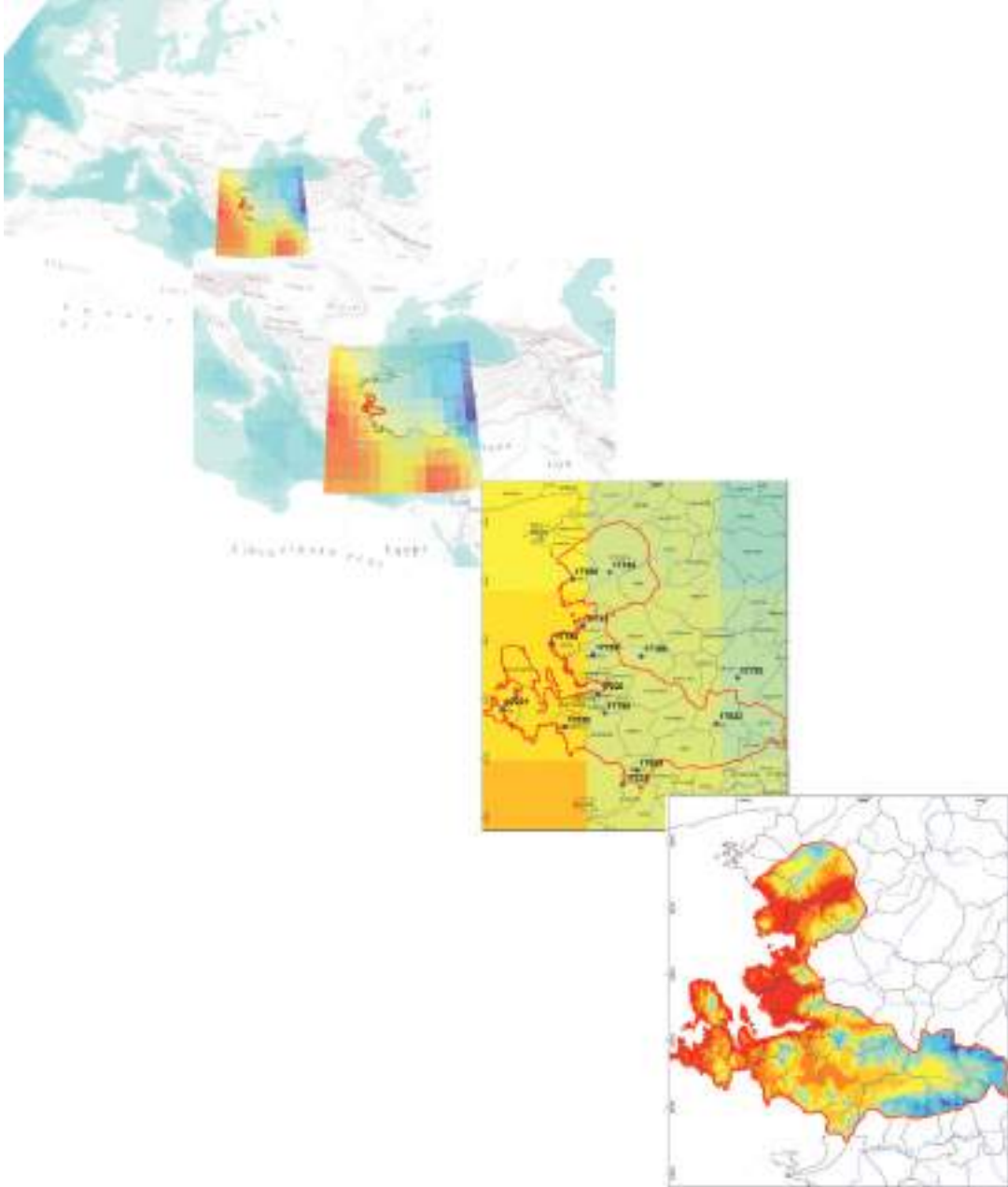
2.2.1. Ölçek Küçültme Teknikleri

Hava ve iklim olaylarının su kaynakları, tarım, sağlık vb. olaylar üzerindeki etkilerinde ortaya çıkan büyük artışlar son on yılda ölçek küçültmeye duyulan ihtiyacı arttırmıştır¹⁸. Küresel model çıktılarından lokal etki çalışmaları için kullanılması küçük atmosferik süreçlerin temsil edilememesi nedeniyle mümkün değildir. Çünkü küresel iklim/yer sistemleri modellerinde çözünürlüğün yüzlerce kilometreyi bulması bu model çıktılarından belirsizlikleri de beraberinde getirir. Bu sorun, bölge iklim senaryosunu daha hassas yapıda oluşturan iklim değerlendirmelerine imkan vermek üzere ölçek küçültülerek aşılabılır.

Ölçek küçültme yöntemleri 4 ana başlıktan oluşmaktadır: a) Dinamik iklim modeli, b) Sinoptik iklim modeli, c) Stokastik iklim modeli ve d) Transfer-fonksiyon yaklaşımı.

- Dinamik ölçek küçültme: Dinamik ölçek küçültme kaba çözünürlüklü GCM çıktıları ile birlikte, daha yüksek çözünürlüklü Bölgesel iklim modeli (RCM) ilişkilendirmesini kapsamaktadır. RCM, atmosferin fiziksel dinamiklerini 20–50 km’lik gridler halinde modellemek ve atmosferik koşulları tanımlamak için GCM’yi kullanmaktadır. RCM-Bölgesel iklim modelinde, simülasyon süreci GCM’de kullanılan alan büyüklüğüne bağlıdır. Ayrıca GCM’de kullanılan toprak nemi gibi koşullar da önemlidir. RCM’lerin avantajı GCM’den daha iyi ölçekte atmosferik özellikleri modelleyebilmesidir.
- Sinoptik iklim yaklaşımı: Bu yaklaşımda yerel meteorolojik veriler dâhil edilir. Bu teknik çeşitli çevresel değişkenler ve uygulamalar için geçerlidir. Ancak iklim tipleri yüzey iklim ilişkilerine bağlı olabilir. Potansiyel olarak, en önemli kısıt meydana gelen yağış miktarı değişikliklerinin, GCM tarafından üretilenler ile nadiren uyumasıdır.
- Stokastik iklim yaklaşımı: Stokastik (raslantısal) ölçek küçültme yaklaşımında, WGEN, LARS-WG ya da EARWIG gibi geleneksel hava tahmin üreticilerinin parametreleri değiştirilerek kullanılmaktadır. İklim değişimi senaryoları stokastik olarak, GCM sisteminden alınan çıktılar ile birlikte parametrelerin revize edilmesi için kullanılmaktadır. Tarımsal etkilerin değerlendirilmesi ve iklim istatistiklerinin üretilmesi bu teknik ile sağlanır.

- iv. Transfer fonksiyonu yaklaşımı: Transfer-fonksiyon ölçek küçültme yöntemi, bölgesel ölçek tahmini ve yerel ölçek tahmini arasında gözleme dayanmaktadır. Ölçek küçültme süreçleri, matematiksel transfer fonksiyonu, tahmin değişkenleri veya istatistiksel yöntemin seçimine göre farklılık gösterir. Bugüne kadar, doğrusal ve doğrusal olmayan regresyon, yapay sinir ağları, kanonik korelasyon ve temel bileşenler analizleri bu kapsamda kullanılmıştır. Gözlemlenen iklim değişkenlerinin gerekliliği modelin zorluklarından biridir (özellikle yağış miktarı). İklim tipleri yöntemleri ile ortak olarak, transfer yöntemleri ayrıca gelecekteki iklim koşulları altında model parametrelerinin geçerliliğini ortaya koymaktadır ve tahmin değişkenlerinin ve istatistiksel formun seçimine oldukça duyarlıdır (Şekil 2.5).



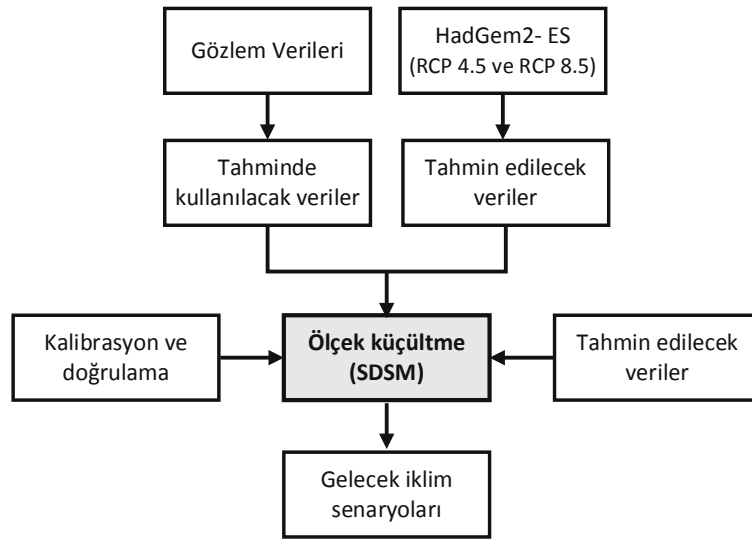
Şekil 2.5. İzmir ili ölçek küçültme yaklaşımı

Ölçek küçültme çalışmalarındaki uygulama pratiği ve küçük bölgelerdeki avantajları nedeniyle, karar destek aracı olan SDSM seçilmiştir. Yerel iklim değişikliği etkilerinin hızlı değerlendirilmesinin gerekli olduğu durumlarda, SDSM yöntemi daha yaygın kullanılmaktadır. SDSM en iyi, stokastik iklim üretici ve transfer fonksiyon yöntemlerinin bir karışımı olarak tanımlanır. Bunun nedeni, büyük ölçekli sirkülasyon paternleri ve atmosferik nem değişkenlerinin, yerel ölçekli iklim üretim parametrelerini koşullandırmak için kullanılmasıdır. Buna ek olarak, indirgenmiş günlük

zaman serilerinin varyansını yapay olarak gözlemlerle daha iyi uyumlaştırmak için stokastik teknikler kullanmaktadır (Şekil 2.5).

Projede izlenen Ölçek Küçültme Yöntemi, SDSM yaklaşımına göre aşağıdaki gibidir (Şekil 2.6).

- Kalite kontrol ve veri dönüşümü
- Potansiyel ölçek küçültme tahmin değişkenlerinin belirlenmesi
- Model kalibrasyonu; Model oluşturma
- 1971-2000 periyodu HadGEM2-ES tahmin değişkenleri kullanılarak istasyon bazında iklim verilerinin üretimi
- Üretilen sentetik verilerin ölçülen verilerle istatistiksel analizi
- Model yanlılık analizi ve düzeltilmesi
- GCM-tahmin değişkenlerinden elde edilmiş gelecek iklim verilerinin üretimi yanlılık düzeltilmesi



Şekil 2.6. Ölçek küçültme ile gelecek iklim senaryolarının oluşturulmasında yöntem şeması

2.2.1.1. Kalite Kontrol ve Veri Dönüşümü

Eksik ve kusurlu verilerin tespit edildiği ve düzeltildiği aşamadır. Model kalibrasyonundan önce tahmin edilen ve/veya tahmin edici girdi verilerinin düzenlenmesi yapılmıştır.

2.2.1.2. Potansiyel Ölçek Küçültme Tahmin Değişkenlerinin Belirlenmesi

Tahmin edici değişkenler (ortalama deniz seviyesi basıncı, nispi nem, ortalama sıcaklık vb.) ve tahmin edilenler (sıcaklık, yağış miktarı vb.) arasındaki deneysel ilişkileri tanımlamak, ölçek küçültme yöntemlerinin odak noktasıdır. Herhangi bir ölçek küçültme modelinin geliştirilmesindeki en zor aşamalardan biri, bu değişkenlerin seçimidir. Büyük ölçüde, iklim senaryosunun başarısını doğrudan etkiler. Belirtilen alt dönemler (yıllık, mevsimsel veya aylık) için değişkenler arası korelasyonları ortaya koymak amacıyla kullanılmıştır. Bu istatistikler, her bir tahmin ediciye özgü olan açıklayıcı güç miktarını tanımlamaya yardımcı olur.

Projede kullanılan tahmin edici değişkenler i) 2 m yükseklikteki ortalama sıcaklık, ii) Ortalama deniz seviyesi basıncı, iii) 500 hPa jeopotansiyel yükseklik, iv) 850 hPa jeopotansiyel yükseklik, v) Yakın yüzey nispi nem, vi) 500 hPa yükseklikte yakın yüzey nispi nem, vii) 850 hPa yükseklikte yakın yüzey nispi nem, viii) Yakın yüzey spesifik nem, ix) 500 hPa yakın yüzey spesifik nem, x) 850 hPa yakın yüzey spesifik nem, xi) Zonal velocity bileşeni, xii) Meridional velocity bileşenlerinden oluşmaktadır.

2.2.1.3. Model Kalibrasyonu; Model Oluşturma

Modelinin çalışması yukarıda belirlenen tahmin edici değişkenlerle birlikte bir optimizasyon algoritmasıyla (en



küçük kareler) çoklu regresyon uygulamasıyla değişkenlerin uygunluğu ortaya konur. Bu projede model yapısı aylık, mevsimsel ve yıllık olarak oluşturulmuştur.

2.2.1.4. 1971-2000 Periyodu HadGEM2-ES Tahmin Değişkenleri Kullanılarak İstasyon Bazında İklim Verilerinin Üretimi

Atmosferik tahmin edici değişkenler göz önüne alındığında, gözlemlenen belirleyicilere bağlı kalarak, yapay günlük iklim serileri üretilmiştir. İklim verisi üretimi çalışması, gözlenen atmosferik tahmin edici değişkenler ile yapay günlük iklim serileri oluşturulmuştur. Kalibre edilmiş model kullanılarak tahmin edici değişkenler ağırlıklandırılmıştır.

2.2.1.5. Üretilen Sentetik Verilerin Ölçülen Verilerle İstatistiksel Analizi

Özet istatistikler ve frekans analizleri ile hem ölçeği küçültülmüş senaryoları hem de gözlemlenen iklim verilerinin sorgulaması yapılmıştır. Frekans analizi, karşılaştırma sonuçları ve zaman serileri analizi aracılığıyla grafik analizi için üç seçenek değerlendirilmiştir.

2.2.1.6. Model Yanlılık Analizi ve Düzeltmesi

Koşullu süreçlerin ortalamasının tahmin altında veya tahmin üstünde olması eğiliminin dengelenmesidir. Belirtilen alt dönemler (yıllık, mevsimsel veya aylık) için değişkenler arası korelasyonları ortaya koymak amacıyla kullanılmıştır.

2.2.1.7. GCM-Tahmin Değişkenlerinden Elde Edilmiş Gelecek İklim Verilerinin Üretimi Yanlılık Düzeltmesi

Koşullu süreçlerin ortalamasının tahmin altında veya tahmin üstünde olması eğilimi dengelenmiştir.

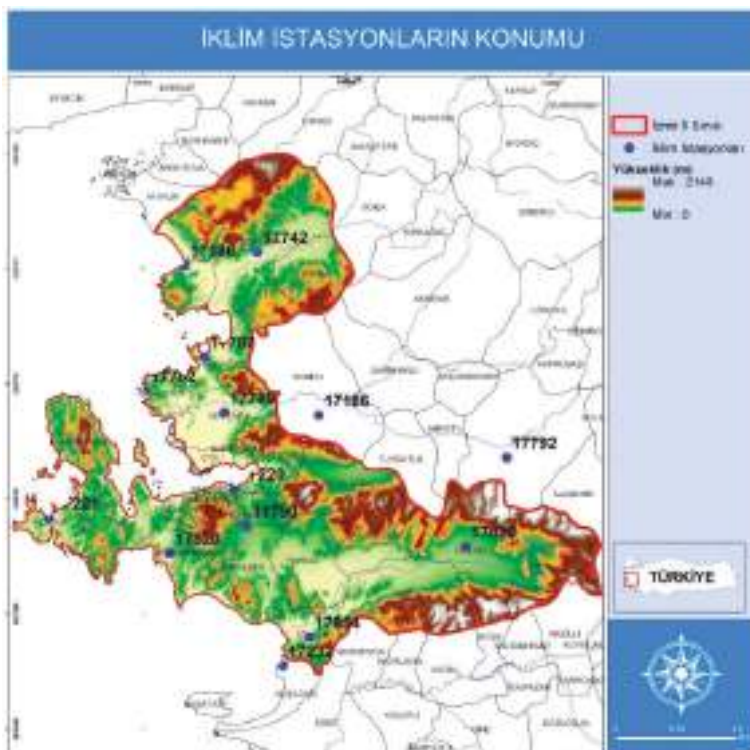
2.3. Bulgular

Model doğrulaması ve yanlılık testleri için kullanılan referans dönemi (1971-2000) verileri Şekil 2.7'de belirtilen 14 adet meteoroloji istasyonundan sağlanmıştır (Tablo 2.3). Mevcut istasyonlara ait gelecek değerler RCP 4.5 ve RCP 8.5 senaryolarına göre CMIP5 HadGEM2-ES Küresel Modeli'nden elde edilen verilerden yararlanılmıştır. Şekil 2.8'de bu verilerin coğrafi kapsamı görülmektedir.

Tablo 2.3. Temsili Konsantrasyon Rotası Senaryoları

İstasyon No	İstasyon Adı	İl	İlçe	Enlem	Boylam	Rakım
17180	Dikili	İzmir	Dikili	39.0737	26.888	3
17186	Manisa	Manisa	Şehzadeler	38.6153	27.4049	71
17220	İzmir Bölge	İzmir	Konak	38.3949	27.0819	29
17221	Çeşme	İzmir	Çeşme	38.3036	26.3724	5
17232	Kuşadası	Aydın	Kuşadası	37.8597	27.2652	25
17742	Bergama	İzmir	Bergama	39.1098	27.171	53
17787	Aliağa	İzmir	Aliağa	26.9681	38.792	27
17782	Foça Toprak Su	İzmir	Foça	26.74	38.69	37
17789	Menemen	İzmir	Menemen	27.0432	38.623	10
17790	Bornova	İzmir	Bornova	27.13	38.28	27
17792	Salihli	Manisa	Salihli	38.4831	28.1234	111
17820	Seferihisar	İzmir	Seferihisar	38.1990	26.8350	22
17822	Ödemiş	İzmir	Ödemiş	38.2157	27.9642	111
17854	Selçuk	İzmir	Selçuk	37.9423	27.3669	18





Şekil 2.7. Proje kapsamında kullanılan iklim istasyonlarının konumu



Şekil 2.8. Herhangi bir günün HadGEM2-ES Küresel Modelinden örnek ortalama sıcaklık verisi

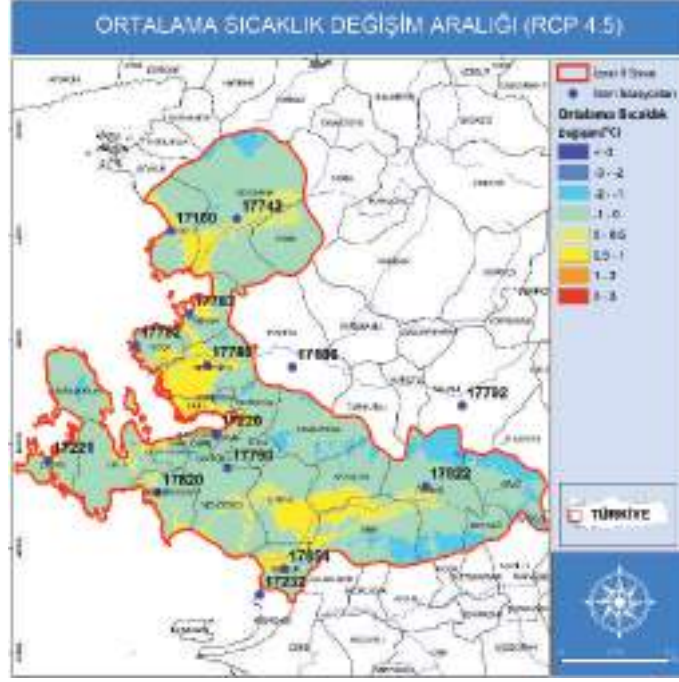
2.3.1. 1971-2000 ile 2050-2100 Yıllar Dönem Aralıkları RCP 4.5 ve RCP 8.5 İklim Değişikliği Senaryoları için Meteorolojik Parametrelerin Mevsimsel Değişimleri

İzmir ili ve çevresi için 1971-2000 yılları dönem aralığı ve 2050-2100 yılları dönem aralığında orta iyimser (RCP 4.5) ve en kötümser (RCP 8.5) iklim senaryoları için ortalama sıcaklık, toplam yağış, buharlaşma, ortalama toprak sıcaklığı, ortalama toprak nemi, ortalama rüzgar hızı, radyasyon, en soğuk/en sıcak üç ayı için ortalama sıcaklık ve en kurak/en ıslak üç ayı için toplam yağış değişkenlerinin değişim aralıkları haritalanmıştır.

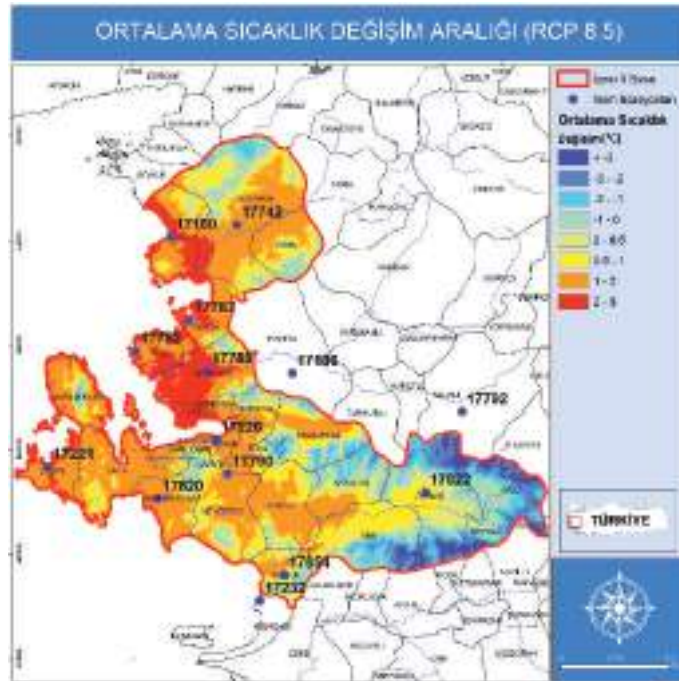


2.3.1.1. Ortalama Sıcaklık

Yıllık ortalama sıcaklık değişiminde RCP 4.5 senaryosuna göre 2050-2100 yılları dönem aralığı için alçak kesimlerde sıcaklık artışı beklenirken, yüksek kesimlerde kış aylarındaki fazla soğumadan dolayı yıllık düzeyde bir düşüş görülmektedir (Şekil 2.9). RCP 8.5 senaryosuna göre ise denize yakın bölgelerde ve alçak kesimlerde ortalama sıcaklıkta yüksek artış beklenirken, yüksekliğinin 1500 m üzerindeki alanlarda yıllık ortalamada bir azalış beklenmektedir (Şekil 2.10). Güncel (1971-2000) yılları ve gelecek (2050-2100) yılları dönemleri arasında RCP 4.5 senaryosuna göre aylık ortalama sıcaklıklar Kuşadası dışında bütün istasyonlarda azalırken diğer istasyonlarda artmıştır. RCP 8.5 senaryosuna göre aylık Kuşadası, Bergama ve Selçuklu bölgeleri haricinde mart-nisan-mayıs aylarında artış göstermektedir (Tablo 2.4).



Şekil 2.9. İzmir ili güncel dönem (1971-2000) ile gelecek dönem (2050-2100 yılları RCP 4.5 senaryosu) yıllık ortalama sıcaklık verilerinin değişimi



Şekil 2.10. İzmir ili güncel dönem (1971-2000) ile gelecek dönem (2050-2100 yılları RCP 8.5 senaryosu) yıllık ortalama sıcaklık verilerinin değişimi

Tablo 2.4. İzmir ili ve çevresi iklim istasyonları güncel (1971-2000) ve gelecek (2050-2100) dönem aylık ortalama sıcaklık verileri değişimi

	İzmir/Dikili			Manisa/Şehzadeler			İzmir/Konak		
	Güncel	RCP 4.5	RCP 8.5	Güncel	RCP 4.5	RCP 8.5	Güncel	RCP 4.5	RCP 8.5
	(°C)	Artış miktarı (°C)		(°C)	Artış miktarı (°C)		(°C)	Artış miktarı (°C)	
Oca	7.66	1.30	1.78	6.25	1.79	3.36	8.64	1.47	2.51
Şub	8.07	-1.93	4.52	7.33	-1.10	3.07	8.98	-1.15	4.01
Mar	10.10	-0.64	6.01	9.82	-2.02	0.36	11.12	0.58	3.21
Nis	14.61	2.91	6.76	14.87	-1.28	1.32	15.75	3.08	3.91
May	18.75	4.10	2.85	19.94	3.53	2.74	20.36	4.67	1.60
Haz	23.28	0.44	-0.53	25.19	0.40	-0.76	25.26	-0.88	-0.05
Tem	25.64	0.43	-0.13	27.77	0.31	-0.03	27.65	0.07	0.90
Ağu	25.17	0.94	0.10	27.27	-0.06	-0.13	27.16	1.04	-0.62
Eyl	21.92	0.93	0.33	23.14	0.57	1.71	23.50	-1.99	0.67
Eki	17.61	1.02	0.49	17.71	-0.08	2.05	18.85	-0.11	1.03
Kas	12.67	0.69	-0.07	11.52	-0.47	0.99	13.70	-0.15	0.10
Ara	9.41	0.91	0.72	7.94	0.37	1.20	10.31	-0.71	1.24
Genel Ortalama	16.24	0.92	1.90	16.56	0.16	1.32	17.61	0.49	1.54

	İzmir/Çeşme			Aydın/Kuşadası			İzmir/Bergama		
	Güncel	RCP 4.5	RCP 8.5	Güncel	RCP 4.5	RCP 8.5	Güncel	RCP 4.5	RCP 8.5
	(°C)	Artış miktarı (°C)		(°C)	Artış miktarı (°C)		(°C)	Artış miktarı (°C)	
Oca	9.43	0.59	0.29	9.03	0.72	1.87	6.51	2.05	3.00
Şub	9.59	-2.51	4.54	9.23	0.41	1.81	7.03	-0.01	4.70
Mar	11.30	-0.41	8.80	11.08	-1.74	4.81	9.24	-3.46	-0.16
Nis	15.08	1.53	10.11	15.02	3.69	1.89	14.23	2.55	0.40
May	19.09	3.83	3.69	18.73	2.89	2.63	19.02	2.51	2.27
Haz	23.50	0.25	1.71	23.15	1.19	0.39	23.99	0.41	0.12
Tem	25.57	0.85	2.98	25.44	0.64	0.46	26.29	1.46	0.25
Ağu	25.20	1.12	1.34	24.81	0.72	0.67	25.90	1.61	0.83
Eyl	22.39	-0.61	1.78	21.84	0.98	0.10	22.27	0.08	0.67
Eki	18.34	-0.54	0.16	17.97	2.17	1.03	17.28	0.34	1.83
Kas	14.00	0.02	-0.27	13.58	0.49	0.53	11.71	0.05	0.93
Ara	11.06	-0.02	-0.44	10.71	-0.01	-0.03	8.28	0.35	1.06
Genel Ortalama	17.04	0.34	2.89	16.71	0.45	0.37	15.98	-0.40	1.10

	Manisa/Salihli			İzmir/Ödemiş			İzmir/Selçuk		
	Güncel	RCP 4.5	RCP 8.5	Güncel	RCP 4.5	RCP 8.5	Güncel	RCP 4.5	RCP 8.5
	(°C)	Artış miktarı (°C)		(°C)	Artış miktarı (°C)		(°C)	Artış miktarı (°C)	
Oca	5.99	1.62	3.20	8.24	0.72	1.54	7.85	1.04	2.19
Şub	6.95	-1.65	4.54	8.52	-0.28	5.81	8.48	-0.14	0.44
Mar	9.60	-3.92	0.39	10.34	-1.39	5.89	10.46	-2.66	-4.60
Nis	14.87	1.21	0.38	14.30	3.44	5.69	14.66	3.41	2.67
May	19.76	5.05	2.75	18.59	4.45	2.42	18.88	2.65	2.73
Haz	24.42	0.27	-0.54	23.47	-1.63	-0.78	23.47	0.20	-0.50
Tem	26.58	-1.06	-0.15	26.19	0.90	-0.65	25.92	0.27	1.47
Ağu	26.04	-0.80	0.08	25.81	-0.79	-0.63	25.20	-2.68	-0.01
Eyl	22.11	0.04	0.52	22.19	-1.16	0.26	21.47	-1.07	-0.63
Eki	16.74	1.22	2.14	17.74	-0.89	1.00	17.06	2.54	2.91
Kas	11.04	0.49	1.40	13.04	-0.40	0.84	12.30	-1.01	-0.37
Ara	7.70	-0.26	0.38	9.99	-0.39	0.12	9.43	-0.06	-0.03
Genel Ortalama	15.98	0.19	1.26	16.53	0.35	1.79	16.27	0.21	0.52

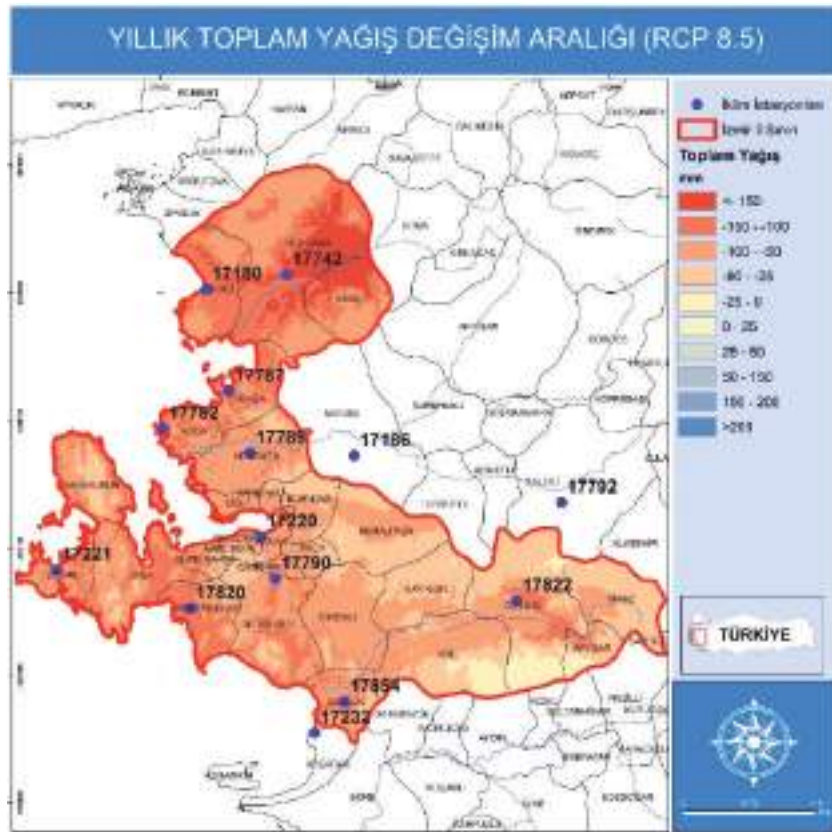
2.3.1.2. Toplam Yağış

Yıllık toplam yağış miktarında 2050-2100 yılları dönem aralığı için RCP 4.5 senaryosunda genel olarak bir artış beklenmektedir. En yüksek oransal artış İzmir Körfezi çevresinde, Bergama-Dikili ilçelerinde ve Ödemiş-Beydağı bölgelerinde görülmektedir (Şekil 2.11). RCP 8.5 senaryosunda ise İzmir ilinin genelinde bir azalış görülmektedir, en fazla oransal azalışın Bergama bölgesinde olacağı görülmektedir (Şekil 2.12). Güncel dönem (1971-2000) ve gelecek dönem (2050-2100) aylık toplam yağış verilerinin değişimlerine bakıldığında RCP 4.5 senaryosuna göre genel olarak mart ve nisan aylarında azalma görülmektedir diğer aylarda artış görülmektedir. RCP 8.5 senaryosuna göre Kuşadası dışında diğer bölgelerde mart ve nisan aylarında azalma, diğer aylarda artış görülmektedir (Tablo 2.5).





Şekil 2.11. İzmir ili güncel dönem (1971-2000) ile gelecek dönem (2050-2100 RCP 4.5 senaryosu) yıllık toplam yağış verilerinin değişimi



Şekil 2.12. İzmir ili güncel dönem (1971-2000) ile gelecek dönem (2050-2100 RCP 8.5 senaryosu) yıllık toplam yağış verilerinin değişimi

Tablo 2.5. İzmir ili ve çevresi iklim istasyonları güncel (1971-2000) ve gelecek (2050-2100) dönem aylık toplam yağış verilerinin değişimi

	İzmir/Dikili			Manisa/Sehzadeler			İzmir/Konak		
	Güncel	RCP 4.5	RCP 8.5	Güncel	RCP 4.5	RCP 8.5	Güncel	RCP 4.5	RCP 8.5
	(°C)	Artış miktarı (mm)		(°C)	Artış miktarı (mm)		(°C)	Artış miktarı (mm)	
Oca	93.68	108.36	53.86	119.59	30.74	136.51	125.77	145.76	69.21
Şub	77.36	-35.63	16.49	89.38	220.32	-39.53	86.50	-58.56	20.95
Mar	69.28	-64.68	0.16	83.14	-67.75	-54.14	80.18	-75.86	-68.44
Nis	43.99	-38.38	-42.47	56.99	-55.53	-22.31	47.70	-47.70	-47.70
May	23.41	86.50	24.52	35.19	330.89	27.40	27.97	116.21	63.55
Haz	8.66	-6.19	13.91	10.32	-8.11	16.80	6.55	3.44	8.60
Tem	3.18	26.95	13.50	5.78	8.08	7.96	3.19	-1.97	3.47
Ağu	1.84	199.44	4.52	4.94	32.08	6.56	0.73	11.02	0.93
Eyl	11.42	31.22	18.93	11.26	49.82	15.07	12.15	49.90	17.51
Eki	35.80	25.69	29.77	41.63	59.61	48.30	41.37	15.88	35.27
Kas	88.58	46.61	43.67	96.85	112.01	54.07	109.09	61.50	75.57
Ara	112.57	169.75	88.70	138.25	101.57	68.25	138.97	253.59	168.22
Genel Ortalama	569.76	549.65	265.55	693.32	813.73	264.93	680.16	473.22	347.12

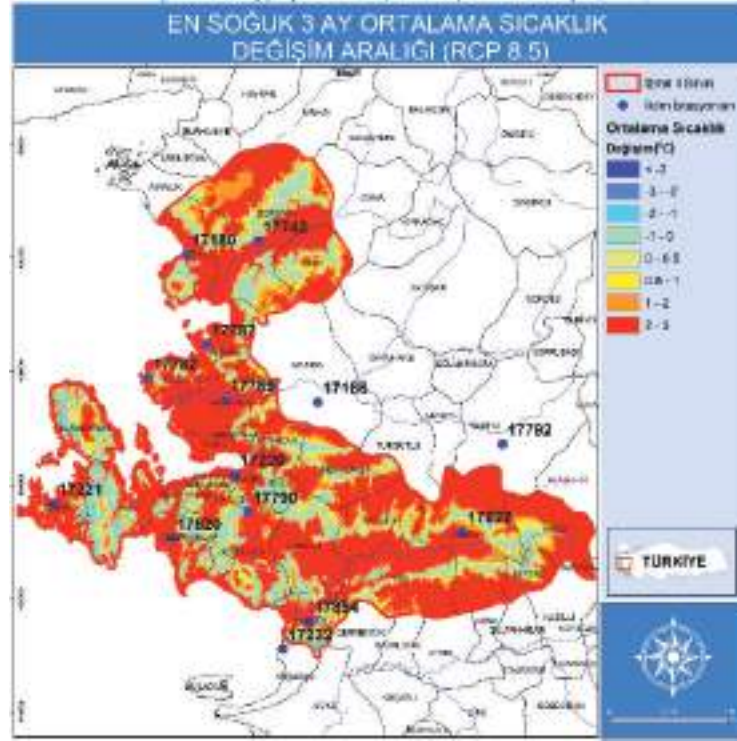
	İzmir/Çeşme			Aydın/Kuşadası		
	Güncel	RCP 4.5	RCP 8.5	Güncel	RCP 4.5	RCP 8.5
	(°C)	Artış miktarı (mm)		(°C)	Artış miktarı (mm)	
Oca	94.25	84.46	92.65	101.78	140.44	25.98
Şub	80.97	39.05	34.41	83.61	56.10	-49.46
Mar	67.26	-35.79	-50.62	77.27	-48.56	-75.70
Nis	35.64	-31.18	-35.64	45.70	-45.15	-45.70
May	18.62	69.04	30.88	20.87	25.68	-20.87
Haz	3.86	-0.78	11.91	5.00	40.43	16.45
Tem	1.13	-0.65	2.10	0.13	0.30	0.33
Ağu	0.24	-0.13	0.49	0.19	0.23	0.43
Eyl	6.95	10.97	8.09	13.52	20.34	14.38
Eki	31.57	46.43	38.83	33.73	51.31	36.89
Kas	76.53	83.18	67.73	88.98	112.60	96.69
Ara	125.71	135.00	132.41	117.36	164.05	109.52
Genel Ortalama	542.73	399.59	333.22	49.01	43.15	9.08

2.3.1.3. En Soğuk Üç Ay Ortalama Sıcaklık

En soğuk üç ayın ortalama sıcaklık değişiminde RCP 4.5 senaryosuna göre 2050-2100 yılları dönem aralığı için alanda 0-2 °C arasında bir sıcaklık düşüşünün olacağı görülmektedir (Şekil 2.13). RCP 8.5 senaryosuna göre ise en soğuk üç ayın ortalama sıcaklığında 2 °C'den fazla artış beklenmektedir (Şekil 2.14). Alanın bazı yüksek kesimlerinde ise bu üç ay için 0 ile 1 °C arasında sıcaklığın düşeceği beklenmektedir.



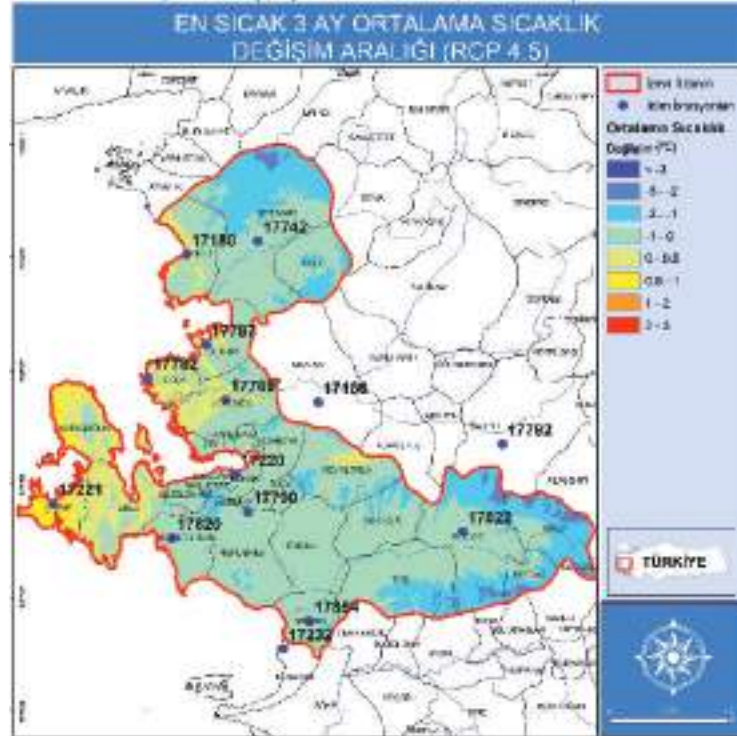
Şekil 2.13. İzmir ili güncel dönem (1971-2000) ile gelecek dönem (2050-2100 RCP 4.5 senaryosu) en soğuk üç ay ortalama sıcaklık verilerinin değişimi



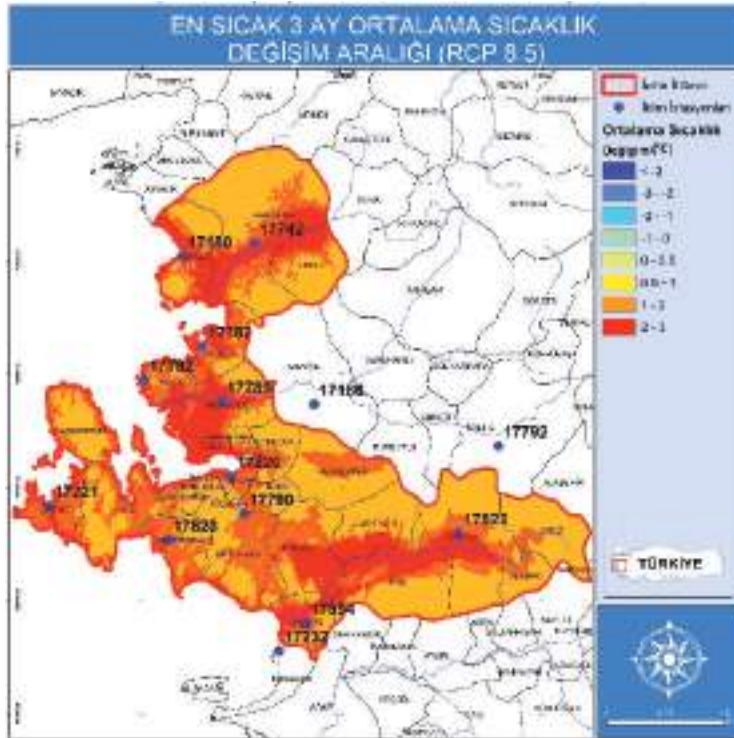
Şekil 2.14. İzmir ili güncel dönem (1971-2000) ile gelecek dönem (2050-2100 RCP 8.5 senaryosu) en soğuk üç ay ortalama sıcaklık verilerinin değişimi

2.3.1.4. En Sıcak Üç Ay Ortalama Sıcaklık

En sıcak üç ayın ortalama sıcaklık değişiminde RCP 4.5 senaryosuna göre 2050-2100 yılları dönem aralığı için alanın batı kesiminde 2°C'ye kadar sıcaklığın artabileceği, doğu kesiminde ise 2°C'ye kadar sıcaklığın bu aylarda azalacağı öngörülmektedir (Şekil 2.15). RCP 8.5 senaryosuna göre ise en sıcak üç ayın ortalama sıcaklığında alçak kesimlerde 3°C'den fazla, diğer alanlarda ise 2°C'ye kadar sıcaklığın artacağı beklenmektedir (Şekil 2.16).



Şekil 2.15. İzmir ili güncel dönem (1971-2000) ile gelecek dönem (2050-2100 RCP 4.5 senaryosu) en sıcak üç ay ortalama sıcaklık verilerinin değişimi



Şekil 2.16. İzmir ili güncel dönem (1971-2000) ile gelecek dönem (2050-2100 RCP 8.5 senaryosu) en sıcak üç ay ortalama sıcaklık verilerinin değişimi

2.3.1.5. En Kurak Üç Ay Toplam Yağış

En kurak üç ay için toplam yağış miktarında 2050-2100 için RCP 4.5 senaryosunda genel olarak bir azalış beklenmektedir. Bu azalışın en fazla miktarda yüksek kesimlerde olacağı, artışın ise denize yakın alçak kesimlerde olacağı görülmektedir (Şekil 2.17). RCP 8.5 senaryosunda ise İzmir ilinin genelinde bir azalış görülmürken, en fazla azalışın RCP 4.5 senaryosundaki gibi yüksek kesimlerde olacağı görülmektedir (Şekil 2.18).



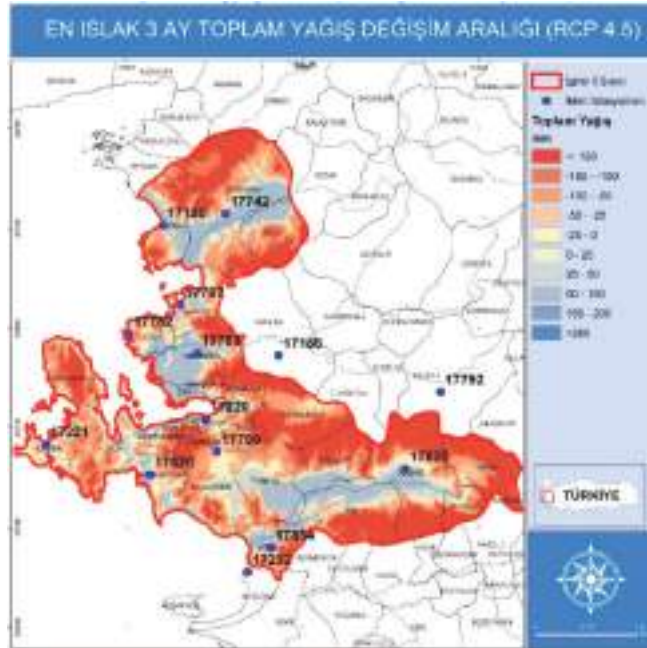
Şekil 2.17. İzmir ili güncel (1971-2000) ile gelecek dönem (2050-2100 yılları RCP 4.5 senaryosu) en kurak üç ay toplam yağış verilerinin değişimi



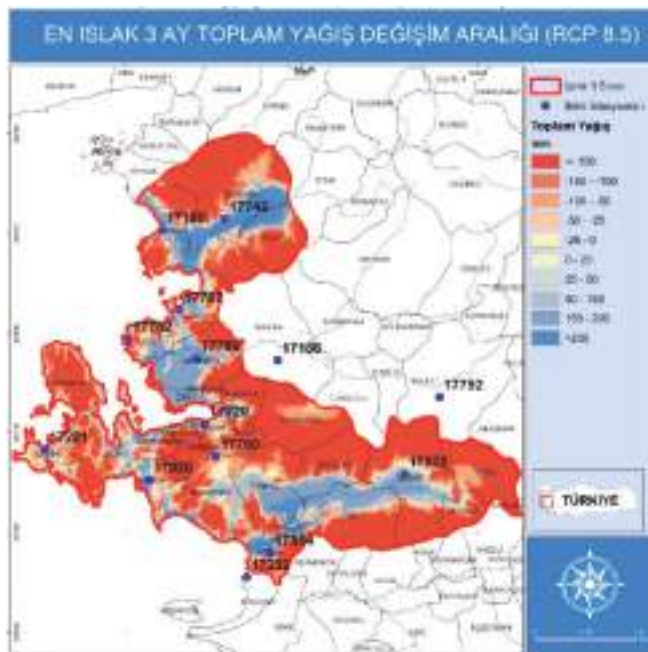
Şekil 2.18. İzmir ili güncel (1971-2000) ile gelecek dönem (2050-2100 yılları RCP 8.5 senaryosu) en kurak üç ay toplam yağış verilerinin değişimi

2.3.1.6. En Islak Üç Ay Toplam Yağış

En ıslak üç ay için toplam yağış miktarında 2050-2100 yılları dönem aralığı için RCP 4.5 senaryosunda yüksek kesimlerde azalışın olacağı, alçak kesimlerde ise bir artışın olacağı beklenmektedir. (Şekil 2.19.). RCP 8.5 senaryosunda ise alçak kesimlerde 100 mm'den fazla bir artışın olacağı, yüksek kesimlerde ise 150 mm'den fazla azalışın meydana geleceği beklenmektedir (Şekil 2.20).



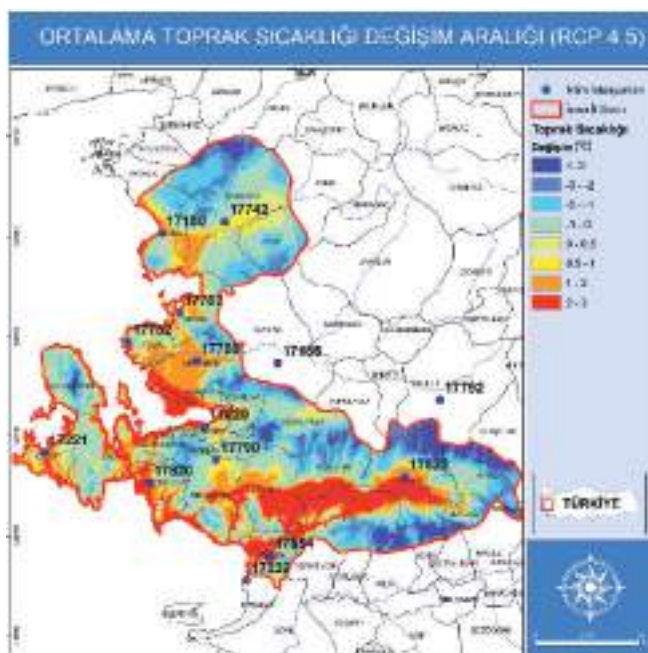
Şekil 2.19. İzmir ili güncel dönem (1971-2000) ile gelecek dönem (2050-2100 RCP 4.5 senaryosu) en ıslak üç ay toplam yağış verilerinin değişimi



Şekil 2.20. İzmir ili güncel dönem (1971-2000) ile gelecek dönem (2050-2100 RCP 8.5 senaryosu) en ıslak üç ay toplam yağış verilerinin değişimi

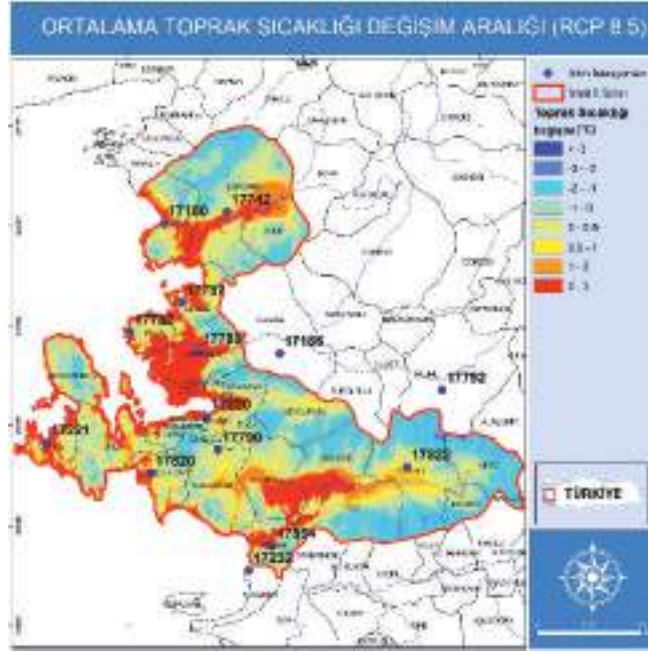
2.3.1.7. Ortalama Toprak Sıcaklığı

Yıllık ortalama toprak sıcaklığında 2050-2100 yılları dönem aralığı için RCP 4.5 ve RCP 8.5 senaryosuna göre alçak kesimlerde sıcaklık artarken, yüksek kesimlerde ise düşük oranda bir azalış görülmektedir (Şekil 2.21 ve Şekil 2.22). Yıllık ortalama toprak sıcaklığı miktarında 2050-2100 yılları dönem aralığı için RCP 4.5 senaryosunda genel olarak bir artış beklenmektedir. En yüksek oransal artışın Kuşadası (+3,40 °C) ve Seferihisar (+2,50 °C) ilçelerinde olacağı görülmektedir. RCP 8.5 senaryosunda ise genelinde artış görülürken, en fazla oransal artış Çeşme (+3,10 °C) ve Seferihisar (+2,93 °C) ilçelerinde olacağı görülmektedir. Güncel dönem (1971-2000) ve gelecek dönem (2050-2100) aylık ortalama toprak sıcaklık verileri değişimlerine bakıldığında RCP 4.5 senaryosuna göre nisan ve mayıs aylarında önemli ölçüde artış gözlemlenirken, RCP 8.5 senaryosuna göre ocak ve mayıs aralığında artış görülmektedir (Tablo 2.6).



Şekil 2.21. İzmir ili güncel dönem (1971-2000) ile gelecek dönem (2050-2100 RCP 4.5 senaryosu) yıllık ortalama toprak sıcaklığı verilerinin değişimi





Şekil 2.22. İzmir ili güncel dönem (1971-2000) ile gelecek dönem (2050-2100 RCP 8.5 senaryosu) yıllık ortalama toprak sıcaklığı verilerinin değişimi

Tablo 2.6. İzmir ili ve çevresi iklim istasyonları güncel dönem (1971-2000) ve gelecek dönem (2050-2100) aylık ortalama toprak sıcaklık verilerinin değişimi

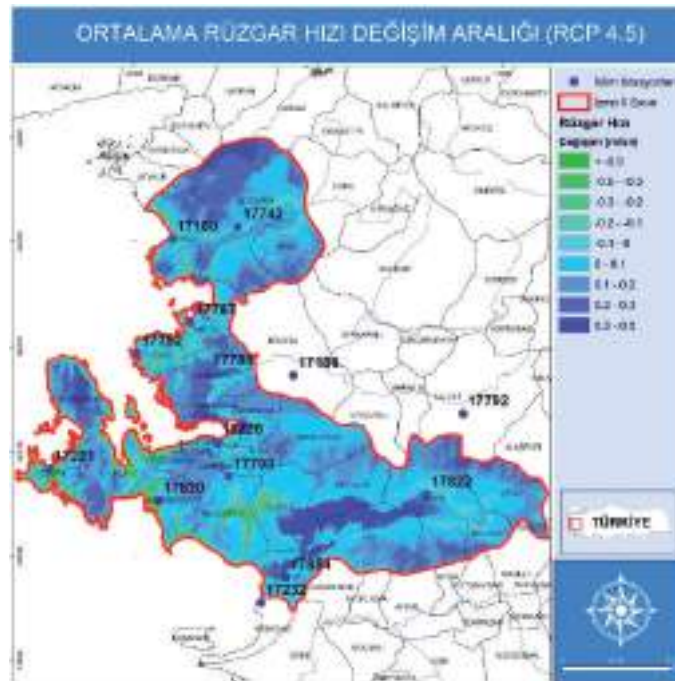
	İzmir/Dikili			Manisa/Sehzadeler			İzmir/Konak		
	Güncel	RCP 4.5	RCP 8.5	Güncel	RCP 4.5	RCP 8.5	Güncel	RCP 4.5	RCP 8.5
	(°C)	Artış miktarı (°C)		(°C)	Artış miktarı (°C)		(°C)	Artış miktarı (°C)	
Oca	6.92	3.32	2.50	6.64	2.17	3.89	7.55	1.15	3.04
Sub	7.80	-0.07	4.86	7.52	-0.43	2.39	8.46	-2.02	5.59
Mar	10.69	-2.93	12.75	10.35	-4.66	4.79	11.40	-2.99	11.92
Nis	16.46	7.58	7.59	15.80	7.47	5.75	17.10	13.81	8.86
Mav	21.93	3.73	1.02	21.90	3.88	3.35	23.33	6.04	-0.33
Haz	27.30	1.08	0.79	27.81	0.30	0.61	29.45	0.64	-0.34
Tem	30.10	-0.31	0.53	30.96	0.79	0.78	32.39	1.34	-0.11
Ağu	29.78	1.88	0.89	30.75	2.31	0.44	31.90	4.94	-0.31
Eyl	25.81	1.41	0.59	26.98	0.31	-1.03	27.45	1.93	-0.70
Eki	19.76	-2.44	-0.16	20.44	-4.01	-0.50	21.12	-2.81	-0.78
Kas	12.74	-1.45	0.07	13.01	-1.51	0.35	13.93	-2.70	-0.15
Ara	8.72	0.25	0.28	8.64	0.63	1.21	9.47	-0.10	0.93
Genel Ortalama	18.17	1.00	2.64	18.40	0.60	1.84	19.46	1.60	2.30

	İzmir/Çeşme			Aydın/Kuşadası			İzmir/Bergama		
	Güncel	RCP 4.5	RCP 8.5	Güncel	RCP 4.5	RCP 8.5	Güncel	RCP 4.5	RCP 8.5
	(°C)	Artış miktarı (°C)		(°C)	Artış miktarı (°C)		(°C)	Artış miktarı (°C)	
Oca	9.10	4.28	3.06	8.53	2.72	6.64	7.04	2.39	3.88
Sub	9.81	0.77	4.62	9.16	5.98	4.37	8.19	1.03	2.71
Mar	11.93	-0.08	10.23	11.58	2.02	4.27	11.06	-3.10	2.85
Nis	16.50	4.87	12.49	16.39	19.63	4.12	16.00	3.76	-0.80
Mav	21.18	5.20	6.53	21.59	13.88	1.67	21.45	3.90	-1.38
Haz	26.34	1.97	1.92	26.48	1.69	-0.76	26.93	1.68	0.30
Tem	28.90	2.15	-0.25	29.25	1.77	-0.05	30.27	1.38	0.75
Ağu	28.65	4.39	-0.55	29.16	2.14	0.35	30.58	3.48	0.69
Eyl	25.19	0.38	-1.22	26.17	-1.35	-0.17	26.70	4.25	0.13
Eki	20.04	-5.01	-1.38	20.95	-2.93	0.68	20.38	2.29	-0.55
Kas	14.37	-2.39	0.22	14.52	-2.88	0.03	12.90	-0.72	0.29
Ara	10.75	1.83	1.57	10.46	-1.89	0.46	8.72	-0.24	0.25
Genel Ortalama	18.57	1.53	3.10	18.69	3.40	1.80	18.35	1.58	0.88

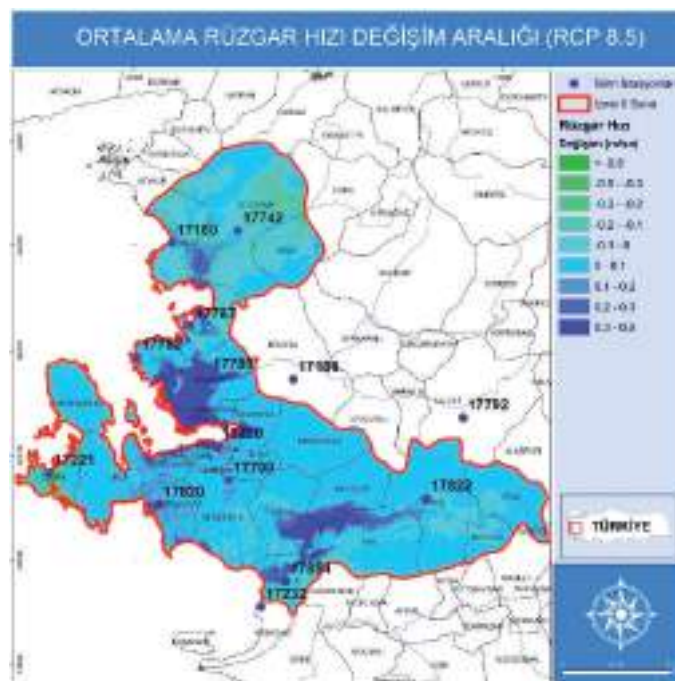
	Manisa/Salihli			İzmir/Ödemiş			İzmir/Selçuk		
	Güncel	RCP 4.5	RCP 8.5	Güncel	RCP 4.5	RCP 8.5	Güncel	RCP 4.5	RCP 8.5
	(°C)	Artış miktarı (°C)		(°C)	Artış miktarı (°C)		(°C)	Artış miktarı (°C)	
Oca	6.23	2.32	4.19	8.47	2.03	3.16	7.65	4.45	5.97
Sub	7.58	3.33	4.61	9.26	-1.49	4.18	8.41	4.58	3.17
Mar	10.82	-2.11	7.36	11.75	0.94	11.26	10.80	1.31	4.74
Nis	16.86	6.62	3.90	16.83	9.64	9.31	15.75	12.58	7.32
Mav	23.01	1.75	1.97	22.77	9.28	0.99	21.34	10.60	5.91
Haz	28.45	-0.78	0.33	28.59	1.58	0.10	26.91	1.44	0.57
Tem	31.59	-1.01	0.07	31.41	1.31	0.89	30.15	-0.21	0.18
Ağu	31.21	5.38	-0.08	31.16	5.73	1.19	30.17	0.47	1.38
Eyl	26.79	4.68	-0.19	27.29	4.95	1.19	26.15	-2.07	0.50
Eki	19.87	-1.60	-0.20	21.37	-1.94	1.74	19.93	-4.38	0.87
Kas	12.26	-0.45	0.61	14.59	-2.35	0.39	13.29	-2.61	0.30
Ara	7.97	-0.90	-0.48	10.33	0.26	0.77	9.51	0.47	-0.06
Genel Ortalama	18.55	1.44	1.84	19.49	2.50	2.93	18.34	2.22	2.57

2.3.1.8. Ortalama Rüzgar Hızı

Ortalama rüzgar hızında RCP 4.5 senaryosuna göre yüksek kesimlerde artış beklenirken, alçak kesimlerde düşük oranda artış veya azalış beklenmektedir (Şekil 2.23). RCP 8.5 senaryosuna göre ortalama rüzgar hızı genel olarak azalış gösterirken, en çok azalış Kuşadası bölgesinde görülmektedir. (Şekil 2.24). Güncel dönem (1971-2000) ve gelecek dönem (2050-2100) aylık ortalama rüzgar hızı verileri değişimine bakıldığında RCP 4.5 senaryosuna göre Selçuk bölgesi dışında ilk altı aylık dönemde genel olarak azalış göstermektedir. RCP 8.5 senaryosuna göre genel olarak azalış gözlemlenirken Selçuk bölgesinde artış görülmektedir (Tablo 2.7).



Şekil 2.23. İzmir ili güncel dönem (1971-2000) ile gelecek dönem (2050-2100 RCP 4.5 senaryosu) yıllık ortalama rüzgar hızı değişimi



Şekil 2.24. İzmir ili güncel dönem (1971-2000) ile gelecek dönem (2050-2100 RCP 8.5 senaryosu) yıllık ortalama rüzgar hızı değişimi

Tablo 2.7. İzmir ili ve çevresi iklim istasyonları güncel dönem (1971-2000) ve gelecek dönem (2050-2100) aylık ortalama rüzgar hızı verileri değişimi

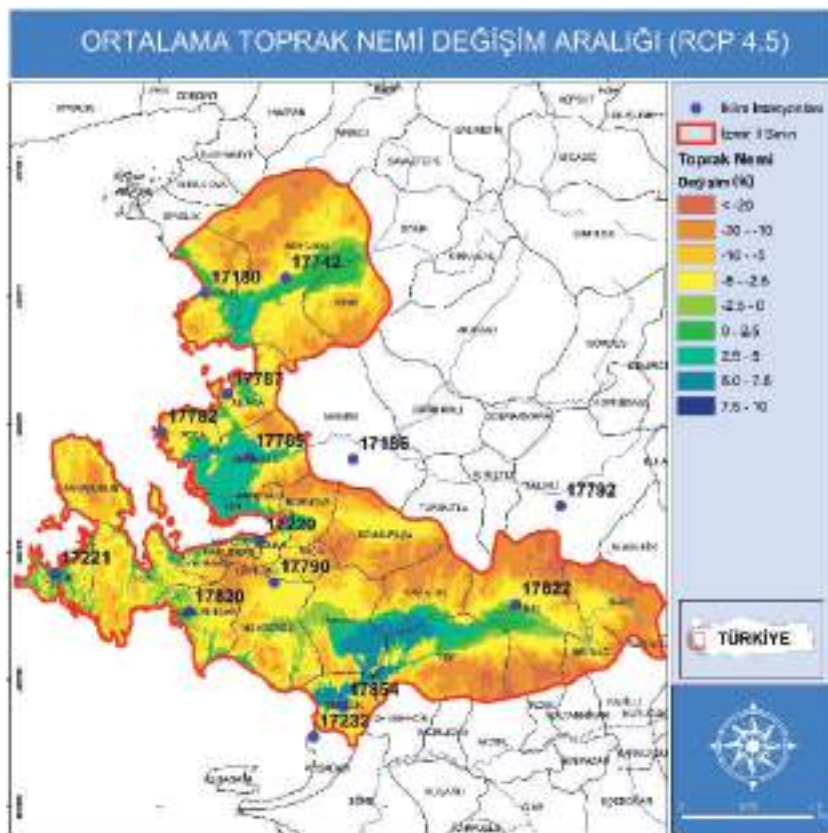
	İzmir/Dikili			İzmir/Konak			İzmir/Çeşme		
	Güncel	RCP 4.5	RCP 8.5	Güncel	RCP 4.5	RCP 8.5	Güncel	RCP 4.5	RCP 8.5
	(m/sn)	Artış miktarı (m/sn)		(m/sn)	Artış miktarı (m/sn)		(m/sn)	Artış miktarı (m/sn)	
Oca	2.79	0.14	0.00	2.69	0.05	0.05	2.87	0.00	0.00
Şub	2.76	0.69	0.04	2.80	-0.77	-0.03	3.04	-0.09	-0.22
Mar	2.65	-2.45	-0.04	2.59	-1.42	0.22	2.63	-2.48	0.16
Nis	2.56	0.21	0.29	2.70	-1.50	-0.02	2.56	0.00	0.00
May	2.60	0.74	-0.06	2.59	0.08	0.07	2.24	0.00	0.00
Haz	2.65	0.00	0.00	2.71	-0.24	-0.04	2.23	1.19	0.00
Tem	2.48	0.00	0.00	3.06	-0.78	0.08	2.44	1.86	0.00
Ağu	2.39	1.50	-0.18	2.93	-2.85	0.18	2.31	-1.30	-0.10
Eyl	2.47	0.00	0.10	2.65	0.96	0.20	2.25	0.54	-0.24
Eki	2.29	-2.21	0.22	2.43	1.01	-0.01	2.30	0.00	0.00
Kas	2.39	-0.06	0.04	2.45	0.10	0.04	2.35	0.00	0.00
Ara	2.59	-0.71	0.00	2.59	-0.08	-0.13	2.72	0.00	0.00
Genel Ortalama	2.55	-0.18	0.04	2.68	-0.45	0.02	2.50	-0.02	-0.03

	Aydın/Kuşadası			İzmir/Bergama			İzmir/Selçuk		
	Güncel	RCP 4.5	RCP 8.5	Güncel	RCP 4.5	RCP 8.5	Güncel	RCP 4.5	RCP 8.5
	(m/sn)	Artış miktarı (m/sn)		(m/sn)	Artış miktarı (m/sn)		(m/sn)	Artış miktarı (m/sn)	
Oca	2.71	2.62	2.62	2.33	0.00	0.00	1.34	0.34	0.34
Şub	2.70	2.58	2.58	2.44	0.00	0.00	1.46	0.82	0.82
Mar	2.35	0.41	0.41	2.38	2.29	1.04	1.29	0.66	0.66
Nis	2.18	0.00	0.00	2.51	0.00	0.00	1.35	2.42	2.42
May	1.96	0.00	0.00	2.49	0.00	0.00	1.32	0.00	0.00
Haz	1.94	1.85	1.85	2.67	0.00	0.00	1.31	0.00	0.00
Tem	1.96	0.64	1.91	3.36	3.25	0.04	1.38	0.00	0.00
Ağu	1.85	1.00	0.10	3.41	3.25	0.04	1.29	-1.25	-1.25
Eyl	1.95	1.95	0.00	2.77	0.18	0.00	1.23	0.00	0.00
Eki	2.00	1.04	0.00	2.48	1.31	0.00	1.10	0.00	0.00
Kas	2.26	2.19	2.19	2.20	1.40	0.00	1.11	0.00	0.00
Ara	2.48	0.00	0.00	2.22	0.00	0.00	1.17	-1.11	0.62
Genel Ortalama	2.20	-1.02	-0.97	2.60	-0.49	-0.09	1.28	0.16	0.30

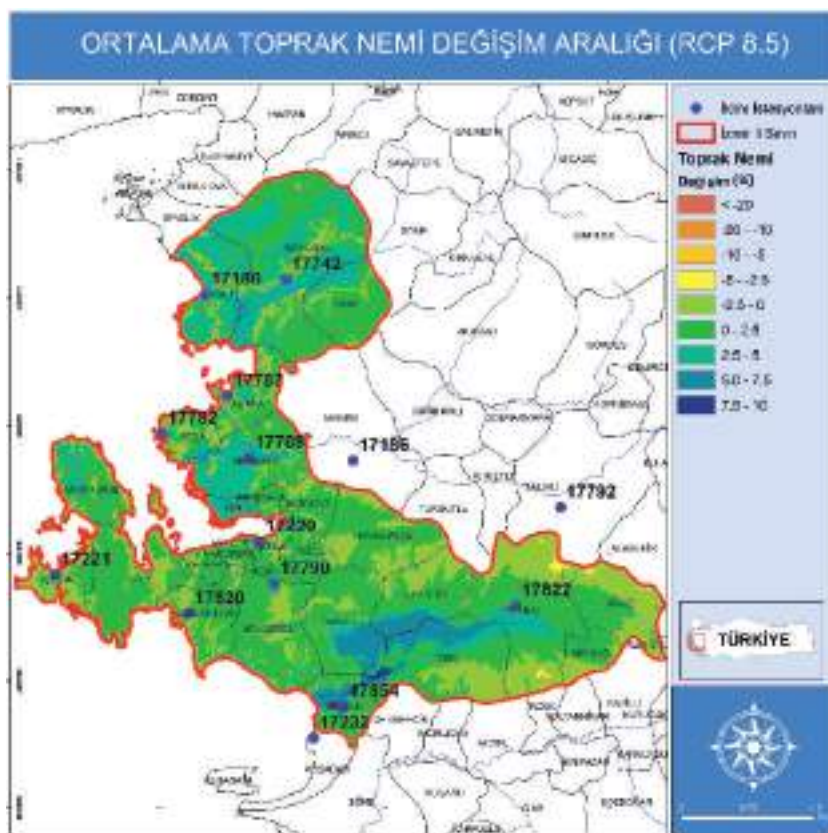
2.3.1.9. Toprak Nemi

Ortalama toprak nemi 2050-2100 yılları dönem aralığı için RCP 4.5 senaryosuna göre ovalarda büyük oranda bir artış beklenirken, yüksek kesimlerde düşük olacağı modellenmiştir (Şekil 2.25). RCP 8.5 senaryosunda ise alçak kesimlerde yüksek oranda bir artış, yüksek kesimlerde ise düşük oranda bir artış olacağı modellenmiştir (Şekil 2.26). Güncel dönem (1971-2000) ve gelecek dönem (2050-2100) aylık ortalama toprak nemi verileri değişimlerine bakıldığında RCP 4.5 senaryosuna göre Selçuk ve Kuşadası bölgeleri dışında mart-nisan aylarında önemli bir azalış gözlemlenirken, RCP 8.5 senaryosuna göre değişkenlik göstermekle beraber Çeşme bölgesi azalış göstermektedir (Tablo 2.8).





Şekil 2.25. İzmir ili güncel dönem (1971-2000) ile gelecek dönem (2050-2100 RCP 4.5 senaryosu) yıllık ortalama toprak nemi değişimi



Şekil 2.26. İzmir ili güncel dönem (1971-2000) ile gelecek dönem (2050-2100 RCP 8.5 senaryosu) yıllık ortalama toprak nemi değişimi

Tablo 2.8. İzmir ili ve çevresi iklim istasyonları güncel dönem (1971-2000) ve gelecek dönem (2050-2100) aylık ortalama toprak nemi verileri değişimi

	İzmir/Dikili			Manisa/Şehzadeler			İzmir/Konak		
	Güncel	RCP 4.5	RCP 8.5	Güncel	RCP 4.5	RCP 8.5	Güncel	RCP 4.5	RCP 8.5
	%	Artış miktarı (%)		%	Artış miktarı (%)		%	Artış miktarı (%)	
Oca	34.35	4.14	7.52	15.87	1.63	2.94	20.77	5.37	-0.03
Sub	31.93	14.02	17.85	15.53	-1.15	-2.78	20.55	4.49	-0.85
Mar	35.91	22.05	11.82	14.89	1.71	-4.57	18.62	23.61	0.06
Nis	38.68	16.26	5.61	13.35	4.38	3.19	16.43	13.65	9.89
May	36.00	5.99	2.39	12.92	0.98	2.86	14.26	5.72	3.31
Haz	36.30	9.05	4.16	12.61	-1.59	1.25	12.75	-1.08	3.58
Tem	31.97	14.26	2.25	10.59	-5.11	1.20	11.99	-10.58	-0.83
Ağu	27.47	0.41	3.59	20.65	-14.04	2.25	9.75	-7.50	0.13
Eyl	25.62	-18.84	2.67	21.09	-18.70	1.06	16.91	-13.29	-1.85
Eki	28.50	-1.08	0.69	16.92	-13.53	1.45	13.87	-5.58	0.16
Kas	29.51	1.86	-0.61	21.16	-13.15	4.71	16.11	-3.78	-0.31
Ara	32.76	1.12	4.71	15.65	-5.14	2.87	20.27	-1.65	-1.37
Genel Ortalama	32.42	5.77	5.22	15.94	-5.31	1.37	16.02	0.78	0.99

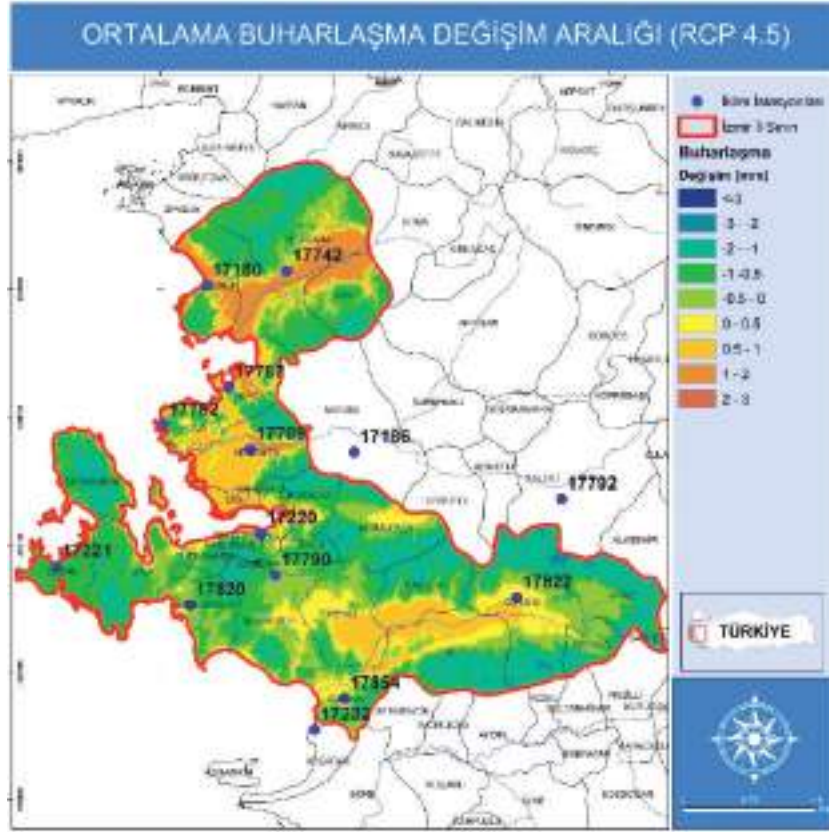
	İzmir/Çeşme			Aydın/Kuşadası			İzmir/Bergama		
	Güncel	RCP 4.5	RCP 8.5	Güncel	RCP 4.5	RCP 8.5	Güncel	RCP 4.5	RCP 8.5
	%	Artış miktarı (%)		%	Artış miktarı (%)		%	Artış miktarı (%)	
Oca	29.27	0.52	0.14	28.97	3.62	-1.93	17.23	2.05	4.97
Sub	29.43	-9.76	-1.19	28.02	1.20	-15.70	16.48	10.86	-1.26
Mar	30.07	21.97	0.48	26.74	-23.90	26.87	16.38	14.85	0.01
Nis	27.51	51.17	-12.00	23.86	-23.45	9.30	14.78	-1.77	8.91
May	23.17	38.97	-11.22	21.23	33.63	-12.96	12.66	-6.46	7.49
Haz	18.66	35.46	2.80	19.00	24.89	5.74	14.53	4.56	12.73
Tem	14.57	22.31	3.89	15.82	-0.18	1.16	23.35	-18.46	4.29
Ağu	11.38	12.19	0.29	13.92	-5.04	0.93	21.47	-15.93	-0.32
Eyl	11.65	13.84	1.09	13.96	-5.79	-0.59	19.70	-14.37	-0.04
Eki	16.93	3.00	-0.19	17.05	-6.07	-1.21	22.15	-14.73	0.09
Kas	21.12	-3.25	-0.08	21.08	-5.40	-2.57	11.37	-2.36	1.01
Ara	26.88	0.34	-1.30	26.74	-3.25	-1.53	15.90	-1.90	1.27
Genel Ortalama	21.72	15.15	-1.44	21.37	-0.81	3.24	17.17	-3.64	3.26

	Manisa/Salihli			İzmir/Ödemiş			İzmir/Selçuk		
	Güncel	RCP 4.5	RCP 8.5	Güncel	RCP 4.5	RCP 8.5	Güncel	RCP 4.5	RCP 8.5
	%	Artış miktarı (°C)		%	Artış miktarı (°C)		%	Artış miktarı (°C)	
Oca	11.89	1.32	3.57	17.79	7.96	4.93	17.76	-1.09	-1.86
Sub	11.62	2.89	-0.36	18.23	19.72	-3.95	17.58	-2.27	17.65
Mar	12.79	16.05	-12.10	17.30	32.76	-13.34	16.25	-12.66	22.57
Nis	13.69	2.01	19.58	15.23	35.23	-13.76	13.59	-12.93	11.76
May	10.23	-2.63	4.54	14.01	18.01	-5.36	10.25	3.29	-0.57
Haz	9.71	-2.61	2.75	13.65	-0.51	4.47	14.27	10.24	7.80
Tem	6.25	-1.09	1.08	11.76	-10.67	7.18	13.20	6.54	7.49
Ağu	11.15	-2.71	-0.31	10.32	-9.13	6.61	16.42	11.24	7.93
Eyl	10.87	2.53	1.72	17.69	-13.66	10.02	15.84	15.15	7.23
Eki	13.18	19.80	15.69	16.66	-10.79	15.01	17.04	8.73	8.70
Kas	15.87	8.52	8.40	12.85	-3.60	13.32	10.92	-0.43	1.45
Ara	12.62	-2.39	-1.56	16.34	1.81	10.44	16.23	0.87	0.94
Genel Ortalama	11.66	3.47	3.58	15.15	5.59	2.96	14.95	2.22	7.59

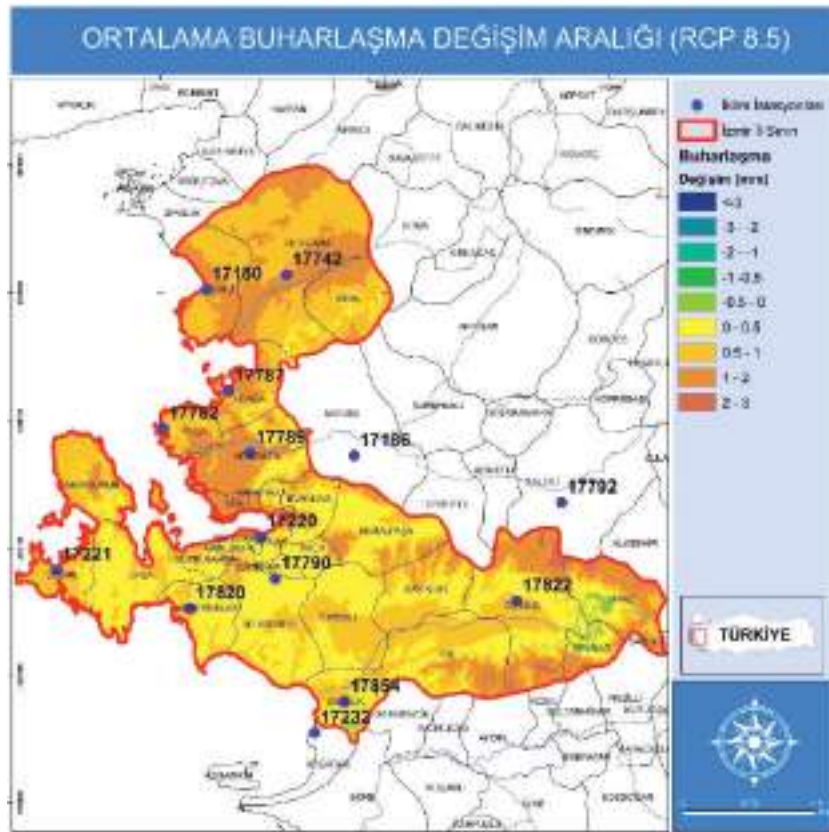
2.3.1.10. Buharlaşma

Yıllık ortalama buharlaşma miktarlarında 2050-2100 yılları dönem aralığı için RCP 4.5 senaryosuna göre ovalarda büyük oranda artış beklenirken, yüksek kesimlerde düşüş olacağı görülmektedir. RCP 8.5 senaryosuna göre ise genel olarak tüm bölgelerde artış görülmektedir (Şekil 2.27 ve Şekil 2.28). Yıllık ortalama buharlaşma miktarları RCP 4.5 senaryosuna göre genel olarak artış göstermektedir. En fazla artış ise Çeşme (0,94 mm) ve İzmir (0,68 mm) bölgelerinde görülmektedir. RCP 8.5 senaryosuna göre genel olarak artış ve azalışla birlikte İzmir (0,88 mm) ve Dikili (0,64 mm) bölgelerinde önemli bir artış görülmektedir. Güncel dönem (1971-2000) ve gelecek dönem (2050-2100) aylık ortalama buharlaşma verileri değişimine bakıldığında RCP 4.5 senaryosuna göre ağustos aylarında en fazla artış görülürken, RCP 8.5 senaryosuna göre artış veya azalışlar genel olarak değişkenlik göstermektedir (Tablo 2.9).





Şekil 2.27. İzmir ili güncel dönem (1971-2000) ile gelecek dönem (2050-2100 RCP 4.5 senaryosu) yıllık ortalama buharlaşma değişimi



Şekil 2.28. İzmir ili güncel dönem (1971-2000) ile gelecek dönem (2050-2100 RCP 8.5 senaryosu) yıllık ortalama buharlaşma değişimi

Tablo 2.9. İzmir İli ve çevresi iklim istasyonları güncel dönem (1971-2000) ve gelecek dönem (2050-2100) aylık ortalama buharlaşma verileri değişimi

	İzmir/Dikili			İzmir/Konak			İzmir/Çeşme		
	Güncel	RCP 4.5	RCP 8.5	Güncel	RCP 4.5	RCP 8.5	Güncel	RCP 4.5	RCP 8.5
	mm	Artış miktarı (mm)		mm	Artış miktarı (mm)		mm	Artış miktarı (mm)	
Oca	1.19	0.14	0.17	2.13	0.49	0.12	2.00	1.23	-0.23
Sub	1.56	-0.74	1.68	2.15	-1.45	3.41			
Mar	2.40	-0.52	-0.18	3.39	-0.79	1.18	2.22	-0.62	-1.87
Nis	3.30	-0.86	1.92	3.91	-1.11	2.63	3.30	-0.71	2.73
May	4.63	-2.56	-0.31	5.73	-1.91	-0.37	4.44	0.86	-1.69
Haz	6.32	-1.05	0.32	8.00	-0.71	1.17	5.98	-0.79	0.78
Tem	7.10	0.98	1.38	9.33	3.76	2.01	6.49	2.65	2.39
Ağu	6.26	7.03	2.42	8.36	6.65	0.42	5.94	2.06	-0.08
Eyl	4.62	0.81	0.17	6.13	4.33	0.43	4.36	3.37	0.50
Eki	2.77	0.46	0.01	3.59	-0.43	-0.26	2.87	0.79	0.26
Kas	1.64	-0.23	-0.04	2.06	-0.60	-0.22	1.89	0.02	0.03
Ara	1.20	-0.03	0.11	1.92	-0.11	0.05	1.66	1.46	0.13
Genel Ortalama	3.58	0.29	0.64	4.73	0.68	0.88	3.74	0.94	0.27

	Aydın/Kuşadası			17782			Manisa/Salihli		
	Güncel	RCP 4.5	RCP 8.5	Güncel	RCP 4.5	RCP 8.5	Güncel	RCP 4.5	RCP 8.5
	mm	Artış miktarı (mm)		mm	Artış miktarı (mm)		mm	Artış miktarı (mm)	
Oca	1.85	-0.07	0.15				0.00		
Sub	2.10	-1.43	-1.96				0.00		
Mar	3.15	-2.18	-2.23				0.00		
Nis	4.12	4.30	1.54	2.84	1.00	0.95	3.55	3.04	1.86
May	5.39	0.47	1.44	4.78	0.32	0.32	5.27	2.17	1.16
Haz	7.28	-1.02	-0.12	8.13	-0.87	-0.62	7.37	0.14	0.32
Tem	8.22	1.14	-0.26	9.23	-1.88	-0.95	8.38	0.06	0.00
Ağu	7.27	1.47	-1.29	8.20	-1.36	0.23	7.76	0.17	0.21
Eyl	5.62	0.58	0.18	5.46	-0.63	0.02	5.58	-0.92	-0.31
Eki	3.76	-0.70	0.15	2.83	1.51	1.27	3.11	-0.13	1.21
Kas	2.54	0.18	0.16				1.62	0.13	1.36
Ara	2.14	-0.12	0.22				1.26	-0.17	-0.20
Genel Ortalama	4.45	0.22	-0.17	5.92	-0.27	0.17	3.66	0.50	0.63

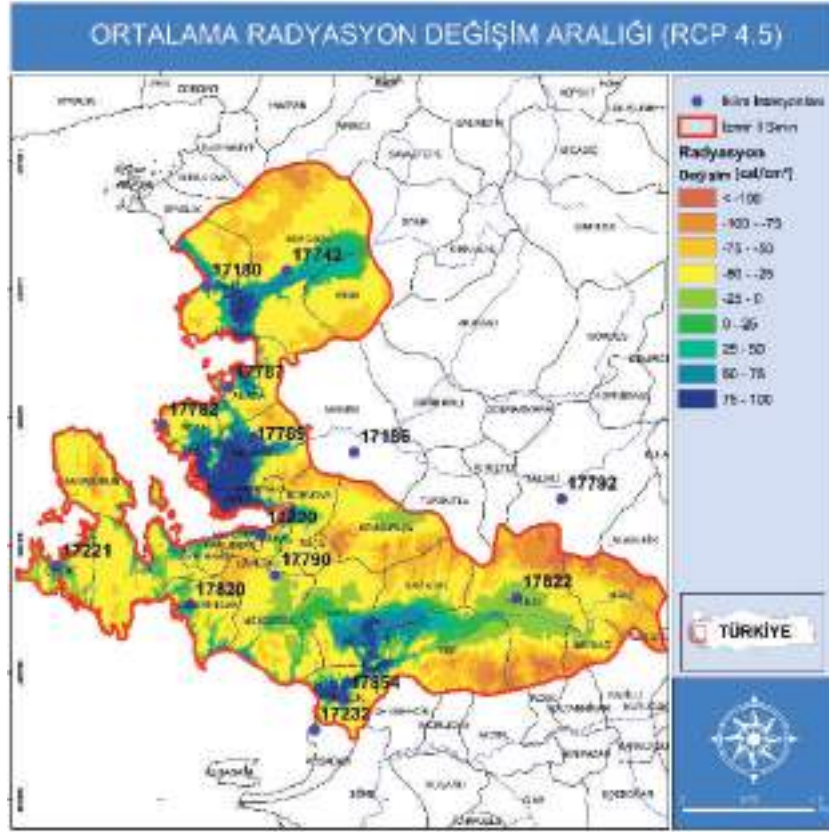
	İzmir/Seferihisar			İzmir/Selçuk		
	Güncel	RCP 4.5	RCP 8.5	Güncel	RCP 4.5	RCP 8.5
	mm	Artış miktarı (mm)		mm	Artış miktarı (mm)	
Oca				1.04	-0.30	-0.42
Sub				0.00	0.00	0.00
Mar				0.00	0.00	0.00
Nis	3.54	-0.74	-0.27	3.18	2.29	2.00
May	5.48	-0.37	-1.52	4.37	1.05	0.99
Haz	7.80	-0.56	-1.34	6.60	0.36	0.05
Tem	8.66	-2.06	3.46	7.48	0.05	-0.19
Ağu	8.10	1.90	-0.73	6.48	0.08	-0.63
Eyl	6.08	-0.05	-0.98	4.84	-0.01	0.06
Eki	3.93	-1.83	-1.22	2.84	1.23	1.35
Kas	2.15	-0.90	-0.82	1.66	0.77	1.43
Ara				1.03	-0.25	-0.08
Genel Ortalama	5.72	-0.58	-0.43	3.29	0.44	0.38

2.3.1.11. Radyasyon

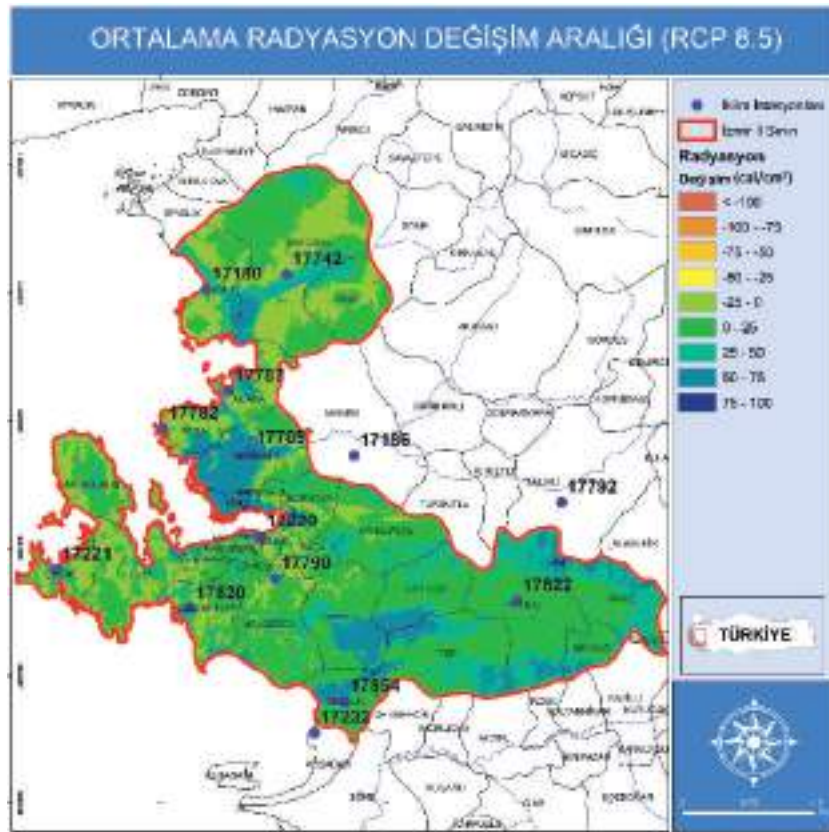
Yıllık ortalama radyasyon miktarlarında 2050-2100 yılları dönem aralığı için RCP 4.5 senaryosuna göre alçak kesimlerde büyük oranda artış beklenirken, yüksek kesimlerde düşüş olacağı görülmektedir (Şekil 2.29). RCP 8.5 senaryosuna göre ise ovalarda en fazla oranda artış görülürken yüksek kesimlere gidildikçe artış devam etmektedir (Şekil 2.30). Yıllık ortalama radyasyon miktarları RCP 4.5 senaryosuna göre en fazla artış oranı Selçuk (51,35 cal/cm²) ve Kuşadası (41,96 cal/cm²) bölgelerinde görülmektedir. RCP 8.5 senaryosuna göre genel olarak artış ve azalışla birlikte Kuşadası (20,32 cal/cm²) ve Dikili (26,48 cal/cm²) bölgelerinde artış görülmektedir.

Güncel dönem (1971-2000) ve gelecek dönem (2050-2100) aylık radyasyon verileri değişimlerine bakıldığında RCP 4.5 senaryosuna göre genel olarak şubat-mart-nisan aylarında en fazla artışların gerçekleştiği görülmektedir. RCP 8.5 senaryosuna göre değişkenlik göstermektedir (Tablo 2.10).





Şekil 2.29. İzmir ili güncel dönem (1971-2000) ile gelecek dönem (2050-2100 RCP 4.5 senaryosu) yıllık ortalama radyasyon değişimi



Şekil 2.30. İzmir ili güncel dönem (1971-2000) ile gelecek dönem (2050-2100 RCP 8.5 senaryosu) yıllık ortalama radyasyon değişimi

Tablo 2.10. İzmir ili ve çevresi iklim istasyonları güncel dönem (1971-2000) ve gelecek dönem (2050-2100) aylık radyasyon verileri değişimi

	İzmir/Dikili			İzmir/Konak			İzmir/Çesme		
	Güncel	RCP 4.5	RCP 8.5	Güncel	RCP 4.5	RCP 8.5	Güncel	RCP 4.5	RCP 8.5
	cal/cm ²	Artış miktarı (cal/cm ²)		cal/cm ²	Artış miktarı (cal/cm ²)		cal/cm ²	Artış miktarı (cal/cm ²)	
Oca	159.20	-5.91	-1.14	177.70	-16.85	-15.60	152.61	2.00	-1.77
Sub	221.90	14.14	66.23	242.18	71.80	11.31	217.46	107.56	56.77
Mar	316.21	35.39	112.39	337.08	100.67	89.74	297.47	-62.17	-7.40
Nis	404.48	72.31	26.67	433.04	128.48	-58.16	405.84	137.74	-115.11
May	488.57	18.53	31.88	515.53	82.59	-121.88	468.87	71.15	-26.86
Haz	544.92	16.90	-1.10	580.54	21.51	-119.57	526.65	6.66	-76.11
Tem	538.27	17.49	-6.29	573.86	37.18	33.98	525.12	3.63	-19.02
Ağu	487.21	-2.71	68.52	517.55	-16.49	21.63	468.38	-2.45	244.07
Eyl	406.32	-0.83	15.05	440.15	9.01	-15.25	393.52	16.03	2.70
Eki	283.15	9.88	-6.26	309.85	8.55	2.25	270.09	13.78	7.10
Kas	176.44	16.49	0.01	203.46	15.08	3.55	178.79	20.24	6.44
Ara	134.84	7.77	11.77	152.61	8.51	17.61	132.79	8.51	20.57
Genel Ortalama	346.79	16.62	26.48	373.63	37.50	-12.53	336.47	26.89	7.62

	Aydın/Kuşadası			İzmir/Selçuk		
	Güncel	RCP 4.5	RCP 8.5	Güncel	RCP 4.5	RCP 8.5
	cal/cm ²	Artış miktarı (cal/cm ²)		cal/cm ²	Artış miktarı (cal/cm ²)	
Oca	183.26	-3.88	5.17	168.65	-29.70	-21.74
Sub	252.53	138.79	21.59	237.94	193.29	-20.75
Mar	339.97	207.94	261.56	335.08	152.62	-17.77
Nis	432.67	112.00	120.16	434.02	202.18	109.22
May	506.14	35.29	181.27	517.35	27.64	52.15
Haz	555.00	9.85	-108.42	577.08	4.44	-0.29
Tem	539.29	-11.67	-170.94	572.43	-2.74	-1.78
Ağu	490.83	-40.25	26.30	515.49	-0.75	82.21
Eyl	415.11	-3.93	-102.23	429.97	7.71	-89.37
Eki	310.15	3.55	-6.19	294.02	4.24	5.19
Kas	206.78	23.21	1.89	187.05	17.64	-10.73
Ara	160.59	32.63	13.69	143.52	39.67	20.43
Genel Ortalama	366.03	41.96	20.32	367.72	51.35	8.90

2.3.2. Model Sonuçlarının Gözlemlerle Karşılaştırılması ve Meydana Gelen Yanlılıkların Düzeltilmesi

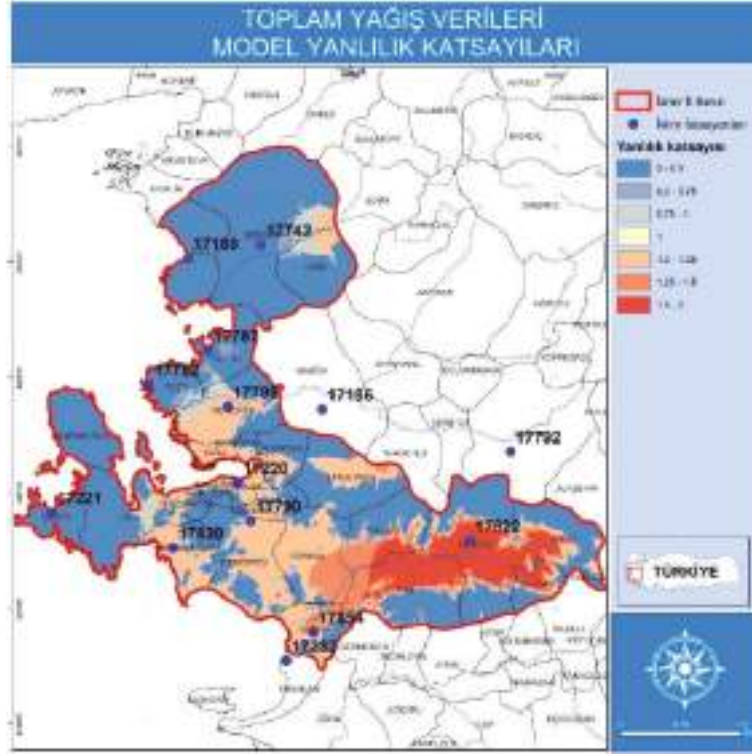
Kullanılan modelleme çalışmalarında yersel ve zamansal çözünürlükteki farklılıklar, uygulanan yöntemler, değişken meteorolojik olaylar ve fiziksel ve termodinamik süreçteki yaklaşımlardan dolayı sonuçlarda anlamlı veya anlamsız yanlılıklar oluşmaktadır. Bu modelleme çalışmasından kaynaklı hatalar ölçüm verilerinin doğruluğuna, sürekliliğine, alanı temsil etmesine göre değişiklik göstermektedir. Modelleme sonucu meydana gelen yanlılığı tespit etmek ve düzeltmek için aynı dönemi içeren ölçüm verilerinin istatistiksel özellikleri dikkate alınarak aylık, mevsimlik ve yıllık olarak model yanlılıkları düzeltilmiştir. Yanlılık düzeltme katsayısı gözlemlerin uzun dönem ortalama verileri ile modellenen verinin oranına karşılık gelmektedir. Dolayısıyla birden büyük değerler modelde az tahmin ederken, birden küçük değerler ise sonucu daha fazla tahmin ettiğini ifade etmektedir. Çalışma alanında mevsimsel olarak en fazla yanlılık topografyanın yüksek olduğu alanlarda meydana gelmiştir. Bu alanlarda ölçüm istasyonlarının yetersizliği ve uzun yıllar sağlıklı veri setinin oluşturulamamasından kaynaklanmaktadır.

2.3.2.1. Ortalama Sıcaklık

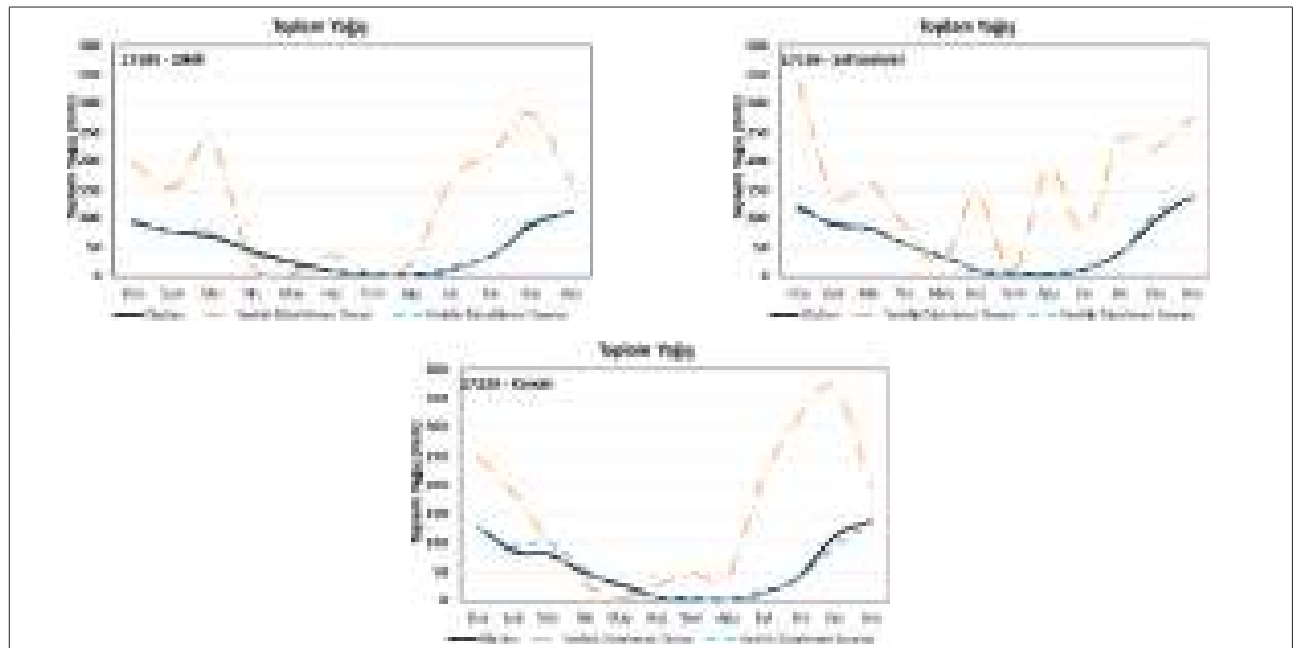
Ortalama sıcaklık verilerinde yıllık yanlılık düzeltme katsayısı, ölçümler ile modellenen veri arasındaki oran ile hesaplanmıştır. Sonuç olarak en yüksek yanlılık kırmızı renk ile gösterilen alanlarda, en düşük yanlılık ise sarı ve açık yeşil alanlarda gözlemlenmektedir (Şekil 2.31).

2.3.2.2. Toplam yağış

Toplam yağış verilerinde yıllık yanlılık düzeltme katsayısı ölçümler ile modellenen veri arasındaki oran ile hesaplanmıştır. Sonuç olarak yüksek yönde yanlılık kırmızı renk ile gösterilen alanlarda, düşük yönde yanlılık ise mavi renkle gösterilen alanlarda olduğu gözlemlenmektedir (Şekil 2.33). İklim istasyonlarından alınan ölçüm ve yanlılığı düzeltilmiş günlük ortalama sıcaklık verileri Şekil 2.34'de örnek olarak verilmiştir. Şekil 2.34'de görüldüğü gibi model yanlılığı genellikle ocak-haziran ayları arasında negatif yönde, temmuz-aralık ayları arasında ise pozitif yöndedir. Yanlılık düzeltmesi öncesinde ise yağış verilerinde artış ve azalışlar görülmektedir. Bu nedenle ocak ve haziran aylarında mevsimsel bazlı yanlılık düzeltmesi uygulanarak ölçüm verilerine yakın bir dağılım göstermesi sağlanmıştır (Şekil 2.34).



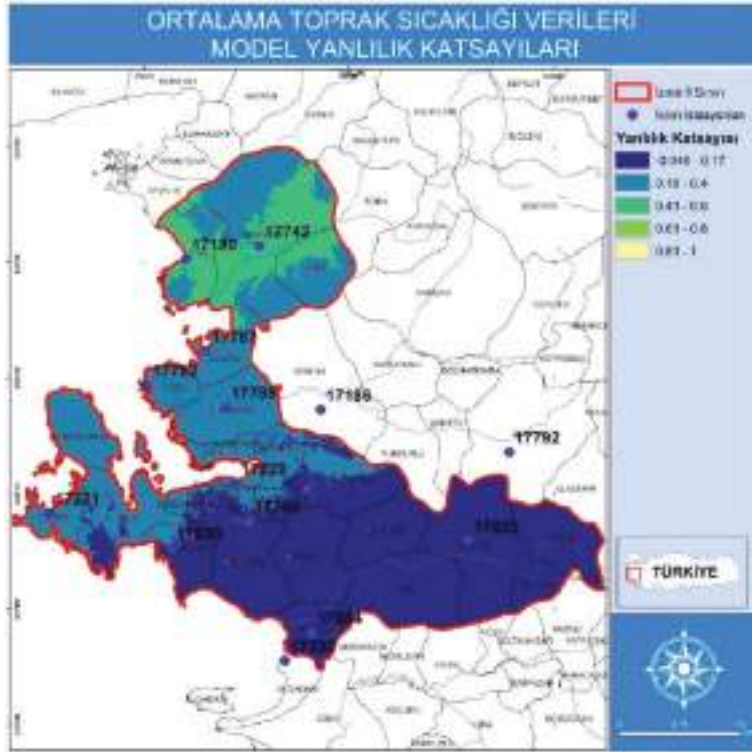
Şekil 2.33. 1971-2000 yılları dönem aralığı meteorolojik gözlemler ile model sonuçları arasında hesaplanan toplam yağış yanlılık katsayıları



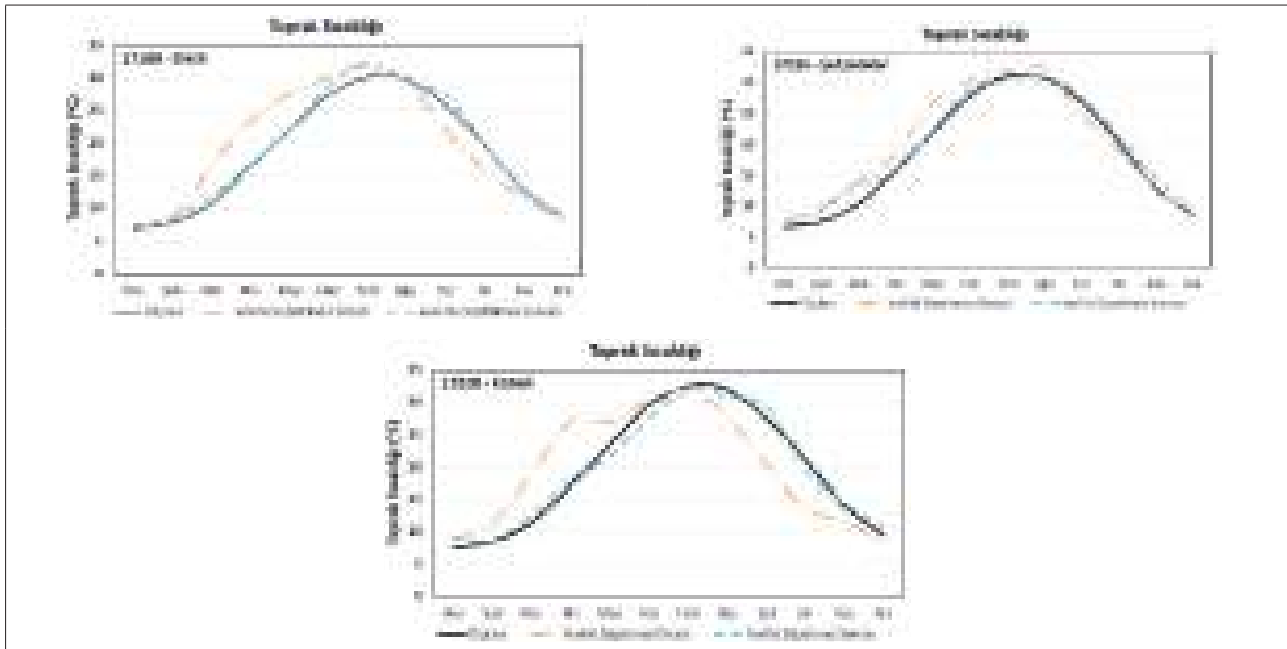
Şekil 2.34. 1971-2000 yılları dönem aralığı meteorolojik ölçüm ile model sonuçlarının aylık toplam yağış dağılımı

2.3.2.3. Ortalama Toprak Sıcaklığı

Ortalama toprak sıcaklığında yıllık yanlılık düzeltme katsayısına göre model yanlılığı negatif yönde gerçekleşmiştir. Bu sonuçlar modellenen verilerinin gerçek ölçüm değerlerinden daha düşük olduğunu göstermektedir. Koyu mavi renkten sarıya doğru model sonuçlarının düşükten normal tahmine doğru ilerlediği görülmektedir (Şekil 2.35). Şekil 2.36'da görüldüğü gibi model yanlılığı genellikle ocak-temmuz ayları arasında pozitif yönde, ağustos-aralık ayları arasında ise negatif yöndedir.



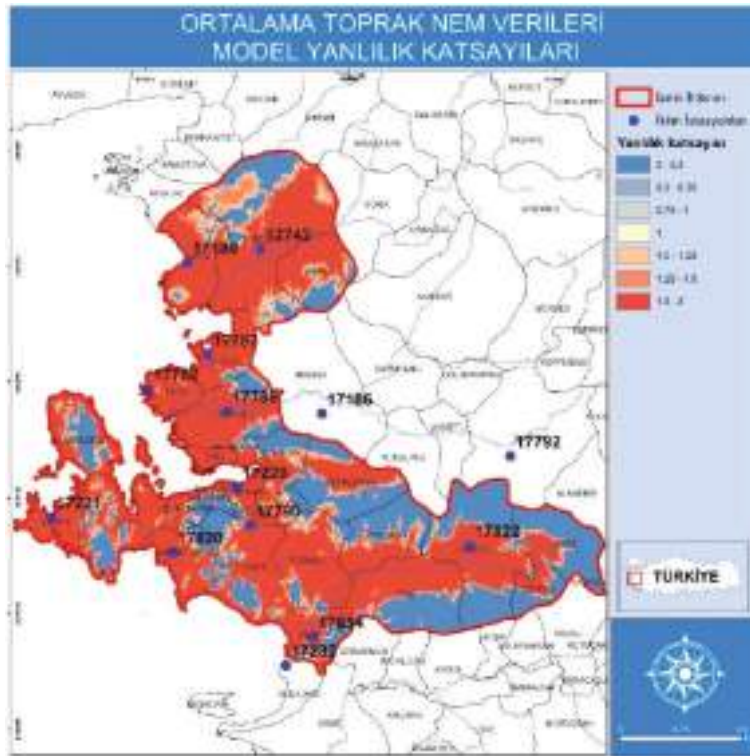
Şekil 2.35. 1971-2000 yılları dönem aralığı meteorolojik gözlemler ile model sonuçları arasında hesaplanan ortalama toprak sıcaklığı yanlılık katsayıları



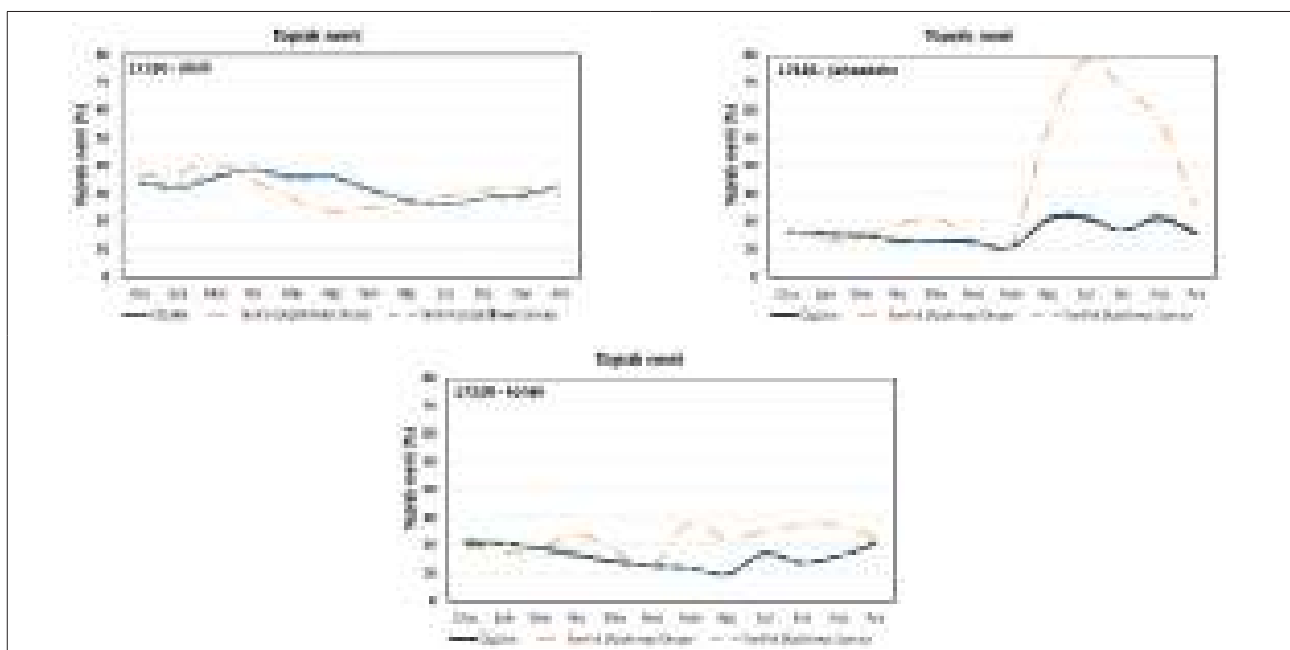
Şekil 2.36. 1971-2000 yılları dönem aralığı meteorolojik ölçüm ile model sonuçlarının aylık ortalama toprak sıcaklığı dağılımı

2.3.2.5. Toprak Nemi

Ortalama toprak neminde yıllık yanlılık düzeltme katsayısı alanın yüksek kesimlerinde düşük miktarda hesaplanırken, alanın diğer kesimlerinde ise düşük miktarda hesaplama yapılmıştır. Böylece, kırmızı renk ile gösterilen alanlarda model düşük tahmin yaparken, mavi renkli alanlarda modelin yüksek tahmin yaptığı görülmektedir (Şekil 2.39). Model yanlılığı aylık olarak düzeltilen istasyon bazında toprak neminin aylık dağılımı verilmiştir (Şekil 2.40). Şekil 2.40'da görüldüğü gibi model yanlılığı Manisa ve İzmir bölgelerinde ocak-temmuz aylarında negatif yönde iken genel olarak eylül-aralık aylarında pozitif yöndedir. Yanlılık düzeltilmesi öncesi mart ve nisan aylarında görülen azalışın yanlılık düzeltilmesi ile ölçüm verilerine yakın bir dağılım göstermesi sağlanmıştır.



Şekil 2.39. 1971-2000 yılları dönem aralığı meteorolojik gözlemler ile model sonuçları arasında hesaplanan ortalama toprak nemi yanlılık katsayıları

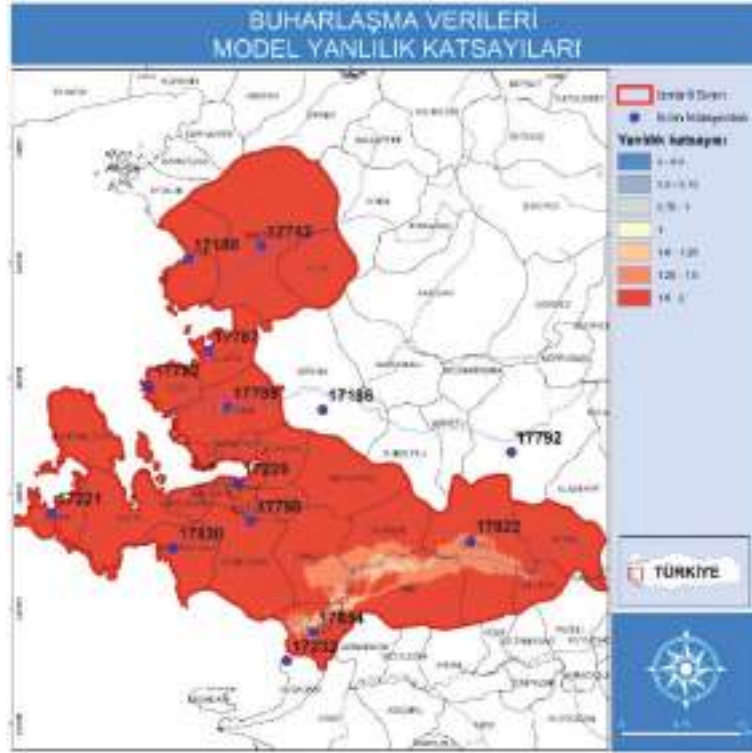


Şekil 2.40. 1971-2000 yılları dönem aralığı meteorolojik ölçüm ile model sonuçlarının aylık toprak nemi dağılımı

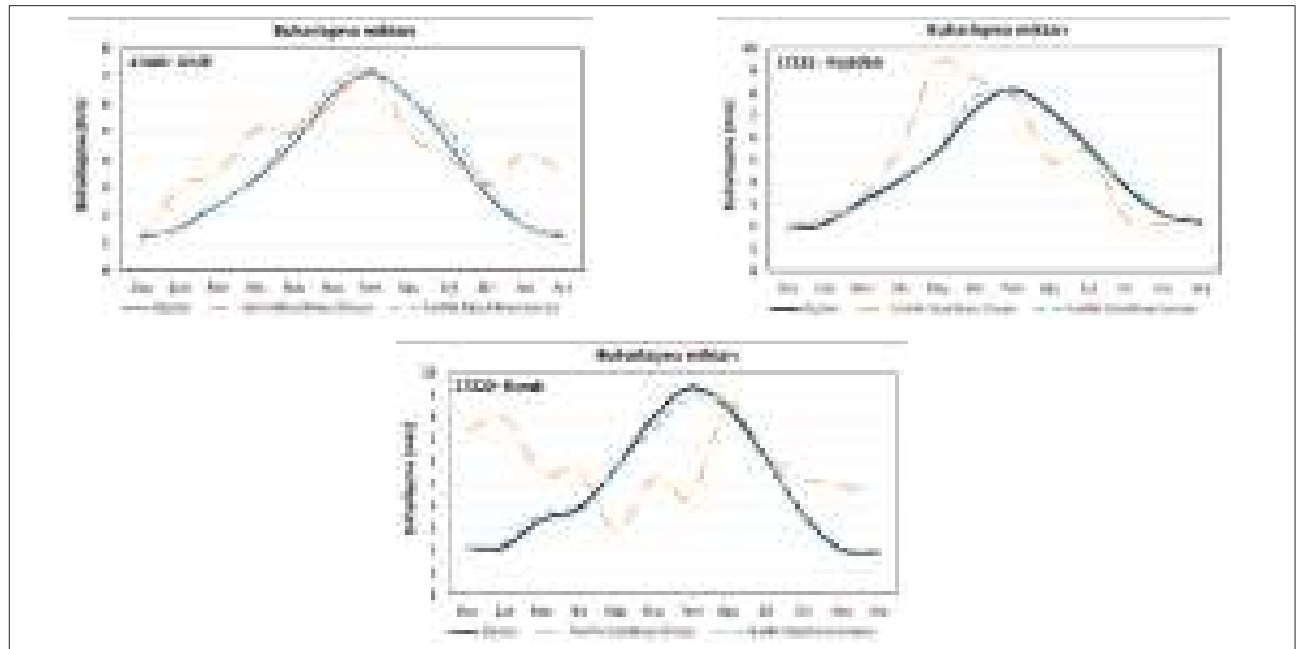


2.3.2.6. Buharlaşma

Buharlaşma verilerinin yıllık yanlılık düzeltme katsayısına göre alanın genelinde fazla hesaplama yaptığı hesaplanmıştır. Böylece, kırmızı renk ile gösterilen alanlarda düşük tahmin yaparken, sarı renkli alanlarda gerçeğe yakın tahmin ürettiği görülmektedir (Şekil 2.41). Model yanlılığı aylık olarak düzeltilen istasyon bazında toprak neminin aylık dağılımı verilmiştir (Şekil 2.42). Model yanlılığı genellikle ocak-temmuz ayları arasında pozitif yönde, ağustos-aralık ayları arasında ise negatif yöndedir.



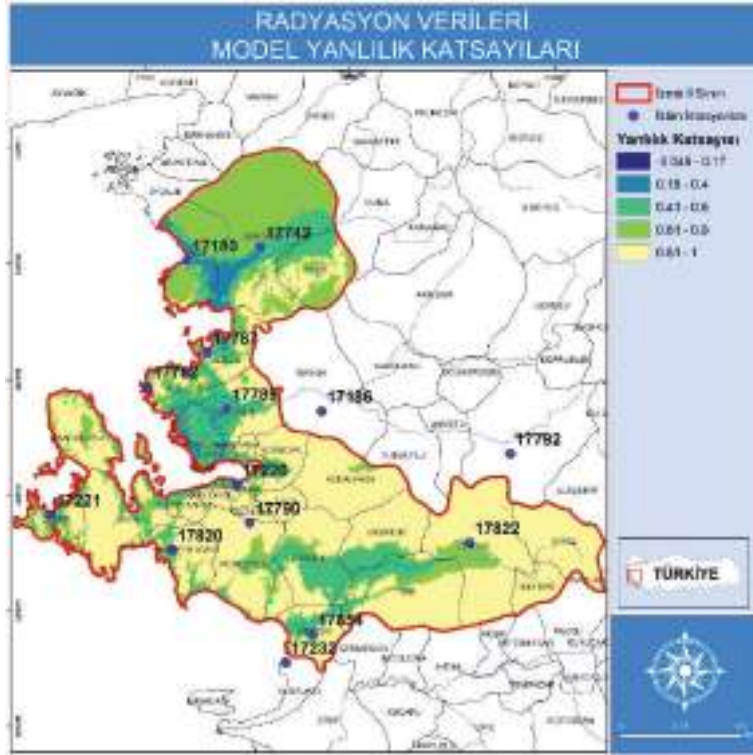
Şekil 2.41. 1971-2000 yılları dönem aralığı meteorolojik gözlemler ile model sonuçları arasında hesaplanan ortalama buharlaşma yanlılık katsayıları



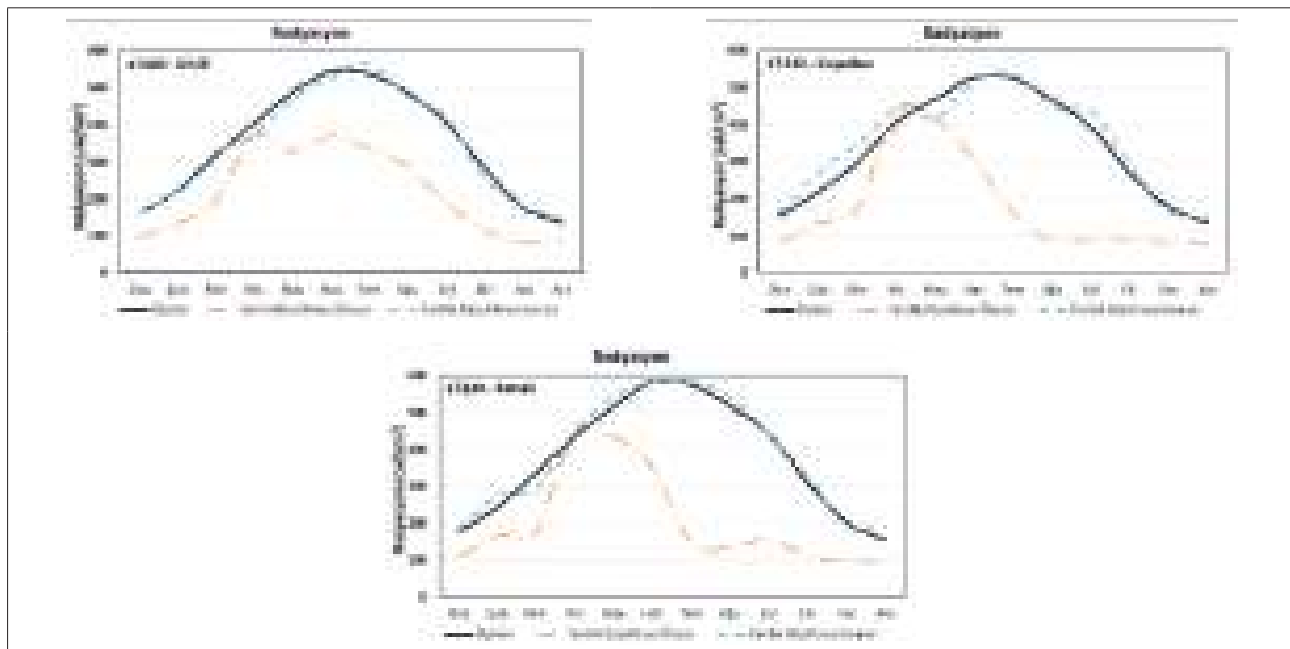
Şekil 2.42. 1971-2000 yılları dönem aralığı meteorolojik ölçüm ile model sonuçlarının aylık buharlaşma miktarı dağılımı

2.3.2.7. Radyasyon

Radyasyon verilerinin yıllık yanlışlık düzeltme katsayısına göre model sonuçları, gerçek ölçüm değerine göre düşük hesaplama yaptığı belirlenmiştir. Özellikle yeşil renkli olarak gösterilen alçak kesimlerde çok düşük hesaplamaların, sarı renkli alanlarda ise gerçeğe yakın veya düşük oranda bir tahmin yaptığı görülmektedir (Şekil 2.43). Model yanlışlığı genellikle ocak-temmuz ayları arasında pozitif yönde, ağustos-aralık ayları arasında ise negatif yöndedir. Böylece, kırmızı renk ile gösterilen alanlarda düşük tahmin yaparken, sarı renkli alanlarda gerçeğe yakın tahmin yaptığı görülmektedir. Model yanlışlığı aylık olarak düzeltilerek model yanlışlığının ve hatasının düzeltilmesi gerçekleştirilmiştir (Şekil 2.44).



Şekil 2.43. 1971-2000 yılları dönem aralığı meteorolojik gözlemler ile model sonuçları arasında hesaplanan ortalama radyasyon katsayıları



Şekil 2.44. 1971-2000 yıllarından meteorolojik ölçüm ile model sonuçlarının aylık radyasyon dağılımı

2.3.3. Ekstrem Değerlerin Değerlendirilmesi

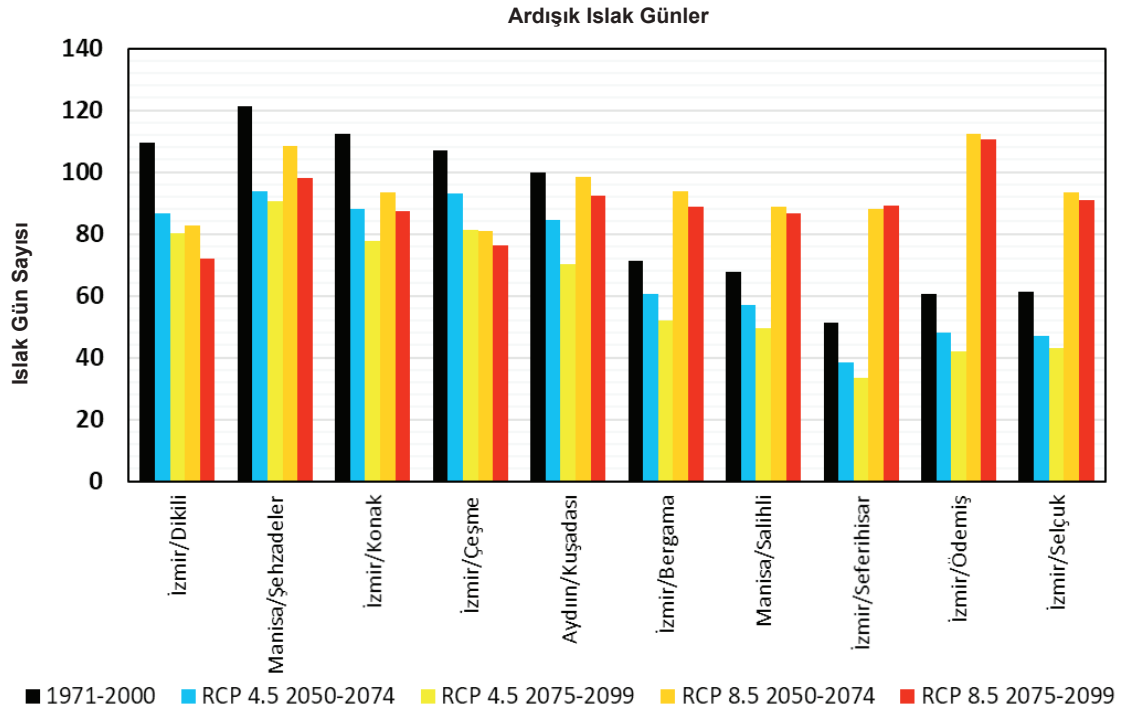
Ekstrem olaylar, olasılık dağılımının alt ve üst değerlerine yakın olan olayları kapsamaktadır. Bu uç değerler meteorolojik olaylar ile ilgili risklerin yönetiminde birçok sektör için büyük önem arz etmektedir. Bu ekstrem değerler hakkında tahmin edilen bilgiler yeraltı su yönetimi, yeşil altyapı sistemi, barajlar, sulama göletleri gibi birçok kullanımın alt yapısının oluşturulmasında ve olabilecek zararların önlenmesinde önemli rol oynarlar. Özellikle sıcaklık ekstrem değerlerinin istatistiksel simülasyonlarında IPCC 5. Değerlendirme Raporuna göre bazı başarılar elde edilmiştir.¹⁴

Isı dalgaları, kuraklık, aşırı yağış gibi ekstrem olayların süresi, şiddeti ve frekansı önemli rol oynamaktadır. Bu nedenle, iklim indeksleri günlük ve uzun bir periyoda sahip veriler kullanılarak istatistiksel olarak değerlendirilmelidir.

Bu proje kapsamında İzmir'i içine alan bölgede, IPCC 5. Değerlendirme Raporu'nda yer alan CMIP5 projesinde de kullanılan HadGEM2-ES modeline ait RCP 4.5 ve RCP 8.5 senaryoları kullanılarak iklim indeksleri değerlendirilmiştir.

2.3.3.1. Ardışık Islak Günler

Ardışık ıslak günler, yağışın 1 mm'den büyük ve eşit olduğu maksimum ardışık gün sayısını ifade etmektedir. RCP 4.5 ve RCP 8.5 iklim değişikliği senaryolarına göre HadGEM2-ES iklim modeline göre ıslak günler indisi 1971-2000 yılları arası dönem için 30 yıllık, 2050-2074 ve 2075-2099 yılları arası dönemler için 25'er yıllık olarak hesaplanmıştır (Şekil 2.45).



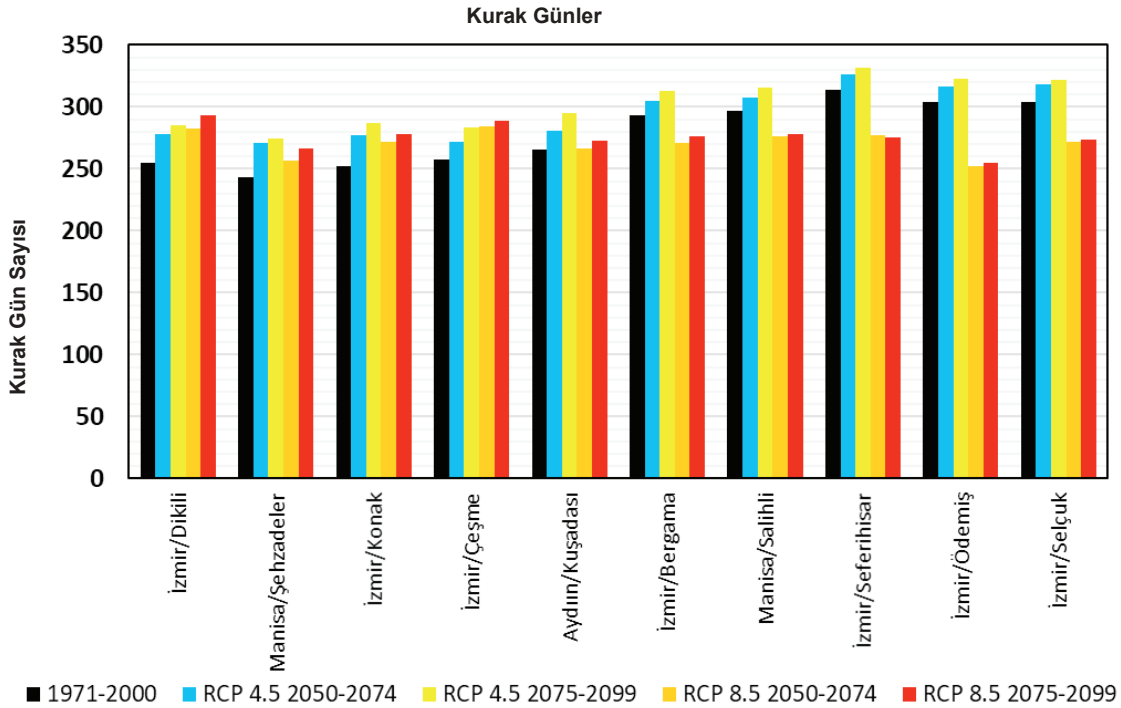
Şekil 2.45. İzmir ili iklim değişikliği altında uzun yıllar toplam ardışık ıslak gün sayıları

İklim değişikliği ile RCP 4.5 senaryosuna göre bütün alanlarda ıslak gün sayısının azalacağı, RCP 8.5 senaryosunda Dikili, Konak, Çeşme, Kuşadası bölgelerinde yağışın azalacağı, diğer alanlarda ise ıslak günlerde artış olacağı görülmektedir.

2.3.3.2. Ardışık Kurak Günler

Ardışık kurak günler yağışın 1 mm'den küçük olduğu maksimum ardışık gün sayısını ifade etmektedir. RCP 4.5 ve RCP 8.5 iklim değişikliği senaryolarına göre HadGEM2-ES iklim modeline göre kurak günler indisi 1971-2000 yılları arası dönem için 30 yıllık, 2050-2074 ve 2075-2099 yılları arası dönemler için 25'er yıllık olarak hesaplanmıştır (Şekil 2.46). Dikili, Konak, Çeşme, Kuşadası bölgelerinde kurak gün sayısı RCP 4.5 ve RCP 8.5 iklim senaryosu bakımından artarken, Bergama, Seferihisar, Ödemiş ve Selçuk bölgesinde sadece RCP 8.5 senaryosunda kurak gün sayısında azalma beklenmektedir.

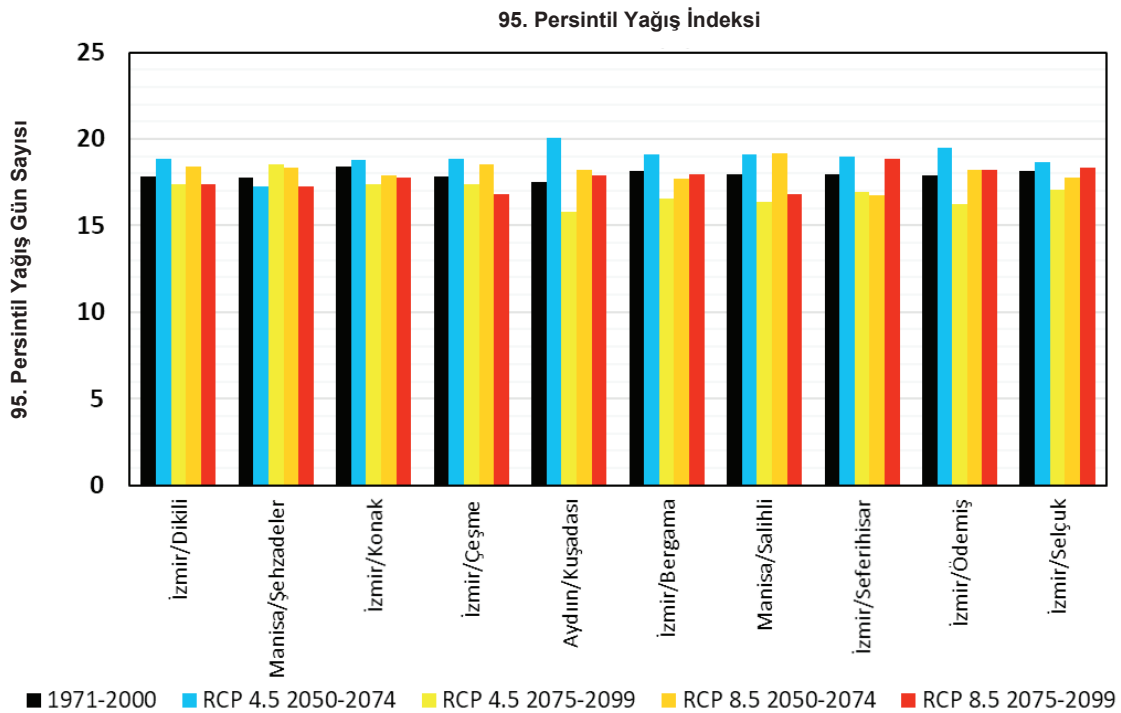




Şekil 2.46. İzmir ili iklim değişikliği altında uzun yıllar toplam ardışık kurak gün sayıları

2.3.3.3. 95. Persantil (95p) Yağış İndeksi

Yıllık toplam yağışın 95. persentilden büyük olduğu gün sayısını ifade etmektedir. İzmir ili için güncel RCP 4.5 ve RCP 8.5 senaryolarına dayalı HadGEM2-ES iklim modeli kullanılarak 95. persantil yağış indeksi 1971-2000 yılları arası dönem için 30 yıllık, 2050-2074 ve 2075-2099 yılları arası için 25'er yıllık dönemler halinde hesaplanmıştır (Şekil 2.47).

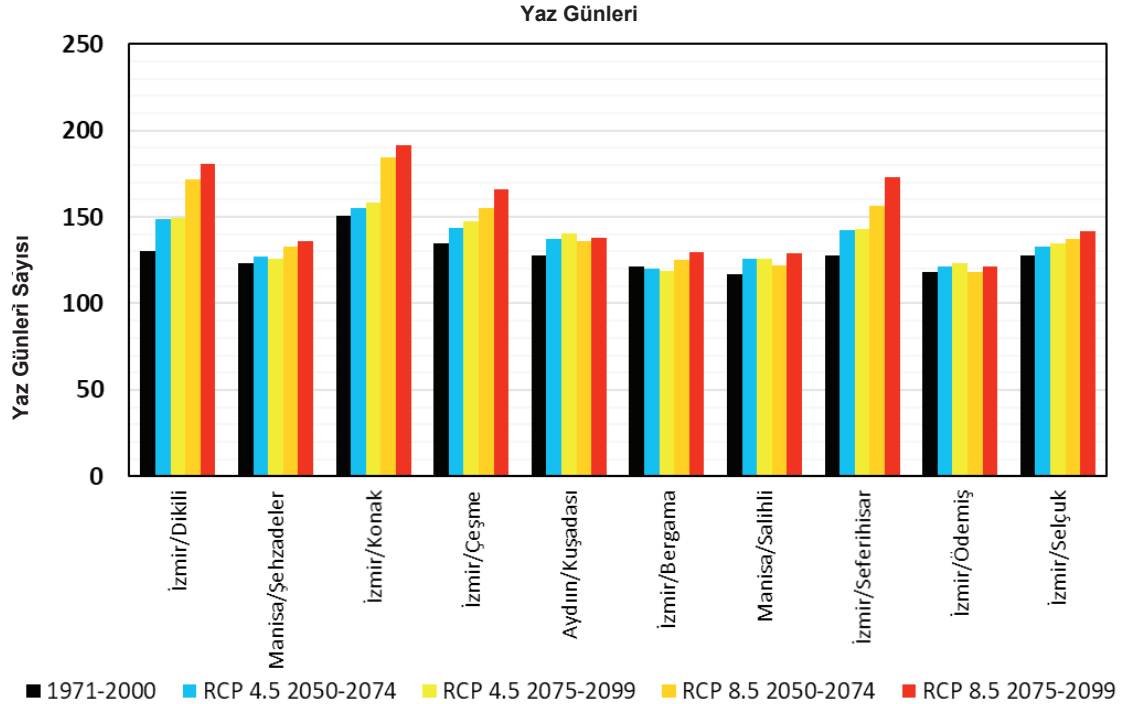


Şekil 2.47. İzmir ili iklim değişikliği altında uzun yıllar 95. Persantil yağış indeksi

RCP 4.5 senaryosunda 95. persantil yağışlı gün sayısında 2050-2074 yılları arasındaki dönemde artışın olacağı, 2075-2099 yılları arası dönemde ise 95. persantil yağışın azalacağı tahmin edilmektedir. RCP 8.5 senaryosunda da 2050-2074 yılları arası dönemde 95. persantil yağış gün sayısının 2075-2099 yılları arası dönemine göre fazla olacağı görülmektedir.

2.3.3.4. Yaz Günleri İndeksi

Günlük sıcaklığın 25°C'den büyük olduğu günlerin sayısıdır. Referans dönemi verilerinde hava sıcaklığının enlem ve yüksekliğe göre değişimi açıkça görülmektedir. İzmir ili için RCP 4.5 ve RCP 8.5 senaryolarına dayalı HadGEM2-ES iklim modeli kullanılarak yaz günleri indeksi 1971-2000 yılları arası dönemi için 30 yıllık, 2050-2074 ve 2075-2099 yılları arası dönemler için 25'er yıllık olarak hesaplanmıştır. İzmir ilinde yaz günleri sayısında iklim değişikliği altında bir artış olacağı beklenmektedir. RCP 4.5 ve RCP 8.5 senaryolarına dayalı HadGEM2-ES iklim modeli için yaz günleri indeksi 2050-2074, 2075-2099 yılları arası olmak üzere 25'er yıllık dönemler halinde hesaplanarak 1971-2000 yılları arası dönemi ile karşılaştırılmıştır. 2050-2074 yılları arası döneminde RCP 4.5 senaryosuna göre Bergama dışında diğer bütün yerleşimlerde artışın gözleneceği ve bu artışın en fazla Dikili ilçesinde olacağı beklenmektedir. RCP 8.5 senaryosunda ise Ödemiş'te 2050-2074 yılları arası döneminde yaz günü sayısının azalacağı, Manisa-Şehzadeler ilçesinde aynı sayıda kalacağı görülmektedir. Diğer alanlarda ise yüksek oranda artacağı görülmektedir (Şekil 2.48).

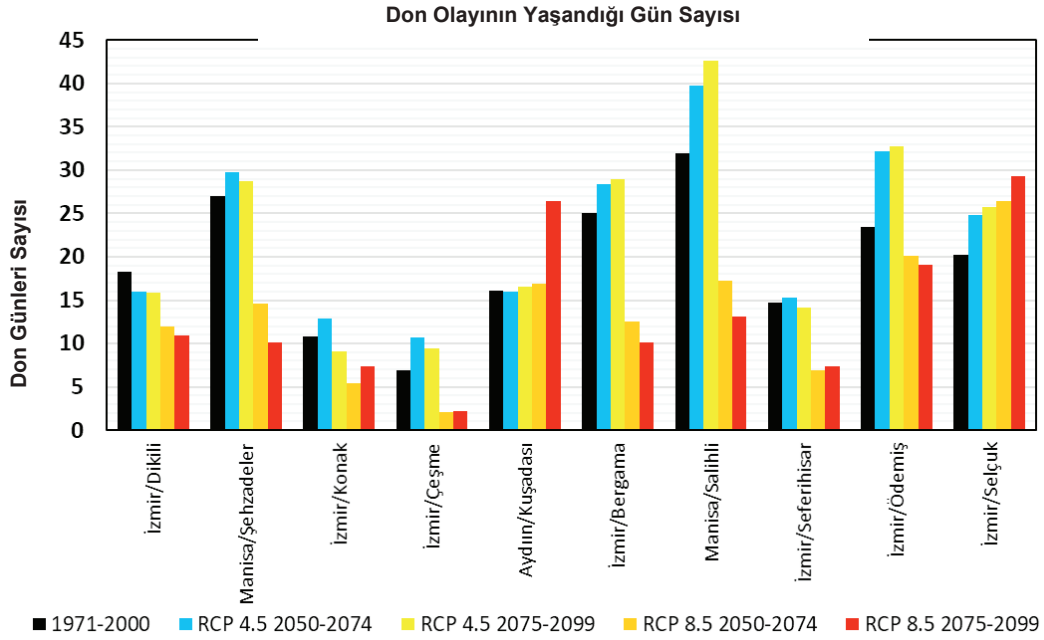


Şekil 2.48. İzmir ili iklim değişikliği altında uzun yıllar toplam yaz günleri sayıları

2.3.3.5. Don Olayının Yaşandığı Gün İndeksi

Günlük minimum sıcaklığın 0°C'nin altında olduğu gün sayısıdır. Don olayının yaşandığı gün sayısı enlem, boy-lam, yükseklik ve denize yakınlık ile değişim göstermektedir. Atmosfer basıncı yüksekliğe çıktığında atmosferin incelmelerinden dolayı hava yoğunluğu düşmesi sonucu hava sıcaklığı da azalmaktadır. Sıcaklık genel olarak 200 m yüksekliğe çıktıkça 1°C olarak azalmaktadır. Bu nedenle İzmir ilinde don olayının yaşandığı gün sayısı yüksek kesimlerde artış göstermektedir. RCP 4.5 ve RCP 8.5 senaryolarına dayalı HadGEM2-ES iklim modeli için don olayının yaşandığı günler indeksi 1971-2000 yılları arası dönem için 30 yıllık, 2050-2074 ve 2075-2099 yılları arası dönemler için 25'er yıllık olarak hesaplanmıştır. Dağ sıralarının Ege Denizi'ne dik konumundan dolayı deniz üzerinden gelen sıcak hava dalgası iç kesimlere kadar ulaştığından don olayının yaşandığı gün sayısında azalmalar meydana gelmektedir. Aynı dönem içerisinde RCP 8.5 durumunda da bu bölgelerde daha fazla ısınmalar meydana geleceği

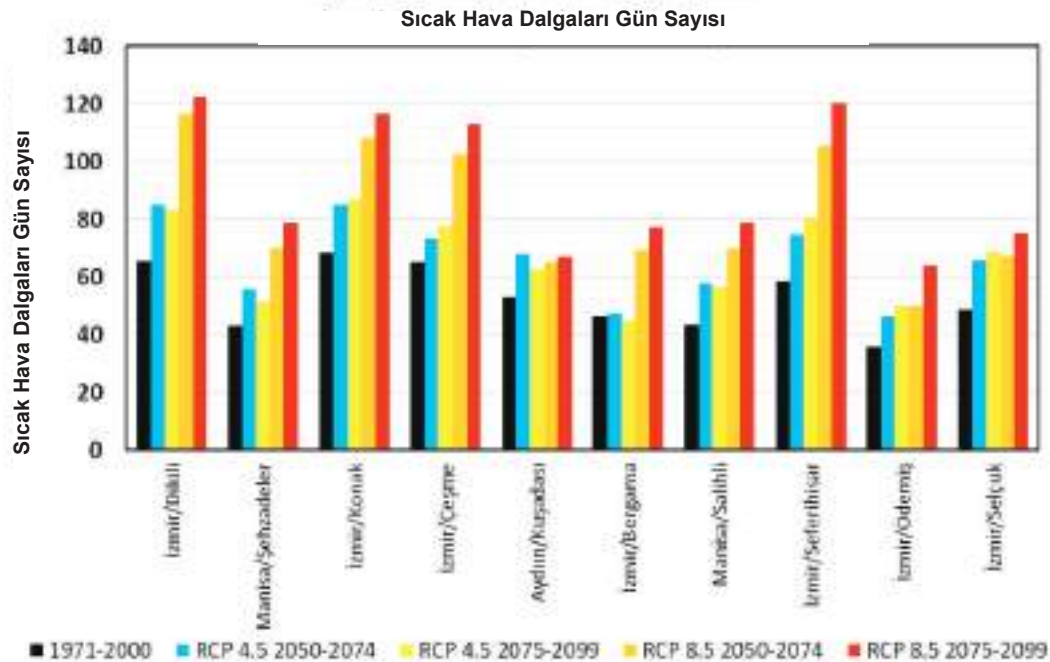
görülmektedir. 2050-2074 yılları arası dönem RCP 4.5 senaryosuna göre Salihli, Ödemiş, Selçuk, Bergama, Çeşme ilçelerinde 25 yıllık periyotta toplam don olayının yaşandığı gün sayısının artacağı görülmektedir. Konak, Kuşadası, Dikili, Seferihisar yerleşimlerinde ise RCP 4.5 senaryosuna göre don olayının yaşandığı gün sayısının azalacağı hesaplanmıştır. RCP 8.5 senaryosuna göre Kuşadası ve Selçuk yerleşimlerinde don olayının yaşandığı gün sayısının önemli miktarda artacağı, Ödemiş ilçesinde ise az bir miktarda artış görüleceği modellenmiştir. Diğer yerleşimlerde ise güncel duruma göre don olayının yaşandığı gün sayısının azalacağı görülmektedir (Şekil 2.49).



Şekil 2.49. İzmir ili iklim değişikliği altında uzun yıllar ortalama don olayının yaşandığı gün sayısı

2.3.3.6. Sıcak Hava Dalgaları

Sıcak hava dalgaları, en az 6 gün boyunca, maksimum sıcaklıkların referans dönemindeki sıcaklıkların %90'ından daha büyük olduğu gün sayılarıdır. Sıcak hava dalgaları RCP 4.5 ve RCP 8.5 senaryolarına göre 1971-2000, 2050-2074, 2075-2099 yılları arası dönemler olmak üzere hesaplanmıştır (Şekil 2.50).



Şekil 2.50. İzmir ili iklim değişikliği altında uzun yıllar ortalama sıcak hava dalgaları gün sayısı

İzmir ili genelinde RCP 4.5 ve RCP 8.5 senaryolarında sıcak hava dalgasında artış olacağı görülmektedir. 2050-2099 yılları arasında Dikili, Konak, Çeşme ve Seferihisar ilçelerinde sıcak hava dalgasının RCP 8.5 senaryosunda 100 gün üzerinde olacağı tahmin edilmiştir. Konak ilçesinde ise RCP 4.5 senaryosuna göre 2050-2099 yılları arasında ortalama 85 gün, RCP 8.5 senaryosuna göre ise ortalama 110 gün sıcak hava dalgası olacağı beklenmektedir.

2.3.4. İzmir İli Sıcaklık Ekstrem Değerlerinin İstatistiksel Analizleri

2.3.4.1. İzmir/Dikili

İklim verilerinin normal dağılıma sahip olup olmadığını belirlemek için istatistiksel analizler uygulanmıştır. Parametrik veya parametrik olmayan istatistiksel yöntemlerden hangilerinin kullanılacağı normallik testleri sonucunda belirlenmekte ve bunun için verilere Shapiro Wilk ve Kolmogorov-Smirnov normallik testleri uygulanmıştır (Tablo 2.11).

Tablo 2.11. Dikili ilçesi ortalama sıcaklık verileri betimleyici istatistikleri				
Betimleyici İstatistik			Güncel	RCP 4.5
			İstatistik	İstatistik
İzmir/Dikili	Ortalama		16,74	17,71
	95% Güven Aralığı	Alt Sınır	16,59	17,59
	Ortalama	Üst Sınır	16,88	17,83
	5% Düzeltilmiş Ortalama		16,91	17,75
	Medyan		16,70	17,21
	Varyans		51,31	65,02
	Standart Sapma		7,16	8,06
	Minimum		-7,35	-3,47
	Maksimum		31,73	40,89
	Dağılım Aralığı		39,08	44,36
	Çeyrekler Arası Aralık		12,19	14,21
	Çarpıklık		-0,23	-0,05
	Basıklık		-0,95	-1,12
				-0,84

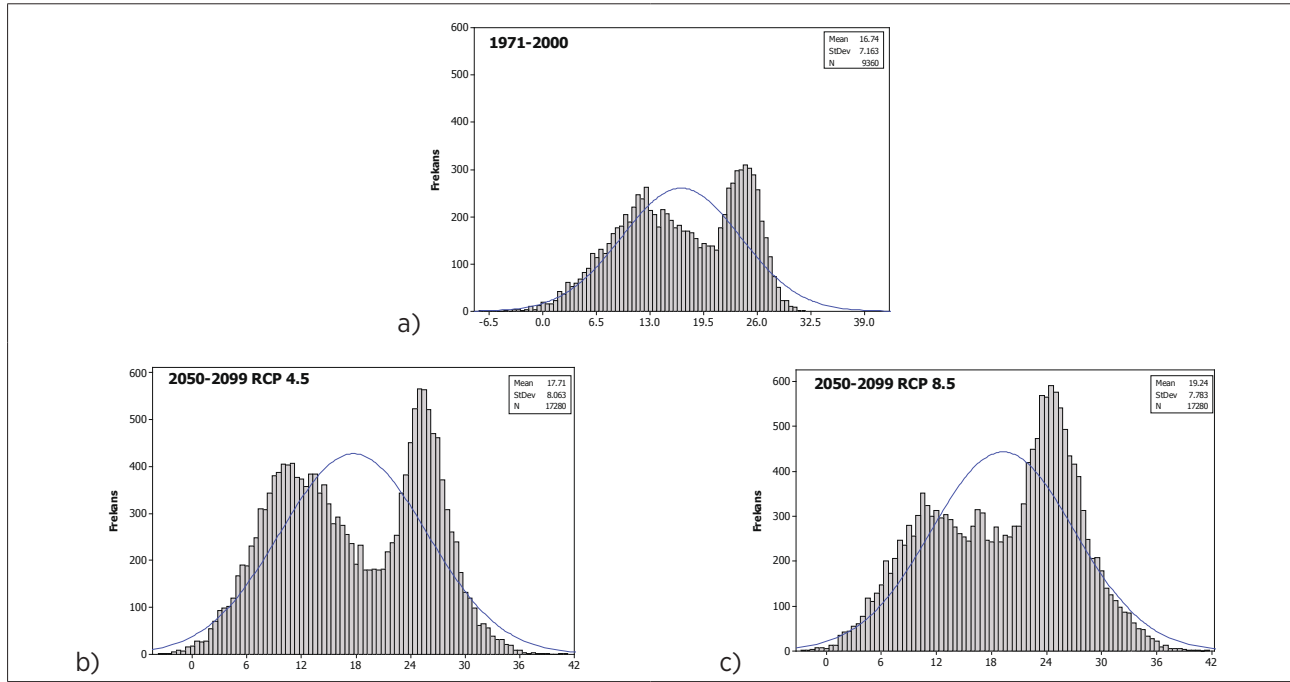
Betimleyici istatistik tablosunda standart sapma, standart hata, medyan ve varyans gibi tanımlayıcı istatistik değerleri verilmiştir. Bunun yanı sıra çarpıklık ve basıklık ölçütleri de verilmiştir. Normallik varsayım testinde önemli olan değer bu iki değerdir. Çarpıklık ve basıklık için değerler -1,5 ve +1,5 aralığında olmalıdır. Bu örnekte değerlerin belirlenen aralıkta olmadığı açıkça görülmektedir. Bu veri setinin normal dağılıma sahip olmadığının göstergelerinden biridir. Ekstrem değerler tablosunda veri setindeki en düşük ve en yüksek beş sıcaklık değeri gösterilmiştir (Tablo 2.12).

Tablo 2.12. Dikili ilçesi ortalama sıcaklık verilerinde ekstrem değerler				
Ekstrem Değerler			Güncel	RCP 4.5
				RCP 8.5
İzmir/Dikili	En Yüksek	1	31,73	40,89
		2	31,51	40,64
		3	31,06	39,24
		4	31,01	39,07
		5	30,60	38,62
	En Düşük	1	-7,35	-3,47
		2	-7,03	-2,83
		3	-6,33	-2,70
		4	-5,97	-2,62
		5	-4,57	-2,19



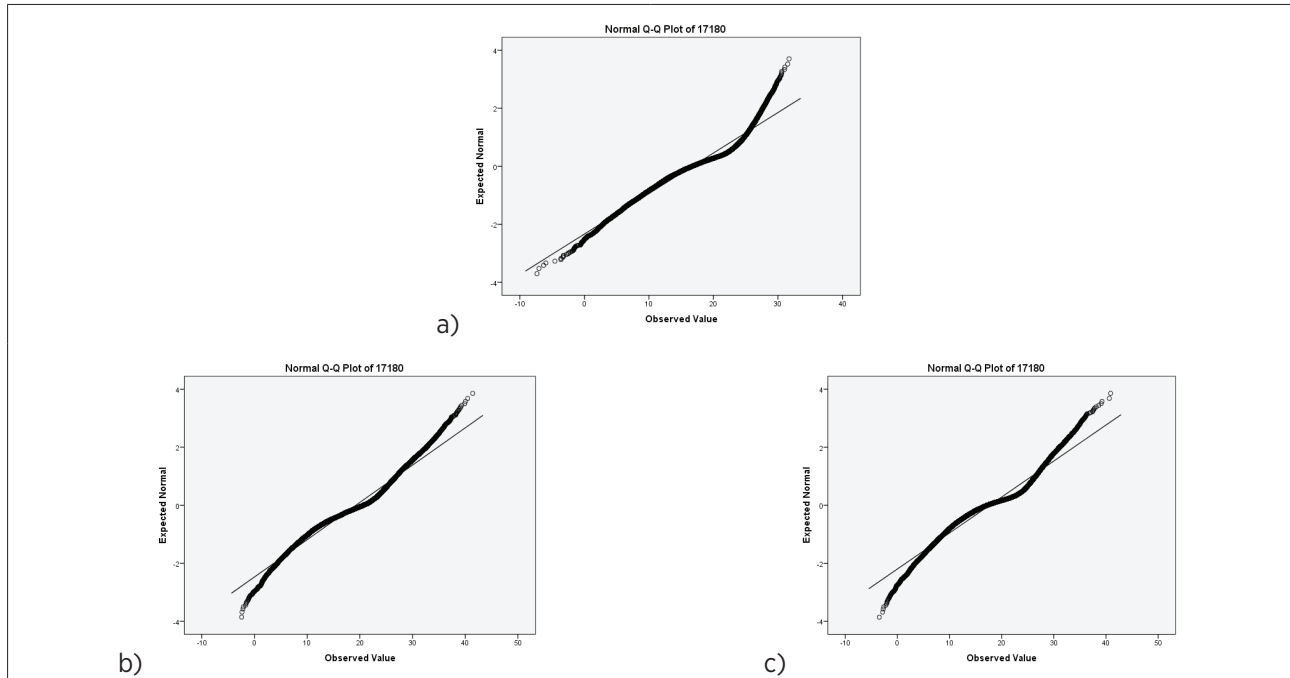
Normallik Testi tablosundaki P değeri çalışmanın önem düzeyini belirler. Diğer istatistiksel analizlerde P değerinin 0,005'nin altında olması beklenirken (bu durum testin anlamlı olduğunu gösterir), normallik testlerinde P değerinin anlamlı olması, veri setinin normal dağılıma sahip olmadığı anlamına gelir.

Verilerin zamansal olarak dağılımlarını görmek için verilerin histogramları oluşturularak veri dağılımları ortaya çıkarılmıştır (Şekil 2.51). 1971-2000 yılları arası döneminde veri yoğunluğu 0-30 arasında değişirken, RCP 4.5 ve RCP 8.5 senaryolarında (2050-2099) veri yoğunluğu 0-40 arasında değişmektedir.



Şekil 2.51. İzmir/Dikili sıcaklık verilerinin Histogram görüntüsü a)1971-2000, b)2050-2099 (RCP 4.5), c)2050-2099 (RCP 8.5)

Verilerin normal dağılım analizi için Normal Q-Q plot grafikleri oluşturulmuştur. Q-Q Plot grafiğinde de işaretli değerler lineer doğrudan uzakta ve sapmakta olduğu görülmekle birlikte verilerin lineer doğru etrafında dağılmadığı görülmektedir. Bu da veri setinin normal dağılıma sahip olmadığı kanısını güçlendirmektedir (Şekil 2.52).



Şekil 2.52. İzmir/Dikili sıcaklık verilerinin Normal Q-Q Çıktısı a)1971-2000, b)2050-2099 (RCP 4.5), c)2050-2099 (RCP 8.5)



2.3.4.2. İzmir/Konak

İklim verilerinin normal dağılıma sahip olup olmadığını belirlemek için istatistiksel analizler uygulanmıştır (Tablo 2.13). Konak bölgesinde 1971-2000 yılları arası dönem için ortalama sıcaklık 18,38°C iken, 2050-2099 yılları arası dönem için RCP 4.5 senaryosuna göre 19,11 °C, RCP 8.5 senaryosuna göre 20,83°C olacağı beklenmektedir. Ekstrem değerler tablosunda İzmir/Konak için veri setindeki en düşük ve en yüksek beş sıcaklık değeri gösterilmiştir (Tablo 2.14).

Tablo 2.13. Konak ilçesi ortalama sıcaklık verilerinde betimleyici istatistikleri

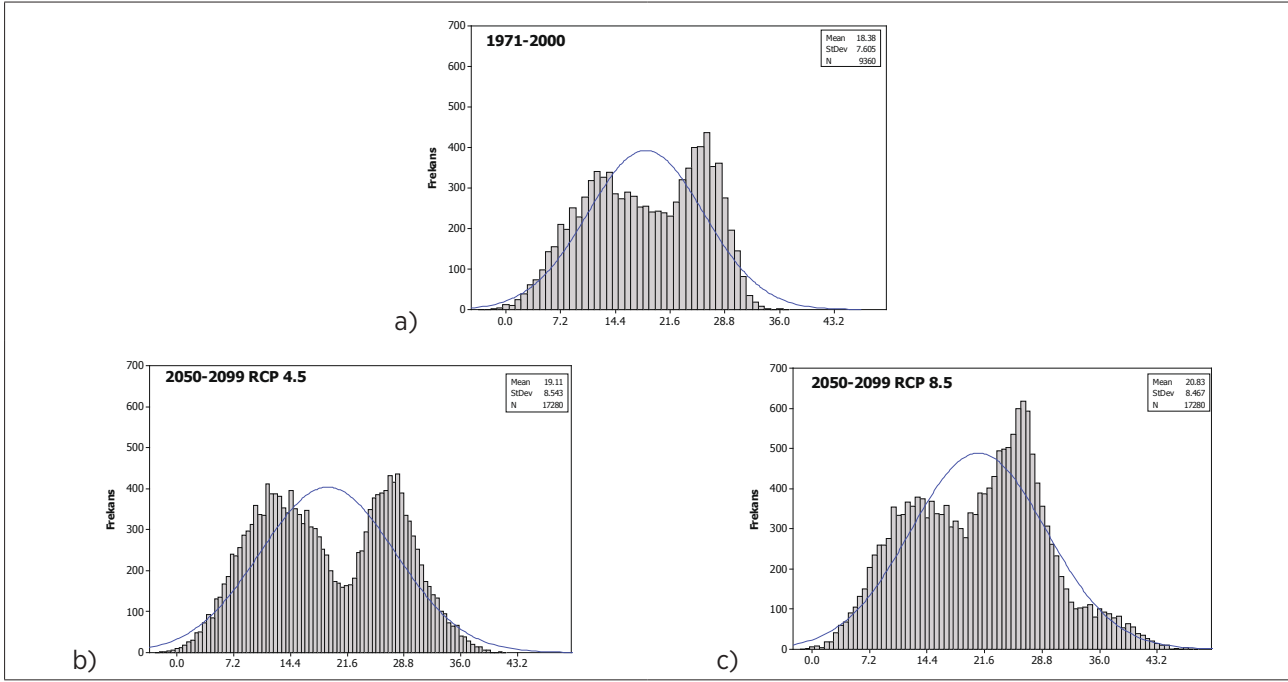
Betimleyici İstatistik			Güncel	RCP 4.5	RCP 8.5
			İstatistik	İstatistik	İstatistik
İzmir/Konak	Ortalama		18,38	19,11	20,83
	95% Güven Aralığı Ortalama	Alt Sınır	18,23	18,99	20,71
		Üst Sınır	18,54	19,24	20,96
	5% Düzeltilmiş Ortalama		18,50	19,10	20,71
	Medyan		18,55	18,25	21,65
	Varyans		57,84	72,99	71,69
	Standart Sapma		7,61	8,54	8,47
	Minimum		-3,48	-2,42	-1,37
	Maksimum		36,80	41,30	47,80
	Dağılım Aralığı		40,28	43,72	49,17
	Çeyrekler Arası Aralık		13,02	14,70	12,85
	Çarpıklık		-0,17	0,04	0,07
	Basıklık		-1,05	-1,08	-0,54

Tablo 2.14. Konak ilçesi ortalama sıcaklık verilerinde ekstrem değerler

Ekstrem Değerler			Güncel	RCP 4.5	RCP 8.5
İzmir/Konak	En Yüksek	1	36,796	41,30	47,8
		2	36,176	40,91	47,566
		3	35,917	40,86	47,023
		4	35,25	40,86	46,928
		5	34,616	40,43	46,662
	En Düşük	1	-3,48	-2,42	-1,369
		2	-1,701	-1,86	-0,876
		3	-1,45	-1,77	-0,371
		4	-1,306	-1,51	-0,264
		5	-0,975	-1,46	0,053

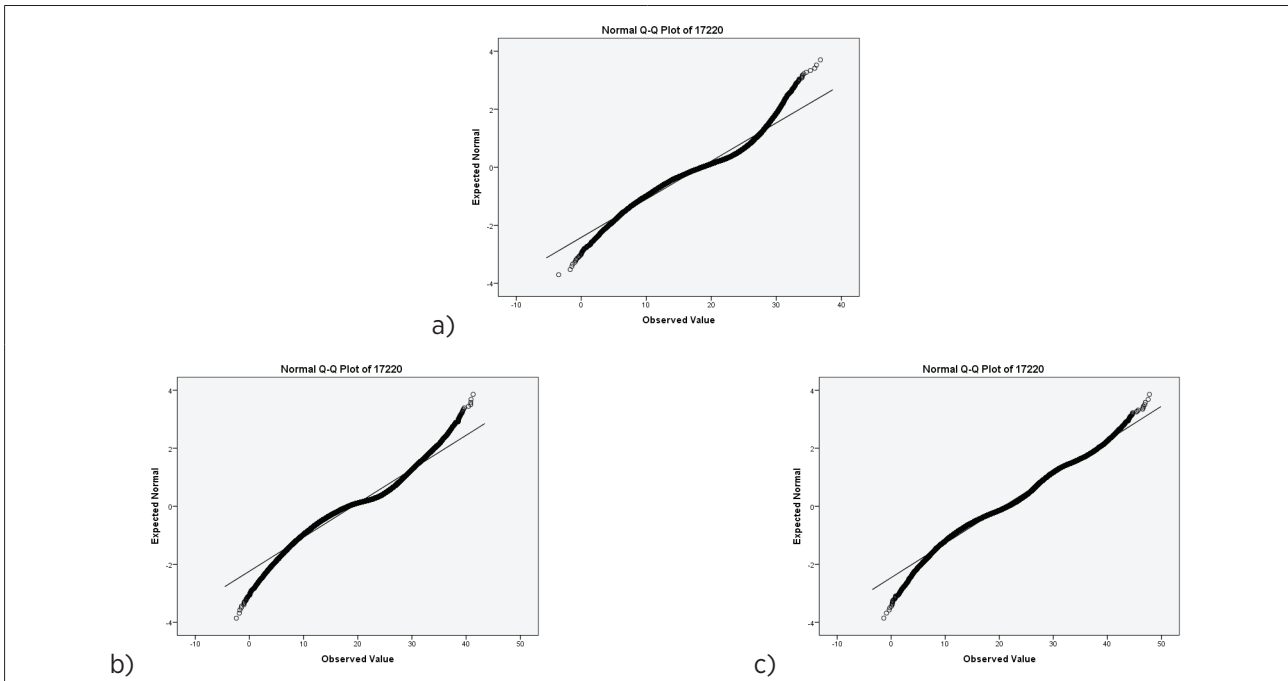
Verilerin zamansal olarak dağılımlarını görmek için verilerin histogramları oluşturularak veri dağılımları ortaya çıkarılmıştır (Şekil 2.53). 1971-2000 yılları arası dönemi veri yoğunluğu 0-35 arasında değişirken, RCP 4.5 ve RCP 8.5 senaryolarında (2050-2099) veri yoğunluğu 0-40/45 arasında değişmektedir.





Şekil 2.53. İzmir/Konak sıcaklık verilerinin Histogram görüntüsü a)1971-2000, b)2050-2099 (RCP 4.5), c)2050-2099 (RCP 8.5)

Verilerin normal dağılım analizi için Normal Q-Q plot grafikleri oluşturulmuştur (Şekil 2.54). Q-Q Plot grafiğinde de işaretli değerler lineer doğrudan uzakta ve sapmakta olduğu görülmekle birlikte verilerin lineer doğru etrafında dağılmadığı görülmektedir. Bu da veri setinin normal dağılıma sahip olmadığı kanısını güçlendirmektedir.



Şekil 2.54. İzmir/Konak sıcaklık verilerinin Normal Q-Q Çıktısı a)1971-2000, b)2050-2099 (RCP 4.5), c)2050-2099 (RCP 8.5)

2.3.4.3. İzmir/Çeşme

İklim verilerinin normal dağılıma sahip olup olmadığını belirlemek için istatistiksel analizler uygulanmıştır (Tablo 2.15). Çeşme bölgesinde 1971-2000 yılları arası dönem için ortalama sıcaklık 17,37°C iken, 2050-2099 yılları arası dönem için RCP 4.5 senaryosuna göre 17,83°C, RCP 8.5 senaryosuna göre 19,38°C olacağı beklenmektedir. (Tablo 2.16).



Tablo 2.15. Çeşme ilçesi ortalama sıcaklık verilerinde betimleyici istatistikleri

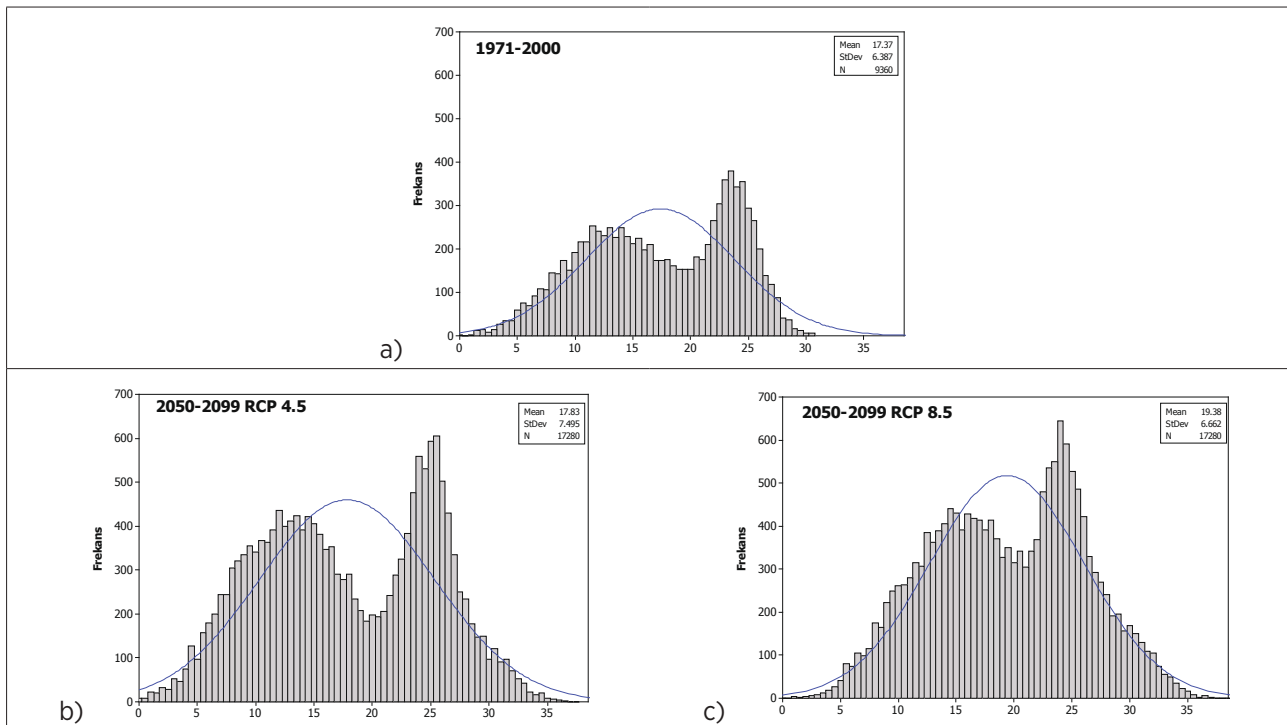
Betimleyici İstatistik			Güncel	RCP 4.5	RCP 8.5
			İstatistik	İstatistik	İstatistik
İzmir/Çeşme	Ortalama		17,37451	17,831064	19,37938
	95% Güven Aralığı Ortalama	Alt Sınır	17,245092	17,719309	19,28004
		Üst Sınır	17,503928	17,942819	19,47871
	5% Düzeltilmiş Ortalama		17,505486	17,850873	19,39253
	Medyan		17,494	17,307	19,59
	Varyans		40,8	56,172	44,381
	Standart Sapma		6,3874608	7,494809	6,661934
	Minimum		-1,642	-5,874	-0,413
	Maksimum		30,681	37,468	39,637
	Dağılım Aralığı		32,323	43,342	40,05
	Çeyrekler Arası Aralık		11,048	12,7918	10,356
	Çarpıklık		-0,216	-0,039	-0,071
	Basıklık		-1,033	-1,021	-0,762

Tablo 2.16. Çeşme ilçesi ortalama sıcaklık verilerinde ekstrem değerler

Ekstrem Değerler			Güncel	RCP 4.5	RCP 8.5
İzmir/Çeşme	En Yüksek	1	30,681	37,468	39,637
		2	30,617	36,991	38,249
		3	30,601	36,506	37,149
		4	30,574	36,371	36,965
		5	30,548	36,141	36,941
	En Düşük	1	-1,642	-5,874	-0,413
		2	-1,238	-4,534	-0,292
		3	-1,005	-4,295	0,85
		4	-0,485	-4,122	0,906
		5	0,139	-3,212	1,055

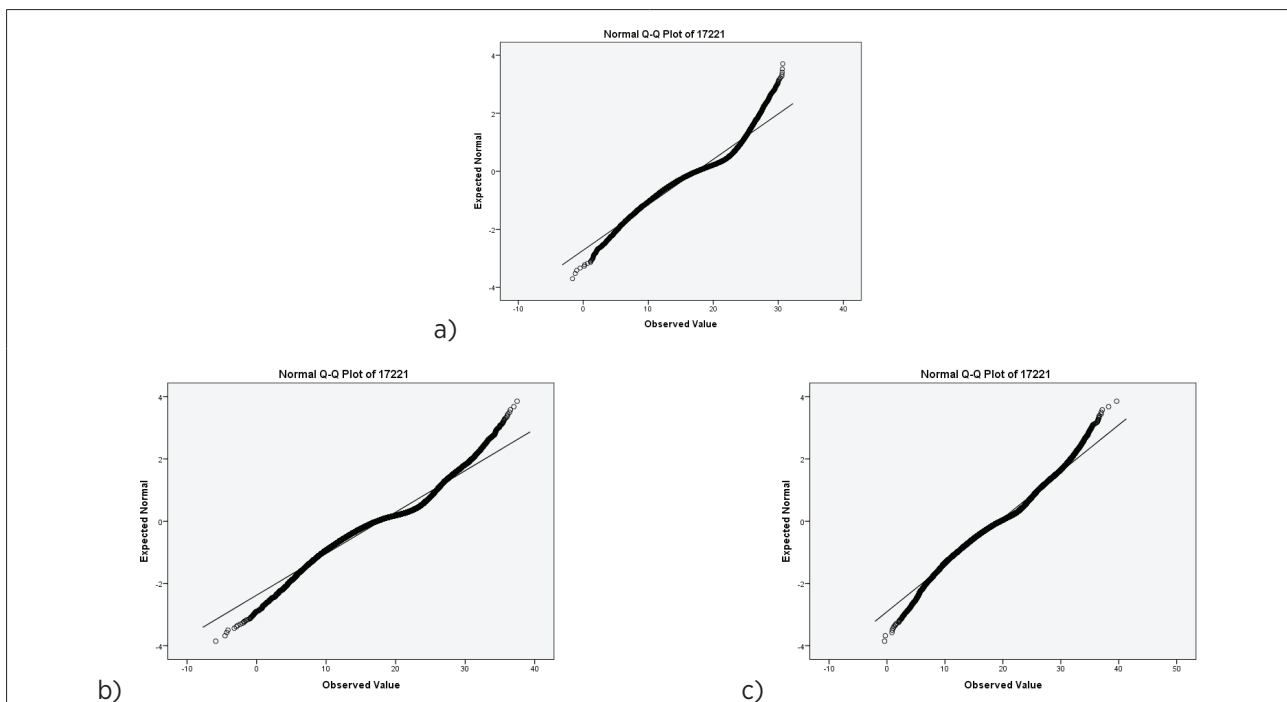
Verilerin zamansal olarak dağılımlarını görmek için verilerin histogramları oluşturularak veri dağılımları ortaya çıkarılmıştır (Şekil 2.55). 1971-2000 döneminde veri yoğunluğu 0-30 arasında değişirken, RCP 4.5 ve RCP 8.5 senaryolarında (2050-2099) veri yoğunluğu 0-40 arasında değişmektedir.





Şekil 2.55. İzmir/Çeşme sıcaklık verilerinin Histogram görüntüsü a)1971-2000, b)2050-2099 (RCP 4.5), c)2050-2099 (RCP 8.5)

Verilerin normal dağılım analizi için Normal Q-Q plot grafikleri oluşturulmuştur (Şekil 2.56). Q-Q Plot grafiğinde de işaretli değerler lineer doğrudan uzakta ve sapmakta olduğu görülmekle birlikte verilerin lineer doğru etrafında dağılmadığı görülmektedir. Bu da veri setinin normal dağılıma sahip olmadığı kanısını güçlendirmektedir.



Şekil 2.56. İzmir/Çeşme sıcaklık verilerinin Normal Q-Q Çıktısı a)1971-2000, b)2050-2099 (RCP 4.5), c)2050-2099 (RCP 8.5)

2.3.4.4. İzmir/Bergama

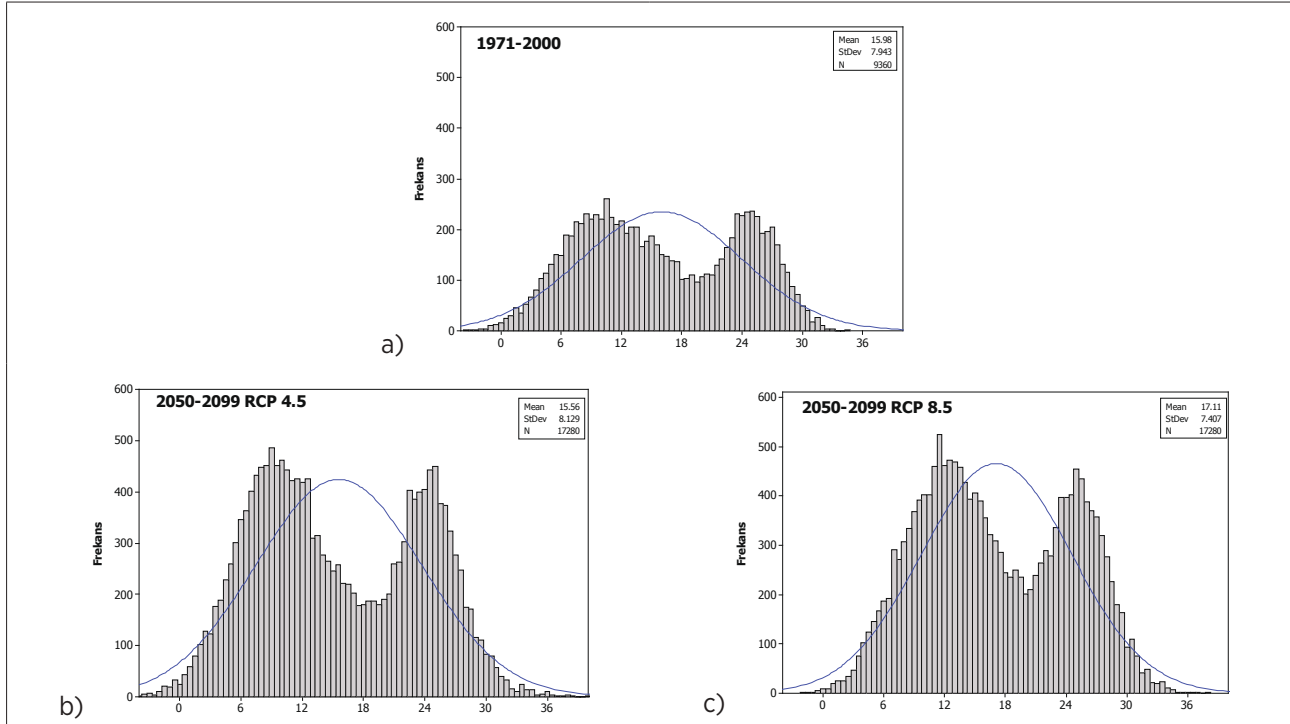
Bergama bölgesinde 1971-2000 yılları arası dönem için ortalama sıcaklık 15,98°C iken, 2050-2099 yılları arası dönem için RCP 4.5 senaryosuna göre 15,56 °C, RCP 8.5 senaryosuna göre 17,11°C olacağı beklenmektedir. Böylece RCP 4.5 iklim değişikliği senaryosuna göre ortalama sıcaklığın 0,42°C düşeceği görülmektedir (Tablo 2.17 ve Tablo 2.18).

Tablo 2.17. Bergama ilçesi ortalama sıcaklık verilerinde betimleyici istatistikleri					
Betimleyici İstatistik					
			Güncel	RCP 4.5	RCP 8.5
			İstatistik	İstatistik	İstatistik
İzmir/Bergama	Ortalama		15,98	15,56	17,11
	95% Güven Aralığı Ortalama	Alt Sınır	15,82	15,44	17,00
		Üst Sınır	16,14	15,68	17,22
	5% Düzeltilmiş Ortalama		15,99	15,51	17,09
	Medyan		14,99	14,15	16,06
	Varyans		63,10	66,08	54,86
	Standart Sapma		7,94	8,13	7,41
	Minimum		-3,64	-5,76	-1,79
	Maksimum		34,54	40,06	38,24
	Dağılım Aralığı		38,17	45,81	40,04
	Çeyrekler Arası Aralık		14,17	14,35	12,71
	Çarpıklık		0,08	0,15	0,10
	Basıklık		-1,17	-1,10	-1,06

Tablo 2.18. Bergama ilçesi ortalama sıcaklık verilerinde ekstrem değerler					
Ekstrem Değerler					
			Güncel	RCP 4.5	RCP 8.5
İzmir/Bergama	En Yüksek	1	34,54	40,06	38,24
		2	34,45	38,72	37,07
		3	33,08	38,49	36,25
		4	32,91	38,13	36,15
		5	32,79	38,05	35,82
	En Düşük	1	-3,64	-5,76	-1,79
		2	-3,10	-5,51	-1,30
		3	-2,73	-5,50	-0,85
		4	-2,41	-4,91	-0,48
		5	-2,17	-4,66	-0,47

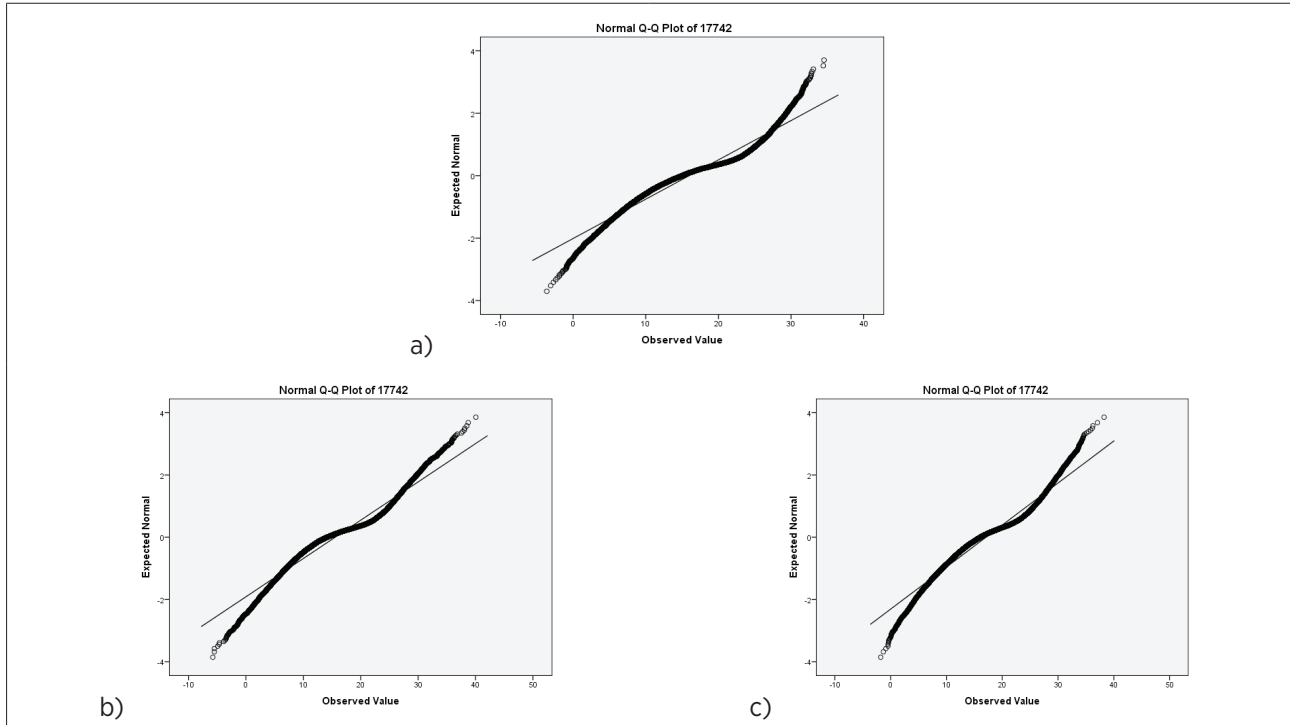
Verilerin zamansal olarak dağılımlarını görmek için verilerin histogramları oluşturularak veri dağılımları ortaya çıkarılmıştır. İzmir Bergama bölgesinde 1971-2000 yılları arası dönemi veri yoğunluğu 0-34 arasında değişirken, RCP 4.5 ve RCP 8.5 senaryolarında (2050-2099) veri yoğunluğu 0-40 arasında değişmektedir (Şekil 2.57).





Şekil 2.57. İzmir/Bergama sıcaklık verilerinin Histogram görüntüsü a)1971-2000, b)2050-2099 (RCP 4.5), c)2050-2099 (RCP 8.5)

Verilerin normal dağılım analizi için Normal Q-Q plot grafikleri oluşturulmuştur (Şekil 2.58). Q-Q Plot grafiğinde de işaretli değerler lineer doğrudan uzakta ve sapmakta olduğu görülmekle birlikte verilerin lineer doğru etrafında dağılmadığı görülmektedir. Bu da veri setinin normal dağılıma sahip olmadığı kanısını güçlendirmektedir.



Şekil 2.58. İzmir/Bergama sıcaklık verilerinin Normal Q-Q Çıktısı a)1971-2000, b)2050-2099 (RCP 4.5), c)2050-2099 (RCP 8.5)

2.3.4.5. İzmir/Seferihisar

İklim verilerinin normal dağılıma sahip olup olmadığını belirlemek için istatistiksel analizler uygulanmıştır (Tablo 2.19). Seferihisar bölgesinde 1971-2000 yılları arası dönem için ortalama sıcaklık 17,01°C iken, 2050-2099 yılları arası dönem için RCP 4.5 senaryosuna göre 17,53 °C, RCP 8.5 senaryosuna göre 19,18°C olacağı beklenmektedir. Böylece 2050-2100 yılları arası dönem için RCP 4.5 senaryosunda 0.52°C ortalama sıcaklığın artacağı, RCP 8.5 senaryosuna göre ise 2,17°C sıcaklığın artacağı görülmektedir (Tablo 2.20).

Tablo 2.19. Seferihisar ilçesi ortalama sıcaklık verilerinde betimleyici istatistikleri

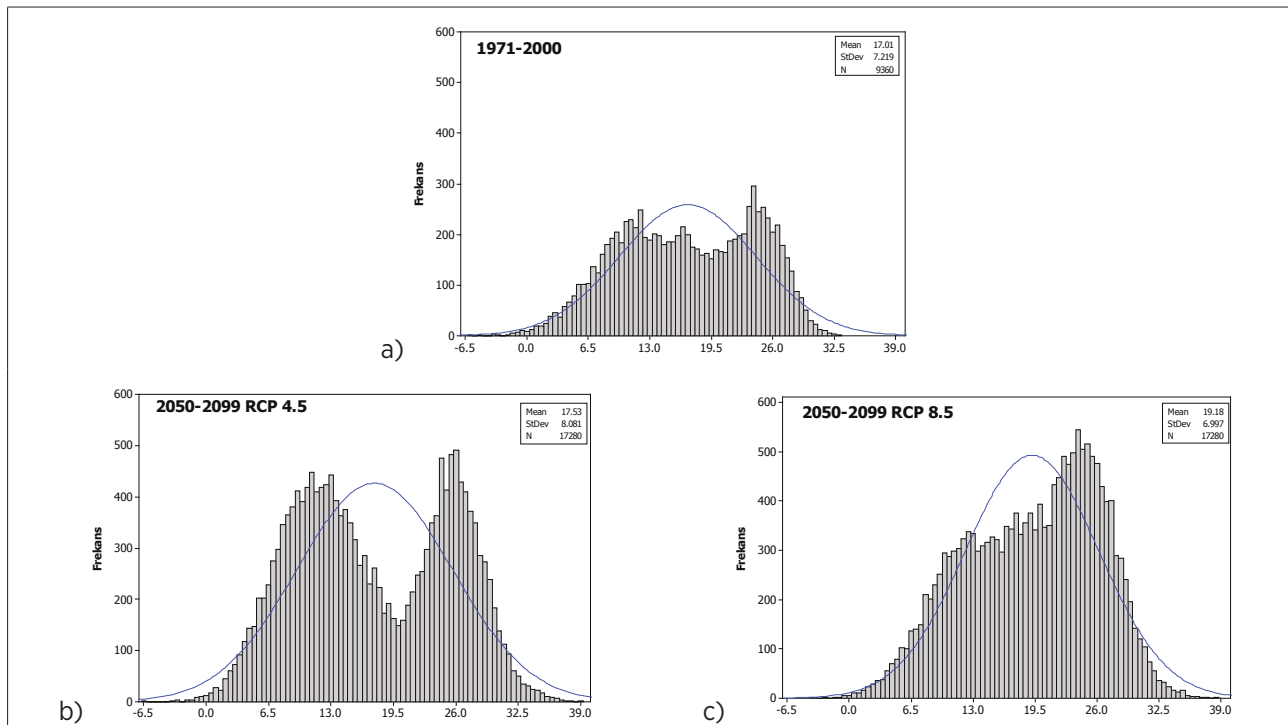
Betimleyici İstatistik			Güncel	RCP 4.5	RCP 8.5
			İstatistik	İstatistik	İstatistik
İzmir/Seferihisar	Ortalama		17,01	17,53	19,18
	95% Güven Aralığı Ortalama	Alt Sınır	16,86	17,41	19,07
		Üst Sınır	17,16	17,65	19,28
	5% Düzeltilmiş Ortalama		17,12	17,53	19,31
	Medyan		16,98	16,47	20,02
	Varyans		52,11	65,30	48,96
	Standart Sapma		7,22	8,08	7,00
	Minimum		-6,09	-6,71	-3,92
	Maksimum		33,13	38,83	38,34
	Dağılım Aralığı		39,22	45,54	42,26
	Çeyrekler Arası Aralık		12,34	14,27	11,15
	Çarpıklık		-0,14	0,05	-0,29
	Basıklık		-0,96	-1,16	-0,75

Tablo 2.20. Seferihisar ilçesi ortalama sıcaklık verilerinde ekstrem değerler

Ekstrem Değerler			Güncel	RCP 4.5	RCP 8.5
İzmir/Seferihisar	En Yüksek	1	33,13	38,83	38,34
		2	32,92	37,95	37,63
		3	32,43	37,71	36,99
		4	32,42	37,06	36,56
		5	32,32	37,05	36,47
	En Düşük	1	-6,09	-6,71	-3,92
		2	-5,09	-3,66	-3,37
		3	-3,73	-3,14	-2,28
		4	-3,66	-2,99	-1,63
		5	-3,26	-2,99	-1,50

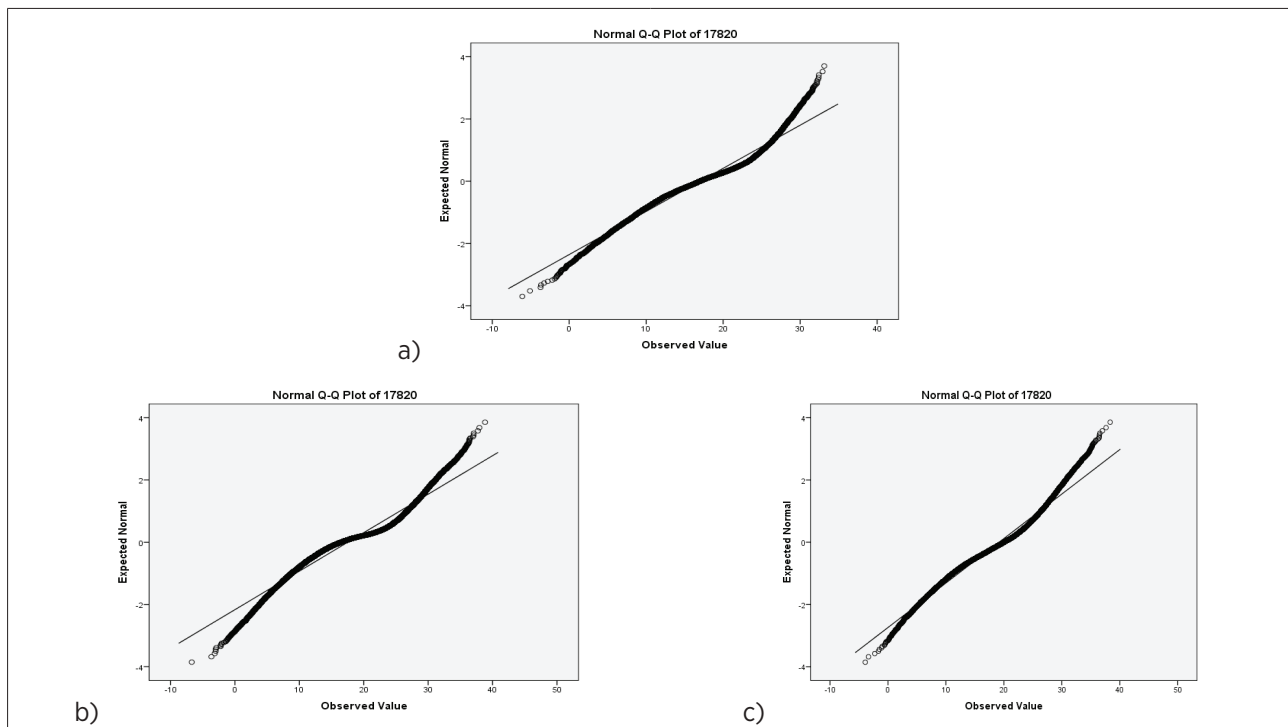
İzmir Seferihisar bölgesinde 1971-2000 yılları arası döneminde veri yoğunluğu 0-33 arasında değişirken, RCP 4.5 ve RCP 8.5 senaryolarında (2050-2099) veri yoğunluğu 0-38 arasında değişmektedir (Şekil 2.59).





Şekil 2.59. İzmir/Seferihisar sıcaklık verilerinin Histogram görüntüsü a)1971-2000, b)2050-2099 (RCP 4.5), c)2050-2099 (RCP 8.5)

Verilerin normal dağılım analizi için Normal Q-Q plot grafikleri oluşturulmuştur (Şekil 2.60). Q-Q Plot grafiğinde de işaretli değerler lineer doğrudan uzakta ve sapmakta olduğu görülmekle birlikte verilerin lineer doğru etrafında dağılmadığı görülmektedir. Bu da veri setinin normal dağılıma sahip olmadığı kanısını güçlendirmektedir.



Şekil 2.60. İzmir/Seferihisar sıcaklık verilerinin Normal Q-Q Çıktısı a)1971-2000, b)2050-2099 (RCP 4.5), c)2050-2099 (RCP 8.5)

2.3.4.6. İzmir/Ödemiş

İklim verilerinin normal dağılıma sahip olup olmadığını belirlemek için istatistiksel analizler uygulanmıştır (Tablo 2.21). Ödemiş bölgesinde 1971-2000 yılları arası dönem için ortalama sıcaklık 15,86°C iken, 2050-2099 yılları arası dönem için RCP 4.5 senaryosuna göre 15,92 °C, RCP 8.5 senaryosuna göre 16,23°C olacağı beklenmektedir. Böylece 2050-2100 dönemi için RCP 4.5 senaryosunda 0,06°C ortalama sıcaklığın artacağı, RCP 8.5 senaryosuna göre ise 0,37°C sıcaklığın artacağı görülmektedir (Tablo 2.22).

Tablo 2.21. Ödemiş ilçesi ortalama sıcaklık verilerinde betimleyici istatistikleri

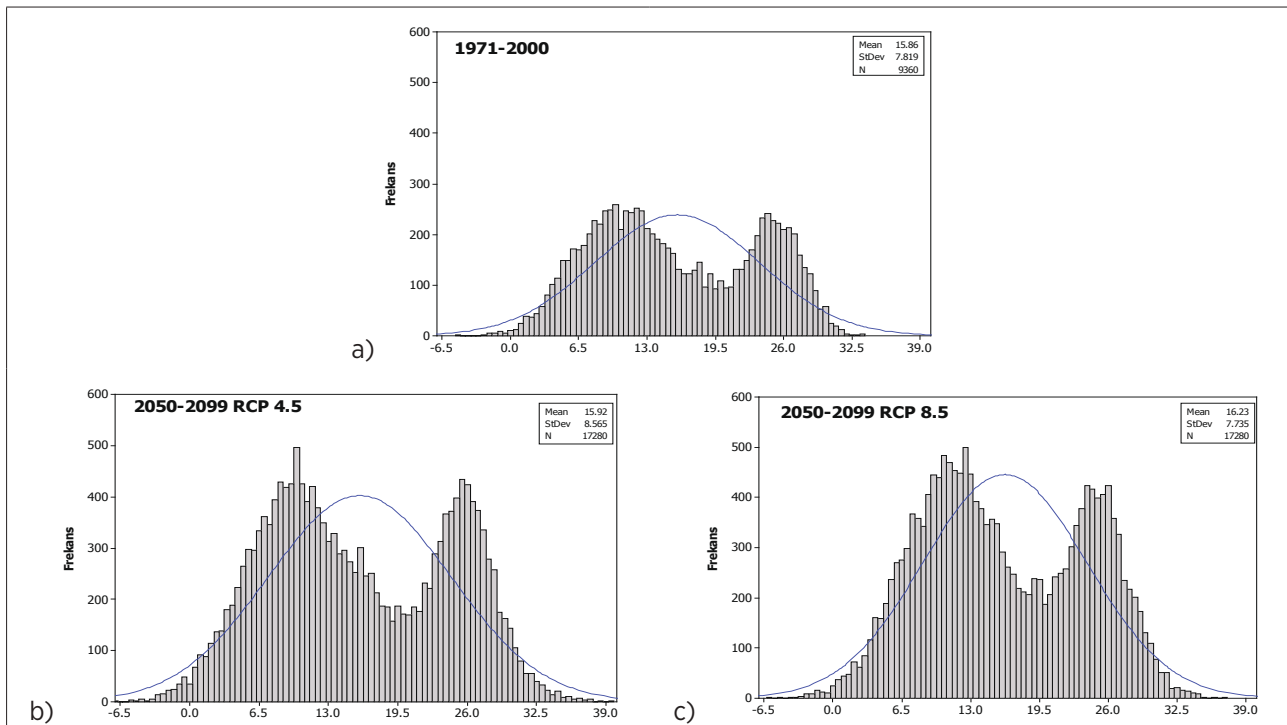
Betimleyici İstatistik			Güncel	RCP 4.5	RCP 8.5
			İstatistik	İstatistik	İstatistik
İzmir/Ödemiş	Ortalama		15,86	15,92	16,23
	95% Güven Aralığı Ortalama	Alt Sınır	15,70	15,79	16,11
		Üst Sınır	16,02	16,05	16,34
	5% Düzeltilmiş Ortalama		15,85	15,90	16,22
	Medyan		14,54	14,67	15,04
	Varyans		61,13	73,36	59,83
	Standart Sapma		7,82	8,56	7,74
	Minimum		-5,05	-6,94	-5,95
	Maksimum		33,63	39,36	36,90
	Dağılım Aralığı		38,68	46,30	42,85
	Çeyrekler Arası Aralık		14,09	15,17	13,41
	Çarpıklık		0,12	0,11	0,10
	Basıklık		-1,18	-1,10	-1,05

Tablo 2.22. Ödemiş ilçesi ortalama sıcaklık verilerinde ekstrem değerler

Ekstrem Değerler			Güncel	RCP 4.5	RCP 8.5
İzmir/Ödemiş	En Yüksek	1	33,63	39,36	36,90
		2	33,51	38,68	35,89
		3	33,40	38,56	35,13
		4	33,37	37,72	35,01
		5	32,89	37,71	34,59
	En Düşük	1	-5,05	-6,94	-5,95
		2	-2,26	-5,66	-5,19
		3	-2,22	-5,66	-5,04
		4	-2,11	-5,43	-3,82
		5	-2,03	-5,34	-3,44

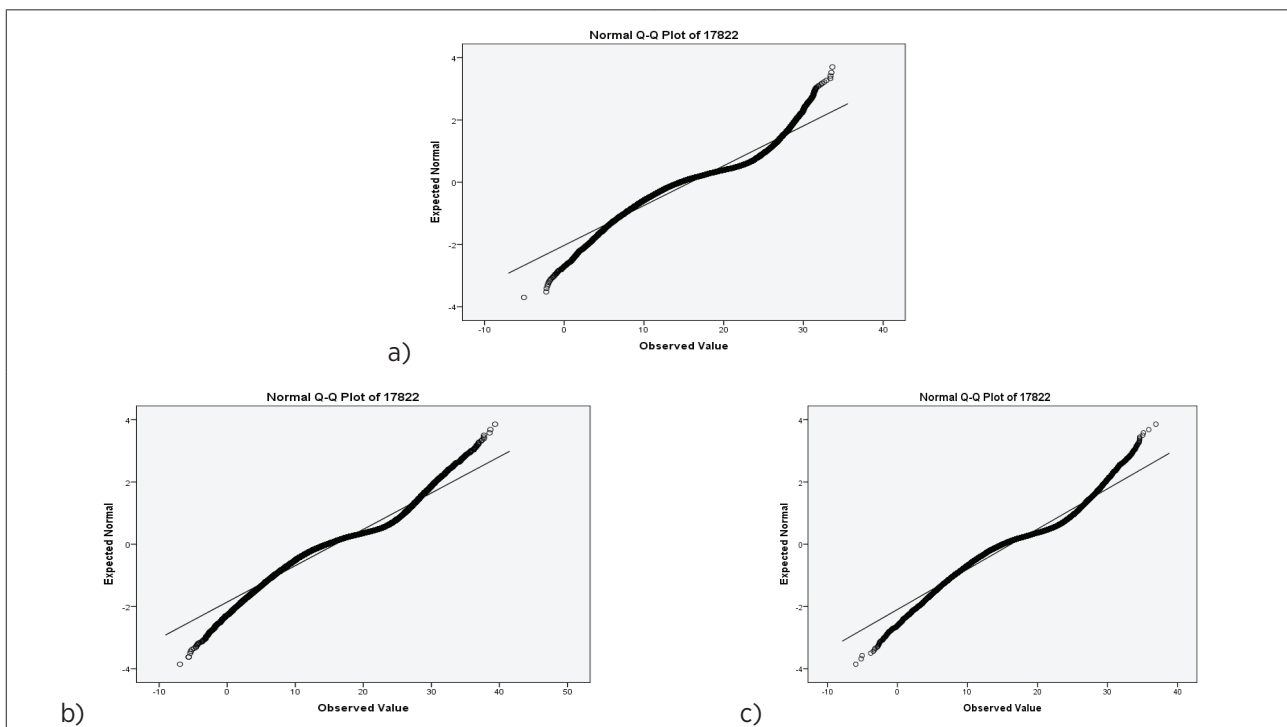
İzmir Ödemiş bölgesinde 1971-2000 yılları arası döneminde veri yoğunluğu 0-33 arasında değişirken, RCP 4.5 ve RCP 8.5 senaryolarında (2050-2099) veri yoğunluğu 0-39 arasında değişmektedir (Şekil 2.61).





Şekil 2. 61. İzmir/Ödemiş sıcaklık verilerinin Histogram görüntüsü a)1971-2000, b)2050-2099 (RCP 4.5), c)2050-2099 (RCP 8.5)

Verilerin normal dağılım analizi için Normal Q-Q plot grafikleri oluşturulmuştur (Şekil 2.62). Q-Q Plot grafiğinde de işaretli değerler lineer doğrudan uzakta ve sapmakta olduğu görülmekle birlikte verilerin lineer doğru etrafında dağılmadığı görülmektedir. Bu da veri setinin normal dağılıma sahip olmadığı kanısını güçlendirmektedir.



Şekil 2.62. İzmir/Ödemiş sıcaklık verilerinin Normal Q-Q Çıktısı a)1971-2000, b)2050-2099 (RCP 4.5), c)2050-2099 (RCP 8.5)



2.3.4.7. İzmir/Selçuk

Selçuk bölgesinde 1971-2000 yılları arası dönem için ortalama sıcaklık 16,32°C iken, 2050-2099 yılları arası dönem için RCP 4.5 senaryosuna göre 16,64 °C, RCP 8.5 senaryosuna göre 16,93°C olacağı beklenmektedir (Tablo 2.23). Böylece 2050-2100 dönemi için RCP 4.5 senaryosunda 0,32°C ortalama sıcaklığın artacağı, RCP 8.5 senaryosuna göre ise 0,61°C sıcaklığın artacağı görülmektedir (Tablo 2.24).

Tablo 2.23. Selçuk ilçesi ortalama sıcaklık verilerinde betimleyici istatistikleri

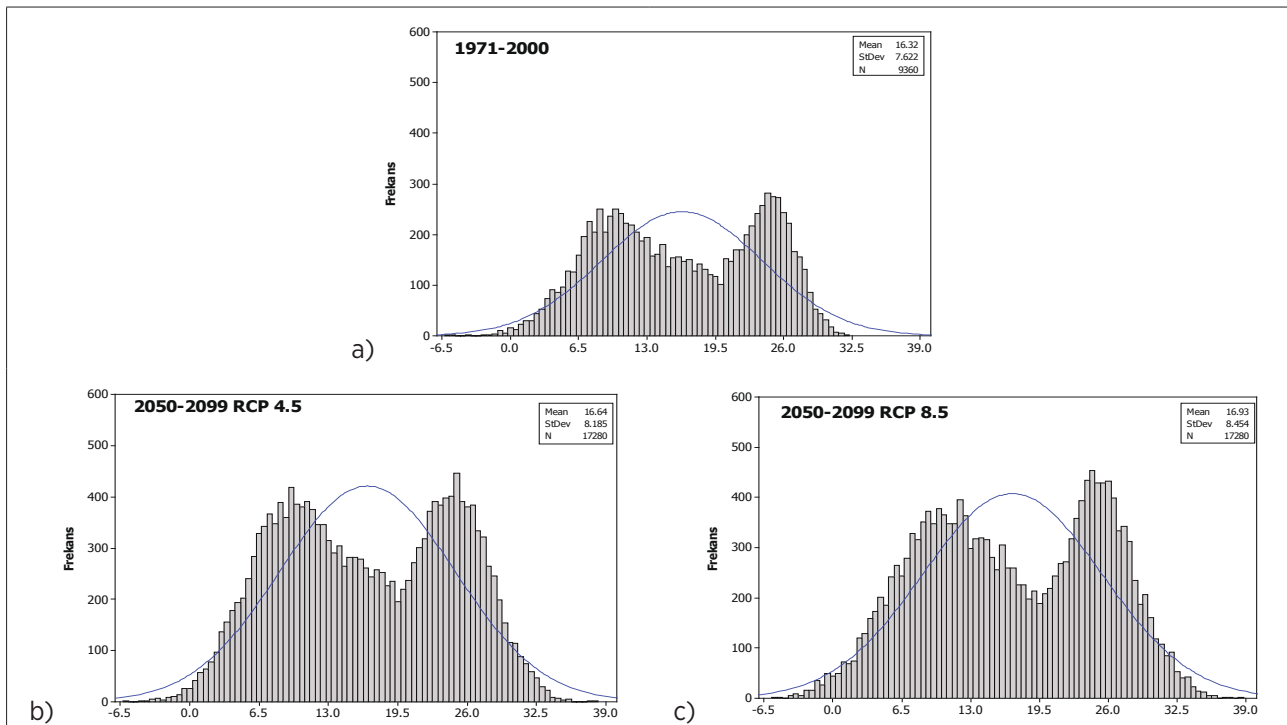
Betimleyici İstatistik			Güncel	RCP 4.5	RCP 8.5
			İstatistik	İstatistik	İstatistik
İzmir/Selçuk	Ortalama		16,32	16,64	16,93
	95% Güven Aralığı Ortalama	Alt Sınır	16,17	16,52	16,81
		Üst Sınır	16,48	16,76	17,06
	5% Düzeltilmiş Ortalama		16,39	16,66	16,99
	Medyan		15,96	16,28	16,57
	Varyans		58,09	66,99	71,47
	Standart Sapma		7,62	8,18	8,45
	Minimum		-6,10	-6,04	-5,48
	Maksimum		32,02	38,24	38,61
	Dağılım Aralığı		38,12	44,28	44,09
	Çeyrekler Arası Aralık		13,77	14,31	14,58
	Çarpıklık		-0,04	-0,01	-0,06
	Basıklık		-1,20	-1,12	-1,07

Tablo 2.24. Selçuk ilçesi ortalama sıcaklık verilerinde ekstrem değerler

Ekstrem Değerler			Güncel	RCP 4.5	RCP 8.5
İzmir/Selçuk	En Yüksek	1	32,02	38,24	38,61
		2	31,79	37,30	38,31
		3	31,59	35,56	37,29
		4	31,58	35,53	36,95
		5	31,55	35,41	36,17
	En Düşük	1	-6,10	-6,04	-5,48
		2	-5,33	-4,43	-5,07
		3	-4,22	-4,32	-4,83
		4	-2,59	-3,93	-4,24
		5	-2,59	-3,77	-4,05

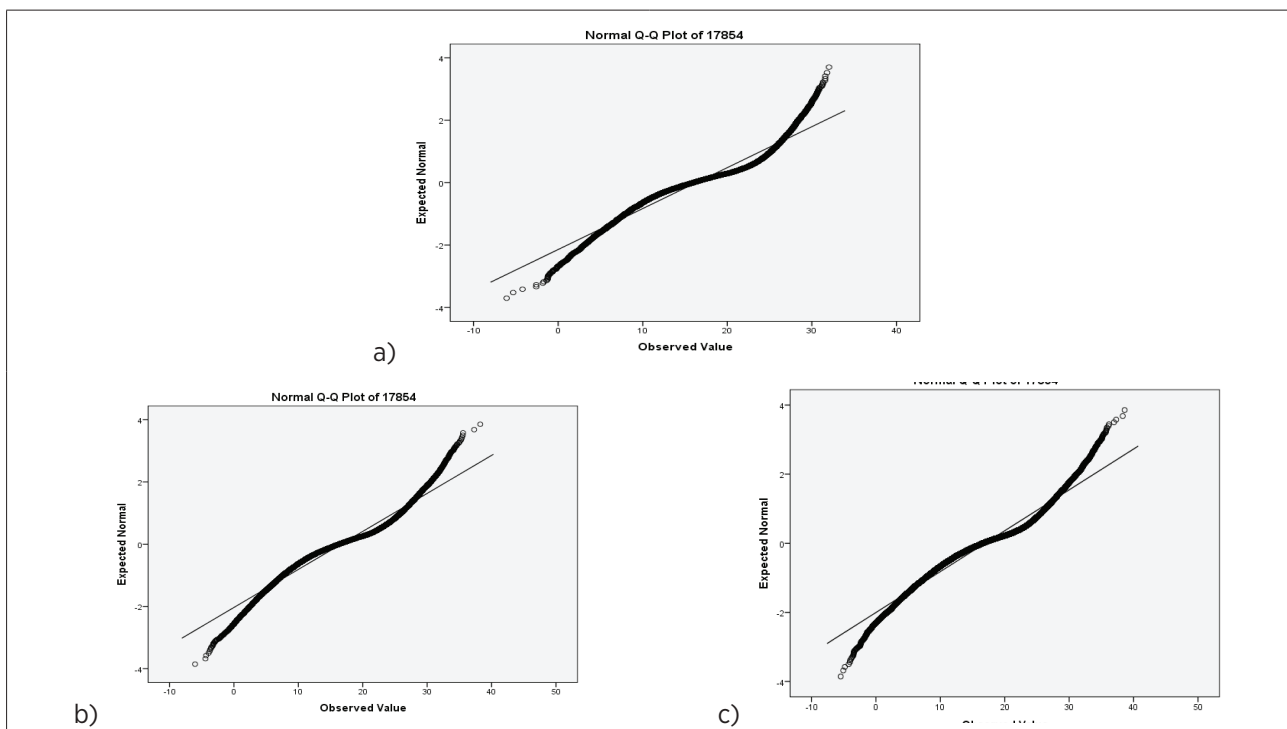
İzmir Selçuk bölgesinde 1971-2000 yılları arası dönemi veri yoğunluğu 0-32 arasında değişirken, RCP 4.5 ve RCP 8.5 senaryolarında (2050-2099) veri yoğunluğu 0-38 arasında değişmektedir (Şekil 2.63).





Şekil 2.63. İzmir/Selçuk sıcaklık verilerinin Histogram görüntüsü a)1971-2000, b)2050-2099 (RCP 4.5), c)2050-2099 (RCP 8.5)

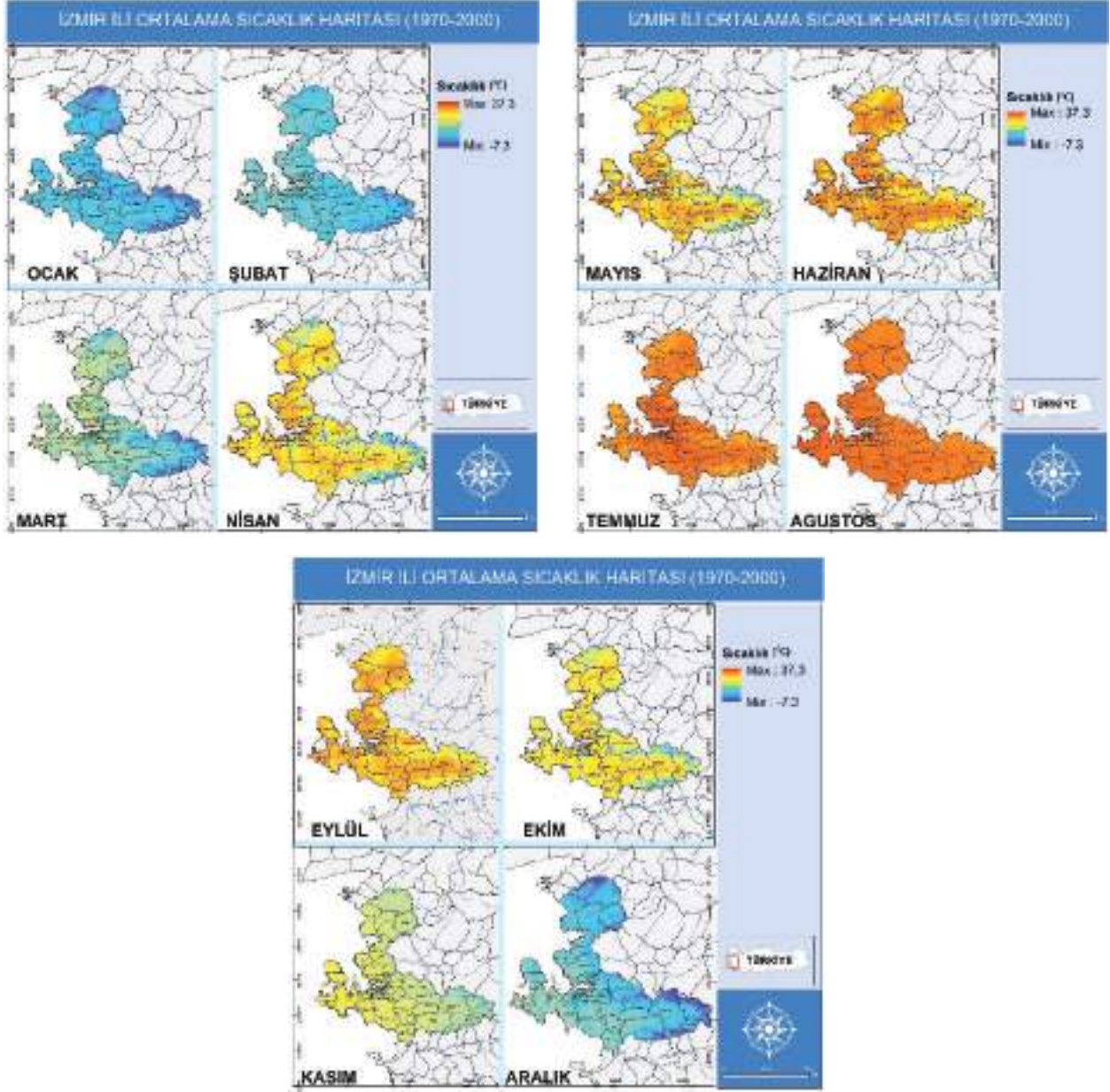
Verilerin normal dağılım analizi için Normal Q-Q plot grafikleri oluşturulmuştur (Şekil 2.64). Q-Q Plot grafiğinde de işaretli değerler lineer doğrudan uzakta ve sapmakta olduğu görülmekle birlikte verilerin lineer doğru etrafında dağılmadığı görülmektedir. Bu da veri setinin normal dağılıma sahip olmadığı kanısını güçlendirmektedir.



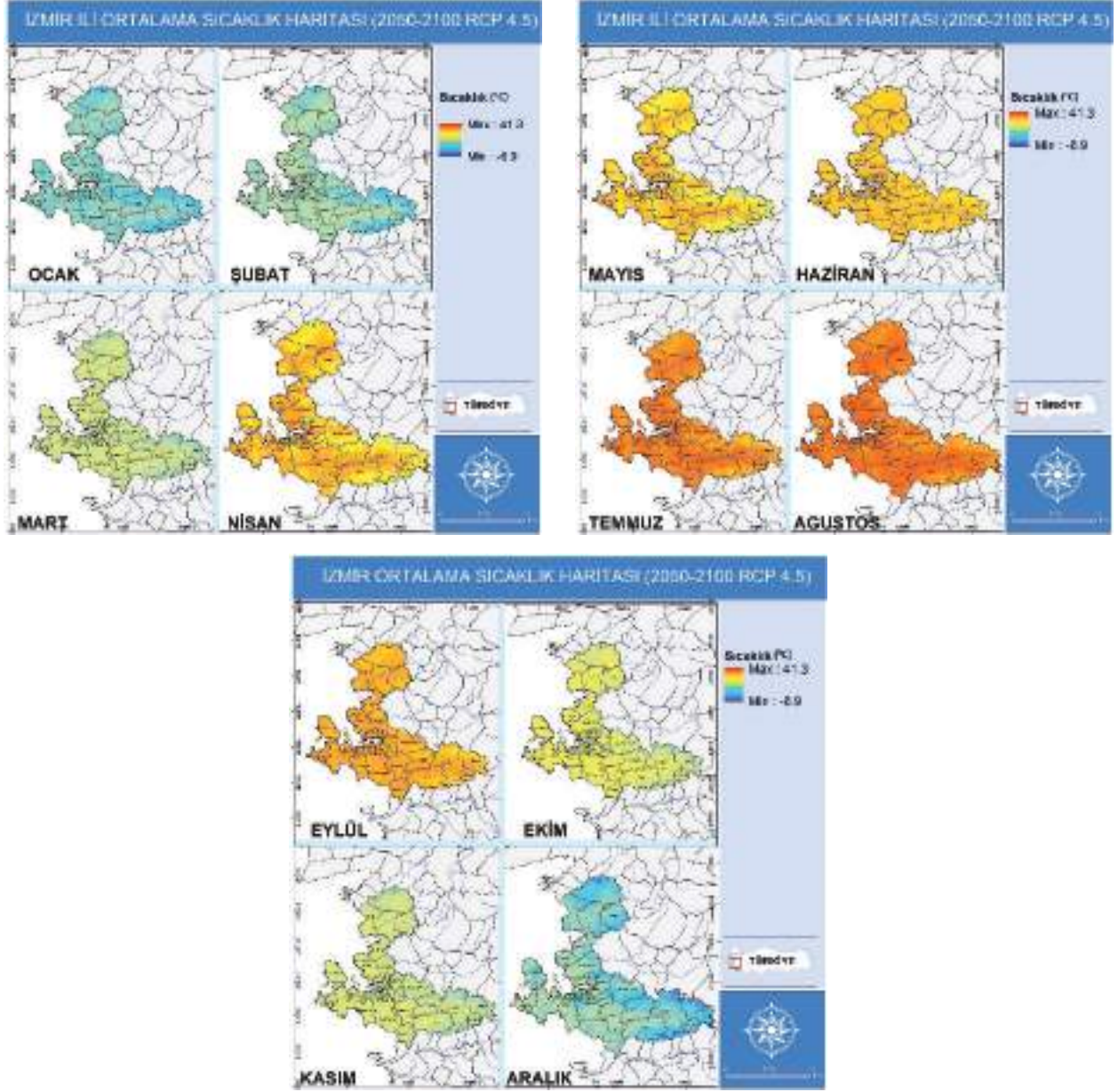
Şekil 2.64. İzmir/Selçuk sıcaklık verilerinin Normal Q-Q Çıktısı a)1971-2000, b)2050-2099 (RCP 4.5), c)2050-2099 (RCP 8.5)

2.3.5. 1971-2000 ve 2050-2100 Dönemleri İçin İklim Projeksiyonlarının (RCP 4.5 ve RCP 8.5) Meteorolojik Değişkenlerin Haritalanması

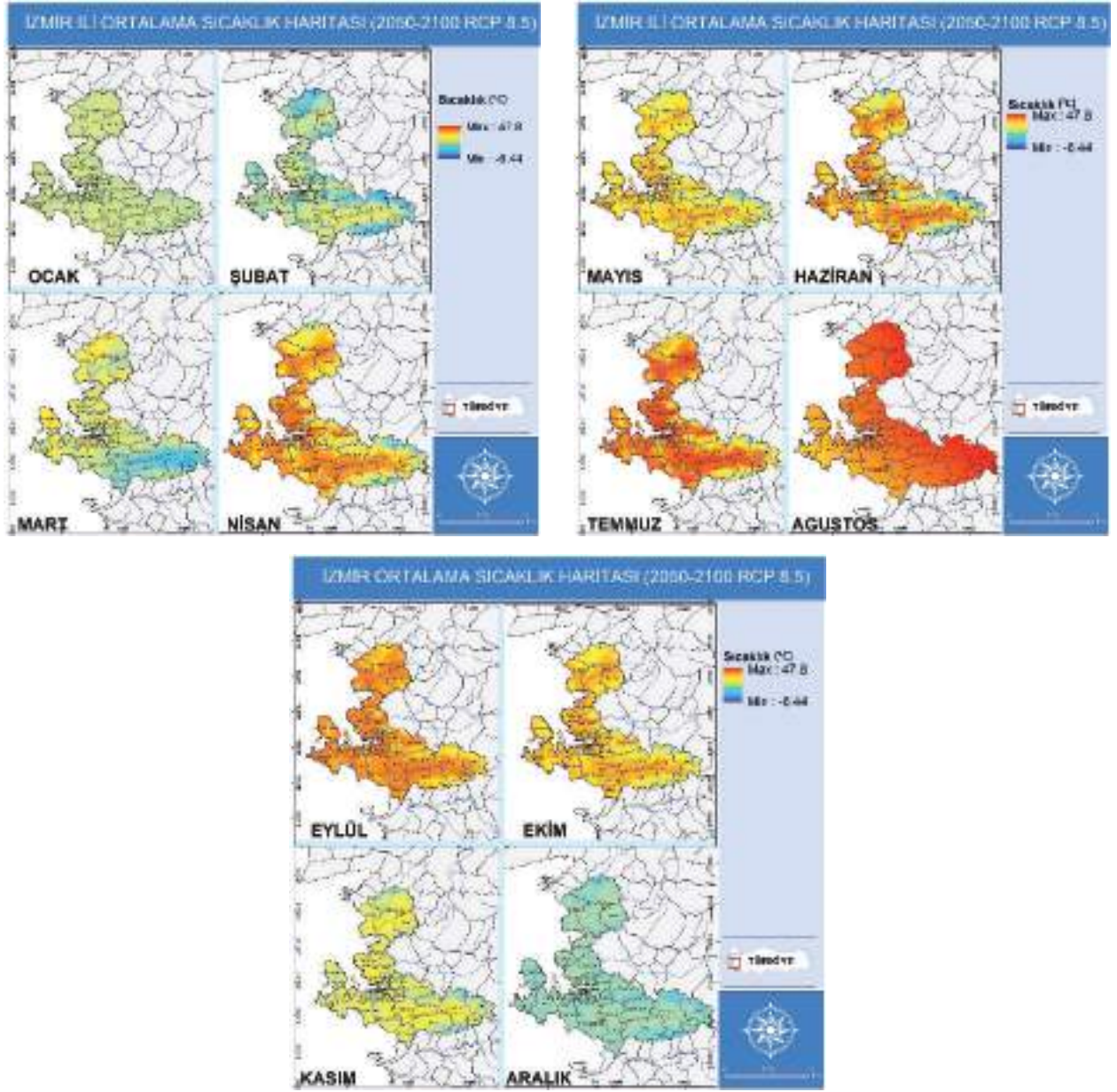
2.3.5.1. Ortalama Sıcaklık Haritaları



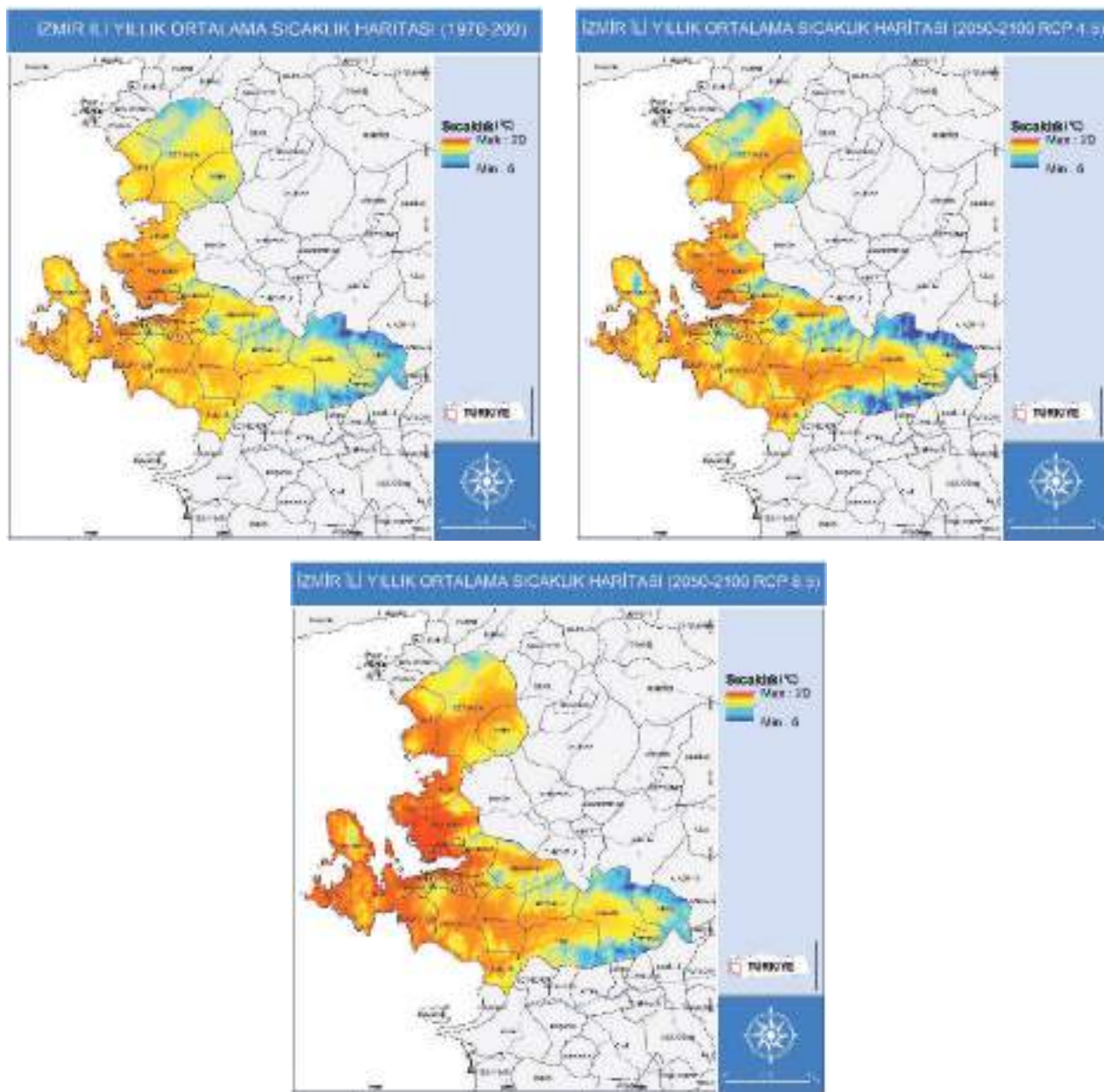
Şekil 2.65. İzmir ili 1971-2000 yılları arası dönemi HadGEM-ES modeli uzun yıllar aylık ortalama sıcaklık haritaları



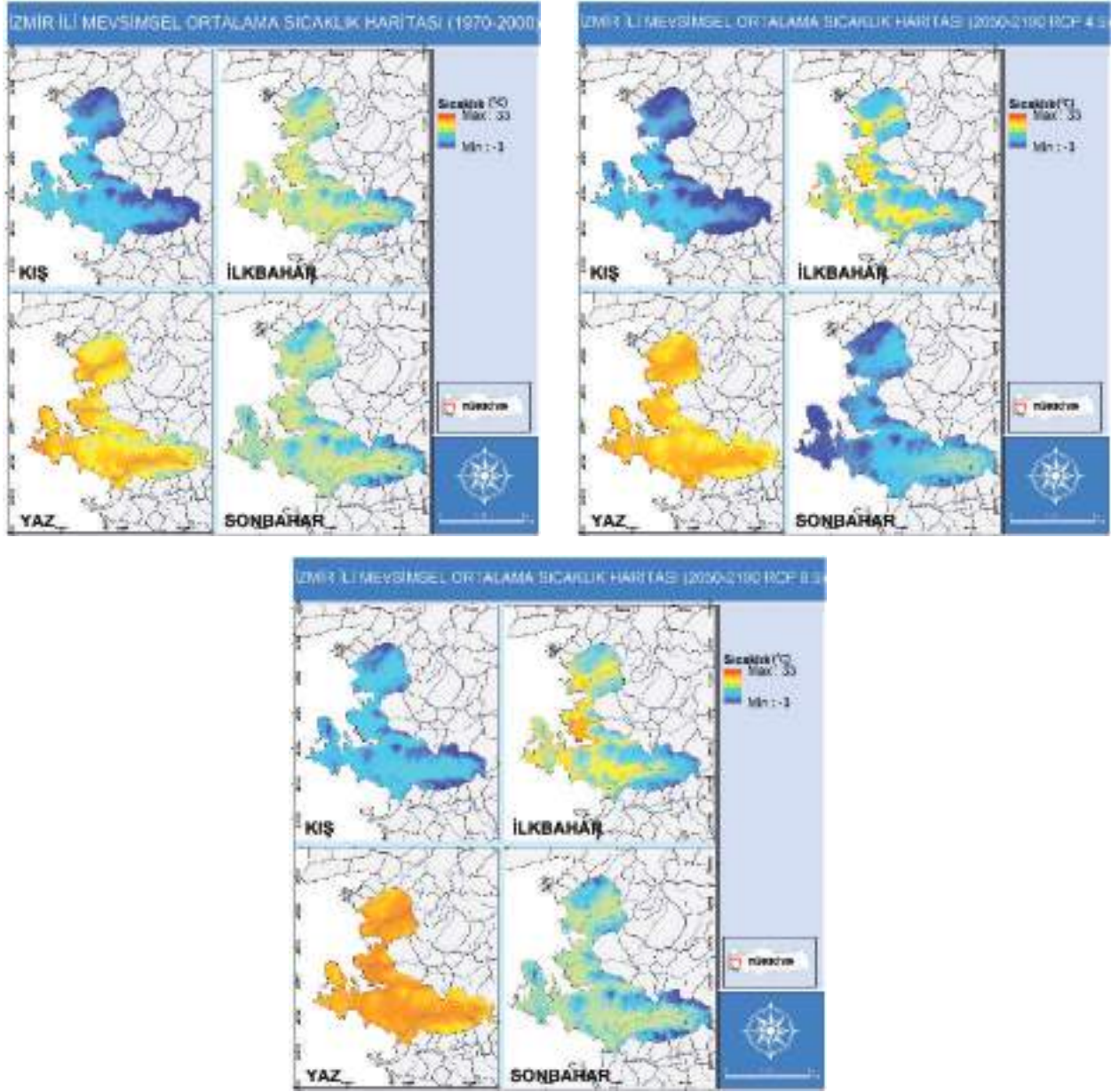
Şekil 2.66. İzmir ili 2050-2100 yılları arası dönemi HadGEM-ES modeli RCP 4,5 senaryosuna göre uzun yıllar aylık ortalama sıcaklık haritaları



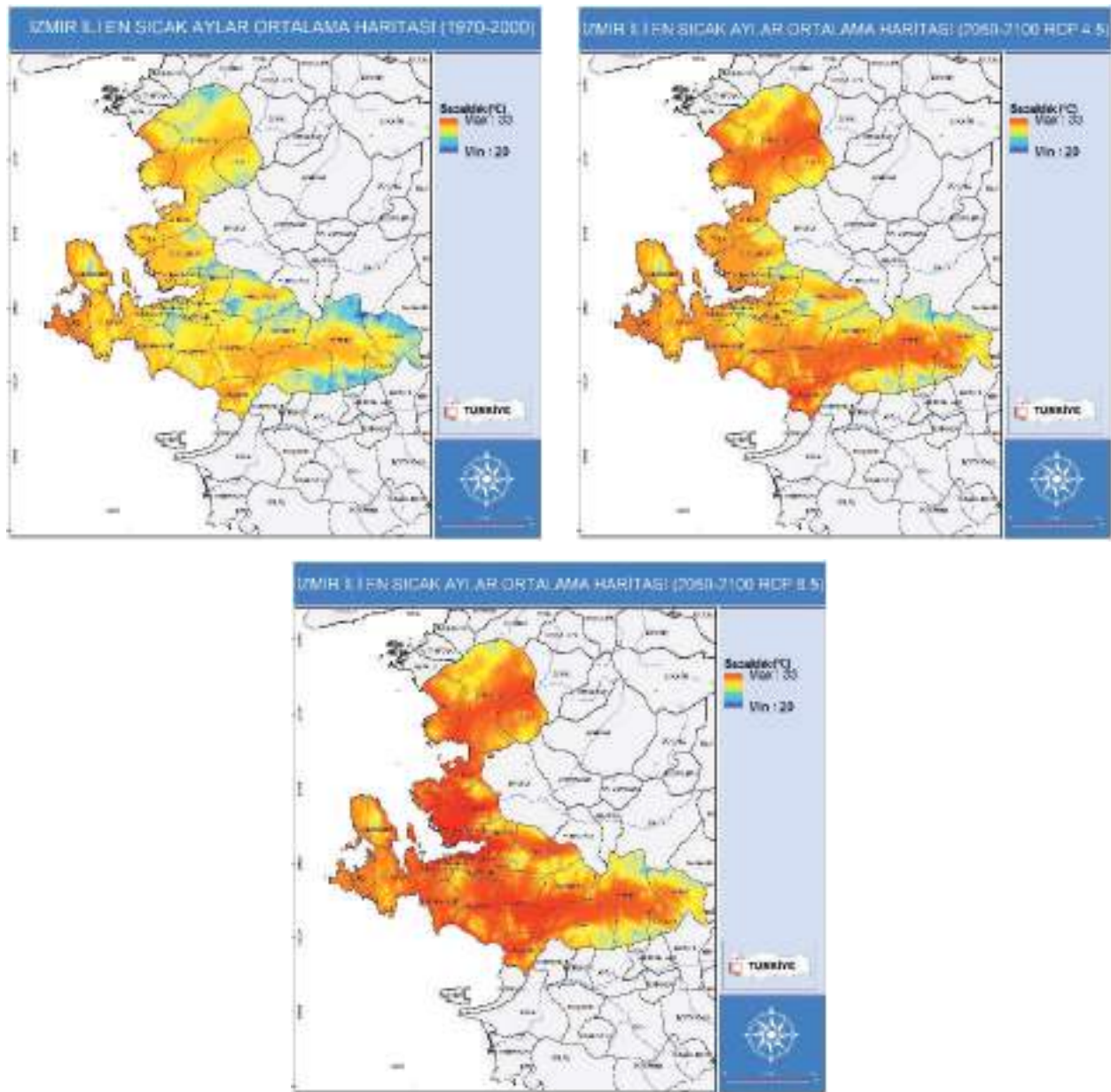
Şekil 2.67. İzmir ili 2050-2100 yılları arası dönemi HadGEM-ES modeli RCP 8.5 senaryosuna göre uzun yıllar aylık ortalama sıcaklık haritaları



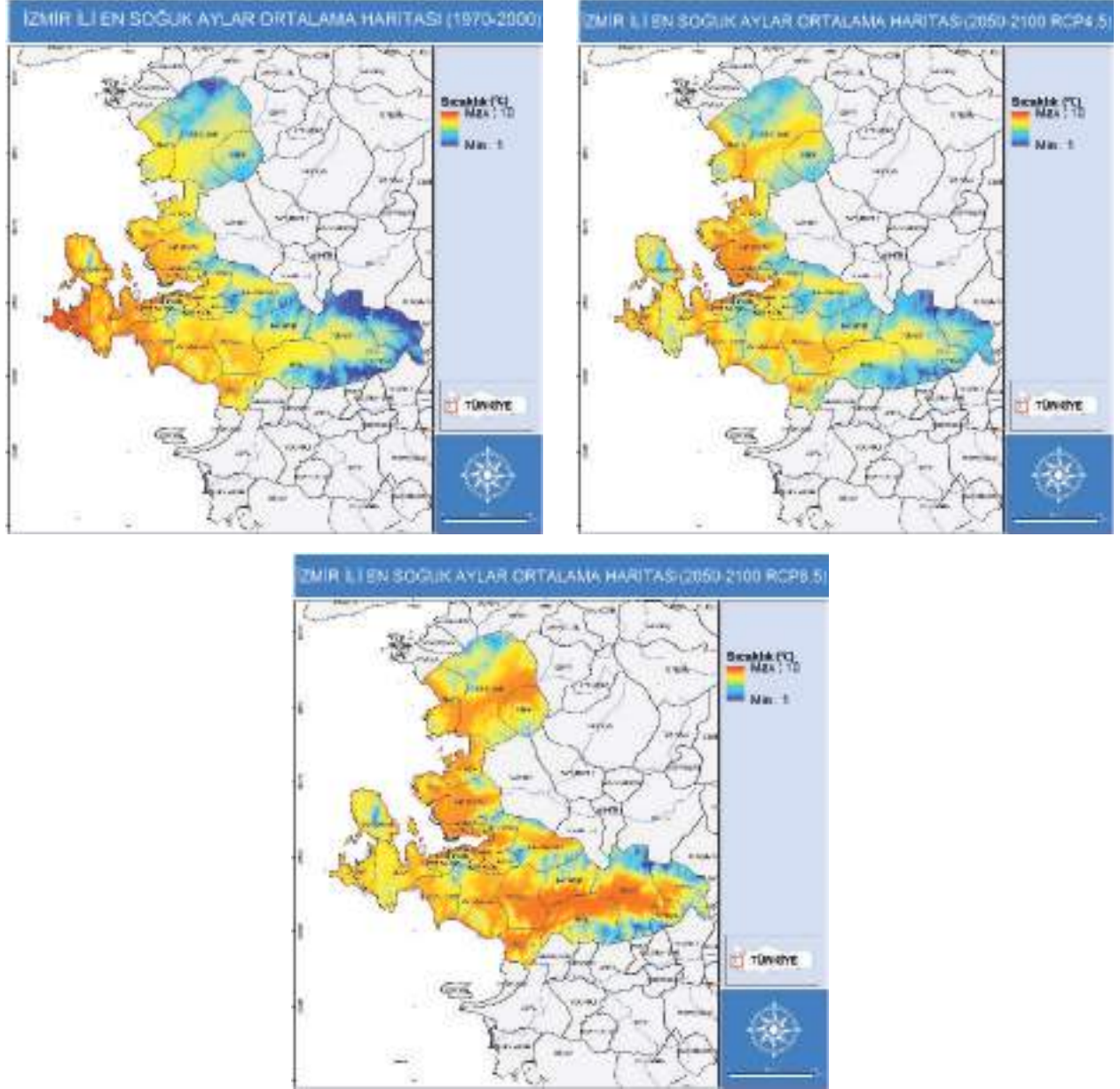
Şekil 2.68. İzmir ili 1971-2000 ve 2050-2100 yılları arası dönemi uzun yıllar yıllık ortalama sıcaklık haritaları



Şekil 2.69. İzmir ili 1971-2000 ve 2050-2100 yılları arası dönemi uzun yıllar mevsimsel ortalama sıcaklık haritaları



Şekil 2.70. İzmir ili 1971-2000 ve 2050-2100 yılları arası dönemi uzun yıllar en sıcak aylar ortalama sıcaklık haritaları

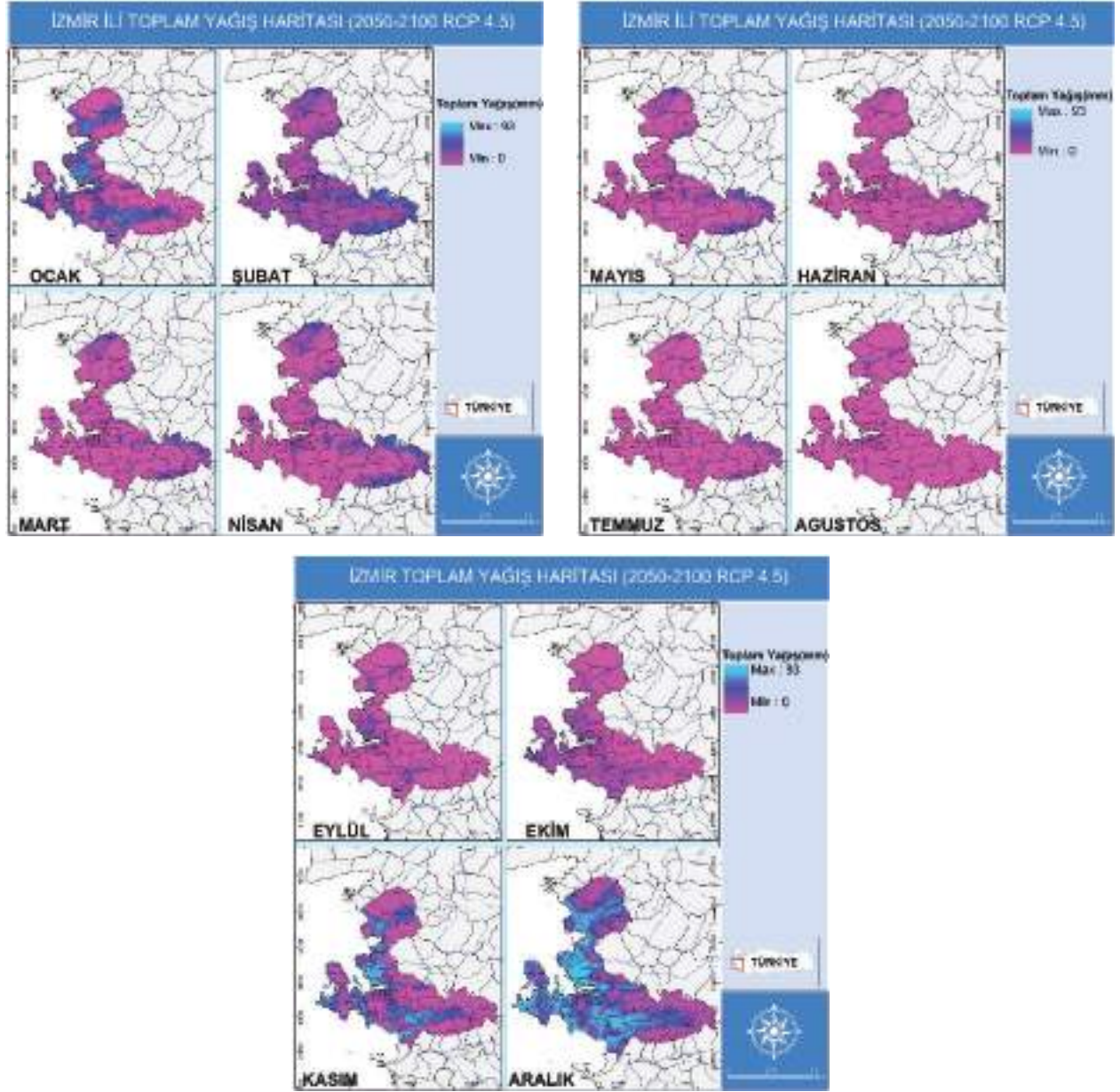


Şekil 2.71. İzmir ili 1971-2000 ve 2050-2100 yılları arası dönemi uzun yıllar en soğuk aylar ortalama sıcaklık haritaları

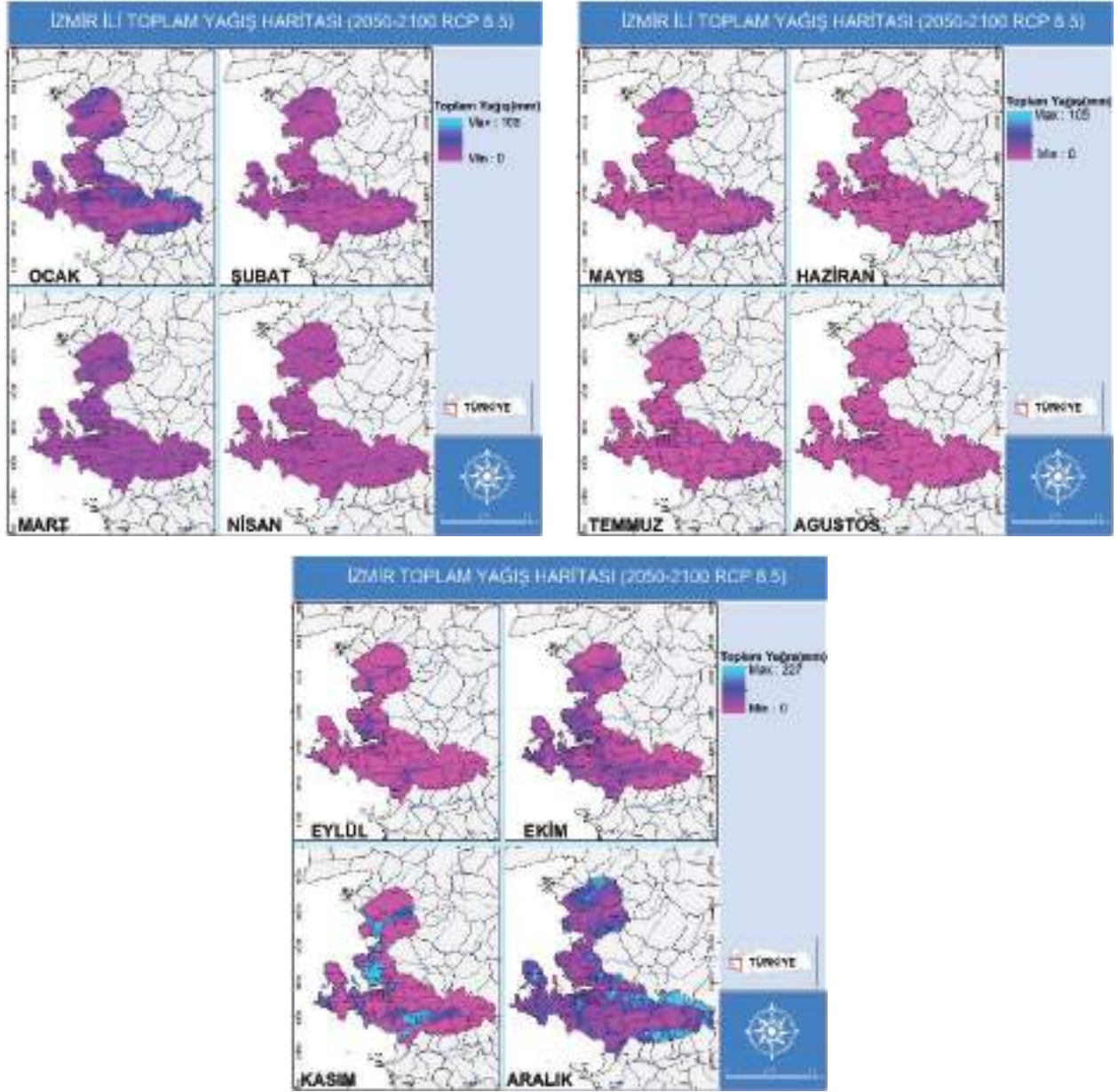
2.3.5.2. Toplam Yağış Haritaları



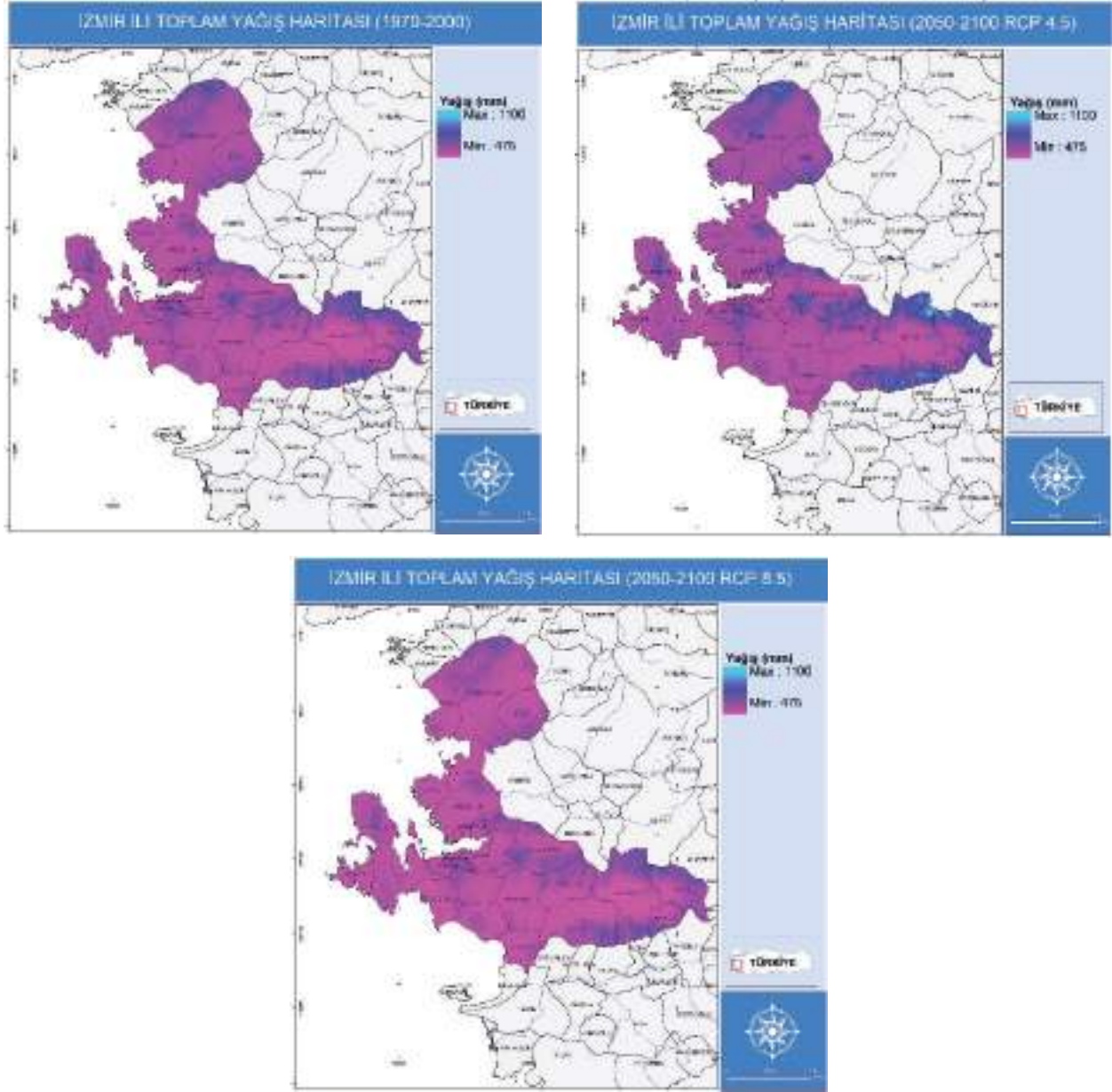
Şekil 2.72. İzmir ili 1971-2000 yılları arası dönemi HadGEM-ES modeli uzun yıllar toplam yağış haritaları



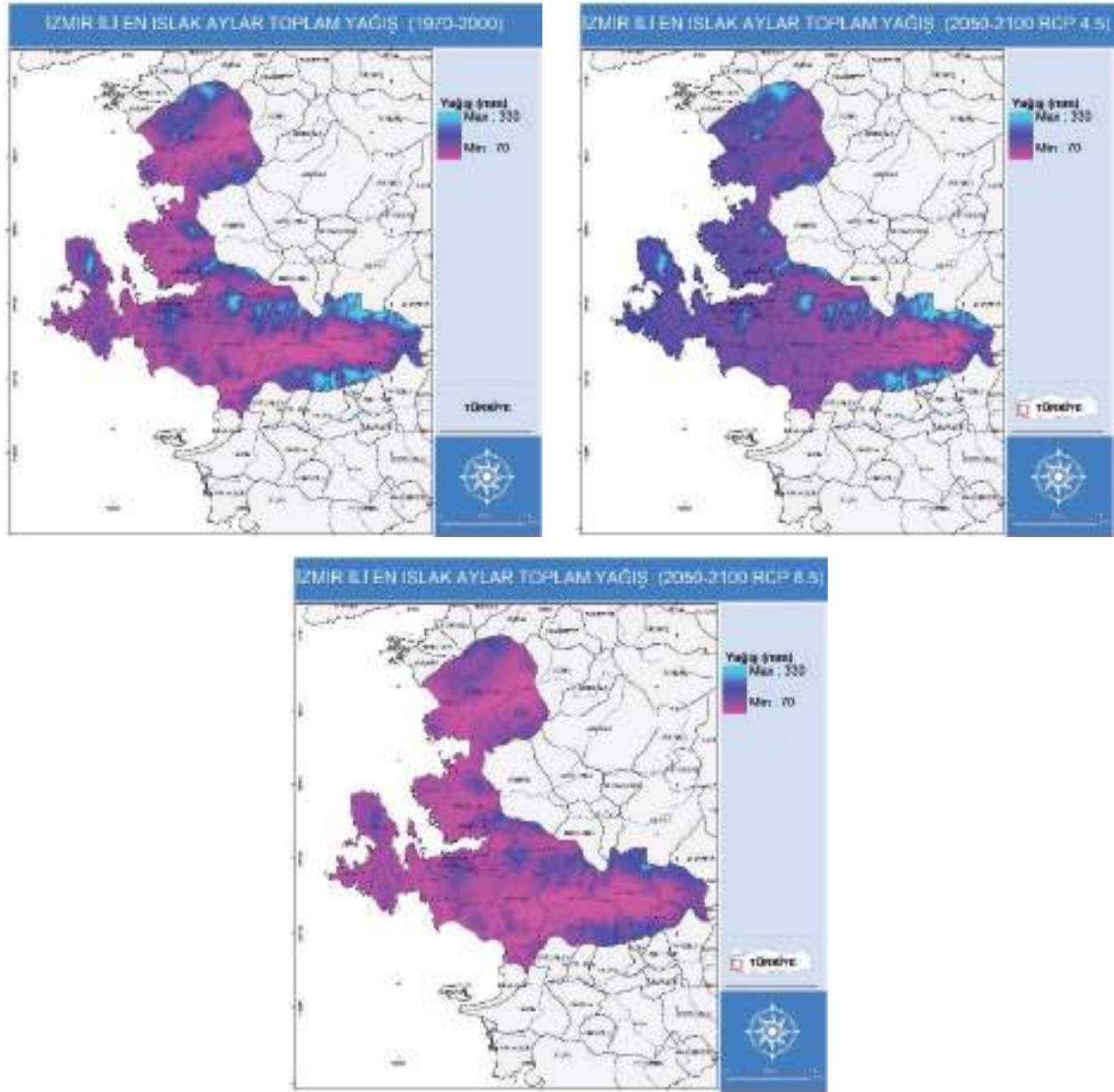
Şekil 2.73. İzmir ili 2050-2100 yılları arası dönemi HadGEM-ES modeli RCP 4.5 senaryosuna göre uzun yıllar toplam yağış haritaları



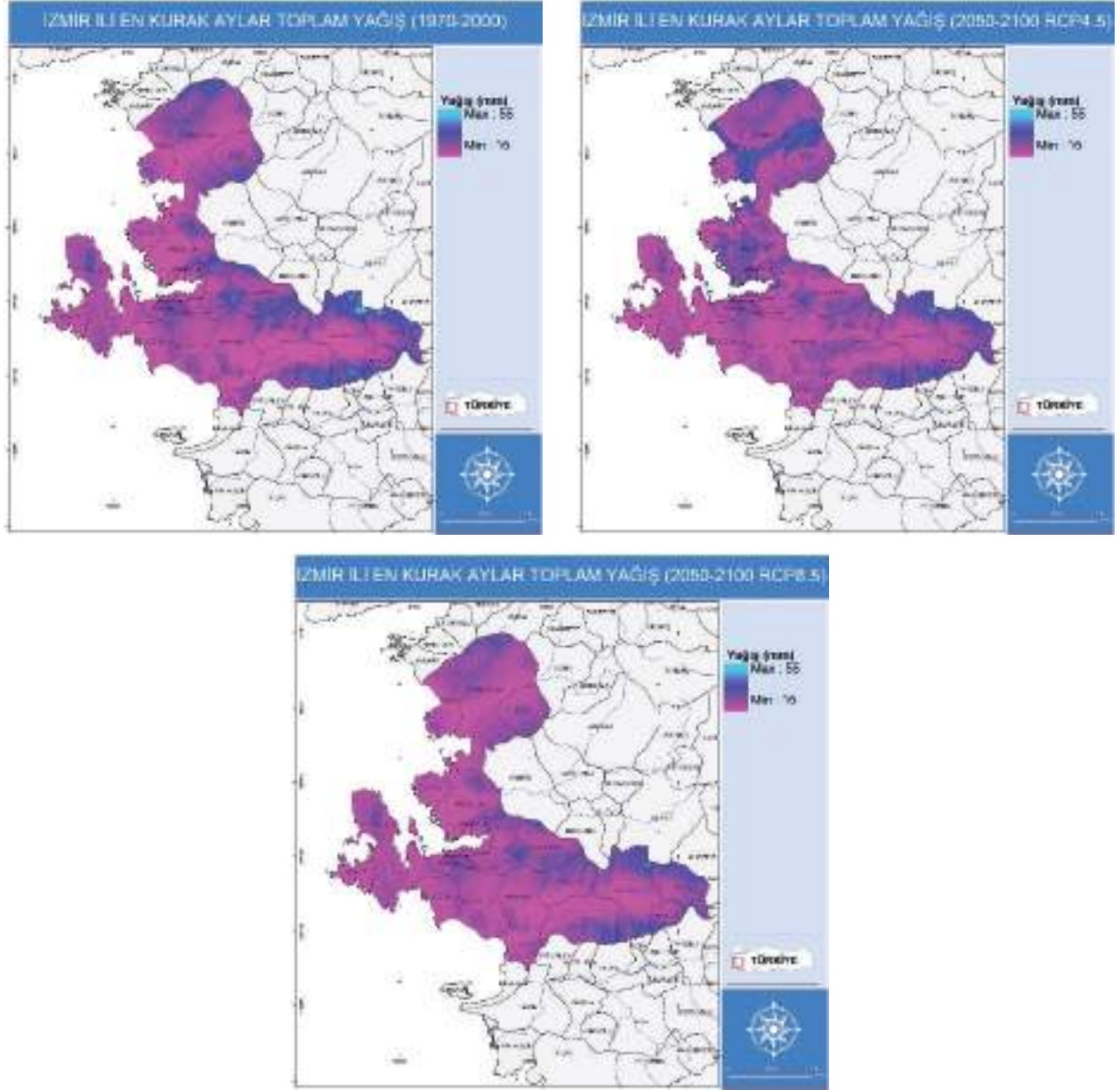
Şekil 2.74. İzmir ili 2050-2100 yılları arası dönemi HadGEM-ES modeli RCP 8.5 senaryosuna göre uzun yıllar toplam yağış haritaları



Şekil 2.75. İzmir ili 1971-2000 ve 2050-2100 yılları arası dönemi uzun yıllar toplam yağış haritaları

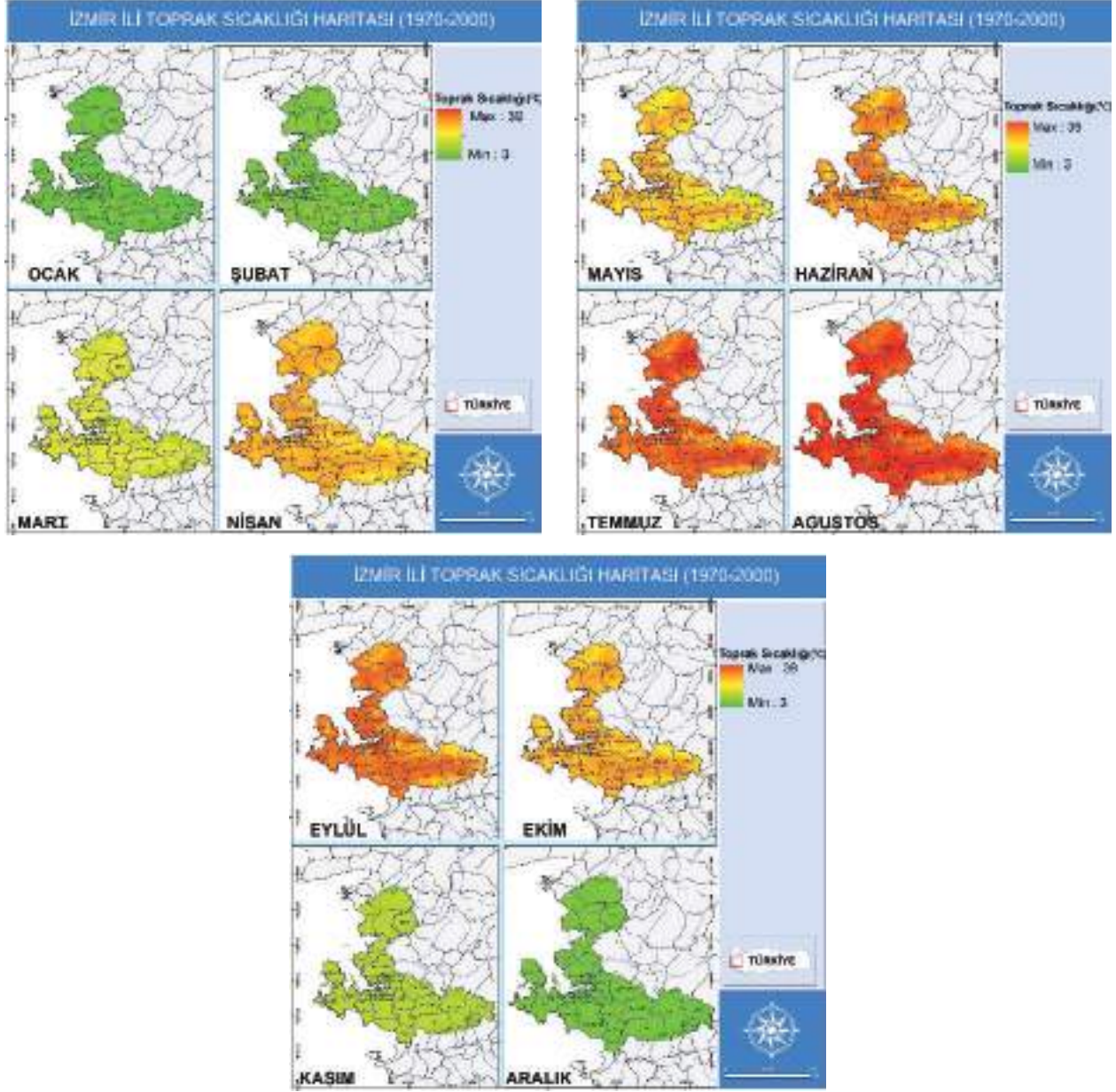


Şekil 2.76. İzmir ili 1971-2000 ve 2050-2100 yılları arası dönemi uzun yıllar en ıslak aylar toplam yağış haritaları

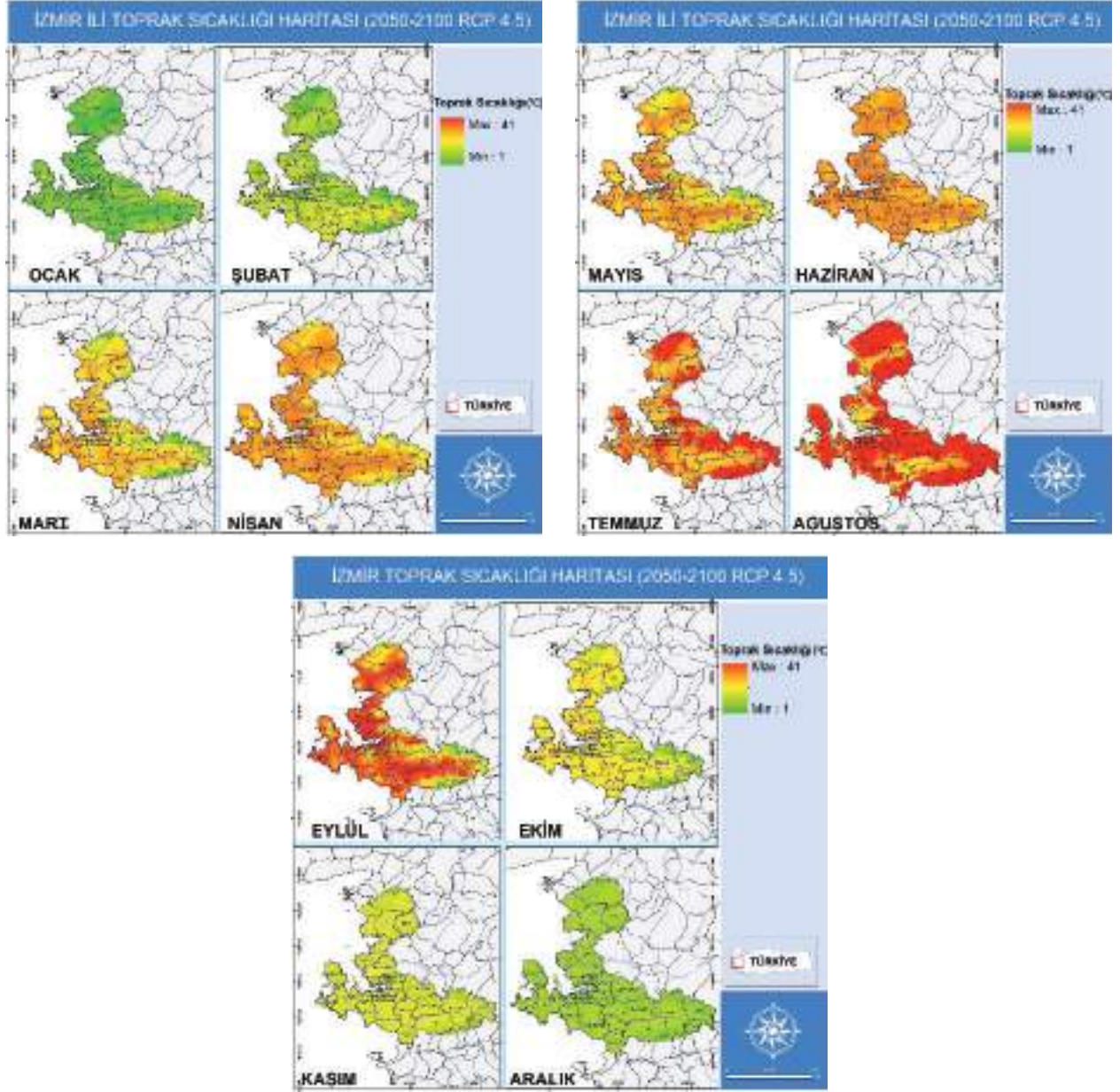


Şekil 2.77. İzmir ili 1971-2000 ve 2050-2100 yılları arası dönemi uzun yıllar en kurak aylar toplam yağış haritaları

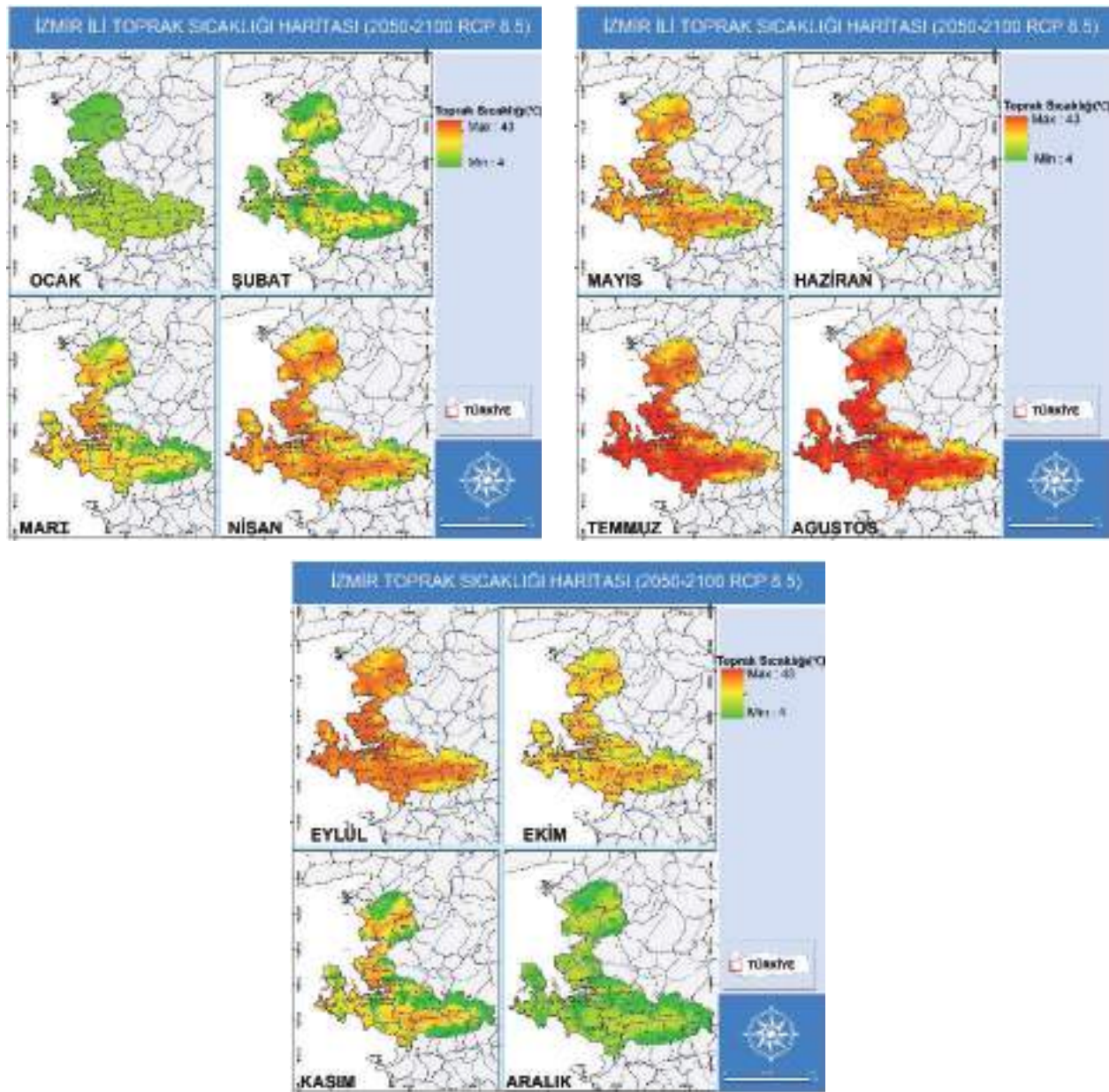
2.3.5.3. Ortalama Toprak Sıcaklığı Haritaları



Şekil 2.78. İzmir ili 1971-2000 yılları arası dönemi HadGEM-ES modeli uzun yıllar aylık toprak sıcaklık haritaları

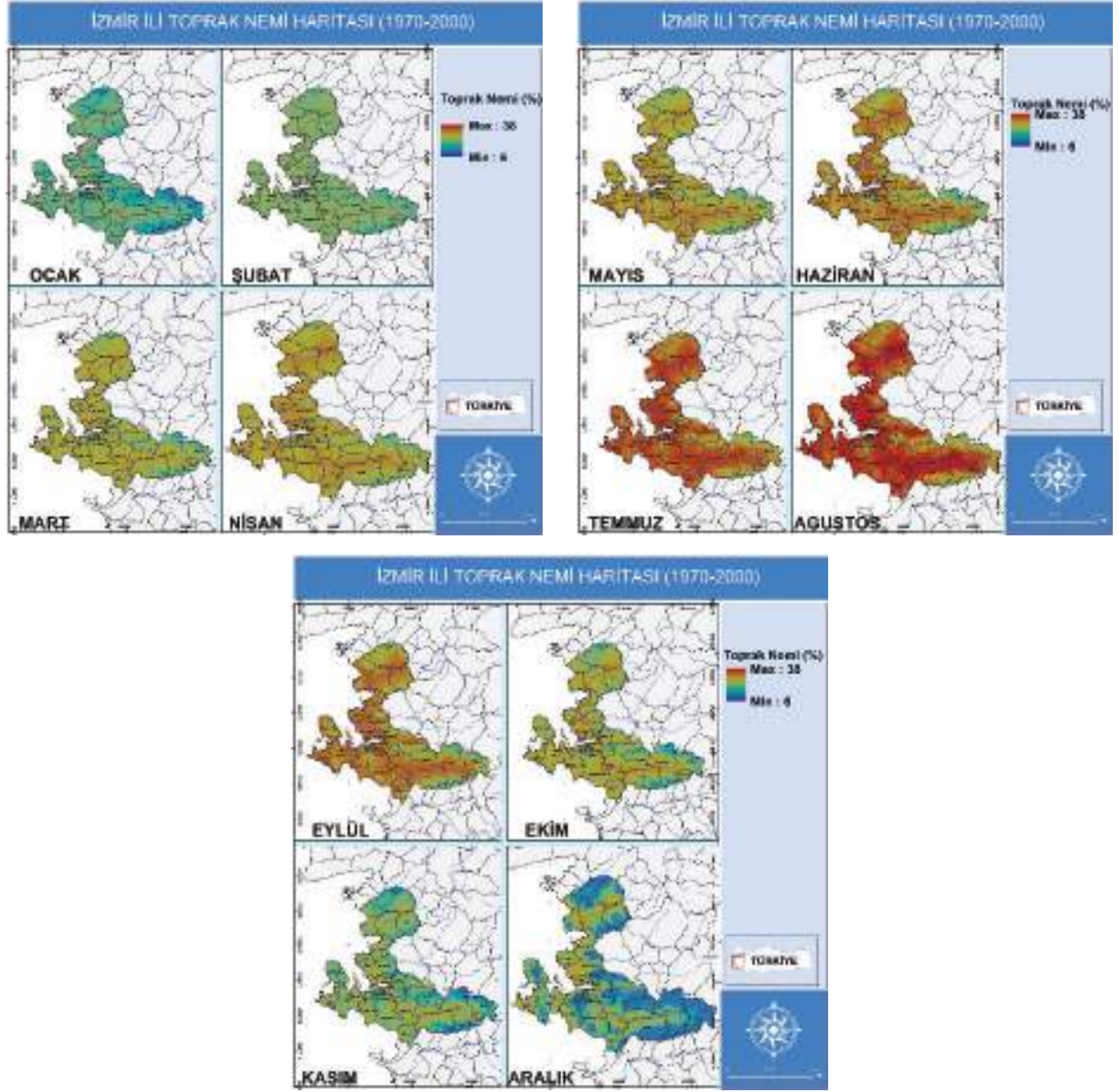


Şekil 2.79. İzmir ili 2050-2100 yılları arası dönemi HadGEM-ES modeli RCP 4.5 senaryosuna göre uzun yıllar aylık toprak sıcaklığı haritaları

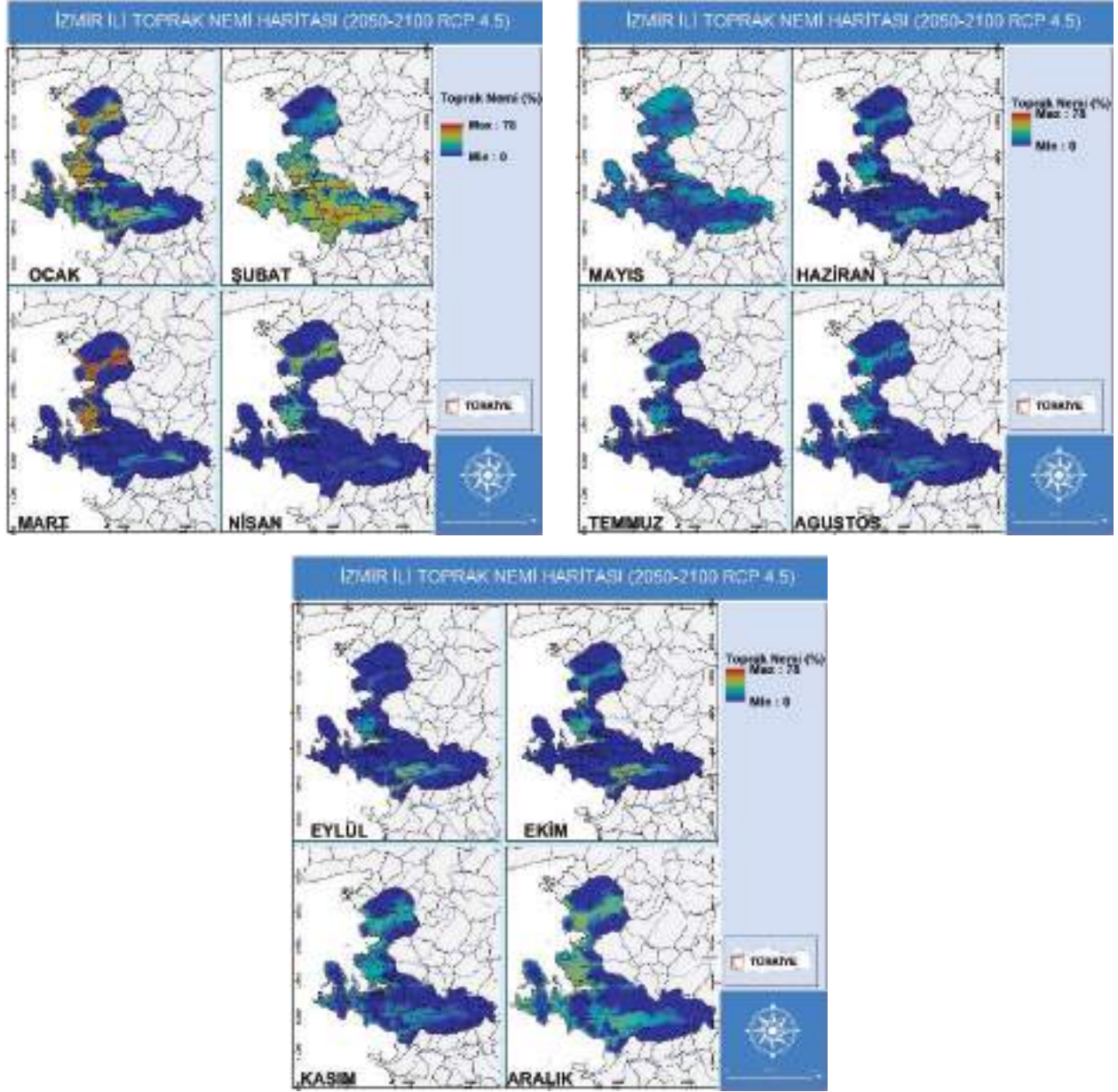


Şekil 2.80. İzmir ili 2050-2100 yılları arası dönemi HadGEM-ES modeli RCP 8.5 senaryosuna göre uzun yıllar aylık toprak sıcaklığı haritaları

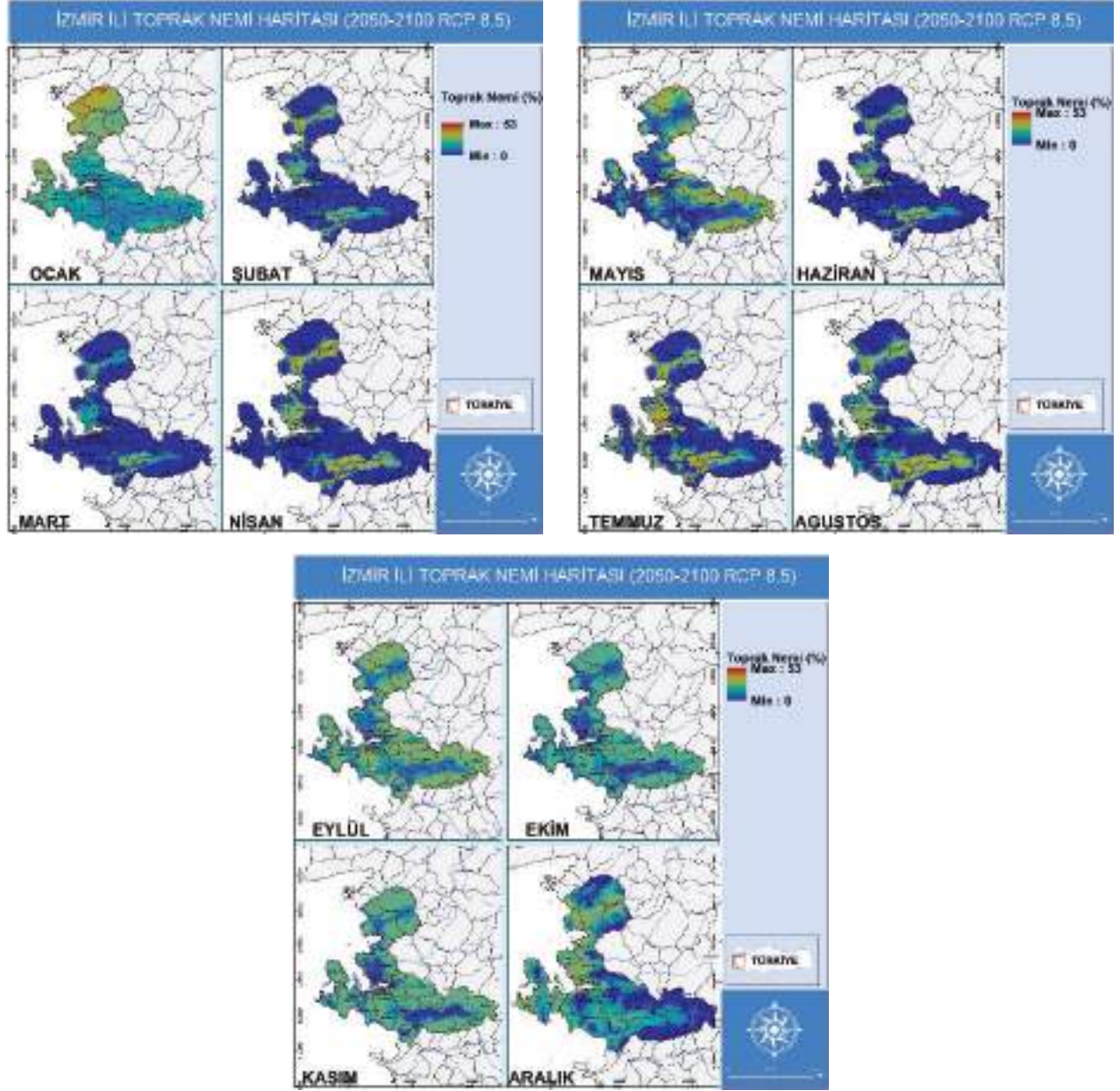
2.3.5.4. Ortalama Toprak Nemi Haritaları



Şekil 2.81. İzmir ili 1971-2000 yılları arası dönemi HadGEM-ES modeli uzun yıllar aylık toprak nemi haritaları

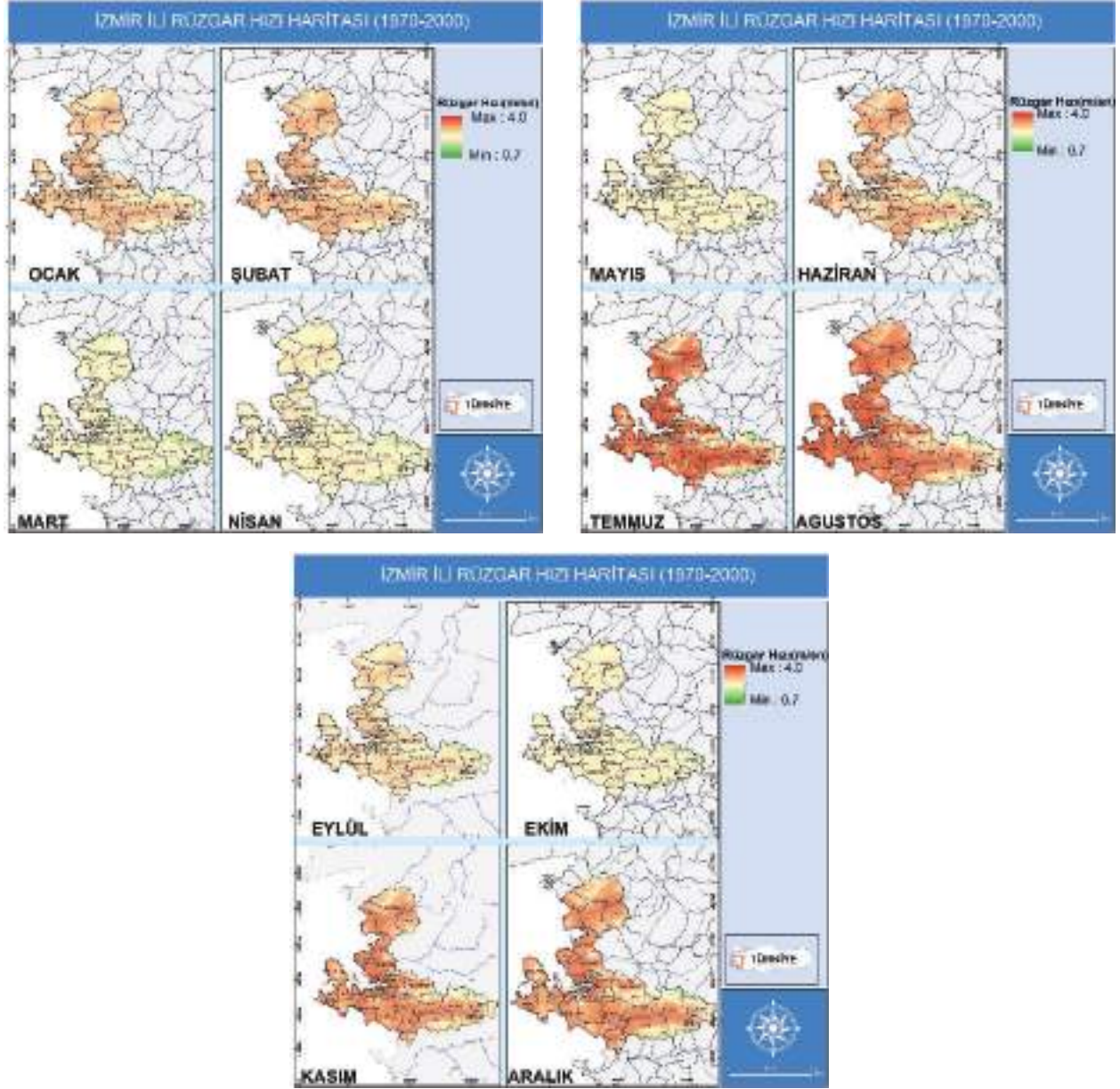


Şekil 2.82. İzmir ili 2050-2100 yılları arası dönemi HadGEM-ES modeli RCP 4.5 senaryosuna göre uzun yıllar aylık toprak nemi haritaları

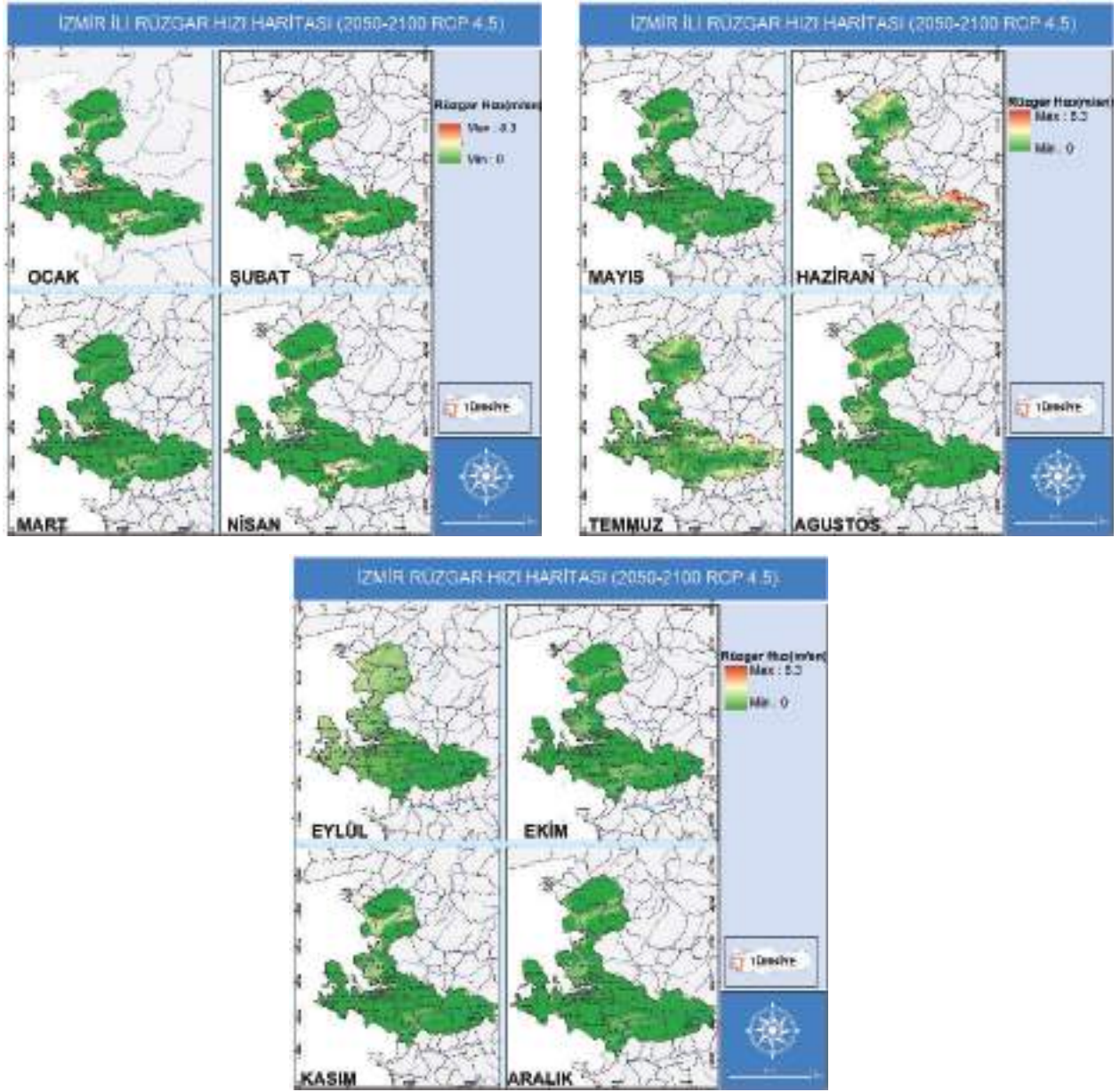


Şekil 2.83. İzmir ili 2050-2100 yılları arası dönemi HadGEM-ES modeli RCP 8.5 senaryosuna göre uzun yıllar aylık toprak nemi haritaları

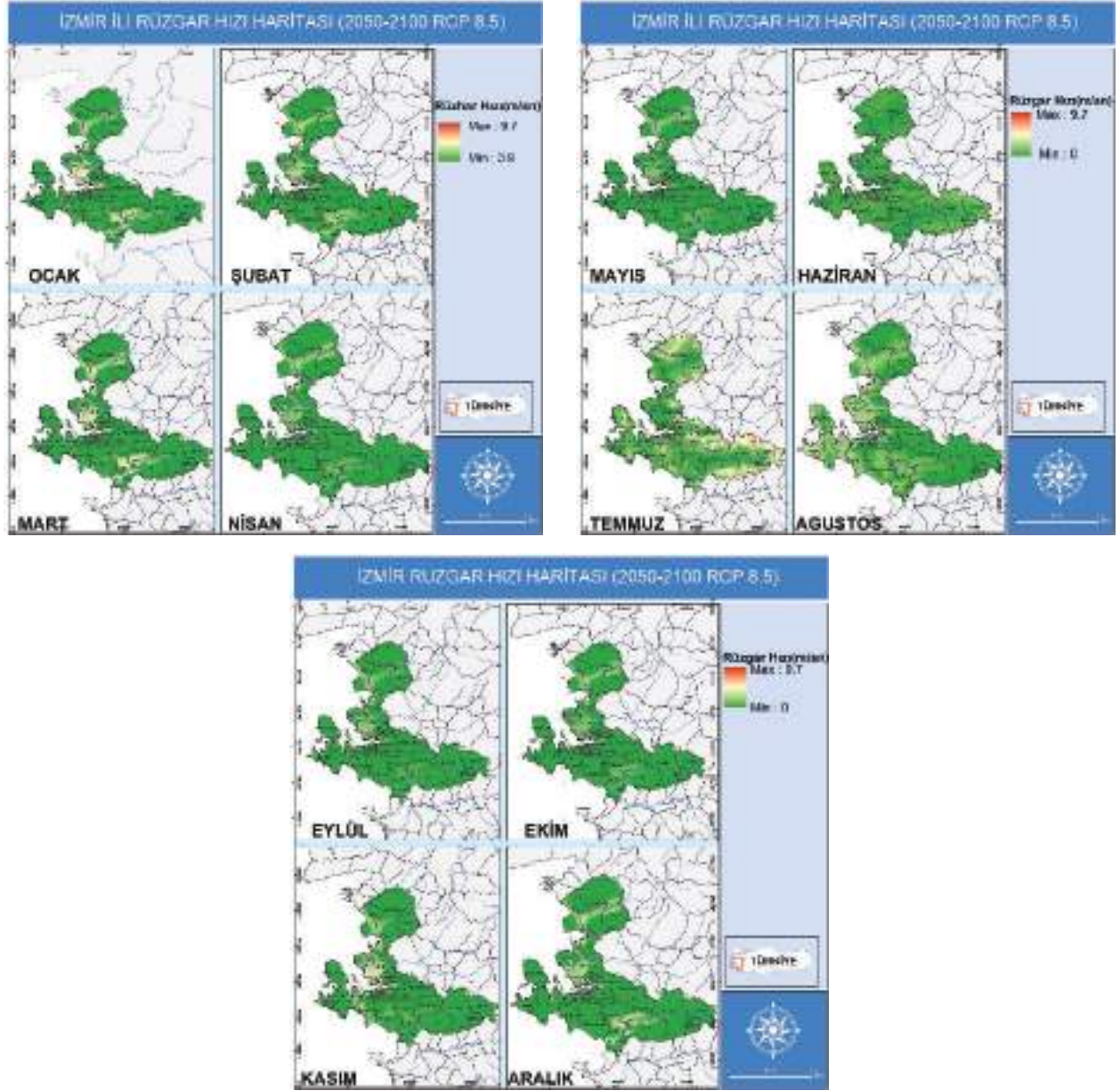
2.3.5.5. Ortalama Rüzgar Hızı Haritaları



Şekil 2.84. İzmir ili 1971-2000 yılları arası dönemi HadGEM-ES modeli uzun yıllar aylık rüzgar hızı haritaları

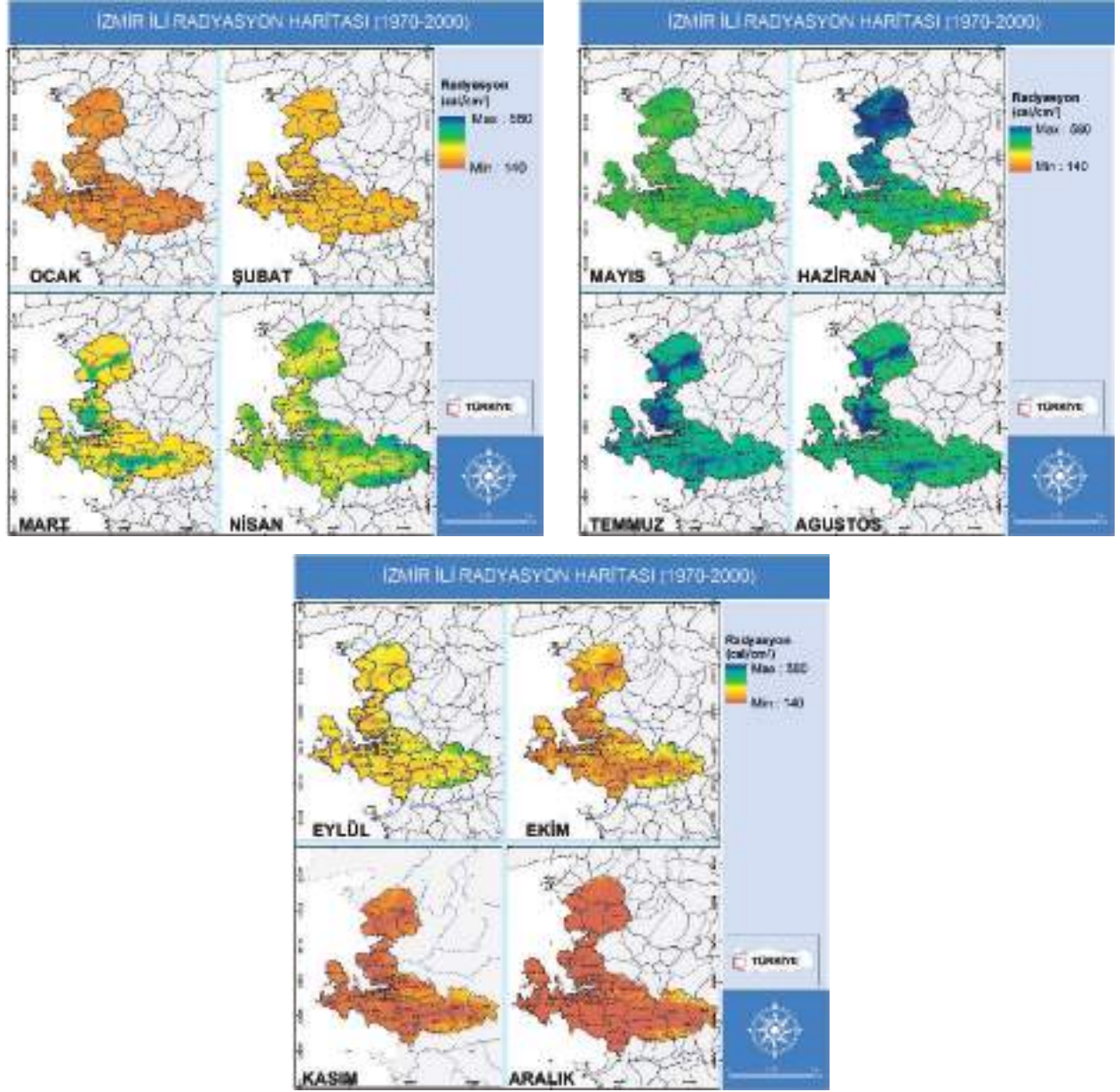


Şekil 2.85. İzmir ili 2050-2100 yılları arası dönemi HadGEM-ES modeli RCP 4.5 senaryosuna göre uzun yıllar aylık rüzgar hızı haritaları

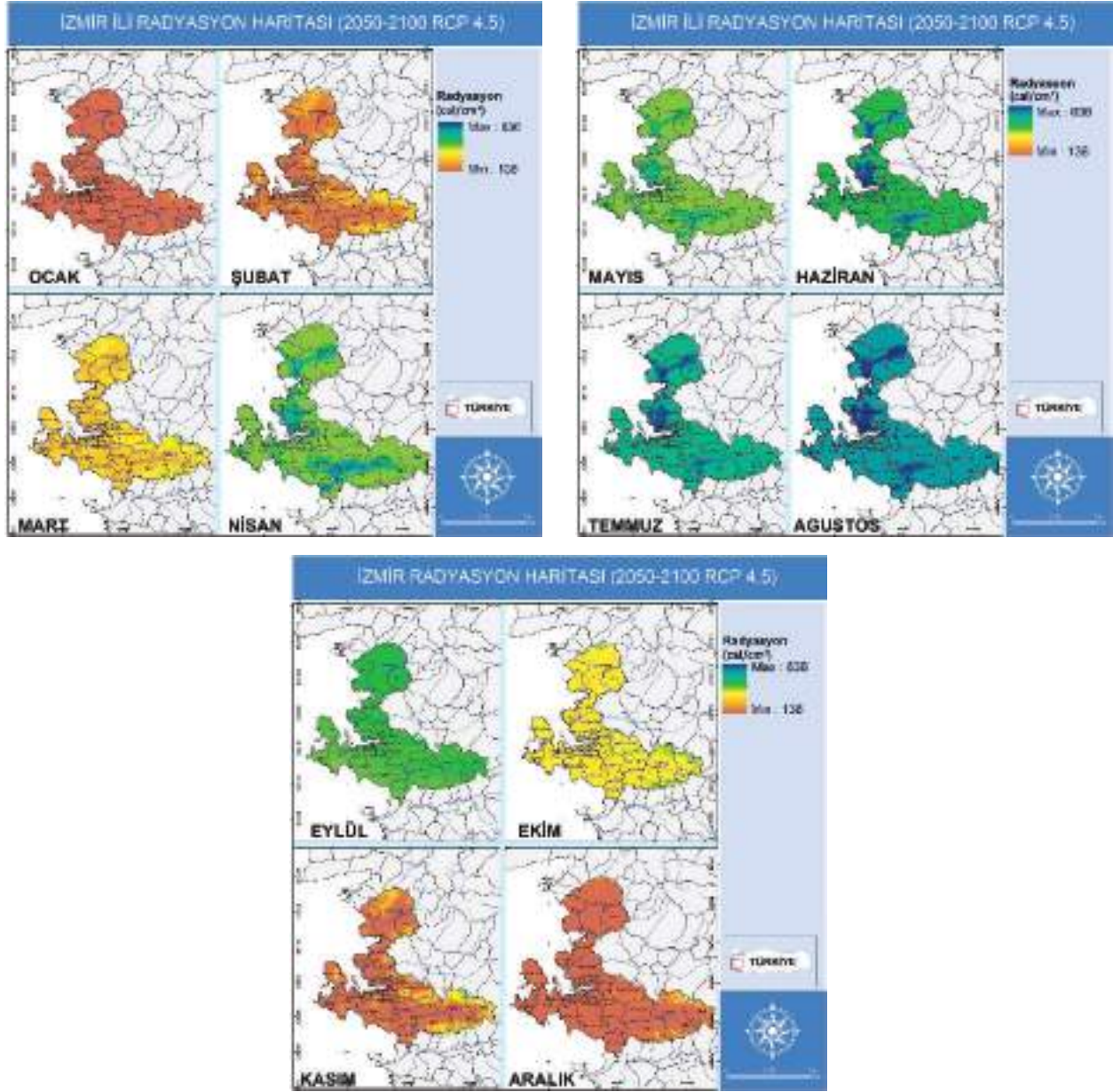


Şekil 2.86. İzmir ili 2050-2100 yılları arası dönemi HadGEM-ES modeli RCP 8.5 senaryosuna göre uzun yıllar aylık rüzgar hızı haritaları

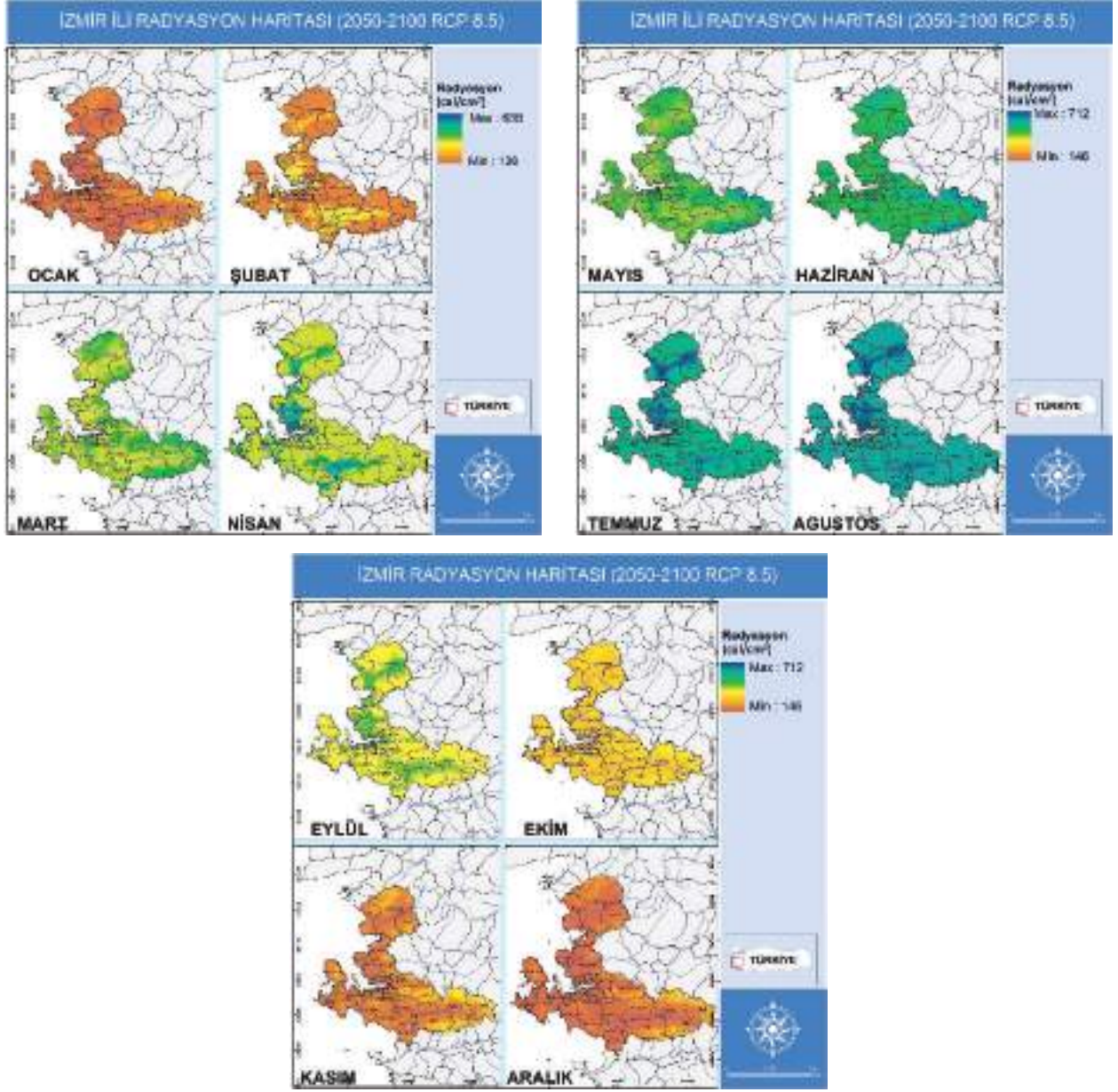
2.3.5.6. Radyasyon Haritaları



Şekil 2.87. İzmir ili 1971-2000 yılları arası dönemi HadGEM-ES modeli uzun yıllar aylık radyasyon haritaları

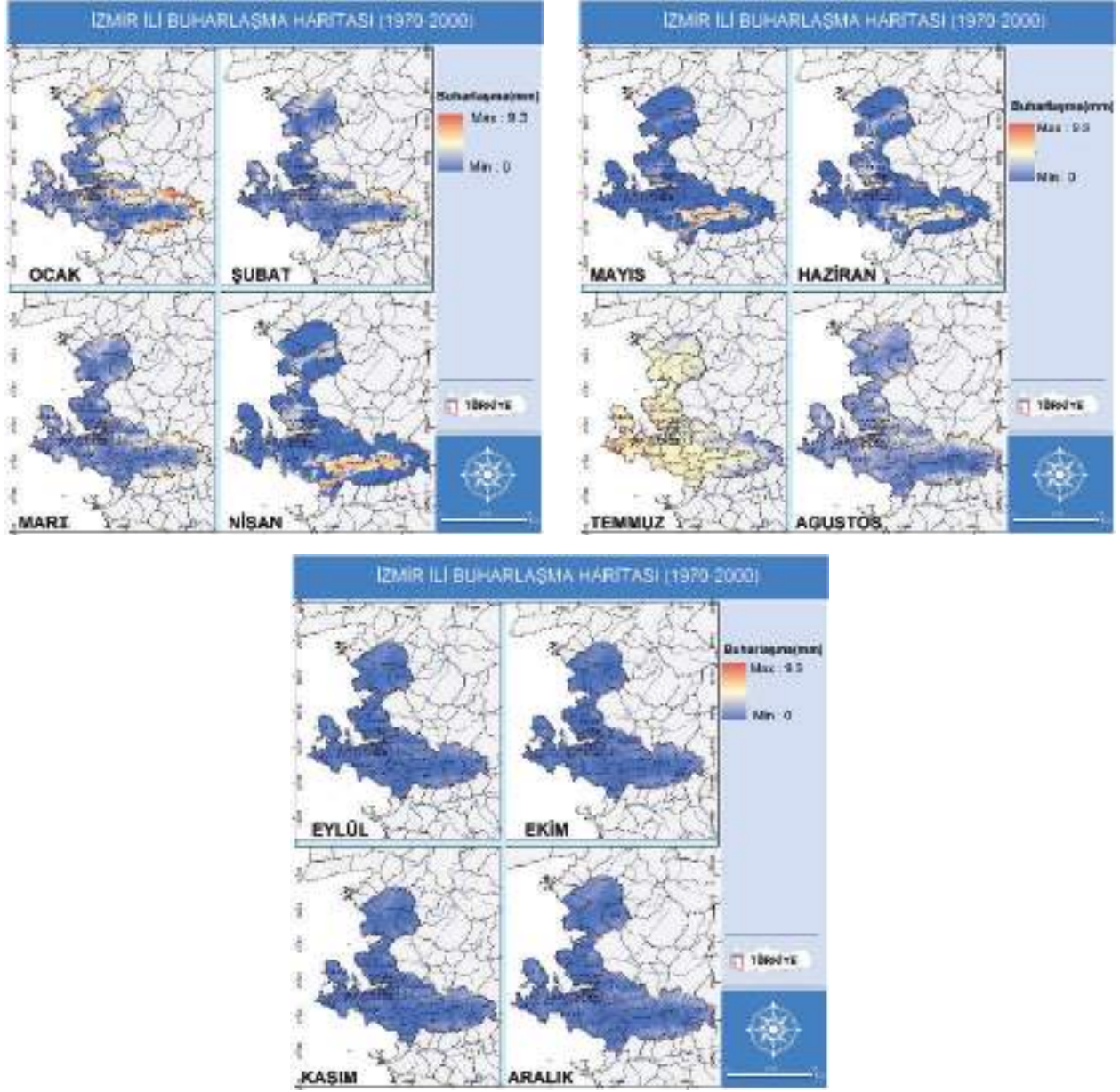


Şekil 2.88. İzmir ili 2050-2100 yılları arası dönemi HadGEM-ES modeli RCP 4.5 senaryosuna göre uzun yıllar aylık radyasyon haritaları

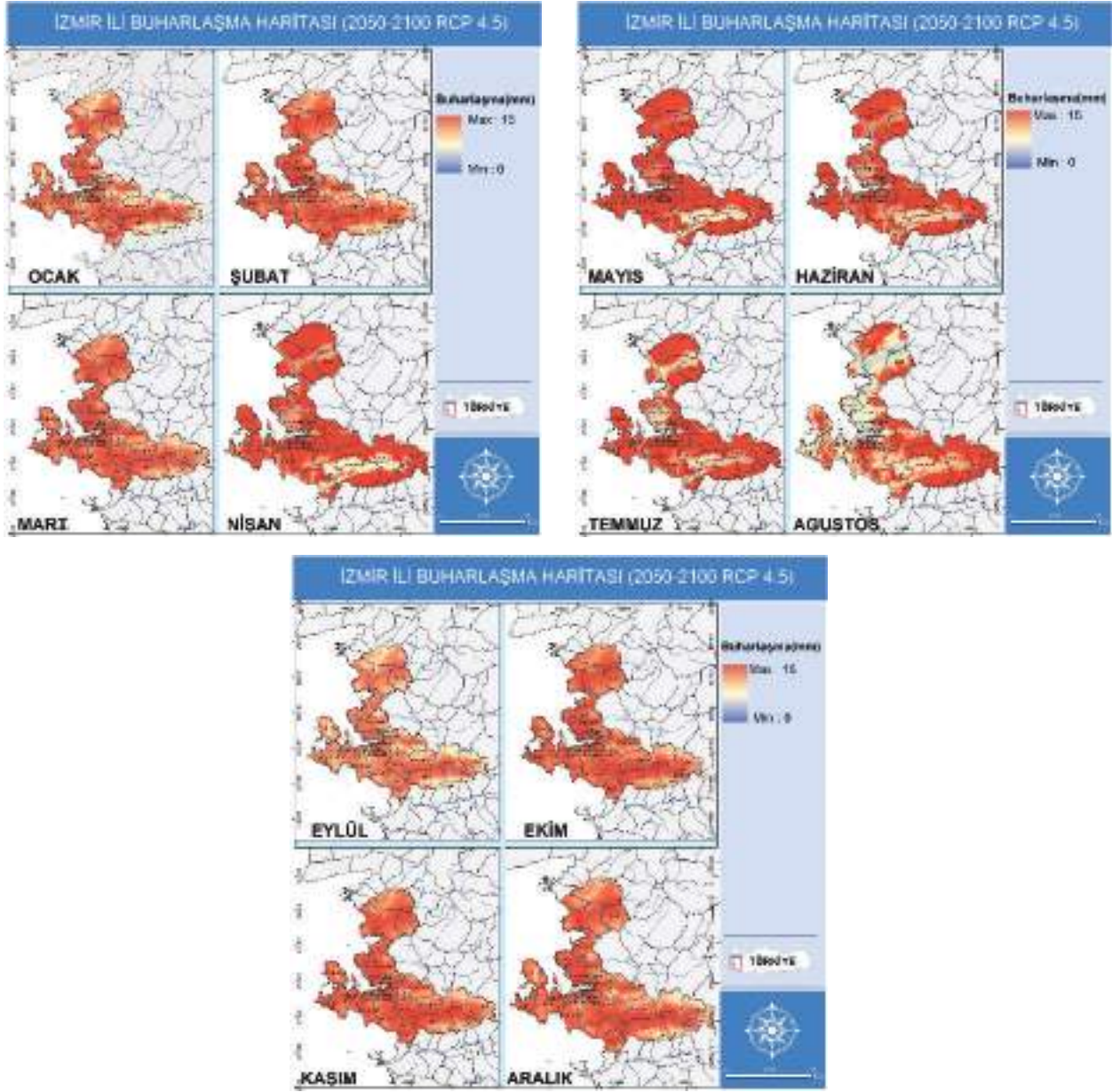


Şekil 2.89. İzmir ili 2050-2100 yılları arası dönemi HadGEM-ES modeli RCP 8.5 senaryosuna göre uzun yıllar aylık radyasyon haritaları

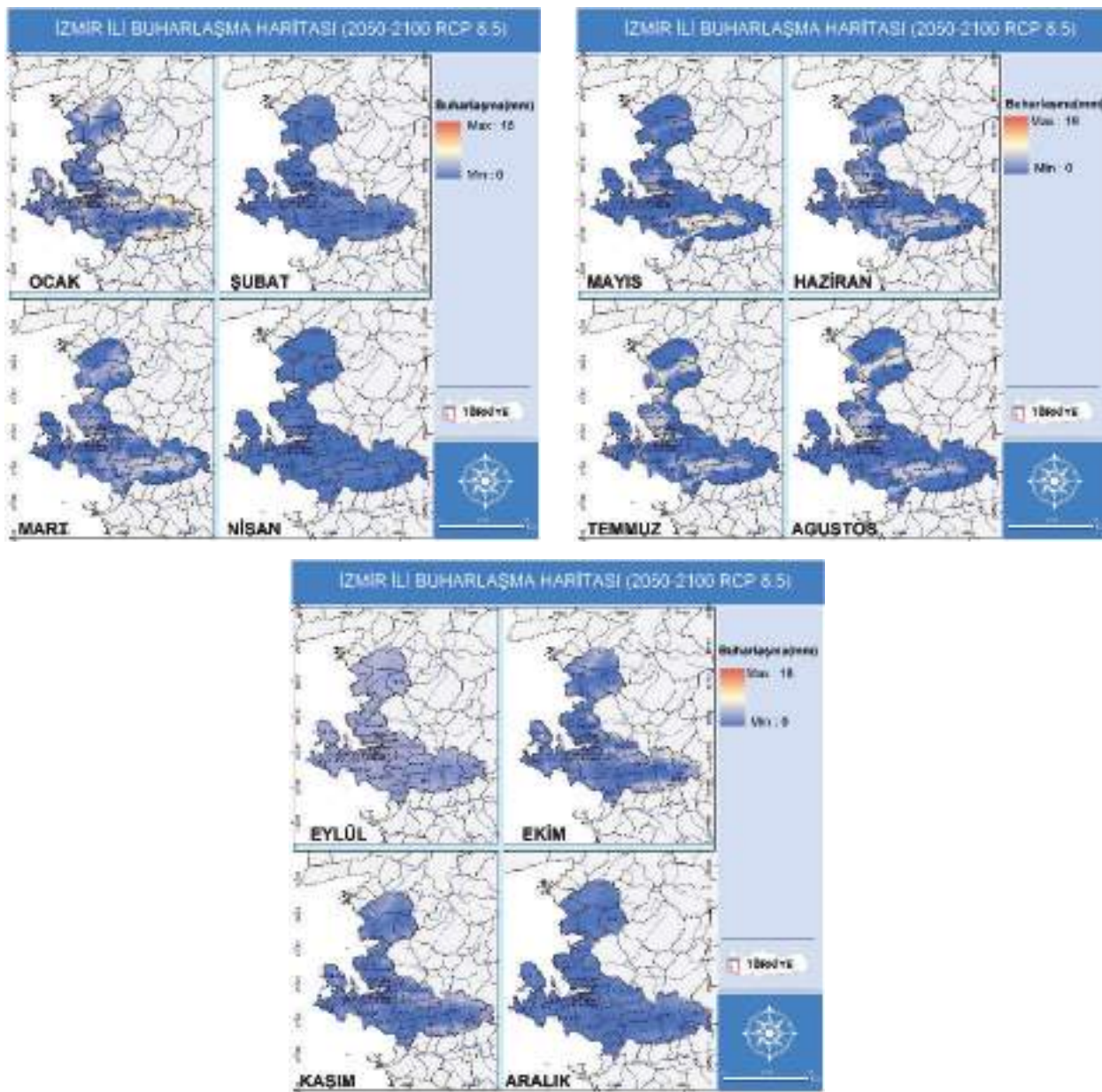
2.3.5.7. Buharlaşma Haritaları



Şekil 2.90. İzmir ili 1971-2000 yılları arası dönemi HadGEM-ES modeli uzun yıllar aylık buharlaşma haritaları



Şekil 2.91. İzmir ili 2050-2100 yılları arası dönemi HadGEM-ES modeli RCP 4.5 senaryosuna göre uzun yıllar aylık buharlaşma haritaları



Şekil 2.92. İzmir ili 2050-2100 yılları arası dönemi HadGEM-ES modeli RCP 8.5 senaryosuna göre uzun yıllar aylık buharlaşma haritaları

BÖLÜM 3

Arazi Örtüsü Değişiminin Modellenmesi

Arazi örtüsü, yeryüzünü örten canlı (ormanlar, tarım alanları gibi) ve cansız (yapı alanları gibi) özelliklerin tamamını ifade eden genel bir terimdir. Alan kullanımı ise, bu örtü üzerinde meydana gelen insan faaliyetleridir. İklimsel özellikler ve bu özelliklerdeki değişimlerinden kaynaklanan sonuçlarla yeryüzünün ilk etkileşimi arazi örtüsünde gerçekleşir. Arazi örtüsü, iklimsel özellikleri ya da bu özelliklerden doğan sonuçları etkiler. Bu nedenlerle arazi örtüsü iklimi etkiler ve ondan etkilenir. Dolayısı ile iklim değişikliği ve bu kapsamdaki çalışmalarda arazi örtüsü ve onun değişimi anahtardır.



Arazi Örtüsü Değişiminin Modellenmesi

3.1. Arazi Örtüsü Kavramı ve İklim

Yeryüzünü örten canlı ve cansız özellikler iklimi etkiler ve ondan etkilenir. Örneğin, kent alanlarında bina çatıları ya da cepheleri gibi yatay ve düşey beton yüzeyler ile asfalt yüzeyler termal radyasyon kaynaklarıdır. Bir başka ifade ile bu alanlar güneşten gelen enerjiyi önce hapseder daha sonra da ısı olarak yayarlar. Bu yüzeylerin varlığı ve miktarının çokluğu kent alanlarını onları çevreleyen doğal alanlardan daha sıcak hale getirir. Kentlerin bu özellikleri, onları çevreleyen peyzajlardakinden farklı, kente özgü iklim koşullarının oluşmasına katkıda bulunur.

Kent alanlarındaki yüzeyler çoğunlukla geçirimsizdir. Bir başka ifade ile yüzeye yağmur olarak düşen su bu alanlarda yer altına süzülemez. Bunun yerine yüzey boyunca akışa geçer. Uygun akış kontrol ve yönetimi altyapılarının olmaması durumunda ise ani su baskınları ve bunlara bağlı can ve mal kayıpları meydana gelebilir. İklim değişikliğinin beklenen olası sonuçları arasında kuraklık ve azalan/düzensizleşen yağış rejimlerinin ortaya çıkacağı düşünülmektedir. Bu nedenle de kent içindeki yeşil alan sistemleri ve onları çevreleyen peyzajlardaki diğer yeşil özelliklerin bir ağ oluşturacak şekilde yapılandırılmasına ihtiyaç vardır.

Tarım arazileri, üzerinde ürün yetiştirilen tarlalar gibi ekili; ya da meyve bahçeleri, zeytinlikler ve bağlar gibi dikili bitkilerden oluşan arazi örtüsü tipleridir. Tarım arazilerinin kent alanları ile kent içinde, kent çeperinde ya da kent dışındaki ilişkisi yeşil altyapı ağının işlevlerini belirler.

Doğal vejetasyon, ormanların yanı sıra, çalılık ve çayırliklardan oluşan bitki ile kaplanmış alanlardır. Bir başka ifade ile doğal vejetasyon, havadaki karbonun biyokütle olarak bitki bünyesinde depolandığı arazi örtüsü tipleridir. Doğal vejetasyon toprak ve hava ile gerçekleştirdiği madde/enerji alışverişi sayesinde iklimi düzenleyici etkiler yaratır.

Çıplak alanlar ise, üzerinde bitki bulunmayan, yüzeyi kaplanmamış, doğal ya da değiştirilmiş (bozulmuş) alanları ifade eden bir arazi örtüsü tipidir. Bu alanların yeşil altyapıya fonksiyonel katkısı doğal vejetasyona göre daha zayıftır. Bu alanların yeşil altyapı ve ekosistem servisleri açısından fonksiyonlarını güçlendirmek için, uygun koşullarda, biyolojik onarım uygulamaları ya da ağaçlandırma gibi uygulamalar yapılabilir.

Yukarıda da belirtildiği gibi peyzajlar farklı arazi örtüsü tiplerinin bir araya gelmesinden oluşur. Her arazi örtüsü tipinin yeşil altyapı bakımından sağladığı hizmetler birbirinden farklı olduğundan bu özelliklerin miktarı ve dağılımı iklim değişikliğinin sonuçlarını anlamada ve olumsuz etkilerine karşı önlemler geliştirmede anahtar öneme sahiptir.

Bu nedenlerle projede pilot bölgede arazi örtüsü haritalanmış, mevcut eğilimler dikkate alınarak gelecek eğilimleri modellenmiştir. Bu kapsamda arazi örtüsünün güncel kompozisyonu ve yersel dağılım özellikleri belirlenmiştir. Bu bilgi ışığında iklim değişikliği ile ilgili tartışma ve öneriler geliştirilmiştir.

3.1.1. Arazi Örtüsü Değişimi İle İklim Modeli Arasındaki İlişki

Bu projede arazi örtüsünün miktar, nitelik ve zamansal değişimi ile ilgili bilgi, Balçova (İzmir) örneğinde jeo-yersel olarak üretilmiştir. Bu yaklaşımın amacı, iklim değişikliğine uyum stratejilerinin geliştirilmesi süreçlerini desteklemek ve iklim değişikliğinin peyzajlarda yaratacağı etkilere karşı mücadelede kullanılacak uygulama rehberlerinin oluşturulmasına yardımcı olmaktır.

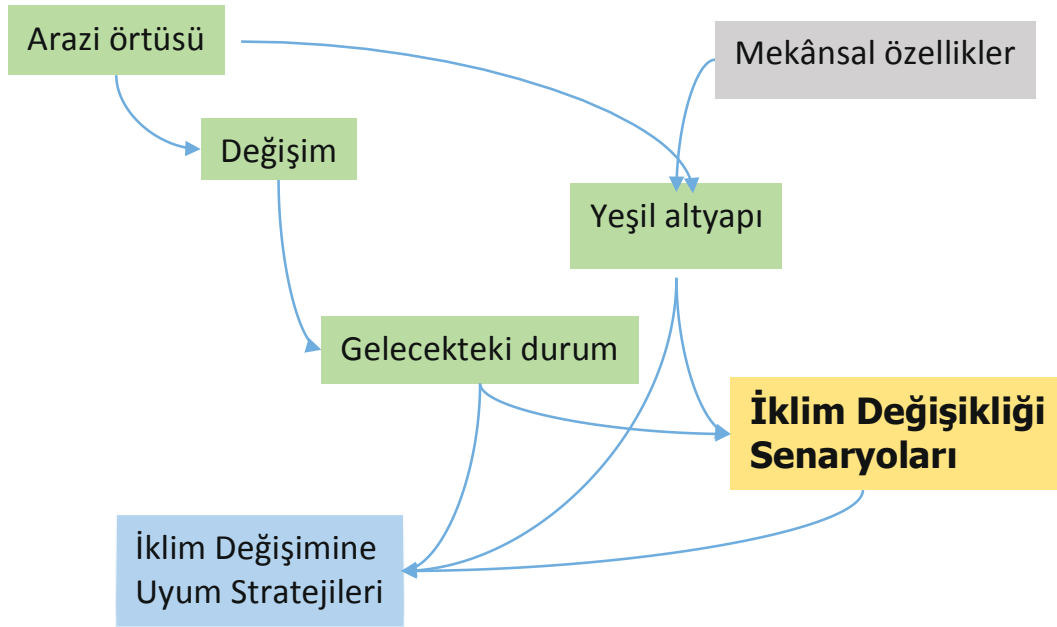


Bu kapsamda amaçlar:

- Balçova ilçesi peyzajlarında geçmişten günümüze meydana gelen değişimlerin incelenmesi ve
- Gelecekte peyzajlarda meydana gelecek
 - kentleşme,
 - ormansızlaşma,
 - tarımsal yayılım gibi olguların yersel özelliklerinin tahmin edilmesidir.

Tüm bu olası sonuçlar, iklim değişikliğinin olumsuz etkilerine karşı uyum geliştirmede anahtar role sahip yeşil altyapıyı ilgilendirmektedir.

Arazi örtüsü değişimi ve yeşil altyapının, iklim değişikliği ve uyum ile ilgili stratejiler geliştirme açısından ilişkileri şöyledir:



3.2. İzmir İli Balçova İlçesi Arazi Örtüsü/Arazi Kullanımları (1963 ve 2016 Yılları)

1955-1965 yılları arasındaki dönem içerisinde elde edilmiş uydu verileri altlık olarak kullanılarak “önceki tarih” arazi örtüsü haritası üretilmiştir. Görüntünün alınma tarihi 1963’tür.

2015-2017 yılları arasındaki dönem içerisinde elde edilmiş uydu verileri kullanılarak “sonraki tarih” arazi örtüsü haritası üretilmiştir. Görüntünün alınma tarihi 2016’dır.

3.2.1. Verilerin Hazırlanması ve Ön İşleme

Arazi örtüsünün haritalanması çalışmalarında, harita oluşturmaya geçilmeden önce, eldeki verilerin coğrafi/geometrik özellikler ve taşıdıkları sayısal içerik bilgileri bakımından analizlere hazır hale getirilmesi gerekir. Bu aşama “ön işleme” olarak isimlendirilir.

Projede ön işleme aşamasında coğrafi kayıt işlemleri uygulanmıştır. Bu süreçte görüntüler Universal Transverse Mercator (UTM) projeksiyonunda yeniden koordinatlandırılmıştır.

“Önceki tarih” görüntüsü piksel boyutu x ve y eksenleri boyunca 3 m olacak şekilde yeniden örneklenmiştir.

“Sonraki tarih” görüntüsü piksel boyutu yatay ve düşeyde 60 cm olarak kaydedilmiştir.

3.2.2. Arazi Örtüsü/Arazi Kullanımı Sınıfları

Haritalamada kullanılan arazi örtüsü sınıfları aşağıda verilmiştir:

1. Yapı alanları
2. Açık tarım arazisi (ekili ve dikili)
3. Doğal vejetasyon
4. Zeytinlikler
5. Çıplak alanlar

Bu sınıflara ek olarak, alanın doğal sınırını oluşturan “Su yüzeyleri” eklenmiştir.

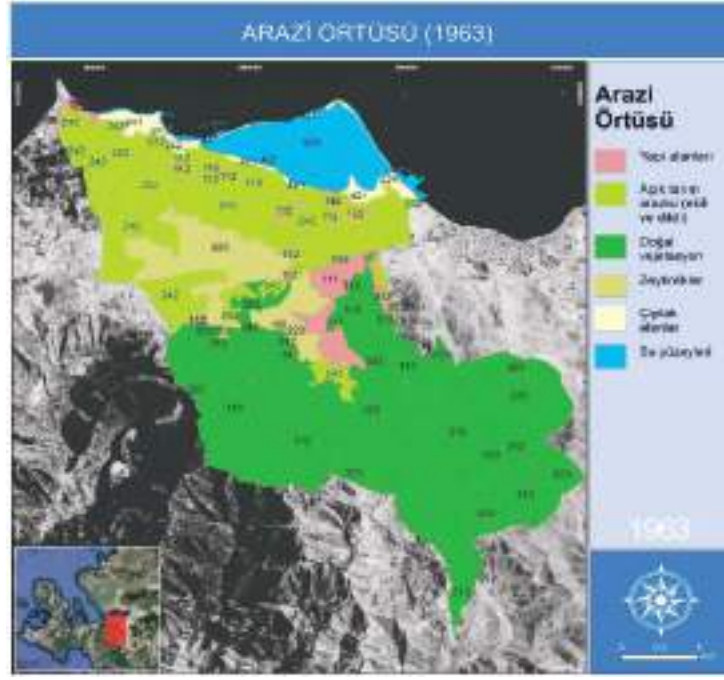
3.2.3. Arazi Örtüsü/Arazi Kullanımlarının Haritalanması (1963 ve 2016 yılları)

Sayısal görüntülerden harita elde edilmesinde değişik yöntemler kullanılmaktadır. Bu yöntemler, araştırma amaçları ve verinin niteliği gibi konularla ilişkilidir. Harita üretimi aşamasında otomatik/manuel, eğitilmiş/eğitimsiz/hibrit sınıflama yöntemleri kullanılabilir. Sınıflamalar piksel ya da obje tabanlı yapılabilir. Yansıma özelliklerine ek olarak şekil, büyüklük, assosiyasyon, vb. özellikler sınıflama algoritmalarına dâhil edilebilir. Manuel sınıflamada renk, ton, gölge, tekstür, şekil, büyüklük, asosiyasyon gibi özellikler aynı anda değerlendirilirken; otomatik sınıflama algoritmaları bu özellikleri tanıma ve isimlendirme üzerine yapılandırılmıştır.

Projede, haritaların oluşturulması için manuel sınıflama yöntemi benimsenmiştir. Bunun temel nedeni kullanılan görüntülerdir. Çalışmada kullanılan 3 m yer çözünürlüğüne sahip 1963 tarihli veri, önceki dönem için var olan ve proje amaçları için kullanılabilecek en iyi veri olmakla birlikte, siyah-beyaz bir veridir ve multispektral bilgi içermez. Güncel tarihli veri ise çok daha yüksek yersel ve spektral çözünürlüğe sahiptir. Değişim tespiti ve gelişim modellemesi için yüksek düzeyde tematik ve yersel olarak tutarlılığa ihtiyaç vardır. Veri özelliklerindeki fark değişim analizleri için bir dezavantaj olabileceğinden ekran üzerinden sınıflama tercih edilmiştir. Ekran üzerinden sınıflamada görüntü çözünürlüğü, harita ölçeği ile uyumlu olduğu sürece sınıflamanın tam olarak doğruluğundan söz edilebilir.

Görüntü sınıflaması süreçleri ile değişim tespitine esas oluşturacak “önceki tarih” (1963) ve “sonraki tarih” (2016) arazi örtüsü/alan kullanımı haritaları üretilmiştir. 1963 ve 2016 yıllarına ait arazi örtüsü/arazi kullanımı haritaları Şekil 3.1 ve Şekil 3.2’de, söz konusu haritalardan üretilen alan istatistikleri ise Tablo 3.1’de verilmiştir.

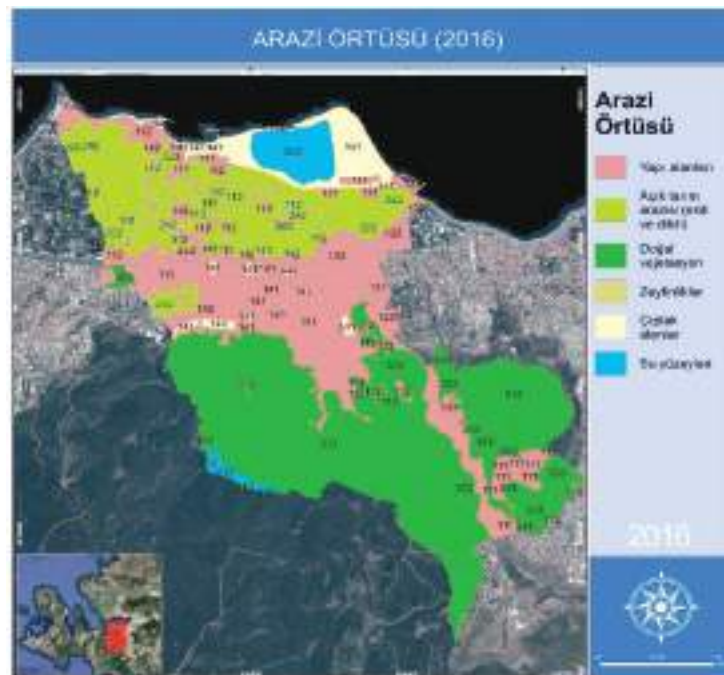




Şekil 3.1. Balçova ilçesi arazi örtüsü/alan kullanımları (1963 yılı)

Balçova ilçesinin arazi örtüsü ile ilgili yapılan çalışmalarda, ilçede 1963 yılındaki yaygın arazi örtüsü tiplerinin güneydeki orman sahaları ile kuzeyde kıyı boyunca bulunan tarım alanları olduğu görülmüştür. Balçova merkezde yapılaşmış bir bölge ve bu bölge ile ilişkili tarım alanlarına sahiptir. Kıyıda lagün sisteminin bir parçası olan sulak alanlar yer almaktadır. Kıyıda yaygın halde bulunan tarım alanları arasındaki yapılaşmış alanlar, az sayıda bireysel yapı biriminin bir araya gelmesiyle oluşmuş küçük parçalar halinde görülmektedir.

2016 tarihli veri seti, 1963 tarihli veri setinden hem spektral hem de yersel detay anlamında daha fazla bilgi içermektedir. Bu nedenle, haritalamada daha karmaşık başka yaklaşımların da kullanılabileceği düşünülebilir. Ancak, bu haritalamanın ana hedefi değişim tespiti ve geleceğe yönelik kestirimlerdir. Bu analizler birbiri ile yüksek düzeyde tutarlı görüntü çiftleri gerektirdiğinden, önceki tarih verisinden harita üretilmesinde kullanılan yöntem sonraki tarih için de uygulanmıştır.



Şekil 3.2. Balçova ilçesi arazi örtüsü/alan kullanımları (2016 yılı)

Tablo 3.1. 1963 ve 2016 Yılları Balçova ilçesi Arazi Örtüsü/Arazi Kullanımı İstatistikleri

Sınıf Adı	Alan (ha) (1963)	Alan (ha) (2016)
Yapı alanları (1)	90,98	658,29
Açık tarım arazisi (ekili ve dikili) (2)	597,02	413,81
Doğal vejetasyon (3)	1156,94	969,12
Zeytinlikler (4)	192,30	3,14
Çıplak alanlar (5)	61,47	118,87
Su yüzeyleri (6)	148,79	82,45
Toplam	2247,51	2245,68

3.2.4. Harita Doğruluklarının Değerlendirilmesi

Bir önceki bölümde bahsedildiği gibi, uygun altlık verileri ve standart görüntü yorumlama prosedürlerinin kullanılması halinde ekran üzerinden sınıflama yolu ile üretilen haritaların tematik doğruluğunun çok yüksek olması beklenir. Ancak yine de, doğrulukların sayısal olarak ifade edilebilmesi için tesadüfi örnek noktalar belirlenmiştir. Bu işlem, yorumlayıcıdan bağımsız bir ekiple gerçekleştirilmiştir.

Sınıflanmış ve referans noktaların çapraz karşılaştırmaları kullanılarak 1963 ve 2016 yıllı haritalarındaki doğruluklar hesaplanmıştır.

- Bu süreçte toplam 128 adet nokta belirlenmiştir.
- Noktalar tabakalı tesadüfi örnekleme (stratified random sampling) yolu ile atanmıştır.
- Bu işlem sırasında herhangi bir sınıf için minimum nokta sayısı 16 olarak belirlenmiştir.
- Arazi örtüsü haritalarında da görüleceği gibi, kıyıda sulak alanlar ve tarım alanları arasındaki geçişler son derece belirgindir.
- Tarım alanlarının kendi içerisindeki çeşitliliği kolayca anlaşılabilir (açık tarlalar, meyve bahçeleri ve zeytinlikler).
- Güneyde tarım alanları ile doğal alanlar arasındaki geçişlerde yer yer belirsizlikler göze çarpmaktadır. Bunun temel nedenlerinden biri, tarım alanlarının güneydeki sınırının bir bölümünü zeytinliklerin oluşturmasıdır.

Harita ile referans veri arasındaki ilişki bir hata matrisi (error matrix) yardımı ile karşılaştırılmış ve doğruluk istatistikleri üretilmiştir. Altlık ve sınıflanmış veriler ile referans yer noktaları arasındaki ilişki Şekil 3.3.'de yer almaktadır. Bu istatistikler ile ilgili ayrıntılar Tablo 3.2-3.3-3.4'de verilmiştir.





Şekil 3.3. Altlık ve sınıflanmış veriler ile referans yer noktaları arasındaki ilişki (üst: 1963; alt: 2016)

Tablo 3.2. Hata matrisi (1963 ve 2016 yılı sınıflamaları)

	1	9	6	3										
Sınıf Adı	Yapı alanları	Açık tarım arazisi	Doğal vejetasyon	Zeytinlikler	Çıplak alanlar	Su yüzeyleri	Satırlar toplamı	Yapı alanları	Açık tarım arazisi	Doğal vejetasyon	Zeytinlikler	Çıplak alanlar	Su yüzeyleri	Satırlar toplamı
Yapı alanları (1)	16	1	0	0	0	0	17	50	0	1	0	0	0	51
Açık tarım arazisi (2)	1	24	0	0	0	0	25	0	27	0	0	1	0	28
Doğal vejetasyon (3)	0	0	34	0	0	0	34	0	0	24	1	1	0	26
Zeytinlikler (4)	0	1	1	0	0	0	18	0	0	0	1	0	0	1
Çıplak alanlar (5)	0	1	0	16	0	0	16	0	0	0	0	11	0	11
Su yüzeyleri (6)	0	0	0	0	15	18	18	0	0	0	0	0	11	11
Sütunlar toplamı	17	27	35	16	15	18	128	50	27	25	2	13	11	128

Tablo 3.3. Referans ve sınıflanmış veri ilişkisi ve üretici-kullanıcı doğrulukları
(Toplam sınıflama doğrulukları: % 96,09 ve % 96,88)

	1	9	6	3		2	0	1	6	
Sınıf Adı	Referans	Sınıflan	Doğru	Üretici Doğruluğu (%)	Kullanıcı Doğruluğu (%)	Referans	Sınıflan	Doğru	Üretici Doğruluğu (%)	Kullanıcı Doğruluğu (%)
Yapı alanları (1)	17	17	16	94,12	94,12	50	51	50	100,00	98,04
Açık tarım arazisi (2)	27	25	24	88,89	96,00	27	28	27	100,00	96,43
Doğal vejetasyon (3)	35	34	34	97,14	100,00	25	26	24	96,00	92,31
Zeytinlikler (4)	16	18	16	100,00	88,89	2	1	1	50,00	100,00
Çıplak alanlar (5)	15	16	15	100,00	93,75	13	11	11	84,62	100,00
Su yüzeyleri (6)	18	18	18	100,00	100,00	11	11	11	100,00	100,00
Toplam	128	128	123			128	128	124		

Tablo 3.4. Her sınıf için Kappa doğrulukları (1963 ve 2016 yılı)

Sınıf Adı	1963 yılı Kappa (0,9522)	2016 yılı Kappa (0,9579)
Yapı alanları (1)	0,9322	0,9678
Açık tarım arazisi (2)	0,9493	0,9547
Doğal vejetasyon (3)	1,0000	0,9044
Zeytinlikler (4)	0,8730	1,0000
Çıplak alanlar (5)	0,9292	1,0000
Su yüzeyleri (6)	1,0000	1,0000

Yukarıda verilenlere göre;

- 1963 yılı için Toplam Kappa değeri 0,9522 olarak hesaplanmıştır.
- Tablo 3.2’de gösterilen hatalı olarak işaretlenmiş 5 konumun tamamı, sınıflar arasında belirgin olmayan geçişlere karşılık gelen noktalardır. Gerçek bir hata olarak kabul edilmeyebilir.



- 2016 yılı için Toplam Kappa değeri 0,9579 olarak hesaplanmıştır.
- Tablo 3.2’de gösterilen hatalı olarak işaretlenmiş 4 konuma karşılık doğru olarak işaretlenmiş 124 konum bulunmaktadır. Hatalı olarak işaretlenmiş olan konumlar arasında, yapı alanları olan ancak doğal alanlar olarak işaretlenmiş olan 1 konum kent içinde bina bulunmayan vejetatif örtü ile kaplı bir konuma karşılık gelmektedir. Bunun dışında doğal vejetasyon sınıfında bulunmakla birlikte, çıplak alanlar ya da zeytinlikler olarak işaretlenmiş olan alanlar ise doğal alanlar içerisinde bulunan açıklıklara ya da doğal vejetasyon ile karışmış zeytin varlığına karşılık gelmektedir.

3.3. Balçova İlçesi Arazi Örtüsü/Arazi Kullanımı Değişimleri (1963 ve 2016 yılı)

3.3.1. Yöntem ve kullanılan veriler

Bu bölümde İzmir ili Balçova ilçesi sınırlarını kapsayan ve önceki bölümlerde üretilen arazi örtüsü haritalarından yararlanılarak arazi örtüsü/araazi kullanım değişimleri tespit edilmiştir.

- Bu amaçla önceki tarih (1963) ve sonraki tarih (2016) olarak kodlanan arazi örtüsü haritaları üst üste çakıştırılmış ve haritadaki tüm konumlar karşılıklı olarak eşleştirilmiştir.
- Karşılaştırmalar, daha önceki bölümlerde belirtilen sınıfların birbirleri ile ilişkisine dayalı olarak gerçekleştirilmiştir.

Buna göre, üretilen değişim haritası Şekil 3.4’de, sınıflar arasındaki dönüşümler ise Şekil 3.5’de verilmiştir.

2016 yılındaki en belirgin değişimlerden biri, kıyıda tarım alanları üzerinde meydana gelen ve yapılaşmadan kaynaklanan değişimlerdir.

Bunun yanı sıra, kıyıda deniz dolgusu ile kazanılan alanlar nedeniyle de önemli değişimler meydana gelmiştir.

Tablo 3.5. Önceki (satırlar: 1963) ve sonraki (sütunlar: 2016) tarihlerin çapraz sıralaması (ha)

Arazi Örtüsü/Alan Kullanımı Kategorileri	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	Toplam
Yapı alanları (1)	81,33	8,50	0,00	0,00	1,10	0,00	90,93
Açık tarım arazisi (2)	203,67	358,28	7,52	0,01	5,01	0,00	574,50
Doğal vejetasyon (3)	176,64	0,00	961,60	0,00	4,22	13,54	1156,00
Zeytinlikler (4)	155,93	24,91	0,00	3,13	8,18	0,00	192,16
Çıplak alanlar (5)	23,01	17,70	0,00	0,00	10,98	0,00	51,69
Su yüzeyleri (6)	17,70	4,41	0,00	0,00	89,38	68,92	180,41
Toplam	658,29	413,81	969,12	3,14	118,87	82,45	2245,68



- Açık tarım arazilerinden yapı alanlarına dönüşüm 203,67 ha'dır.
- Doğal vejetasyondan yapı alanlarına dönüşüm 176,64 ha'dır.
- Zeytinliklerden yapı alanlarına dönüşüm 155,93 ha'dır.
- Çıplak alanlar ve su yüzeylerinden yapı alanlarına dönüşüm ise sırasıyla 23,01 ve 17,70 ha'dır.
- Görüldüğü üzere, toplam 658,29 ha alan kentleşmeye maruz kalmıştır

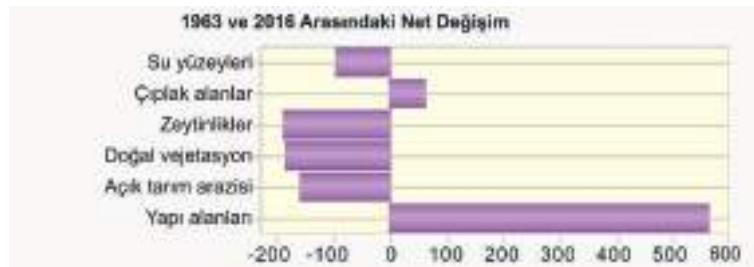
Tablo 3.5'e göre 8,50 ha'lık bir alanın yapı alanlarından dönüştüğü görülmektedir. Bu durum, büyük kentsel yapı adalarının ilk tarihte bütün olarak; ikinci tarihte ise içindeki açık tarla parselleri de dikkate alınarak isimlendirilmesinden ileri gelmiştir. Önceki ve sonraki tarih görüntülerinin sağladığı detay düzeyinden kaynaklanan bu durum göz ardı edilebilir.

- Doğal vejetasyon da yapılaşma nedeni ile büyük değişikliğe uğramıştır. Dönüşüm matrisine göre 176,64 ha büyüklüğünde bir alanda yapılaşma ortaya çıkmıştır.
- Zeytinliklerden yapı alanlarına dönüşen alan miktarı 155,93 ha'dır.

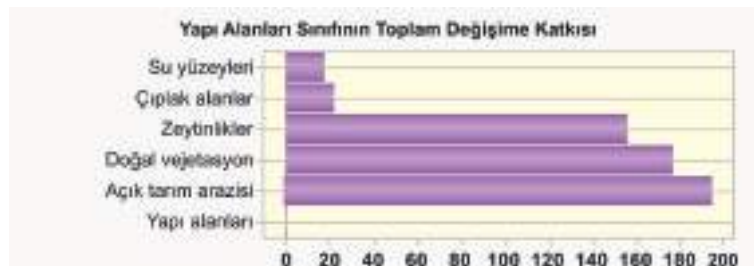
Dönüşümlerle ilgili diğer karşılaştırmalar Şekil 3.6-3.7-3.8'de verilmiştir.



Şekil 3.6. 1963 ve 2016 yılları arasındaki kazanç ve kayıplar



Şekil 3.7. 1963 ve 2016 yılları arasındaki net değişim



Şekil 3.8. Yapı alanları sınıfının toplam değişime katkısı

3.4. Arazi örtüsü/arazi kullanım uygunluklarının haritalanması

Arazi örtüsü/arazi kullanım uygunluklarının belirlenmesi, çeşitli faktörler/kriterler ve bunlara dayalı sayısal analizlere dayanan yöntemler bütünü olarak tanımlanabilir. Buradaki amaç:

- Herhangi bir yeryüzü parçasının çeşitli arazi örtüsü/arazi kullanımı özelliklerine ne kadar uygun olduğu veya
- Belirli bir arazi örtüsü/arazi kullanımı tipi bakımından hangi arazi parçalarının en uygun olacağının belirlenmesidir.

Bu bilgi karar vermede birincil bilgi kaynağı olarak kullanılabileceği gibi, geleceğe dönük jeo-yersel gelişim modellerine girdi olarak da kullanılabilir.

Bu bölümde, aşağıdaki arazi özellikleri için uygunluk haritaları üretilmiştir:

- Yapı alanları
- Açık tarım arazisi (ekili ve dikili)
- Doğal vejetasyon
- Zeytinlikler
- Çıplak alanlar

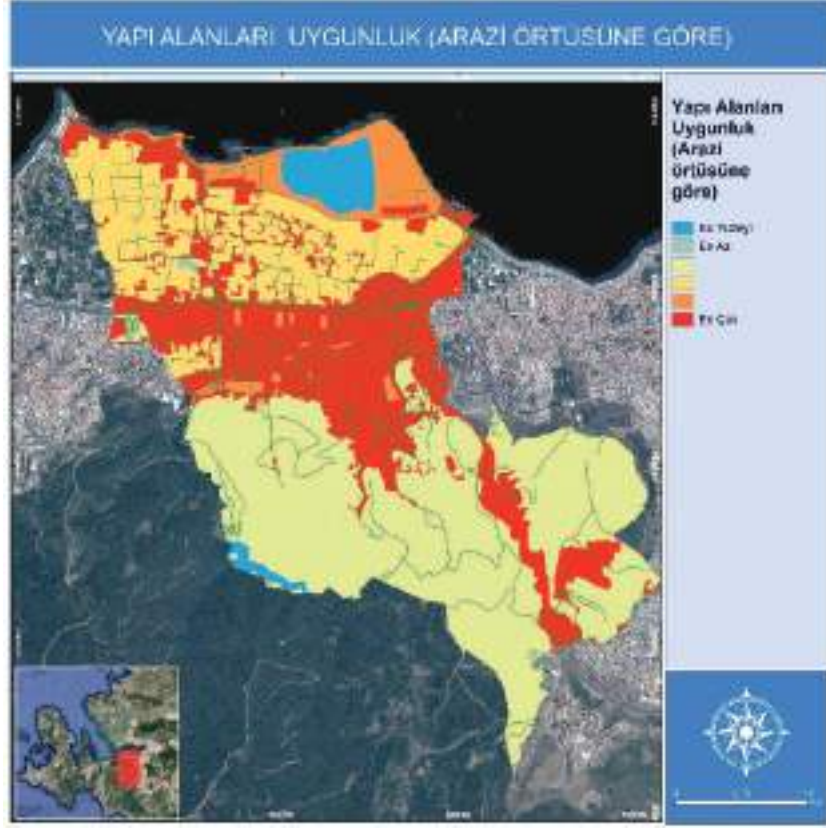
Bu özellikler için uygun alanların belirlenmesinde çeşitli kriterler tanımlanmıştır. Bu kriterler haritaya dönüştürülerek, bundan sonra yapılacak ileriye dönük kestirimlerde kullanılacak bilgi katmanları haline getirilmiştir.

Yapı alanları ile ilgili değerlendirmede mesafe (*distance operators*) ve kavram (*context operators*) operatörleri kullanılarak girdi haritaları üretilmiştir. Buna göre aşağıdaki kriterler dikkate alınmıştır:

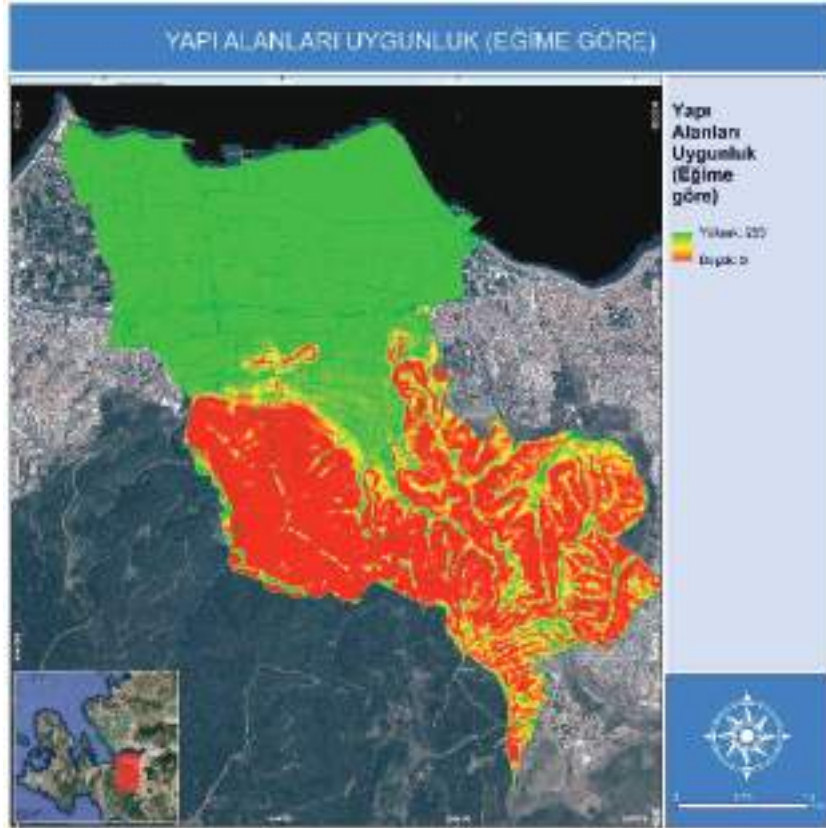
- Arazi örtüsü özellikleri için uygunluklar en uygundan en az uygun olana *sırasıyla (yapı alanları sınıfının kendisi, çıplak alanlar, tarım alanları, doğal alanlar ve zeytinlikler)* olarak değerlendirilmiştir.
- Eğim: Uygunluk eğim ile ters orantılıdır. Eğim arttıkça yapılaşmaya uygunluk azalır.
- Bakı: Güney bakılı araziler kuzey bakılı arazilere göre yapılaşmaya daha uygundur.
- Yerleşime yakınlık: Bir piksel konumunun yerleşimlere yakınlığı, yapılaşmaya uygunluk ile ters orantılıdır.
- Yola yakınlık: Yollara yakın olan alanlar uzak olanlara göre yapılaşmaya daha uygundur.

Yukarıda anılan özelliklere göre üretilen haritalar Şekil 3.9-3.14'de verilmiştir.

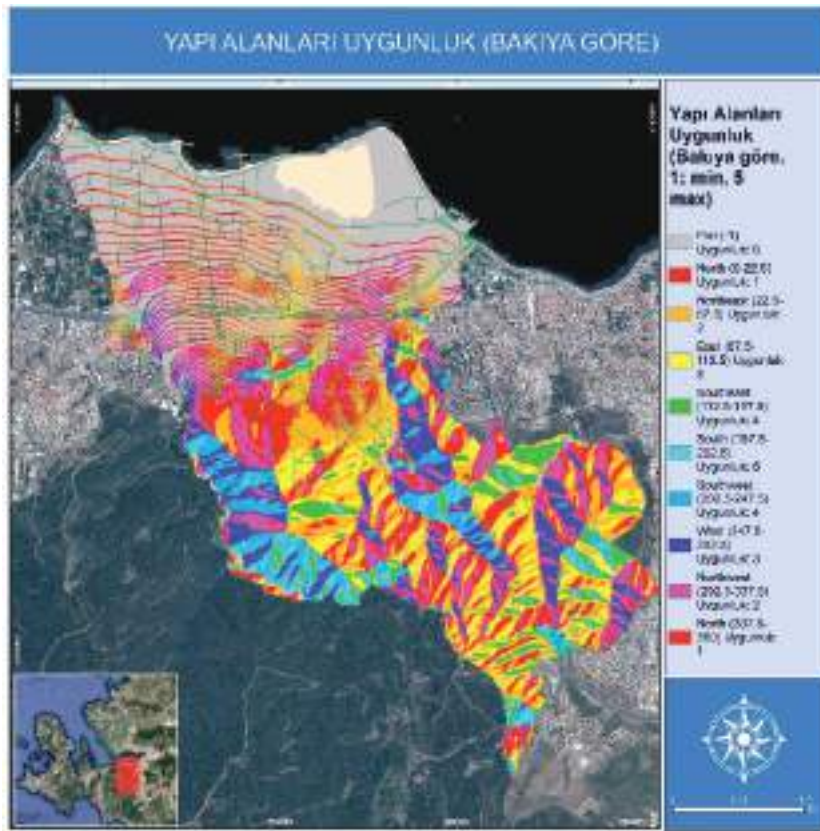




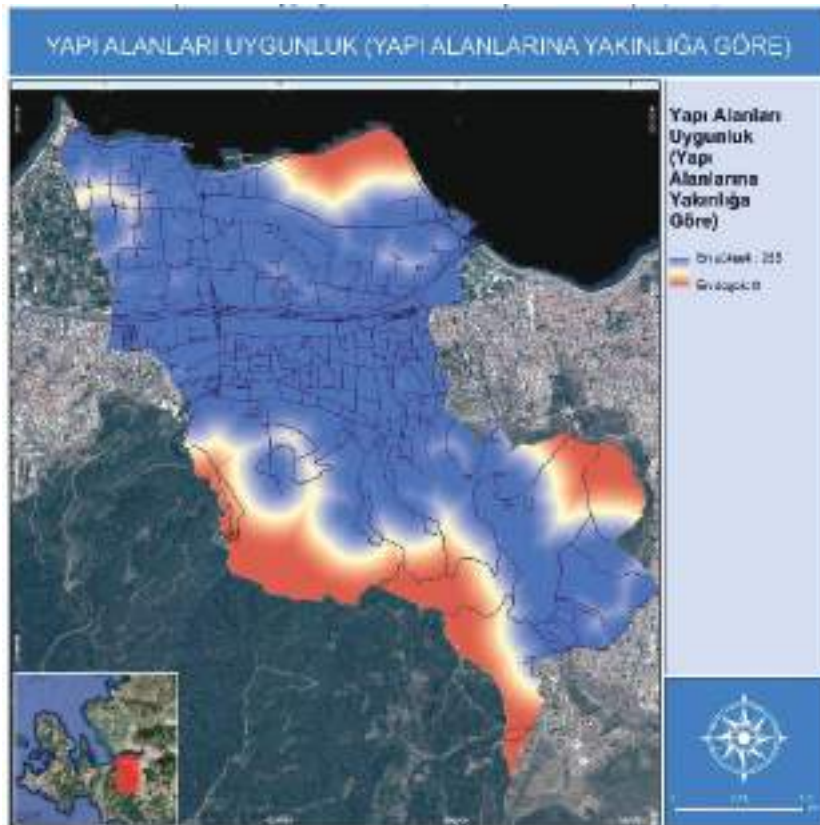
Şekil 3.9. Arazi örtüsü açısından yapı alanlarına uygunluk



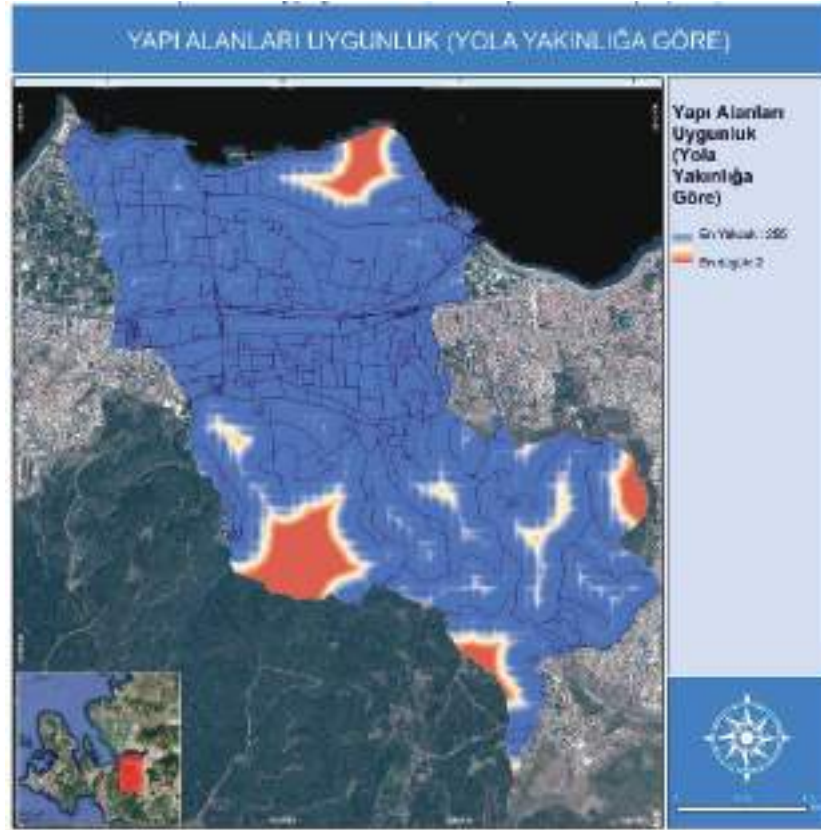
Şekil 3.10. Eğim açısından yapı alanlarına uygunluk



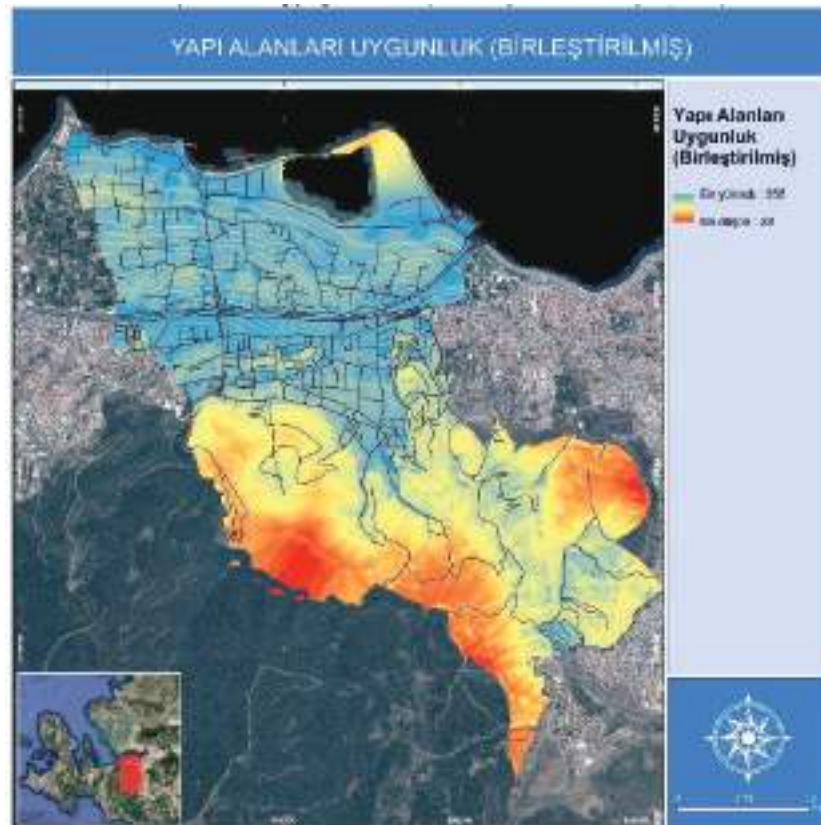
Şekil 3.11. Bakı açısından yapı alanlarına uygunluk



Şekil 3.12. Yapı alanlarına yakınlık açısından yapı alanlarına uygunluk



Şekil 3.13. Yola yakınlık açısından yapı alanlarına uygunluk

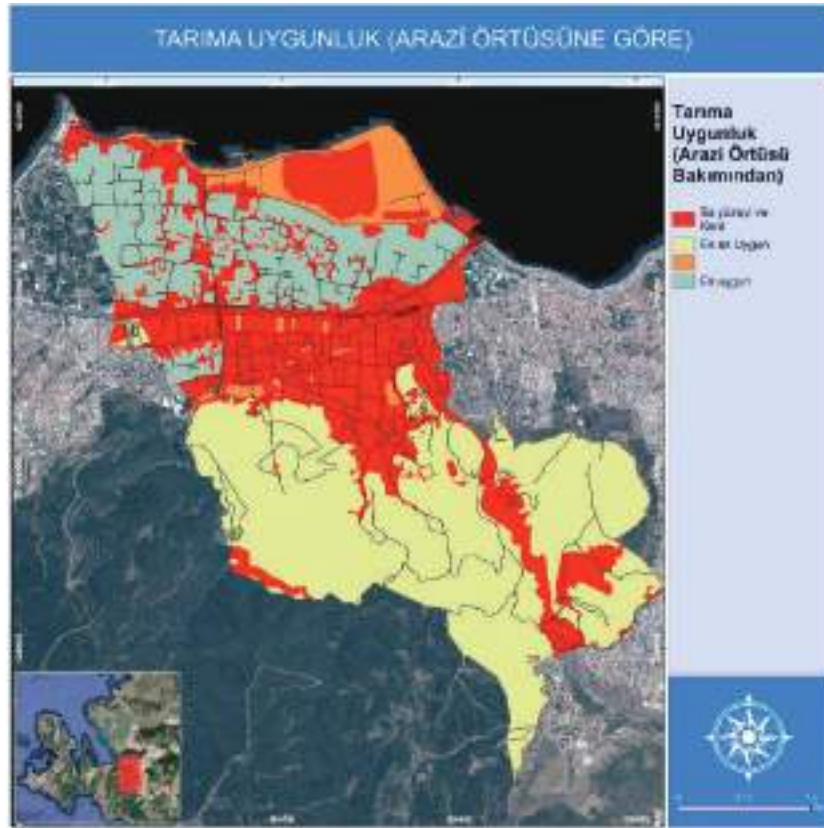


Şekil 3.14. Yapı alanları için uygunluk (Birleştirilmiş)

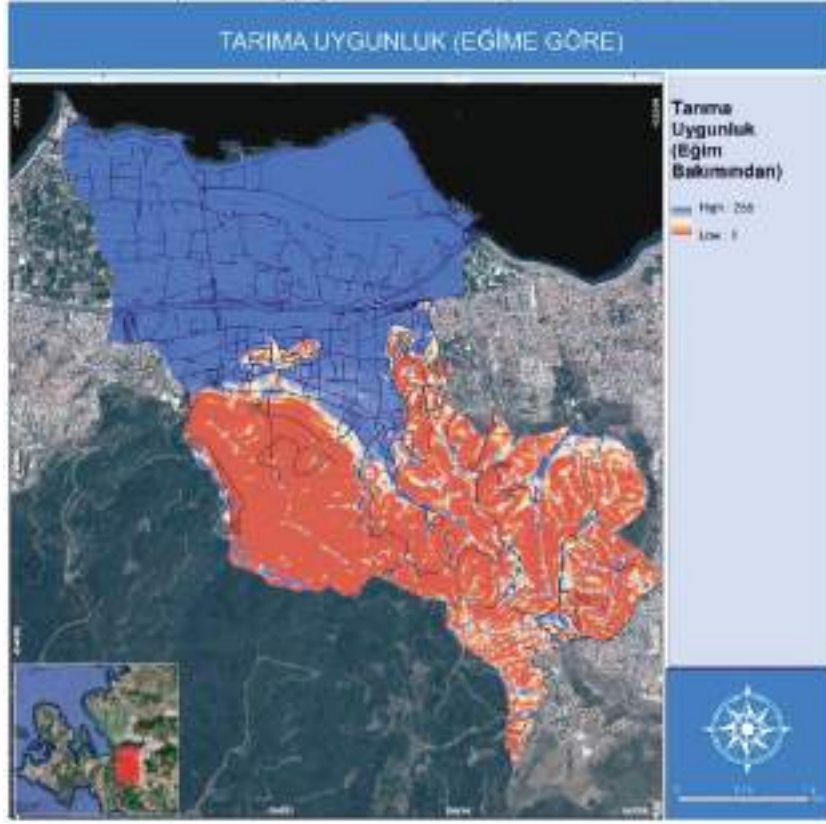
Mesafe (*distance operators*) ve kavram (*context operators*) operatörleri benzer şekilde açık tarım arazileri ile ilgili değerlendirmede de kullanılmıştır. Haritalar, aşağıdaki kriterler dikkate alınarak üretilmiştir:

- Arazi örtüsü özellikleri için uygunluklar en uygundan en az uyguna, sırasıyla tarım alanları, zeytinlikler, çıplak alanlar ve doğal alanlar olarak değerlendirilmiştir.
- Eğim: Uygunluk eğim ile ters orantılıdır. Eğim arttıkça tarıma uygunluk azalmaktadır.
- Tarım alanlarına yakınlık: Bir piksel konumunun tarıma uygunluğu, onun tarım alanına yakınlığı ile ters orantılıdır. Tarım alanlarına yakın olan alanlar uzak olanlara göre daha uygundur.
- Yola yakınlık: Bir piksel konumunun tarıma uygunluğu, onun yola yakınlığı ile ters orantılıdır. Yollara yakın olan alanlar uzak olanlara göre daha uygundur.

Doğal alanlar için uygunluk kriterleri, doğal alanlara yakınlık ve yapı alanlarına uzaklık olarak belirlenmiştir. Çıplak alanlar için ise bu kriter mevcut çıplak alanlara uzaklıktır. Yukarıda anılan özelliklere ait haritalar Şekil 3.15-3.23'de verilmiştir.



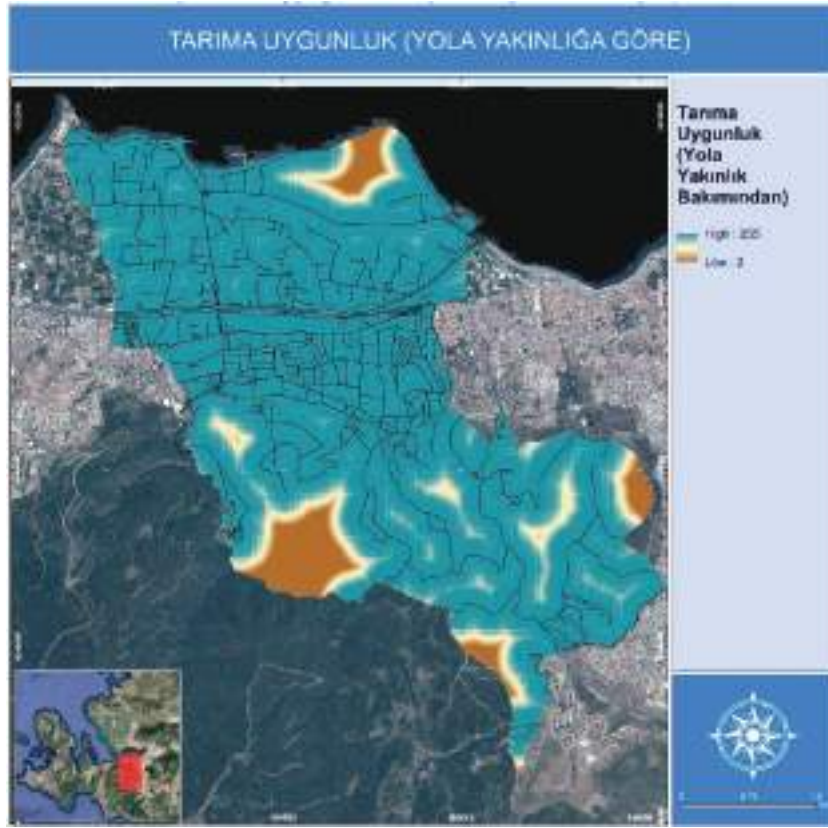
Şekil 3.15. Arazi örtüsü açısından tarıma uygunluk



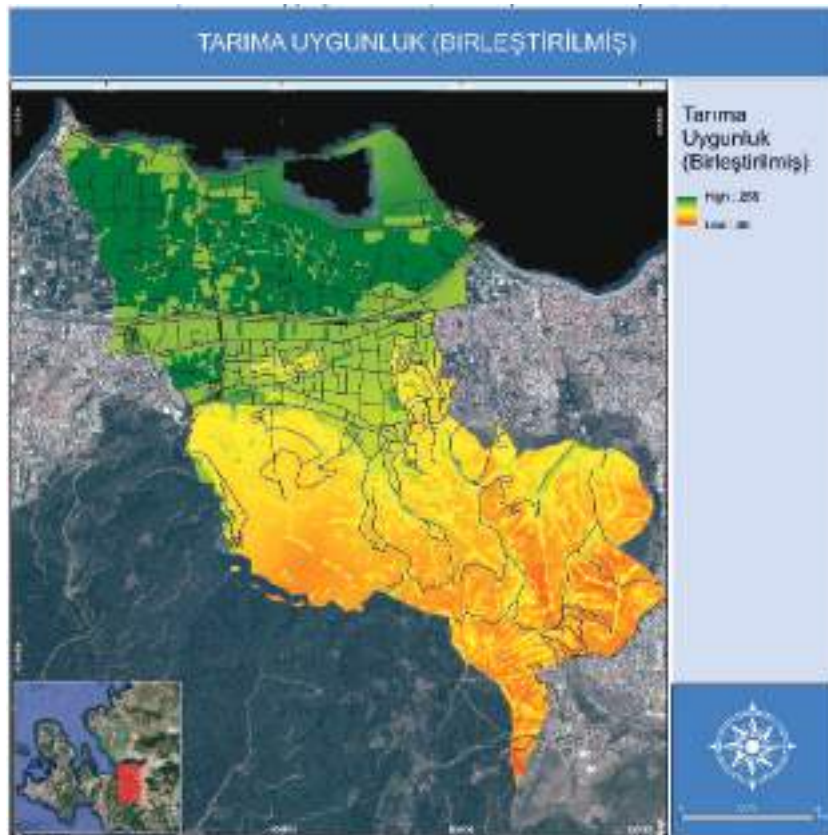
Şekil 3.16. Eğim açısından tarıma uygunluk



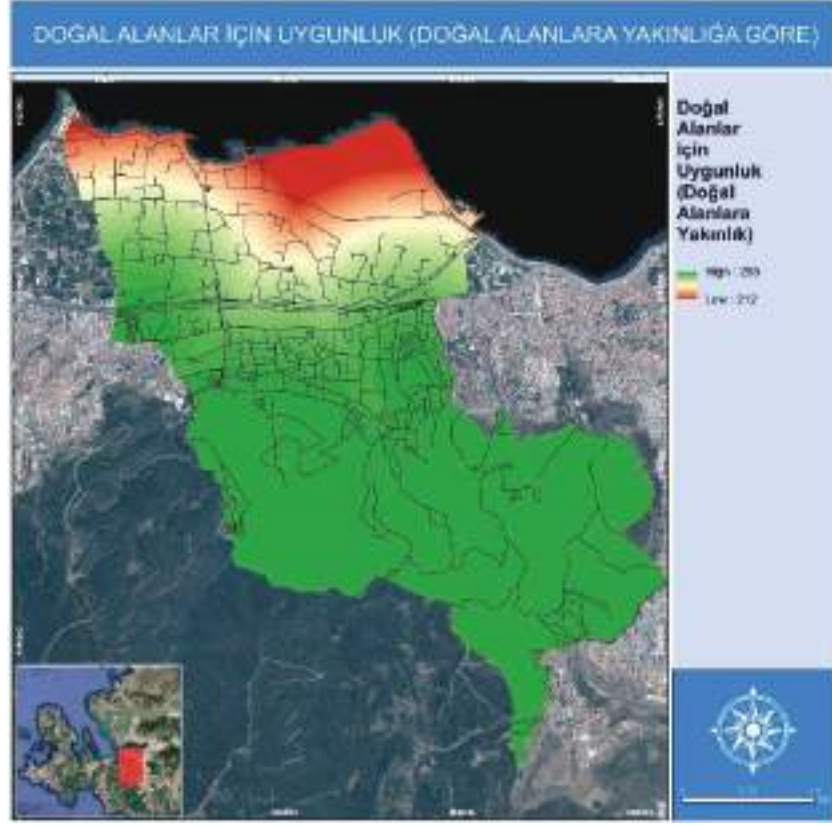
Şekil 3.17. Tarım alanlarına yakınlık açısından tarıma uygunluk



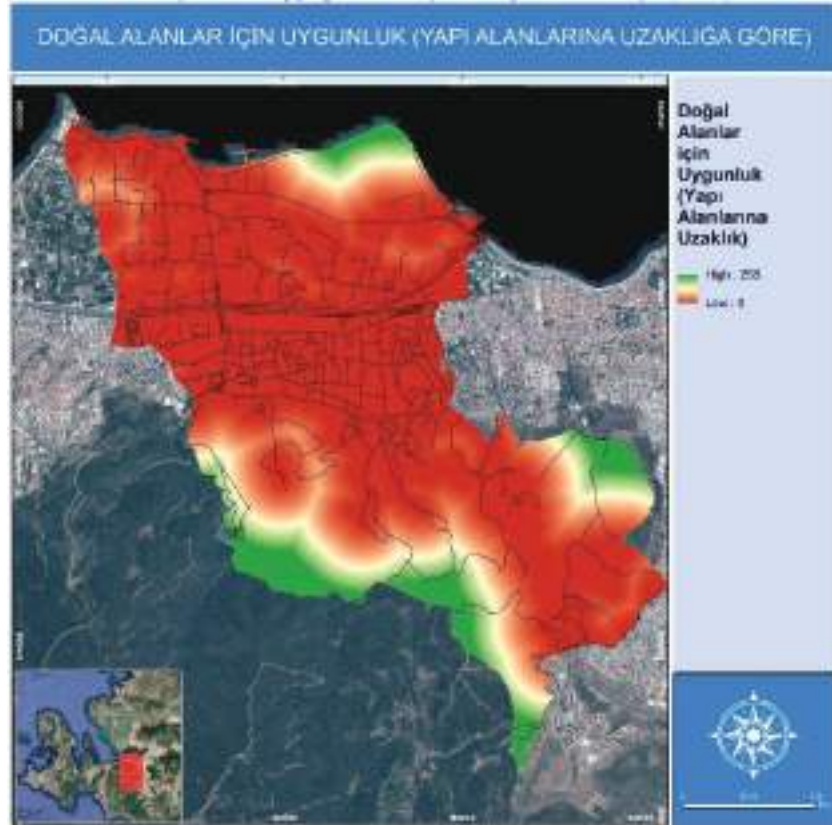
Şekil 3.18. Yola yakınlık açısından tarıma uygunluk



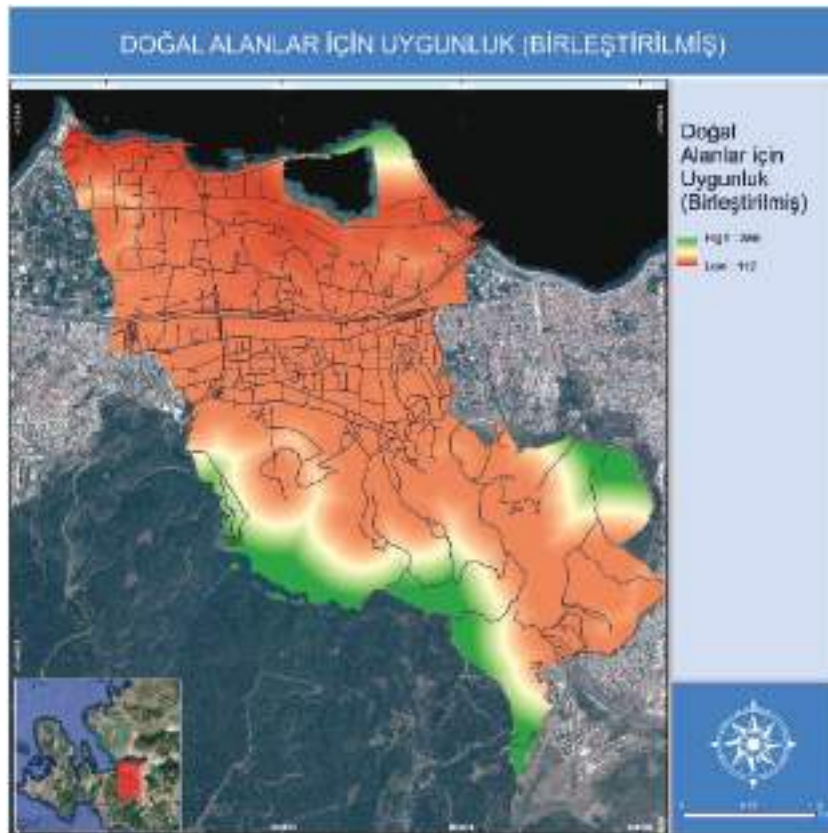
Şekil 3.19. Tarım alanları için uygunluk (Birleştirilmiş)



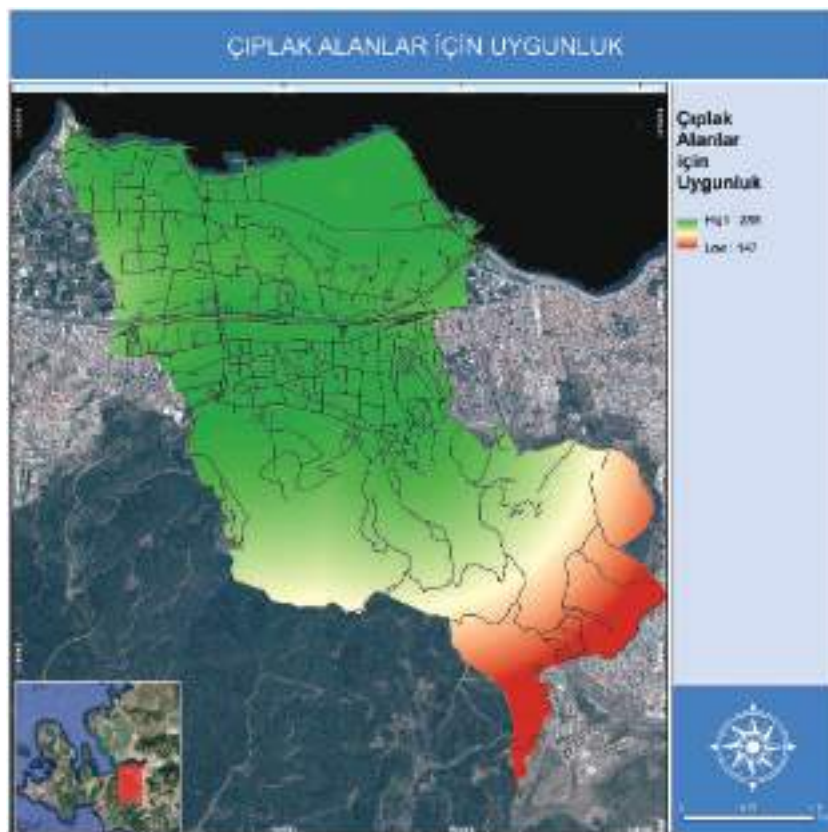
Şekil 3.20. Doğal alanlara yakınlık bakımından doğal alanlar için uygunluk



Şekil 3.21. Yapı alanlarına uzaklık bakımından doğal alanlar için uygunluk



Şekil 3.22. Doğal alanlar için uygunluk (birleştirilmiş)



Şekil 3.23. Çıplak alanlar için uygunluk

3.5. 2050 Yılı Projeksiyonu İçin Geçiş Olasılıkları

Gelecekteki iklim değişikliği senaryoları ile arazi özellikleri arasında sıkı bir ilişki vardır. Peyzajlardaki bu değişimlerin konuma dayalı olarak tahmin edilmesi mümkündür. Buradaki temel yaklaşım, gözlemlenen değişim eğilimlerinden hareketle gelecek durumunun kestirilmesidir.

Değişimin karmaşık bir olgu olduğu, geçmişten günümüze gözlemlenen güdüleyicilerin gelecekte değişebileceği ya da çeşitlenebileceği düşünülebilir. Bu tür modeller gerçekliğe bir yaklaşım sağlar.

Bu bölümde Markov süreçleri kullanılarak daha önceki aşamalarda üretilen haritalara dayalı geçiş olasılıkları ve dönüşüm alan miktarları hesaplanmıştır. Geçiş olasılıkları ve dönüşüm alan miktarları sırasıyla Tablo 3.6 ve 3.7’de verilmiştir.

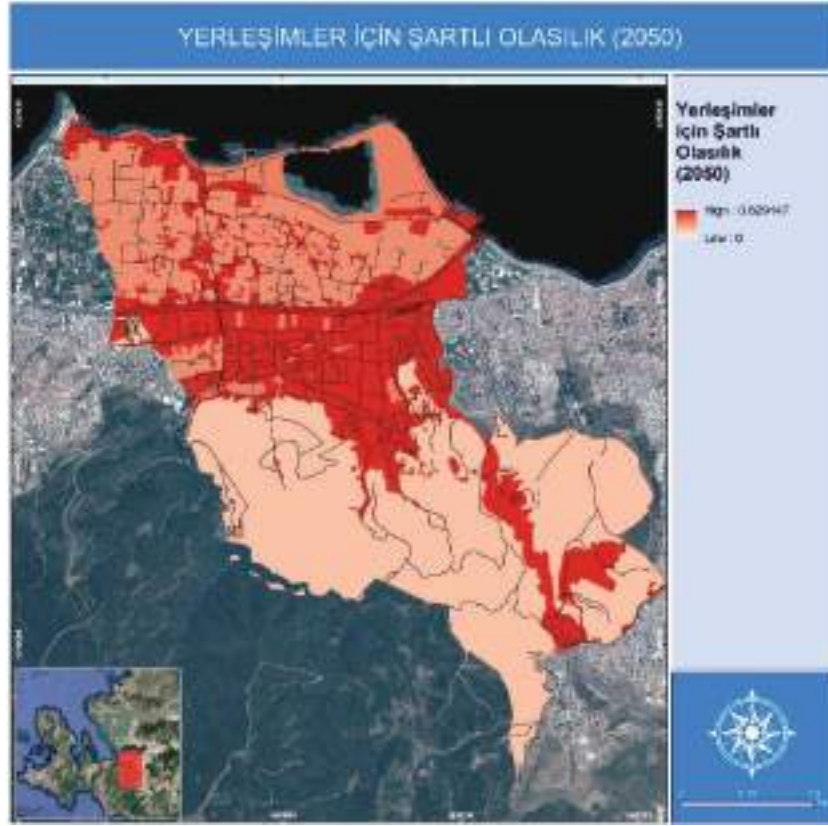
Tablo 3.6. 2050 yılı için beklenen arazi örtüsü/arazi kullanımı geçiş olasılıkları

Arazi Örtüsü/Alan Kullanımı Kategorileri	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Yapı alanları (1)	0,8291	0,1476	0	0	0,0233	0
Açık tarım arazisi (2)	0,3321	0,6462	0,0126	0	0,0091	0
Doğal vejetasyon (3)	0,1837	0	0,799	0	0	0,0173
Zeytinlikler (4)	0,8134	0,1077	0	0,0229	0,0559	0
Çıplak alanlar (5)	0,3743	0,3536	0	0	0,272	0
Su yüzeyleri (6)	0	0	0,0004	0	0,5475	0,4521

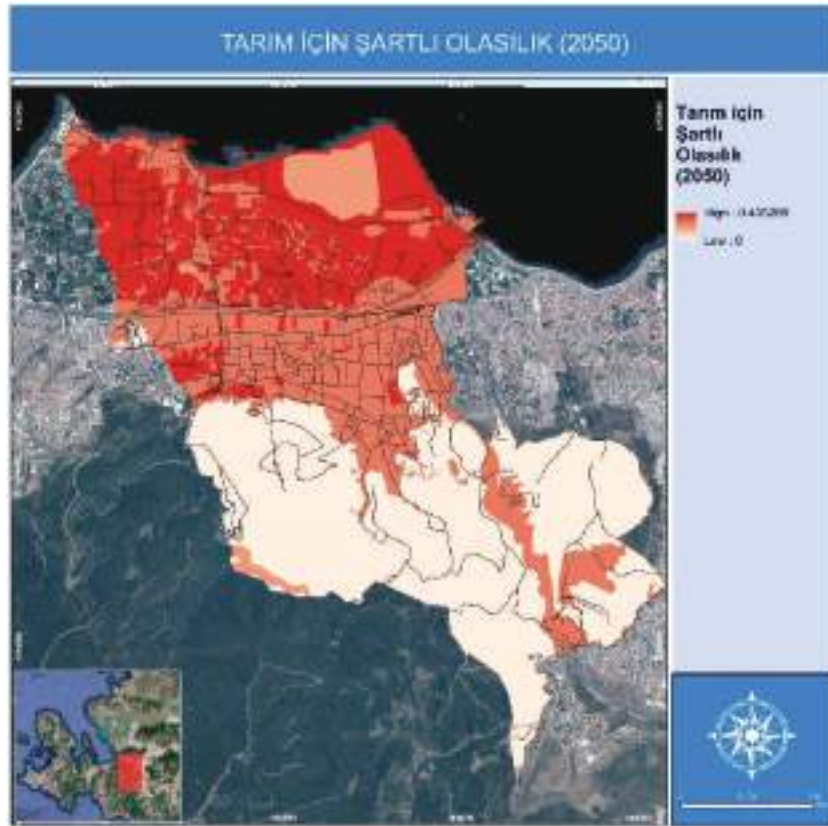
Tablo 3.7. 2050 yılı için beklenen arazi örtüsü/arazi kullanımı dönüşüm alanları miktarları

Arazi Örtüsü/Alan Kullanımı Kategorileri	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Yapı alanları (1)	545,46	97,08	0	0	15,32	0
Açık tarım arazisi (2)	137,47	267,54	5,21	0	3,78	0
Doğal vejetasyon (3)	178	0	774,36	0	0	16,77
Zeytinlikler (4)	2,51	0,33	0	0,07	0,17	0
Çıplak alanlar (5)	44,58	42,11	0	0	32,4	0
Su yüzeyleri (6)	0	0	0,03	0	45,13	37,27

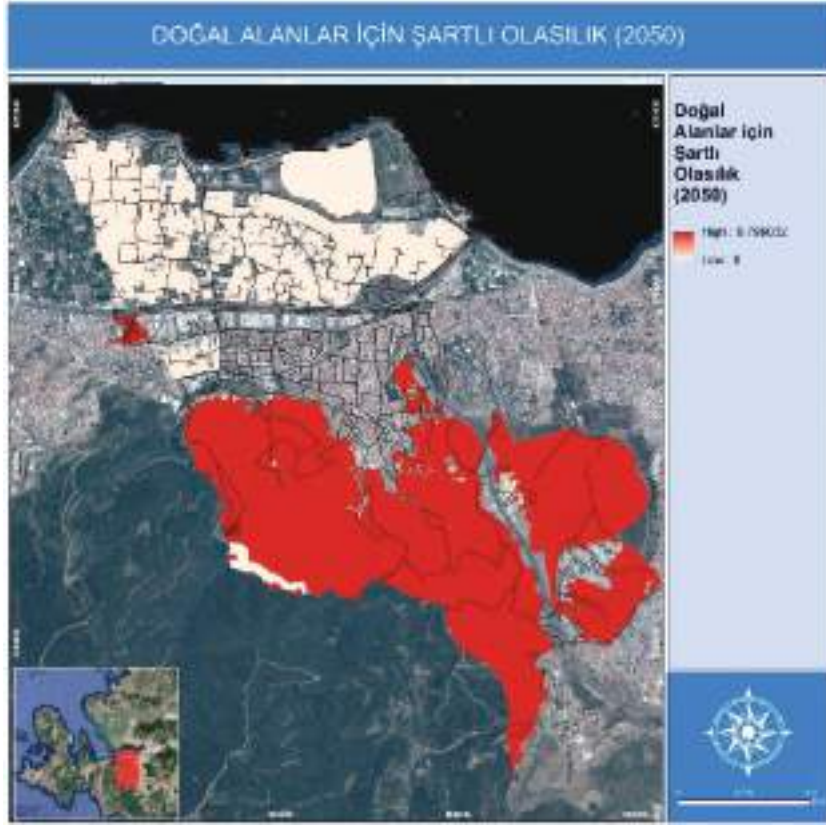
Bu aşamada arazi örtüsü/arazi kullanımı değişiklikleri şartlı olasılık haritaları oluşturulmuştur. Bu haritalar Şekil 3.24-3.28’de verilmiştir.



Şekil 3.24. Yapı alanları için şartlı olasılık



Şekil 3.25. Açık tarım arazisi için şartlı olasılık



Şekil 3.26. Doğal vejetasyon için şartlı olasılık



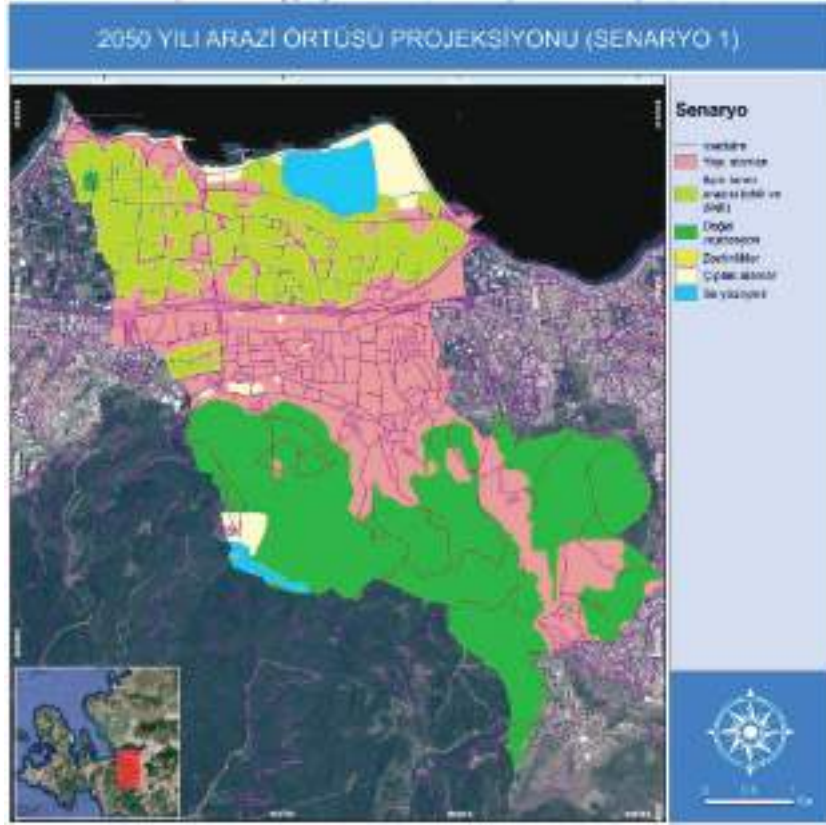
Şekil 3.27. Zeytinlikler için şartlı olasılık

Tablo 3.8. Model senaryoları için kullanılan parametreler

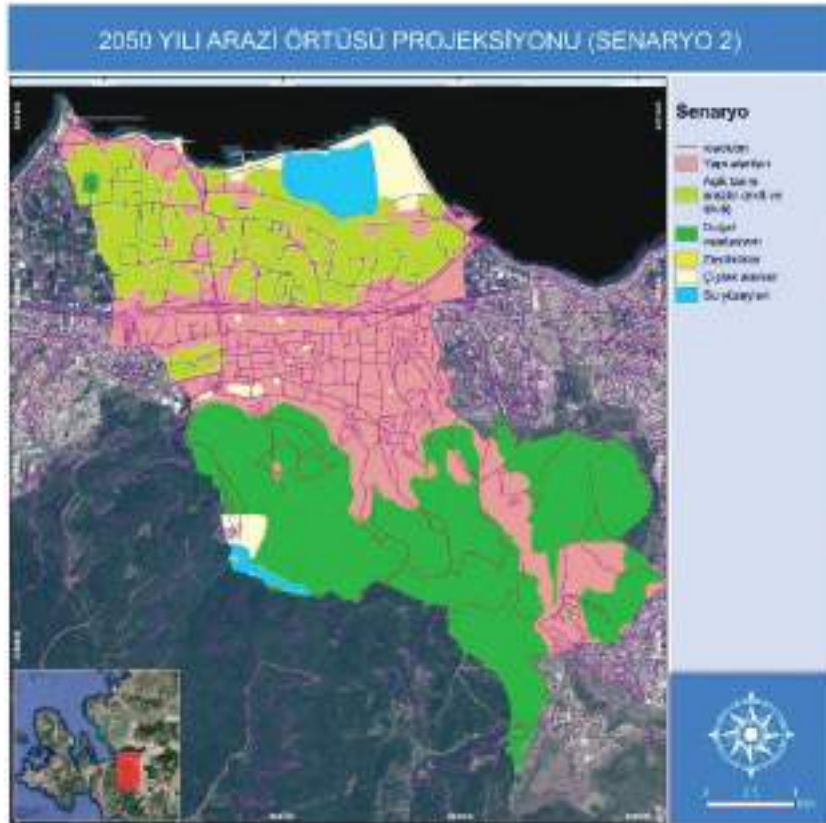
UYGUNLUK FAKTÖRLERİ	Senaryo 1	Senaryo 2
ARAZİ ÖRTÜSÜ	Değer	Değer
Yapı alanları (1)	255	255
Açık tarım arazisi (2)	50	255
Doğal vejetasyon (3)	100	100
Zeytinlikler (4)	50	255
Çıplak alanlar (5)	200	200
Su yüzeyleri (6)	0	0
DİĞER	Katsayı	Katsayı
EĞİM Bu değer ile yapılaşma açısından uygunluk ters orantılıdır. Bir başka ifade ile, eğim değeri arttıkça kentsel gelişim ve yapılaşma için uygunluk azalır. Eğim verisi bu kabul ile bulanık (fuzzy) fonksiyonları kullanılarak standartlaştırılmıştır.	0,25	0,25
BAKİ Bir alanın bakışı, güneşlenme, aydınlanma, rüzgâr potansiyeli gibi biyoklimatik konfor özellikleri ile manzara gibi peyzaj özelliklerini belirler. Güney ve güney ile ilişkili bakılar daha fazla gün ışığı ve aydınlanma sağladıklarından diğer bakı gruplarına göre öncelikli olarak tercih edilir. Deniz manzarası olan konumlar olmayanlara göre daha öncelikli tercihe konu olan alanlardır. Çalışma alanında sadece kuzey ve ilişkili bakılarda deniz manzarası vardır. Güney ve ilişkili bakılar ise gün ışığı ve aydınlanma avantajlarına rağmen bu özellikten yoksundur. Bu nedenle bakı özelliğinin uygunluğa etkisi sınırlı kabul edilmiştir.	0,05	0,05
YERLEŞİMLERE OLAN MESAFE (min: 0; max: 1517 m) Yapılaşma daha çok hâlihazırda var olan yerleşimlerin yakınında ortaya çıkar. Bu nedenle mevcut yerleşimlere yakınlık, yerleşimlerden uzaklaştıkça uygunluk azalacak şekilde standartlaştırılmıştır. Bu amaçla bulanık (fuzzy) fonksiyonları kullanılmıştır.	0,20	0,20
YOLA OLAN MESAFE (min: 0; max: 760 m) Yapılaşma aynı zamanda yolların yakınında, onlarla ilişkili olarak ortaya çıkar. Bu nedenle mevcut yollara yakınlık yüksek değerle ilişkilendirilmiş; yol ağından uzaklaştıkça yerleşim için uygunluk azalacak şekilde bulanık (fuzzy) fonksiyonları kullanılarak standartlaştırılmıştır.	0,25	0,25



Söz konusu parametreler kullanılarak üretilen 2050 yılı tahmin haritaları Şekil 3.29 ve Şekil 3.30'da verilmiştir.

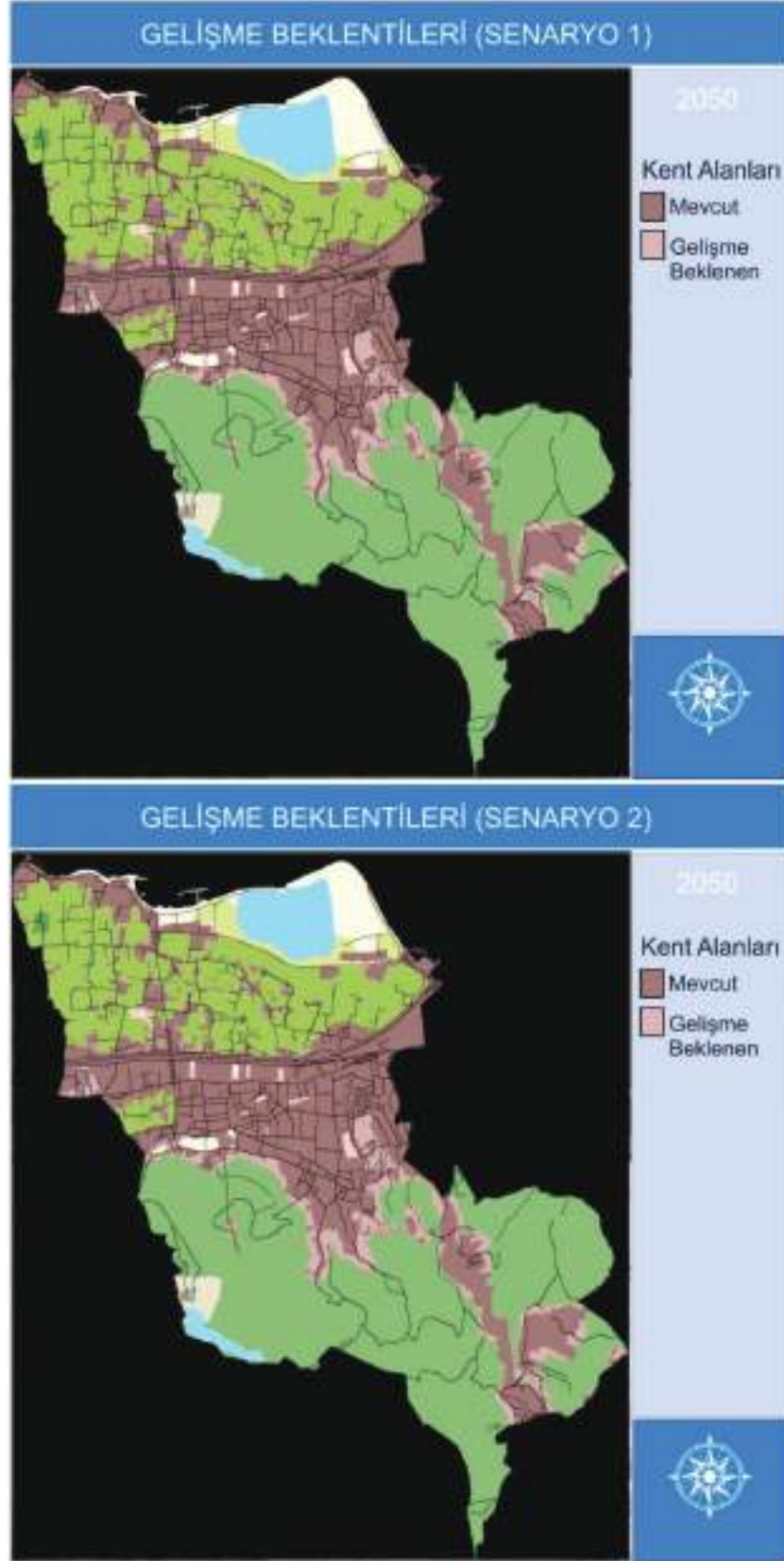


Şekil 3.29. 2050 yılı tahmin görüntüsü (Senaryo 1)



Şekil 3.30. 2050 yılı tahmin görüntüsü (Senaryo 2)

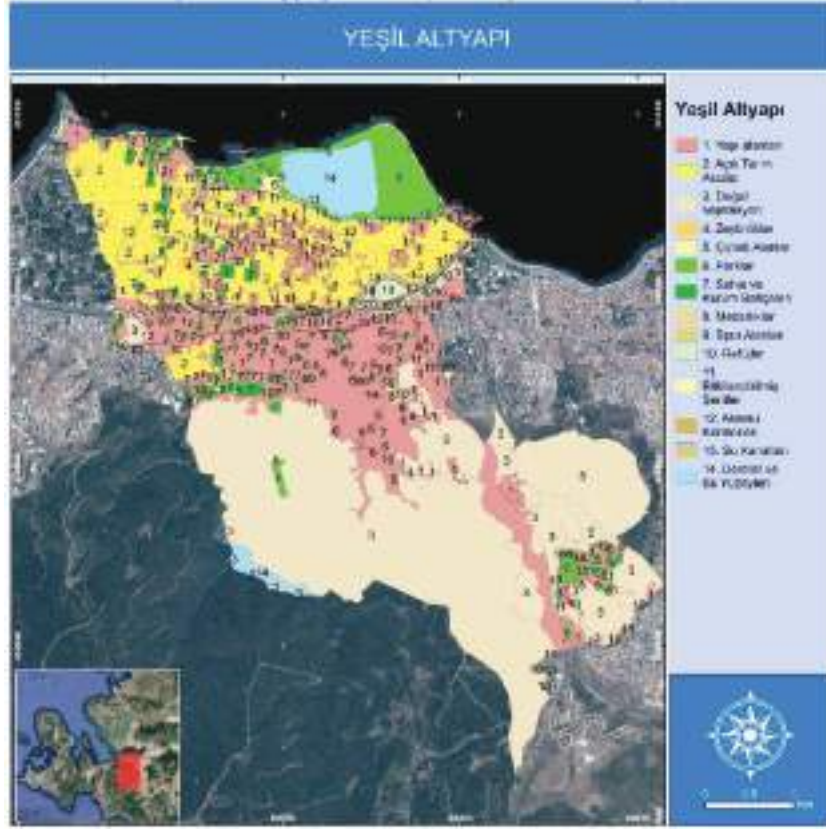
Her iki tahmin görüntüsünde de görüldüğü gibi, alanın kuzeybatı kesiminde deniz kıyısında sınırlı bir yapılaşma tahmini bulunmaktadır. Daha yaygın bir gelişme güney yönünde beklenmektedir. Mevcut ve tahmin edilen gelişimin karşılaştırması Şekil 3.31'de verilmiştir.



Şekil 3.31. Kentsel yapı alanlarının mevcut durumu (koyu kahverengi) ve gelişimin beklendiği (açık kahverengi alanlar) (Üst: Senaryo 1; Alt: Senaryo 2)

3.7. İzmir İli Balçova İlçesi İçin Kentsel Yeşil Altyapı Sistemi

Balçova ilçesi yeşil altyapı sistemi haritalanmıştır. Haritalamada kullanılan 14 sınıf ve bunların yersel ilişkileri Şekil 3.32'de verilmiştir.



Şekil 3.32. Balçova ilçesi yeşil altyapı sistemi (2016 yılı)

3.7.1. Kentsel Yeşil Altyapı Sisteminin Kompozisyon ve Konfigürasyonu

Bu bölümde kentsel yeşil altyapı sisteminin kompozisyon ve konfigürasyonu çeşitli metrikler kullanılarak analiz edilmiştir. Bu metrikler şunlardır:

- Sınıfın peyzaja oranı
- En büyük parça indisi
- Çevre-alan oranı
- İlgili kapsayıcı daire
- En yakın komşu mesafesi
- Benzer komşuluklar oranı

Hesaplanan metrik değerleri Tablo 3.9'da verilmiştir.



Tablo 3.9. İzmir İli Balçova İlçesine Ait Kentsel Yeşil Altyapı Sisteminin Kompozisyon ve Konfigürasyon Özellikleri

Sınıf Kodu	Sınıfın Adı	Sınıfın Peyzaja Oranı (%)	En Büyük parça İndisi (%)	Çevre-Alan oranı	İlgili kapsayıcı daire	En Yakın komşu mesafesi	Benzer komşuluklar oranı
1	Yapı alanları	26,13	20,88	21.017,22	0,45	18,17	98,89
2	Açık tarım arazisi (ekili ve dikili)	15,88	7,33	25.757,78	0,45	4,59	99,34
3	Doğal vejetasyon	42,82	31,55	23.734,45	0,46	9,67	99,84
4	Zeytinlikler	0,14	0,14	357,89	0,69	N/A	99,11
5	Çıplak alanlar	1,11	0,68	27.188,95	0,46	13,76	95,22
6	Parklar	5,24	3,26	2.418,70	0,62	56,24	99,03
7	Şahıs ve kurum bahçeleri	2,54	0,21	1.804,62	0,62	39,48	97,84
8	Mezarlıklar	0,10	0,10	395,37	0,66	N/A	99,01
9	Spor alanları	0,18	0,10	1.111,58	0,51	415,11	98,53
10	Refüjler	1,85	0,30	8.628,12	0,76	25,24	95,65
11	Bitkilendirilmiş şeritler	0,29	0,03	2.664,38	0,90	73,82	93,92
12	Akarsu koridorları	0,05	0,02	4.267,69	0,96	155,40	88,25
13	Su kanalları	0,03	0,03	2.071,63	0,93	N/A	94,82
15	Dereler ve diğer su yüzeyleri	3,66	3,07	166,77	0,62	3.859,59	99,76

3.7.2. Yeşil Altyapı Sisteminin Zayıf ve Güçlü Özellikleri

- Yeşil altyapı, bir ekosistemin bitkisel özelliklerinin bir ifadesi olarak kabul edilebilir.
- Yeşil altyapı, sıcaklık, yağış miktarı ve rejimi gibi iklimsel özellikler ile ilgili olduğu kadar değişen iklim koşulları ile de doğrudan ilişkili bir kavramdır.
- Biyokütlenin tutulması, yüzey akışının düzenlenmesi ve yaşam konforu ile ilgili diğer hizmetlerin sağlanması için güçlü bir yeşil altyapı gereklidir.
- Yeşil altyapı ile ilgili bir envanter (bir bölgedeki bitkisel özelliklerin miktarı ve niteliği) iklim değişikliğinin olumsuz etkilerine uyum sağlamada geliştirilecek stratejiler için ilk aşamadır.
- Yeşil altyapı haritası, bu envantere ait yersel bilgiyi içerir.
- Ancak yeşil altyapıyı oluşturan özelliklerin dağılımı, şekil ve büyüklükleri gibi özellikler de mekânsal öneriler geliştirmede eşit derecede önemlidir. Bu nedenle, çeşitli metriklerin hesaplanmasından elde edilen bilgi iklim değişikliğinin etkilerine karşı uyum stratejilerinin geliştirilmesinde yol göstericidir.

Yukarıdaki açıklamalar da dikkate alındığında yeşil altyapı sisteminin güçlü ve zayıf yönlerini ortaya koyan değerlendirme Tablo 3.10'da verilmiştir.



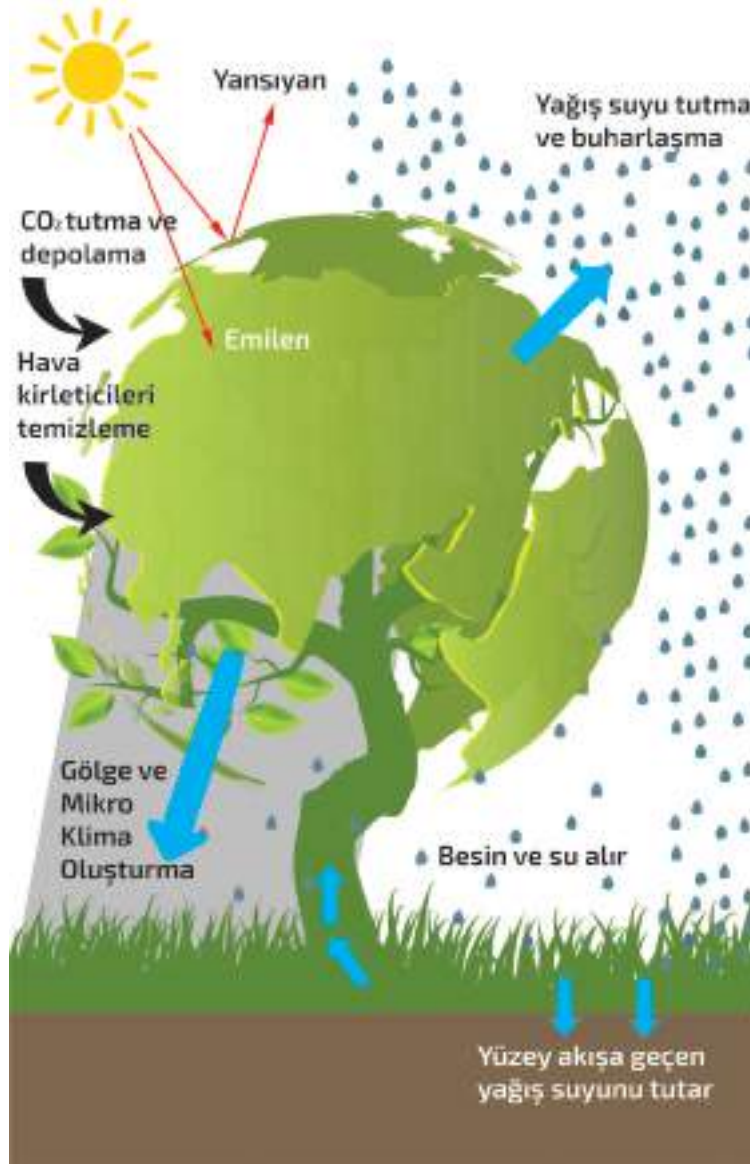
Tablo 3.10. Balçova ilçesinin yeşil altyapı sisteminin zayıf ve güçlü özellikleri

Genel Özellikler	Güçlü Yönler	Zayıf yönler
Alanın yaklaşık $\frac{1}{4}$'ü yapı alanları (ve ilişkili alanlar) ile kaplıdır. Açık tarım arazilerinin oranı tüm alanın yaklaşık % 15'i düzeyindedir En Büyük Parça İndisi verilerine göre doğal vejetasyon en büyük parça değerine sahiptir (Tüm alanın yaklaşık % 32'si). Bunu yapı alanları takip etmektedir (~ % 32). İlgili Kapsayıcı Daire, parça şekillerinin kompakt oluşunu ölçer. Buna göre, refüjler, bitkilendirilmiş şeritler, akarsu koridorları, su kanalları ince-uzun; zeytinlikler, parklar, şahıs ve kurum bahçeleri, mezarlıklar ve spor alanları yarı kompakt; yapı alanları, tarım alanları, doğal vejetasyon ve çıplak alanlar ise yüksek düzeyde kompakt sınıflar olarak belirlenmiştir. En yakın komşu mesafesi, aynı özelliği taşıyan birbirinden fiziksel olarak bağımsız parçalar arasındaki uzaklık değerlerinin ifadesidir (örneğin: ortalama). Bu açıdan bakıldığında, hesaplanan metrik değerleri tarım arazileri ve doğal vejetasyon dışında tüm yeşil sınıflarının birbirlerine uzak şekilde dağılmış olduğunu göstermektedir.	Alanda farklı özelliklerde 15 adet yeşil altyapı sınıfı bulunması, bu peyzaj özelliklerinden sağlanacak yarar ve elde edilecek hizmetlerin çeşitlendirilmesi açısından bir avantajdır. Doğal vejetasyon sınıfı oransal olarak en geniş alanı kaplamaktadır. Bu özelliğin yerleşim alanlarının yakın komşuluğunda olması bir avantajdır. Alandaki en büyük parçanın doğal alanlar sınıfına ait olması bir avantajdır.	Yeşil altyapı sınıflarının kaplama oranları birbirinden farklıdır. Yeşil altyapının önemli bir bölümünü parklar, şahıs ve kurum bahçeleri ve refüjler oluşturmaktadır. Diğer yeşil altyapı sınıflarının kaplama oranları ise % 1'den azdır. Bu durum yeşil altyapı sisteminin kendi içerisindeki çeşitliliğini azaltmaktadır. Alandaki en büyük parçalardan birinin yapı alanları sınıfına ait olması bir dezavantajdır. Yeşil altyapıya ilişkin unsurların birbirlerine yakın olması, bağlantılılık ve sağlanacak hizmetler açısından istenen bir durumdur. Açık tarım arazileri dışındaki yeşil altyapı parçaları, birbirlerine uzaktır. Bu durum bir dezavantaj olarak değerlendirilebilir.



BÖLÜM 4

Ekosistem Servislerinin Haritalanması



Ekosistem Servislerinin Haritalanması

4.1. İzmir İli Balçova İlçesi Kentsel Yeşil Alanlarının Yüzey Akışa Geçen Yağış Suyunu Tutma Kapasitesinin Hesaplanması ve Haritalanması

Yeşil alanların sağladığı düzenleyici ekosistem servislerinden yağış suyu tutma, bu alanların yüzey akışa geçen suyu yağış suyunu tutarak yeraltı ve yerüstü su kaynaklarına iletme kapasitesi olarak tanımlanır ve yeryüzündeki su döngüsünün sağlanması için ekolojik açıdan büyük önem taşır.

Yeryüzüne düşen yağışın bir kısmı bitkiler ve toprak tarafından tutulur, bir kısmı yüzey akışa geçer. Bitkiler yaprak, dal, gövde ve sürgün vb. toprak üstü organlarıyla yağmurun hızının yavaşlatılmasına ve suyun toprağa iletilmesine, kökleriyle suyun toprağa sızmasına yardımcı olur. Geçirimli yüzeyler yağış sularının yüzey akışa geçmeden toprak tarafından tutulmasını, yüzey altı ve yüzey üstü su kaynaklarına iletilmesini sağlar²². Bitkilerle kaplı yeşil alanlar, üzerinde bitki örtüsü bulunmayan alanlardan daha yüksek yağış tutma kapasitesine sahiptir.

Kentsel alanlarda geçirimsiz sert yüzeylerin artması ve açık-yeşil alanların bu artışa ters orantılı olarak azalması sonucunda, yağış sonrası yağmur suları toprağa yeterli oranda sızamaz. Geçirimsiz yüzeyler nedeniyle toprağa sızamayan yağış suyu yüzey akışa geçer ve düşük kotlu alanlarda toplanır. Bu alanlarda gereğinden fazla toplanan su, taşkın, sel vb sorunlar yaşanmasına neden olur²³⁻²⁴.

Yeşil alanların yağış suyu tutma potansiyeli SCS-CN (Curve Number - Eğri Numarası) Yöntemi kullanılarak hesaplanmıştır²⁴. SCS-CN yöntemi yağış, toprak yapısı, arazi kullanım/yüzey örtüsü verileri ile yüzey akış tahmini yapabilen bir yöntemdir.

$$Q = \frac{(P - 0.2S)^2}{(P + 0.8S)}$$

$$S = 2540/CN - 25.4$$

$$V_r = Q \times A / 1000$$

Formülde Q yüzey akış derinliği (mm), P yağış (mm), S yüzey akış başladıktan sonraki maksimum birikim potansiyeli (cm), CN eğri numarası, A alan (m²), Vr yüzey akış hacmini (m³) ifade eder.

Arazi kullanım tiplerinin CN değerleri toprak tipi, jeomorfolojik yapı ve eğim özellikleri dikkate alınarak belirlenmiştir²⁵⁻²⁶, hesaplamalarda İzmir kentinin 10 yıl 24 saatlik yağış verileri dikkate alınarak 113 mm yağış değeri kullanılmıştır (Tablo 4.1).



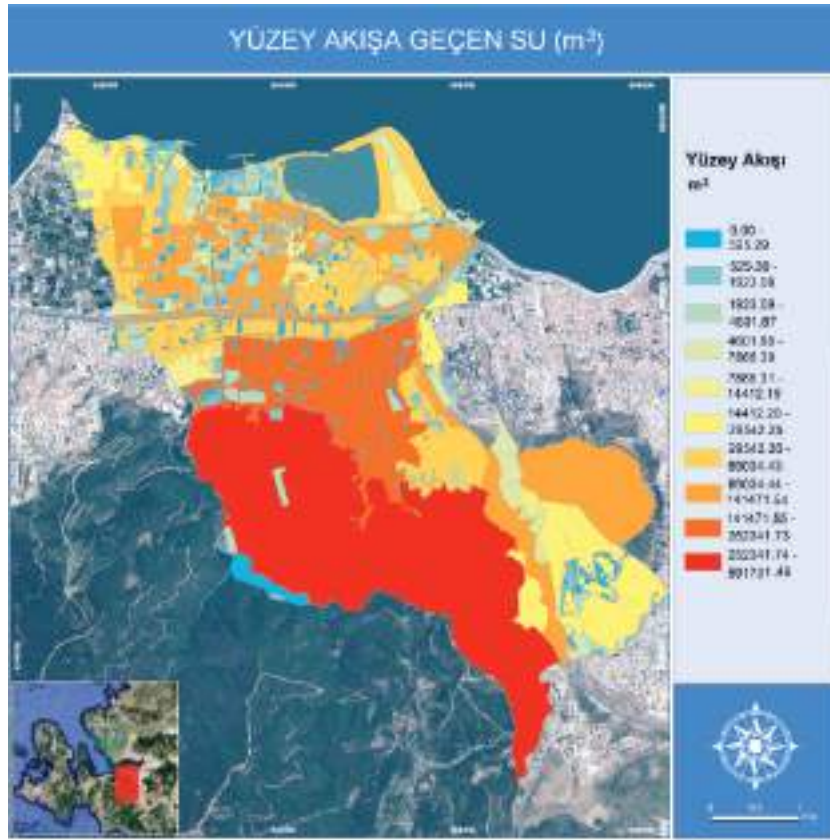
Tablo 4.1. Balçova ilçesinde yüzey akışa geçen yağış suyu

Sınıf Adı	Yüzey akışa geçen yağış suyu m ³	Yüzey akışa geçen yağış suyu m ³ /m ²
Yapı alanları	672.072,33	0,12
Açık tarım arazisi (ekili ve dikili)	275.378,60	0,07
Doğal vejetasyon	911.306,43	0,09
Zeytinlikler	2.909,42	0,07
Çıplak alanlar	10.285,25	0,13
Parklar	116.243,03	0,10
Şahıs ve Kurum Bahçeleri	58.570,66	0,10
Refüj	41.733,74	0,10
Mezarlık	2.218,09	0,98
Spor Alanı	5.295,77	0,11
Bitkilendirilmiş şeritler	6.474,17	0,10
Toplam	2.102.487,49	-

Balçova ilçesinde yüzey akışa geçen yağış suyu miktarı 2.014.313,28 m³ olarak hesaplanmıştır. Bu su, toprak doygunluğa ulaştıktan sonra toprak tarafından tutulamayan ve yüzey akışa geçen su miktarıdır. Doğal vejetasyonla kaplı alanlar 911.306,43 m³ (0,09 m³/m²) ilçede en yüksek yağış suyu tutma potansiyeline sahiptir. Bunun nedeni doğal alanların ilçede alansal büyüklük açısından en geniş arazi örtüsü olması ve yüksek eğimli yamaçlar üzerinde bulunmasıdır. Doğal alanları 672.072,33 m³ (0,12 m³/m²) ile büyük ölçüde asfalt ve beton gibi geçirimsiz yüzeylerle kaplı olan yapı alanları izlemektedir (Tablo 4.1.).

Ağırlıklı olarak otoyol ile kıyı arasında bulunan ekili ve dikili tarım arazilerinin yağış suyu tutma potansiyeli 275.378,60 m³ (0,07 m³/m²) tür. Tarım arazileri ayrıca metrekarede yüzey akışa geçen su açısından en düşük değere sahip arazi kullanım tipidir. İlçedeki parklarda yüzey akışa geçen yağış suyu 116.243,03 m³ (0,10 m³/m²)'tür. Şahıs ve kurum bahçelerinde yüzey akışa geçen su miktarı 58.570,66 m³ (0,10 m³/m²), bu değer yaklaşık yarısı kadardır. Yol kenarlarında bulunan refüjler 41.733,74 m³, bitkilendirilmiş şeritler ise 6.474,17 m³ (0,10 m³/m²) yağış suyu tutma potansiyeline sahiptir (Şekil 4.1).





Şekil 4.1. Balçova ilçesinde yüzey akışa geçen yağış suyu (m³)

Sekiz mahallesi bulunan Balçova ilçesinde yeşil alanların büyüklükleri, içerdikleri bitki örtüsünün çeşitliliği, yapısı ve yoğunluğu ile bu alanların mahalleler içindeki dağılımı farklılık göstermektedir. Kentsel yeşil alanlarda yüzey akışa geçen yağış suyunu tutma potansiyeli yüksek olan mahalleler geniş orman, orman-maki karışımı vejetasyonlarıyla kaplı doğal alanları içeren Çetin Emec, Korutürk, Teleferik, Fevzi Çakmak Mahalleleri ile tarım arazilerine sahip İnciraltı ve Bahçelerarası Mahalleleridir.

4.2. İzmir İli Balçova İlçesindeki Kentsel Yeşil Alanlarda Bulunan Bitki Örtüsünün CO₂ Tutma Kapasitesinin (ton/ha) Hesaplanması ve Haritalanması

Fotosentez sırasında karbon içeren moleküller üretilir²⁷. Odunsu bitkiler büyüme süreçlerinde atmosferdeki karbonu tutma ve depolama yeteneğine sahiptir²⁸⁻²⁹. Ağaçların atmosferdeki karbonu fotosentez sürecinde kullanması karbon tutma (carbon sequestration), karbonu yaprak, dal, sürgün ve kök gibi canlı biyokütlerde biriktirmesi karbon depolama (carbon storage) olarak tanımlanır. Geniş taç yapısına sahip boylu ağaçlarca bir yılda tutulan karbon miktarı küçük taç yapısına sahip kısa boylu ağaçlarca tutulan karbon miktarından fazladır³⁰.

Bitkiler tarafından tutulan ve depolanan karbon miktarı bitkinin türü, büyüme özellikleri, yaşı, formu, büyüme dönemi süresi, bulunduğu ortamın özellikleri ve çevresinde bulunan bitki örtüsünün yoğunluğuna bağlı olarak değişir³⁰⁻³¹. Kentlerde bulunan ağaçlar büyüme dönemleri süresince atmosferdeki karbonu tutar ve depolar, ağaçların organları ya da tamamı ölüp, parçalanma sürecine girince karbonu atmosfere geri verir³². Yeşil alanların yönetiminde yapılan uygulamalar ağaçların karbon tutma ve depolama dinamiklerini etkiler. Ağaçların budanması ya da kesilmesi, karbonun atmosfere geri dönmesine neden olur³³.

Kentsel yeşil alanlardaki bitki örtüsünün (ağaç ve ağaççıkların) yıllık karbon tutma potansiyeli³⁴ tarafından ağaç ve ağaççıkların gövde kalınlıkları ve taç örtüsüne bağlı mekansal dağılımını dikkate alarak biyokütle ve karbon tutma tahmini yapmak için geliştirilen eşitlik [katsayı x ağaç örtüsü (%) x alan] kullanılarak hesaplanmıştır. Eşitlikteki katsayı yeşil alanlardaki ağaç ve ağaççıkların gövde kalınlıkları ile bu bitkilerin alanlar içindeki mekansal dağılımlarına bağlı olarak literatürde verilen değerler dikkate alınarak belirlenmiştir³⁴.

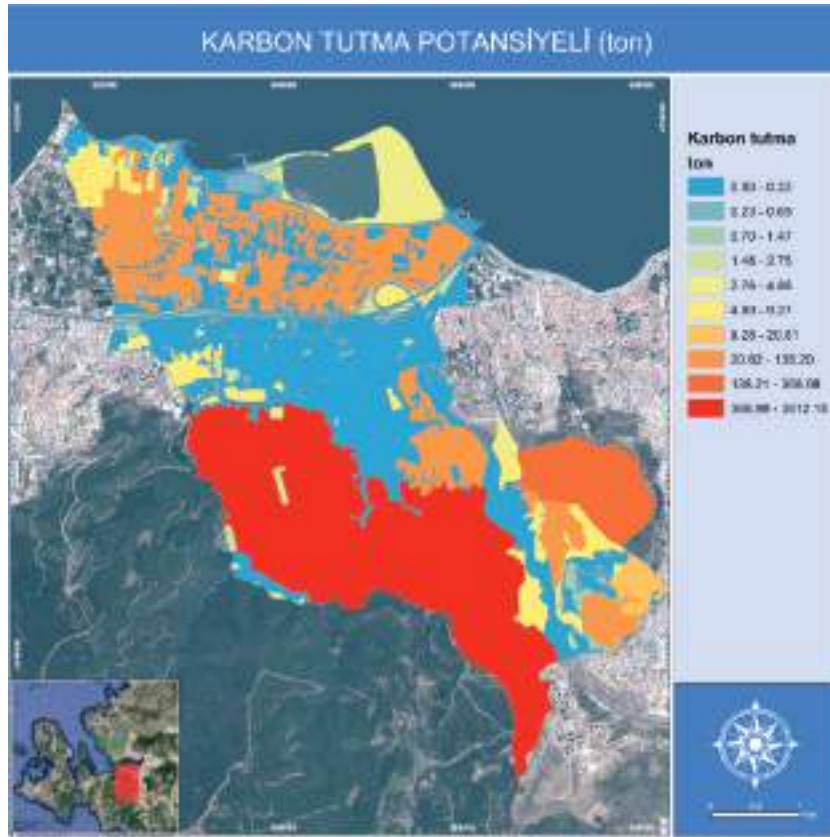
Arazi çalışmalarıyla bakım ve yönetimi İzmir Büyükşehir Belediyesi ile Balçova Belediyesi'nin yetki ve sorumluluğu altında bulunan park, spor alanı, refüj ve bitkilendirilmiş alan vb. yeşil alanlardaki ağaç ve ağaççıkların envanterleri çıkartılmış, diğer alanlardaki ağaç ve ağaççıklar için örnekleme yapılarak bitki örtüsünün özellikleri belirlenmiştir. Taç örtüsü yoğunluğu (ağaç kapallılık yüzdesi) 2016 tarihli Pleiades uydu görüntüsünün yorumlanması ve arazi gözlemlerindeki taç örtüsü ölçümleriyle belirlenmiştir.

Balçova ilçesindeki yeşil alanlarda tutulan karbon miktarı 4.973,87 t/yıl (0,24 kg/m²/yıl) olarak hesaplanmıştır. Doğal vejetasyonla kaplı alanlar 4.323,73 t/yıl ile ilçede en yüksek karbon tutma potansiyeline sahip yeşil alanlardır. Bunu 366,29 t/yıl (0,10 kg/m²/yıl) ile otoyolun kuzeyinde bulunan ekili ve dikili tarım arazileri izlemektedir. Tarım arazilerinin karbon tutma potansiyelinin yüksek olmasının nedeni, bu alanların ¼'üne yakın bölümünün narenciye bahçelerinden oluşmasıdır. İlçenin %2'sini kaplayan şahıs ve kurum bahçelerinin karbon tutma potansiyeli tarım arazilerinden yaklaşık üç kat daha düşüktür (103,71 t/yıl - 0,10 kg/m²/yıl). Balçova'da yaklaşık %1,37 oranında bir alan kaplayan parklardaki bitki örtüsünün 47,80 t/yıl (0,16 kg/m²/yıl) karbon tutma potansiyeli bulunduğu belirlenmiştir. Balçova ilçesinde bulunan parklar kıyıda ve otoyolun güneyindeki kentsel doku içinde dağınık bir dağılım göstermektedir. En yüksek karbon tutma potansiyeline sahip parklar mesire alanı, Sakarya Parkı ve İnciraltı Kent Ormanı'dır. Parklardan daha geniş alan kaplayan refüjlerin karbon tutma potansiyeli 87,13 t/yıl (0,21 kg/m²/yıl) olarak hesaplanmıştır. Ağırlıklı olarak yol kıyılarında oluşturulan bitkilendirilmiş şeritlerdeki ağaç ve ağaççıkların ise 31,22 t/yıl karbon tutma potansiyeli bulunduğu belirlenmiştir (Tablo 4.2, Şekil 4.2 ve Şekil 4.3).

Tablo 4.2. Balçova ilçesindeki kentsel yeşil alanlardaki bitki örtüsünün karbon tutma potansiyeli

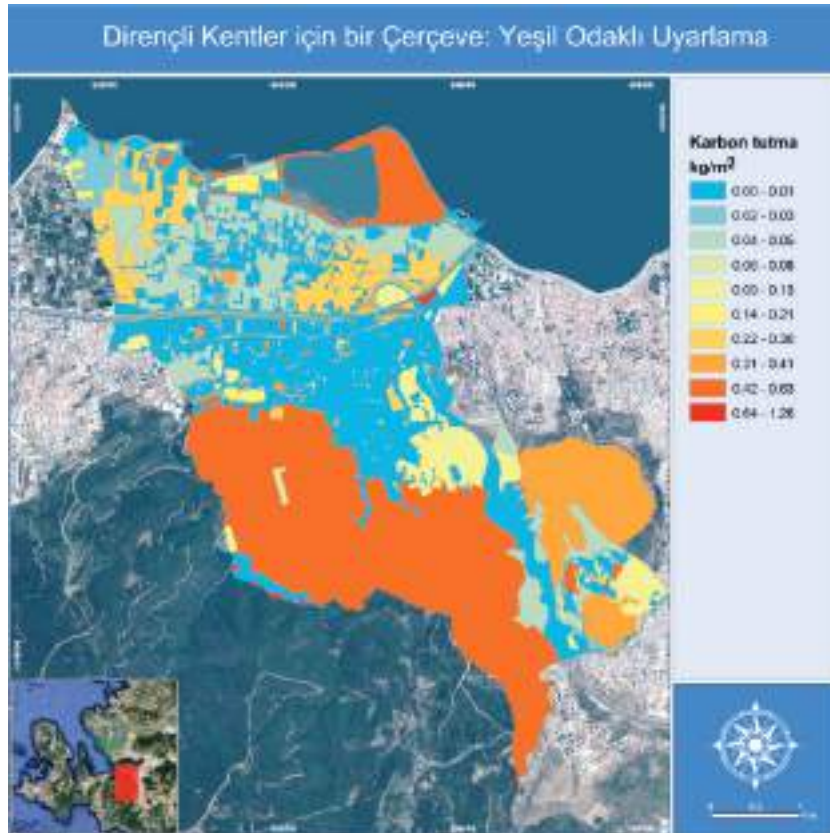
Yeşil Alan Adı	Karbon tutma (ton/yıl)	Karbon tutma (kg/m ² /yıl)	CO ₂ tutma (ton/yıl)
Yapı alanları	-	-	-
Açık tarım arazisi	366,29	0,10	1.342,92
Akarsu koridoru	2,09	0,20	7,66
Doğal vejetasyon	4.323,73	0,45	15.852,09
Zeytinlikler	0,59	0,02	2,16
Çıplak alanlar	-	-	-
Parklar	47,80	0,16	175,24
Şahıs ve Kurum Bahçeleri	103,71	0,19	380,23
Refüj	87,13	0,21	319,44
Mezarlık	6,8	0,30	24,93
Spor Alanı	4,42	0,09	16,20
Bitkilendirilmiş şeritler	31,22	0,48	144,46
Toplam	4.973,87	0,24	18.235,69

Bitkilendirilmiş şeritlerin alansal büyüklük açısından parkların toplam alanından daha küçük alana sahip olmasına karşın parkların karbon tutma potansiyeline yakın bir değere sahip olmasının nedeni, bu alanlarda geniş taç yapısına sahip, boylu ağaçların bulunmasıdır. Benzer şekilde yeşil alanlar içinde karbon tutma potansiyeli yüksek olan alanlar beş metrenin üzerinde boy yapan, geniş gövde ve taç örtüsüne sahip ağaçlarla kaplıdır.



Şekil 4.2. Balçova ilçesindeki kentsel yeşil alanların karbon tutma potansiyeli (ton)

Balçova ilçesinde karbon tutma potansiyeli en yüksek olan mahalle en geniş orman, orman-maki karışımı vejetasyonlarıyla kaplı doğal alanları içeren Çetin Emeç Mahallesidir.



Şekil 4.3. Balçova ilçesindeki kentsel yeşil alanların karbon tutma potansiyeli (kg/m²)



4.3. İzmir İli Balçova İlçesi Kentsel Yeşil Alanlarının Hava Temizleme Kapasitesinin Hesaplanması ve Haritalanması

Hava kirliliği günümüzde büyük şehirlerin en önemli problemlerinden biridir. Kirleticiler atmosferde gaz (nitrojendioksit-NO₂, sülfurdioksit-SO₂, ozon-O₃) ve partikül madde (PM2.5 - boyutları 2.5 mikrondan daha küçük partikül madde / PM10 - boyutları 2.5-10 mikron arasında olan partikül madde) şeklinde bulunur.

Solunum ve kalp rahatsızlıkları başta olmak üzere ve tüm canlıların sağlığı üzerinde olumsuz etkilere ve birçok sağlık sorununa neden olur³⁵. Fosil yakıt tüketimi hava kirliliğini artırır ancak kirlilik sadece kış aylarında ortaya çıkan bir sorun değildir. Sıcak ve kuru hava koşulları atmosferdeki kirlitici konsantrasyonun yükselmesine neden olur.

Bitkilerle kaplı olan yeşil alanlar atmosferde bulunan kirleticileri filtre ederek hava kalitesini iyileştirir. Ağaçlar havadaki kirleticileri solunum sırasında yapraklarındaki stomalardan absorbe ederek ya da yaprak yüzeylerinde tutarak filtreler. Yaprak yüzeyinde tutulan bu kirleticiler ağaç yaprak dökene ya da yapraklar yağışla yıkanana kadar bitki üzerinde kalır³⁶. Bu nedenle geniş taç yapısı, yüksek ağaç yaprak alanına sahip büyük yapraklı ağaçların bulunduğu yeşil alanların hava temizleme işlevi fazladır³⁷.

Kirlitici gaz ve partikül maddeler atmosferden kuru ve ıslak çökme şeklinde uzaklaşır. Islak çökme yağışlı, kuru çökme yağışsız dönemlerde gerçekleşir. Bir yüzey yakınından geçen gaz ve partikül maddelerin bu yüzey tarafından tutulması kuru çökme olarak tanımlanır³⁸. Partikül maddelerin niteliği, atmosferdeki kirlitici madde oranı, iklim koşulları ve çökme yüzeyi özellikleri gibi birçok faktöre bağlı olarak değişir. Bitki yüzeylerinde gerçekleşen kuru çökme, stomalar tarafından kontrol edilir ve stomaların açık olduğu büyüme dönemlerinde çökme hızı yüksektir³⁹⁻⁴⁰.

Balçova ilçesi 2016 yılı arazi örtüsü/arazi kullanım ve yeşil altyapı, haritaları, yeşil alanlardaki ağaçların taç genişlikleri ve yoğunlukları, yeşil alanlardaki ağaçların yaprak yüzey alanı, Balçova hava kalitesi izleme istasyonunun 2017 yılına ait saatlik ve günlük hava kirliliği ölçüm değerleri, günlük ve saatlik sıcaklık, rüzgar ve yağış verileri kullanılarak kentsel yeşil alanlardaki bitki örtüsünün hava temizleme kapasitesi hesaplanmış ve haritası üretilmiştir.

Hava kirliliği konsantrasyonuna ait ölçüm değerleri Çevre Şehircilik Bakanlığı Ulusal Hava Kalite İzleme Ağı'ndan, iklim verileri Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden temin edilmiştir⁴¹⁻⁴². Yaprak yüzey alanı; ağaç türü, taç örtüsü yoğunluğu, arazi gözlemleri ile ağaç türüne özgü geçmiş çalışmalar dikkate alınarak belirlenmiştir.

Kentsel yeşil alanların hava temizleme kapasitesi NO₂, SO₂ ve PM10 için bu alanlarda bulunan ağaçların atmosferdeki kirleticileri tutma kapasitesi dikkate alınarak kuru çökme yöntemine dayanarak tahmin edilmiştir³⁸⁻⁴³.

$$F_i = Vd(\text{cm/sn}) \times C(\text{g/m}^3)$$

$$F_{it} = F_i \times A \times T$$

$$F = \sum_{i=1}^3 F_{it}$$

Eşitliklerde **F**: kuru çökme akışı (mg/m²/gün), **VD**: çökme hız değeri, **A**: alan, **T**: zaman aralığı, **C**: atmosferdeki kirlitici konsantrasyonunu (mg/m³) ifade eder.

Hesaplamalarda Balçova'da bulunan ağaçların 2017 yılı büyüme dönemi (Nisan - Ekim ayları arası 214 gün, 12sa/gün) dikkate alınmış, yağışlı saatler hesaplama dışında tutulmuştur. SO₂, NO₂ ve PM10 için kuru çökme hız değeri ilgili literatürden 0,55 cm/sn, 0,37 cm/sn, ve 0,64 cm/sn olarak kabul edilmiştir⁴⁴⁻⁴⁵.

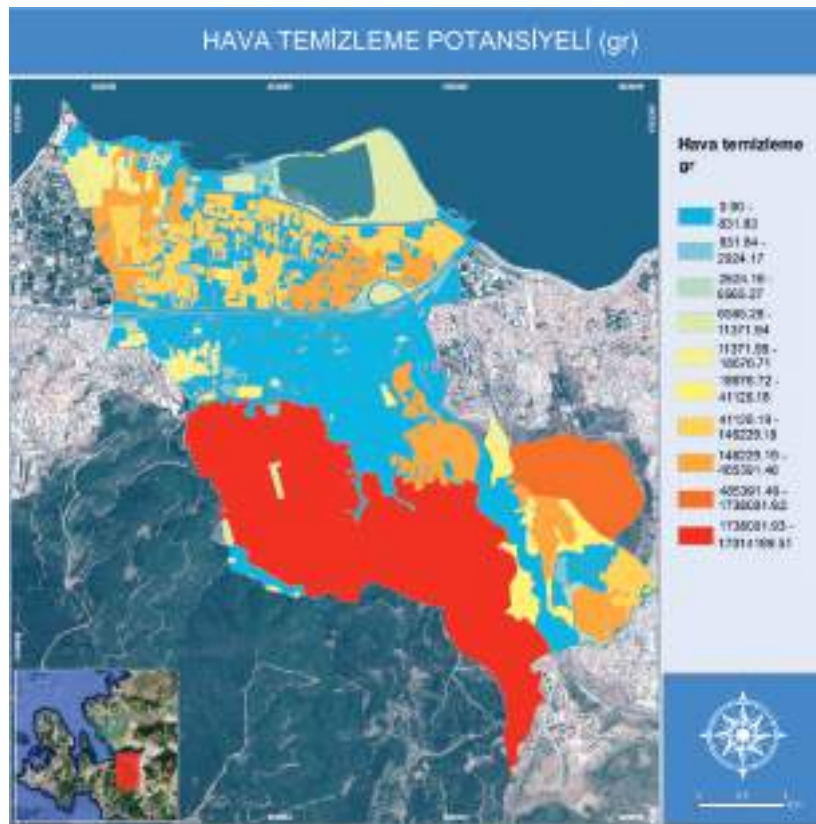
Balçova ilçesindeki yeşil alanlarda tutulan kirlitici miktarı 21.818.233 gr/yıl olarak hesaplanmıştır. Doğal vejetasyonla kaplı alanlar 20.365.967 gr/yıl (3,9 gr/m²/yıl) ile ilçede en yüksek kirlitici tutma potansiyeline sahip yeşil alanlardır. Bunu 774.911 gr (0,8 gr/m²/yıl) ile ¼'üne yakın bölümünün narenciye bahçelerinden oluşan ekili ve dikili tarım arazileri izlemektedir. İlçenin %2'sini kaplayan şahıs ve kurum bahçelerinin kirleticileri tutma potansiyeli tarım arazilerinden yaklaşık yarısı kadardır (453.301 gr - 3,2 gr/m²/yıl) (Tablo 4.3).



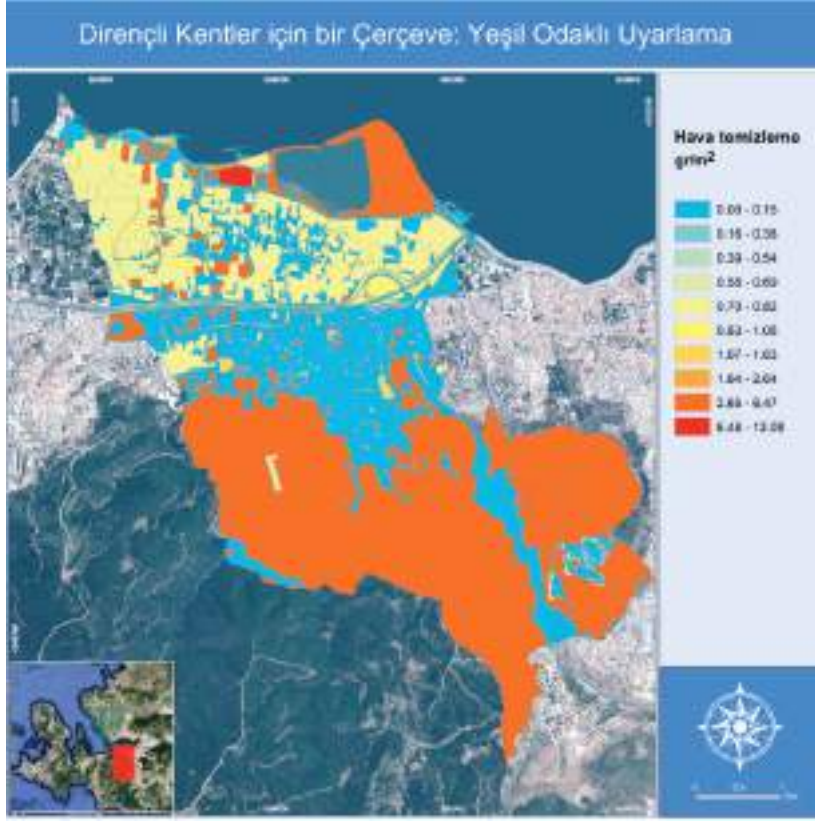
Parklardaki bitki örtüsünün 58.754 gr/yıl (2,20 gr/m²/yıl) kirletici tutabileceği belirlenmiştir. Çoğunluğu nispeten küçük taç örtüsüne sahip genç ağaçlardan oluşan bitki örtüsüne sahip olan yapı alanları içinde yer alan parkların hava temizleme işlevleri düşüktür. Yeşil alanlar içinde hava kirleticilerini tutma potansiyeli yüksek olan alanlar geniş taç örtüsüne sahip büyük yapraklı, boylu ağaçları içeren, İnciraltı sahil şeridinde süreklilik gösteren parklardır. Refüjlerdeki ağaçların 77.003 gr/yıl (1,13 gr/m²/yıl), yol kıyılarında oluşturulan bitkilendirilmiş şeritlerdeki ağaç ve ağaççıkların ise 52.830 gr/yıl (1,30 gr/m²/yıl) kirletici tutma potansiyeli bulunmaktadır (Tablo 4.3, Şekil 4.4 ve Şekil 4.5).

Tablo 4.3. Balçova ilçesindeki kentsel yeşil alanlardaki bitki örtüsünün hava temizleme potansiyeli

Yeşil Alan Adı	NO ₂ (gr/yıl)	SO ₂ (gr/yıl)	PM10 (gr/yıl)	Toplam kirletici (gr/yıl)	Toplam kirletici (gr/m ²)
Yapı alanları	-	-	-	-	-
Açık tarım arazisi (ekili ve dikili)	197.681	249.079	32.8151	77.4911	0,80
Akarsu koridoru	815	1.027	2.152	3.994	1,10
Doğal vejetasyon	4.156.320	5.236.963	10.972.684	20.365.967	3,90
Zeytinlikler	322	419	878	1.629	1,04
Çıplak alanlar	-	-	-	-	-
Parklar	11.991	15.108	31.655	58.754	2,20
Şahıs ve Kurum Bahçeleri	92.511	116.563	244.227	453.301	3,20
Refüj	15.715	19.800	41.488	77.003	1,13
Mezarlık	5.537	6.977	14.619	27.133	1,50
Spor Alanı	522	696	1.460	2.708	1,10
Bitkilendirilmiş şeritler	10.782	7.900	34.148	52.830	1,30
Toplam	802.910	1.011.666	2.119.683	21.818.233	1,62



Şekil 4.4. Balçova ilçesindeki kentsel yeşil alanların hava temizleme potansiyeli (gr)



Şekil 4.5. Balçova ilçesindeki kentsel yeşil alanların hava temizleme potansiyeli (gr/m²)

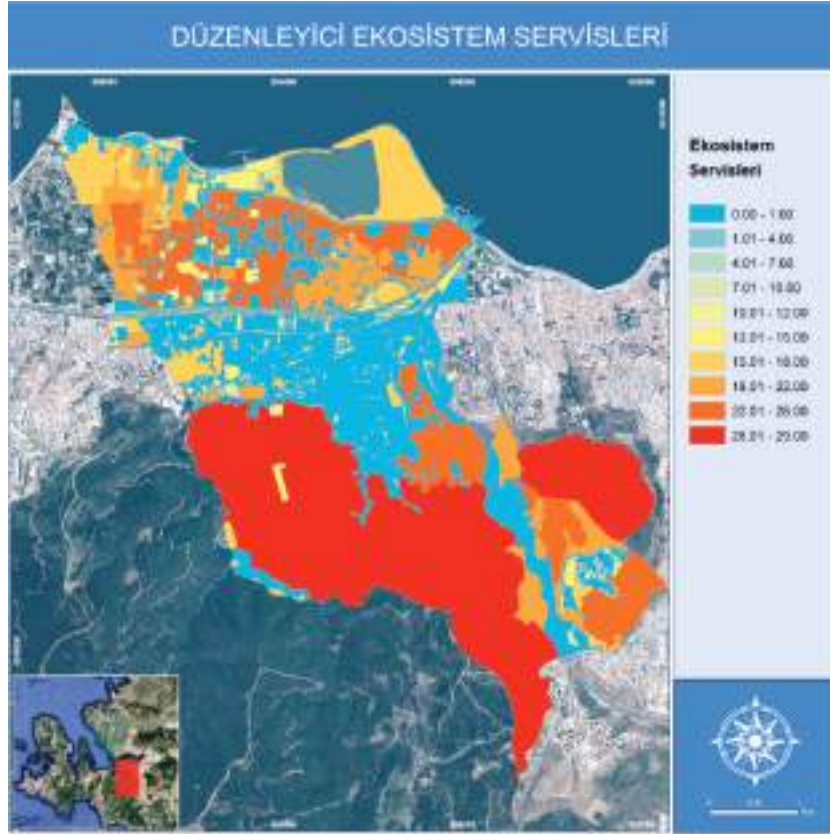
Hava temizleme potansiyeli en yüksek olan mahalleler geniş orman, orman-maki vejetasyonlarıyla kaplı doğal alanlar ile geniş taç yapısına sahip yetişkin ağaçlarla kaplı parkları içeren Çetin Emec, Bahçelerarası, İnciraltı ve Teleferik Mahalleleridir.

4.4. İzmir İli Balçova İlçesi Kentsel Yeşil Alanlarının Düzenleyici Ekosistem Servisleri Kapasitesinin Hesaplanması ve Haritalanması

Balçova ilçesindeki kentsel yeşil alanların yüzey akışa geçen yağış suyu, karbon tutma ve hava temizleme ekosistem servislerini içeren birleştirilmiş düzenleyici ekosistem servisleri haritası Şekil 4.6'da verilmiştir.

Balçova ilçesindeki yeşil alanlarda tutulabilecek, yüzey akışa geçen yağış suyu miktarı 1.430.415,16 m³, bu alanlardaki ağaç ve ağaççıklar tarafından tutulan karbon miktarı 4.973,87 t/yıl (0,24 kg/m²/yıl), ve atmosferden uzaklaştırılan kirletici miktarı 21,81 t/yıl (1,62 gr/m²/yıl) olarak hesaplanmıştır (Tablo 4.4).

Ekosistem servisleri kentsel gelişme alanları içinde dengeli bir dağılım göstermemektedir. Düzenleyici ekosistem servisleri açısından en büyük katkı doğal alanlara aittir. Bunu sırasıyla ekili ve dikili tarım alanları, kurum ve şahıs bahçeleri, refüjler, bitkilendirilmiş şeritler ve parklar izlemektedir. Yapı alanı içinde yer alan kentsel yeşil alanların sağladığı ekosistem servisleri düşük düzeydedir. Bunun nedeni yeşil alanların alansal büyüklüklerinin küçük, geçirimsiz yüzeylerinin fazla ve bitki taç örtüsünün zayıf olmasıdır. Yeşil alanlar içinde küçük bir orana sahip olan parkların karbon ve kirletici tutma potansiyelleri diğer yeşil alan tiplerine göre düşük, yüzey akışa geçen yağış suyu tutma kapasitesi ise bu alanlardaki geçirimsiz yüzey miktarının fazla olması nedeniyle yüksektir. Bulgular ağaç varlığı ve taç örtüsü miktarı arttıkça, yeşil alanların sağladığı ekosistem servisleri miktarının arttığını göstermiştir. Bahçelerarası ve İnciraltı Mahallelerindeki tarım arazileri ile şahıs ve kurum bahçelerinin sağladığı ekosistem servisleri bu alanlardaki geçirimli yüzey miktarı ve bitki örtüsü yoğunluğu nedeniyle fazladır.



Şekil 4.6. Balçova ilçesindeki kentsel yeşil alanların birleştirilmiş düzenleyici ekosistem servisleri haritası

Tablo 4.4. Balçova ilçesindeki kentsel yeşil alanların sağladığı düzenleyici ekosistem servisleri

Yeşil Alan Adı	Yağış suyu tutma (m ³)	Karbon tutma (ton/yıl)	Kirletici tutma (gr/yıl)
Yapı alanları	-	-	-
Açık tarım arazisi (ekili ve dikili)	275.378,60	366,29	774.911
Akarsu koridoru	-	2,09	3.994
Doğal vejetasyon	911.306,43	4.323,73	20.365.967
Zeytinlikler	2.909,42	0,59	1.629
Çıplak alanlar	10.285,25	-	-
Parklar	116.243,03	47,80	58.754
Şahıs ve Kurum Bahçeleri	58.570,66	103,71	453.301
Refüj	41.733,74	87,13	77.003
Mezarlık	2.218,09	6,8	2.7133
Spor Alanı	5.295,77	4,42	2.708
Bitkilendirilmiş şeritler	6.474,17	31,22	52.830
Toplam	1.430.415,16	4.973,87	21.818.233



BÖLÜM 5

Sonuçlar ve Öneriler



Sonuçlar ve Öneriler

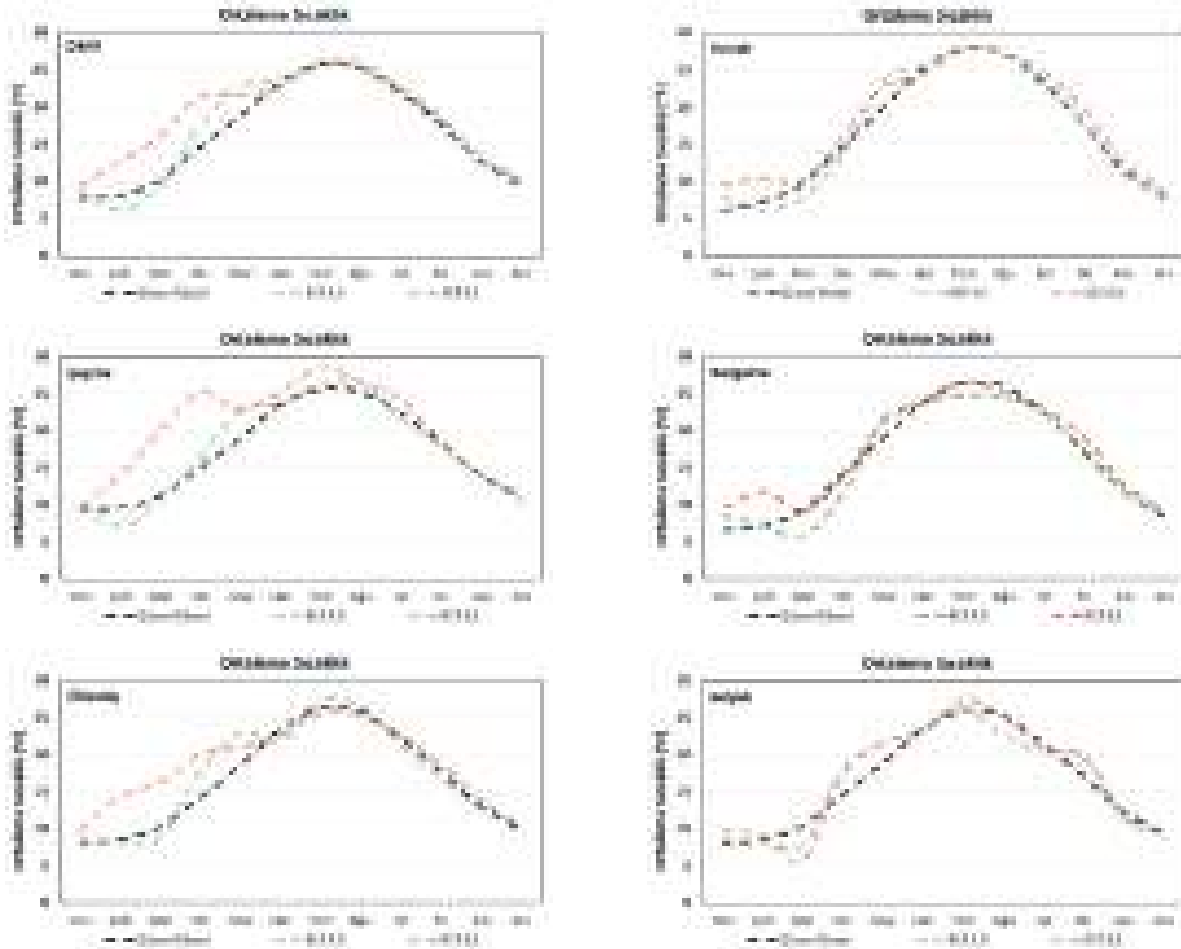
İklim değişikliğinin olumsuz etkilerine karşı kentsel direncin artırılması için alınacak önlemler geniş yersel ölçekli ve uzun vadeli stratejik önlemlerden, kısa vadeli yerel önlemlere kadar değişiklik gösterir. Bu önerilerin geliştirilmesi için özellikle sıcaklık ve yağışta oluşacak değişimlerin iyi anlaşılması gerekmektedir. Proje bulguları çerçevesinde bu değişimler aşağıda özetlenmiştir.

5.1. Sıcaklık ve Yağış Değişimleri Kapsamında Öneriler

5.1.1. Ortalama Sıcaklık

İzmir ili içerisinde iklim değişikliğinin sıcaklık yönünden etkisinin özellikle Ocak-Temmuz periyodunda daha yoğun bir şekilde hissedileceği görülmektedir.

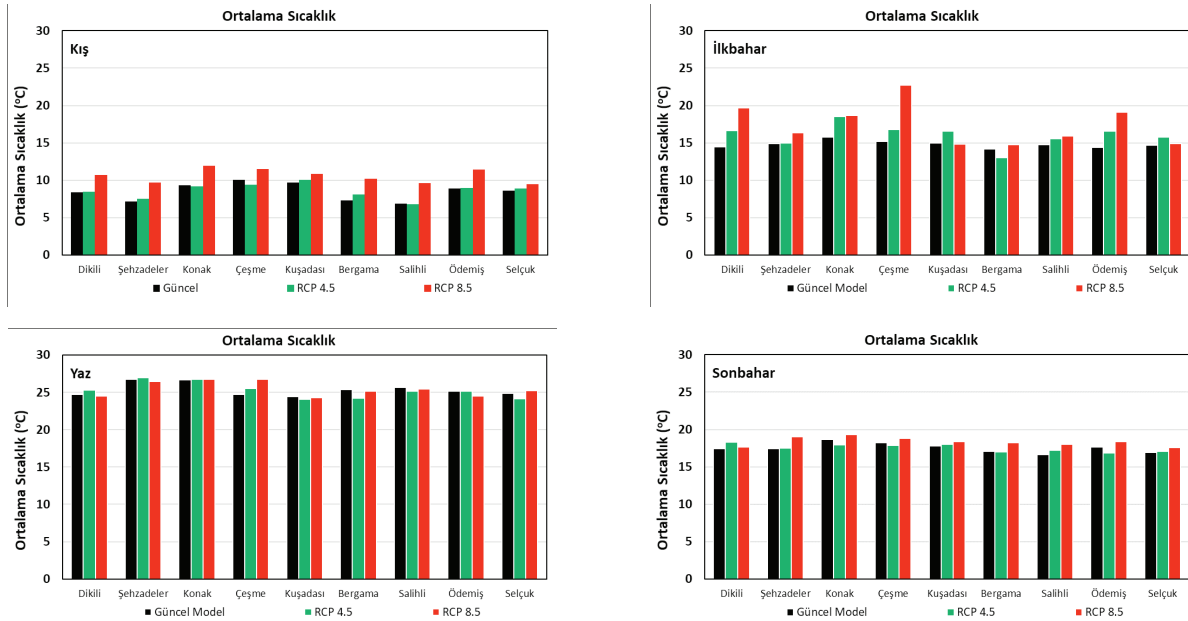
RCP 4.5 senaryosuna göre 2050-2100 yılları dönem aralığı için özellikle Nisan ayından sonra sıcaklıkların güncel duruma göre artış gösterdiği, RCP 8.5 senaryosunda ise Selçuk ilçesi hariç diğer yerleşim merkezlerinde yıl boyunca güncel durumdan daha sıcak olacağı tahmin edilmiştir (Şekil 5.1).



Şekil 5.1. İzmir ili iklim istasyonları güncel dönem (1971-2000) ve gelecek dönem (2050-2100) aylık ortalama sıcaklık verileri

En soğuk üç ayın ortalama sıcaklık değişiminde RCP 4.5 senaryosuna göre 2050-2100 yılları dönem aralığı için 0-2 °C arasında sıcaklık düşüşü, RCP 8.5 senaryosuna göre ise en soğuk üç ayın ortalama sıcaklığında 2 °C'den fazla artış beklenmektedir. En sıcak üç ayın ortalama sıcaklık değişiminde RCP 4.5 senaryosuna göre 2050-2100 yılları dönem aralığı için alanın batı kesiminde 2°C'ye kadar sıcaklığın artabileceği, RCP 8.5 senaryosuna göre ise en sıcak üç ayın ortalama sıcaklığında alçak kesimlerde 3°C'den fazla artacağı beklenmektedir.

İzmir ilinde iklim değişikliğinin etkisi mevsimsel olarak incelendiğinde kış aylarında RCP 4.5 senaryosuna göre aylık ortalama sıcaklıklar güncel değerlerle paralel seyretmesi beklenirken, RCP 8.5 senaryosunda ise önemli derecede artış olacağı görülmektedir. İlkbahar döneminde ise Bergama ilçesi dışında diğer istasyonlarda RCP 4.5 senaryosuna göre artış beklenmektedir. RCP 8.5 senaryosunda ise Dikili, Konak, Çeşme ve Ödemiş ilçelerinde diğer ilçelere göre daha fazla artış meydana gelecektir. Yaz döneminde ortalama sıcaklığın RCP 4.5 ve RCP 8.5 senaryolarına göre Çeşme ilçesi dışında diğer istasyonlarda küçük oranda değişikliğin olacağı görülmektedir. Sonbahar döneminde ise RCP 4.5 senaryosunda -0,75-0,88 °C arasında değişiklik beklenirken, RCP 8.5 senaryosunda 0,70 -1,60 °C arasında artış beklenmektedir. (Şekil 5.2).



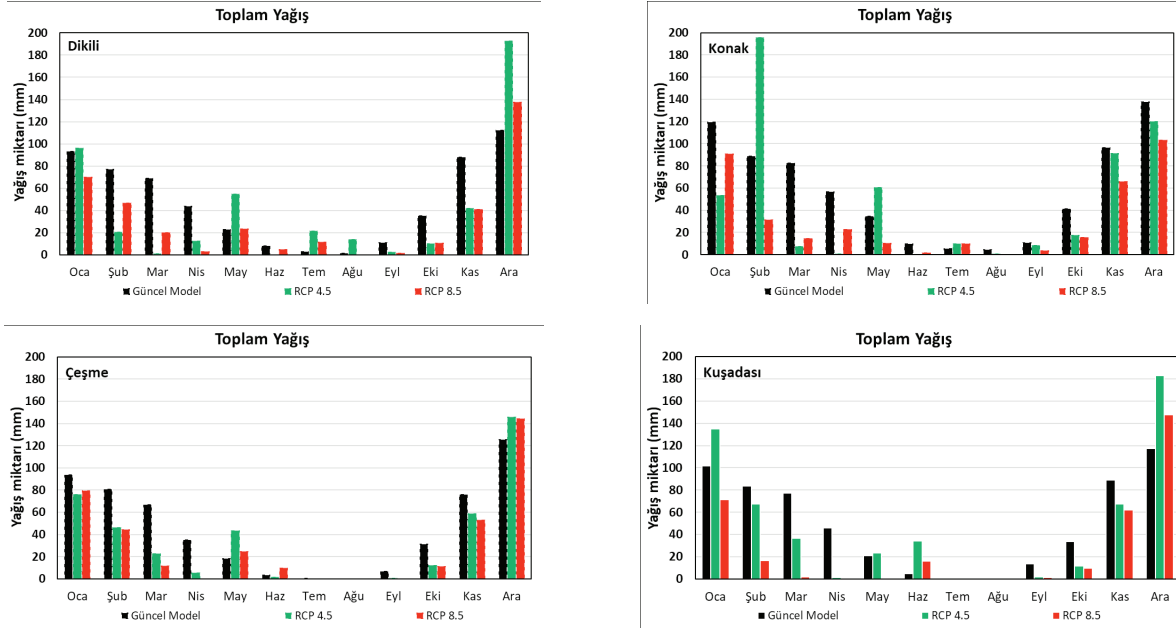
Şekil 5.2. Mevsimlere göre İzmir ili iklim istasyonları güncel dönem (1971-2000) ve gelecek dönem (2050-2100) aylık ortalama sıcaklık verileri

5.1.2. Toplam Yağış

İklim değişikliği altında İzmir ili için yağış miktarında gelecek dönem (2050-2100) için RCP 4.5 senaryosuna göre bir artışın olacağı, ancak RCP 8.5 senaryosunda ise önemli derecede yağış miktarında azalmanın olacağı öngörülmektedir.

İzmir bölgesinde güncel durumdaki yağış düzeni değişerek yağışların belirli dönemlerde yoğunlaşacağı tahmin edilmiştir, bu durum beraberinde sel, taşkın ve yüksek erozyon risklerini getirmektedir. Özellikle Mart ve Nisan aylarında meydana gelen yağışların Mayıs ayında toplanacağı, Ekim-Kasım aylarında meydana gelen yağışların ise Aralık ayında toplanacağı öngörülmektedir. Şubat ve Mayıs aylarında Konak ilçesinde yağış miktarının RCP 4.5 senaryosuna göre mevcut durumdan iki kat daha fazla olacağı, RCP 8.5 senaryosunda ise iki kat azalacağı tahmin edilmiştir (Şekil 5.3).

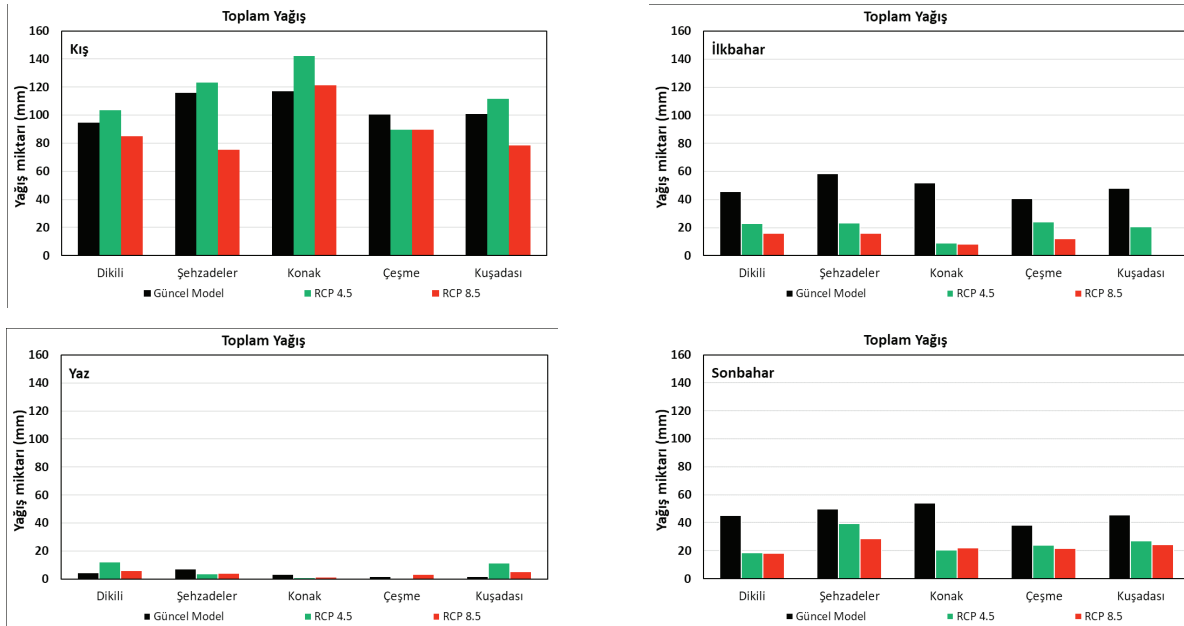




Şekil 5.3. İzmir ili iklim istasyonları güncel dönem (1971-2000) ve gelecek dönem (2050-2100) aylık toplam yağış verileri

İzmir ilinde iklim değişikliğinin etkisi mevsimsel olarak incelendiğinde kış aylarında RCP 4.5 senaryosuna göre toplam yağış miktarında Çeşme dışında diğer istasyonlarda artış gözlenirken, RCP 8.5 senaryosunda Konak dışında diğer bütün istasyonlarda yağış miktarında azalma gözlenmektedir.

İlkbahar, yaz ve sonbahar dönemlerinde ise RCP 4.5 ve RCP 8.5 senaryolarına göre gelecek dönemde (2050-2100) yağışların %50 civarında azalacağı öngörülmektedir (Şekil 5.4). Bu azalma özellikle bitki su ihtiyacı açısından oldukça önem taşımaktadır. Suyun depolanması ve kullanımında daha dikkatli davranılması gerektiği sonucunu ortaya çıkarmaktadır.



Şekil 5.4. Mevsimlere göre İzmir ili iklim istasyonları güncel dönem (1971-2000) ve gelecek dönem (2050-2100) yıllık toplam yağış miktarları



5.2. Arazi Kullanımlarının Planlanması için Öneriler

İzmir Kentinin 2020 yılına kadar karbon salınımını %20 oranında azaltma hedefi bulunmaktadır. Bu hedefe ulaşmak için pek çok önlem alınması gerekir. Kentin ekolojik niteliklerinin iyileştirilmesi, bu hedefe ulaşmasına katkı sağlayacak önemli konulardan biridir. Bu amaçla, proje kapsamında kentsel gelişim ile yeşil alanların bakım ve yönetimine yönelik öneriler getirilmiştir. İzmir kentinin iklim değişikliğine dirençli bir kent olabilmesi için, projeden sağlanan bilgiler ve deneyim ışığında getirilen öneriler;

- Stratejik düzeydeki öneriler
- Uygulama araçları olarak kullanılacak öneriler
- Faaliyet düzeyindeki öneriler ve
- Geleceğe dönük proje önerileri

şeklinde özetlenebilir.

Geleceğe dönük kısa, orta ve uzun vadede gerçekleştirilecek proje uygulamaları, yukarıda belirtilen farklı ölçeklerdeki önerilerin hayata geçirilmesini sağlayacak araçlar olarak düşünülmelidir. Geleceğe dönük proje önerilerinin her biri, alan uygunlukları açısından değerlendirilerek ayrıca projelendirilmelidir.

Balçova ilçesindeki arazi kullanımları 1960'lardan bugüne önemli ölçüde değişmiştir. Yerleşim alanlarının genişlemesi bu değişimleri yaratan başlıca etmendir.

Balçova kıyı alanındaki nitelikli tarım alanları bu gelişmeden görece daha az etkilenmiştir. Bu durum, arazi kullanımlarının uygunluğu açısından olumlu bir durumdur. Uygunluk analizleri, bu alanlardaki tarıma uygunluğun çok yüksek olduğunu göstermiştir. Yeşil altyapının sürdürülmesi iklim değişikliğine uyum için gerekli olduğundan, kuzeydeki kıyı alanında bulunan nitelikli tarım alanları ve bu alanlara komşu kent ormanı, bundan sonraki dönemlerde de kentsel gelişimden korunmalıdır.

Kentleşme için yapılan geleceğe dönük projeksiyonlar gelişimin daha çok güney yönünde olacağını göstermektedir. Gelişme beklenen alanların dik eğimli özellikleri, dere yatakları ve vadilerin bulunuşu ve hâlihazırdaki orman örtüsü dikkate alınarak gelişim planları hazırlanmalıdır.

Yeşil altyapının korunması/geliştirilmesi ve değişen iklime bağlı ani seller gibi olaylar gelişme planlarının yapılması süreçlerinde mutlaka göz önüne alınması gereken dâhili bileşenler olarak düşünülmelidir.

Balçova ilçesinde kentsel yeşil alanların dolayısıyla ekosistem servislerinin düzenli ve dengeli dağılmadığı belirlenmiştir. Projede çalışılan İzmir İklim Modeline yönelik proje bulguları, 2050-2100 yılları dönem aralığında sıcaklığın İzmir il genelinde ortalama 1,5 °C artacağı, yağış rejiminin değişeceği ve suyun azalacağı bir durumun yaşanacağını öngörmektedir.

Kentsel alanlarda yapılacak her türlü peyzaj planlama ve tasarım çalışmalarında ekolojik planlama ve doğayla uyumlu çalışmalar iklim değişikliğinin olumsuz etkilerinin önüne geçilebilir. İklimle uyumlu bir şehir yaratabilmek (iklim değişikliğine karşı dayanıklı bir şehir) için ekolojik nitelikleri yüksek yeşil alanların miktarının artırılması, bu alanların birbirleriyle fiziksel olarak bağlanması ve yeşil alanlardan sağlanan ekosistem servislerinin iyileştirilmesi için önlemler alınmalıdır. Kentsel gelişim, ekosistem servislerini en üst düzeye çıkaracak şekilde planlanmalıdır.

5.3. Yeşil Alanların Yönetimi için Öneriler

Yoğun kent dokusu içinde yeşil alan miktarını arttırmak için yeni yeşil alan oluşturma olanağı bulunmamaktadır. Bu durumda yeşil yüzey miktarını arttırmak için çatı bahçeleri ve düşey bahçeler oluşturulabilir.



Mevcut yeşil alanların ekolojik niteliklerinin artırılması için farklı fiziksel özelliklere sahip yerel türler kullanılabilir. Bu şekilde bitki çeşitliliği ve bitkisel yoğunluğun artırılması, aynı zamanda toprak ve su kalitesinin iyileştirilmesi için bir hedef olarak görülmelidir.

Yeşil alanların büyüklüğü arttıkça sağladığı yararlar da artar. Kentte geniş yeşil alanların oluşturulması hedeflenmelidir ancak kentin çeşitli büyüklüklerdeki yeşil alanlara ihtiyacı vardır. Balçova sahil şeridinde olduğu gibi geniş yeşil alanlarla çeşitli büyüklük ve fonksiyonlardaki yeşil alanların bir ağ oluşturması hedeflenmelidir.

Yeşil alanlar arasında bağlantı oluşturma potansiyeli olan alanlar; yollar, akarsu koridorları, kuru dere yatakları ya da su kanallarıdır. İlçeyi Doğu-Batı ve Kuzey-Güney yönünde geçen otoyolun kıyısı ve refüjlerde yer yer bitki örtüsü bulunsu da, bu alanlar süreklilik gösteren bir koridor özelliği taşımamaktadır.

Kent içindeki ana caddeler çizgisel koridor oluşturacak şekilde yeniden tasarlanabilir. Her iki kaldırıma ağaç dikilmesi mümkün olmayan sokakların sadece bir kaldırımına yol ağacı dikilerek koridor oluşturulabilir.

5.4. Yağış Suyu Yönetimi İçin Öneriler

Balçova'da yağış sularını toplayan ayrı bir atık su toplama sistemi bulunmamaktadır. Yüzey akışına geçen sular birleşik drenaj kanallarıyla arıtma sistemlerine iletilmektedir. Yağış suyu kentsel doku içinde suyun doğal drenaj deseninin değiştirilmiş olması nedeniyle doğal döngüsünü tamamlayamamakta ve kentin su rezervlerini besleyemeden kentten uzaklaştırılmaktadır.

İlçenin su sisteminin sağlıklı işlemesi, Çakalburnu Dalyanı Sulak Alanı'nın beslenmesinin yanı sıra, buradaki bitki örtüsü ve yaban yaşamına olumlu katkı sağlayacaktır.

Yağış suyunun ayırık sistemde toplanmasını sağlayacak yağış suyu yönetim çözümlerini içeren altyapı uygulamalarının parklarla bütünleşmesi sağlanmalıdır.

Bulgular, Balçova'daki tarım arazilerinin yağış suyu tutma kapasitelerinin yüksek olduğunu göstermiştir. Bu alanlar sağanak yağışlarda suyu drene etme ve kenti taşkınlardan koruma özelliğine sahiptir. Benzer şekilde, otoyolun kuzeyindeki düşük yoğunluklu yapıli alanlarda bulunan şahıs ve konut bahçeleri kentte yağış suyunun tutulmasında oldukça etkilidir. Bu nedenle **kentsel gelişme alanlarının belirlenmesi sürecinde tarım arazilerinin korunması öngörülmelidir.**

Bitkiler, yağış suyunun hızının azaltılması ve toprağa iletilmesini sağlar. **Yeşil alanlarda aşırı yağışlara direnç gösterebilecek; ağaç, ağaççık, çalı ve yer örtücü türleri bir arada bulunduran kademeli bir bitkilendirme sisteminin kullanılması kente gelen yağış suyunun yüzey akışına geçmeden yüzey altı ve yüzey üstü su kaynaklarına iletilmesini sağlayacaktır.**

Düşük yoğunluklu kentsel gelişme, su sistemlerinin işleyişi açısından önemlidir. **Balçova ilçesinde yağış suyu yönetimi teknikleri kullanılarak, özellikle kentsel yeşil alanlarda yüzey akışa geçen suyun tutulması, yeraltı ve yerüstü su sistemlerine iletilmesi için çözümler geliştirilebilir.**

Suyu tutacak altyapı çözümlerinin parklarla bütünleşmesi sağlanmalıdır.

Yapılı alan içinde geçirimli yüzey oranını arttırmak için yerel yönetimlerin sorumluluğundaki park, spor alanı vb. alanlarda geçirimsiz yüzey miktarını azaltmak amacıyla geçirimsiz malzemeler geçirimli beton gibi suyu alt katmanlara drene edebilecek malzemelerle değiştirilebilir ve bu alanlardaki su tutma kapasitesi artırılabilir.

Yeşil alanlarda yüzey akışa geçen suların kısa süreli tutulmasını sağlayan içbükey çukur, hendek veya yağmur bahçeleri tasarlanabilir (Şekil 5.5). Buna ek olarak, yağış sularının yeşil parsellere akışını kolaylaştırmak için mekânlar arasında sınırlama elemanı olarak kullanılan bordürlerin tamamı ya da belirli mesafelerde bordürler arasındaki derzlerin bir bölümü kaldırılabilir.

Toprak tutucu ve erozyonu önleyici bitkilendirmeyi desteklemek amacıyla yağmur suyuyla oluşan yüzey akışını toplayarak yer altına sızdırmak için mevcut toprağı kazarak tepe ve çukur oluşturma yöntemidir. Eğimi %32,5'e kadar olan alanlarda uygulanır, düz alanda uygulanmazlar. İki çeşit hendek vardır. Bumerang hendekler suyu mevcuttaki ya da dikilmesi planlanan bitkiye yönlendirerek toprağı tutmayı hedefler. Eş yükselti hendeği, eş yükselti eğrisi boyunca tepeyi baştanbaşa saran hendektir.





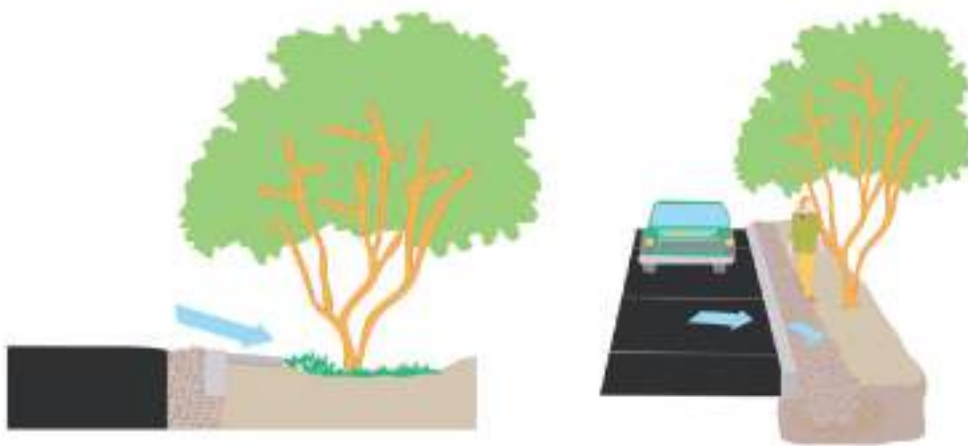
Şekil 5.5. Bumerang ve eş yükselti hendekleri ⁴⁶

Kent içindeki refüjler, yağış suyu yönetimi çalışmaları kapsamında su tutma hendekleri şeklinde tasarlanabilir (Şekil 5.5).

Kentsel dönüşüm kapsamında yenilenecek kent bölümlerinde kaldırımlar yağış suyu yönetim çözümleri oluşturulabilir (Şekil 5.6 - Şekil 5.7).



Şekil 5.6. Süzdürme çanakları uygulama örneği ⁴⁶



Şekil 5.7. Yol kenarında uygulanan geçirimli yüzeyler için yağmur suyu uygulaması ⁴⁶

5.5. Karbon Tutma ve Hava Temizleme İçin Öneriler

Ağaçlar atmosferdeki karbonu tutar ve bünyelerinde depolar. Ağaçların karbonu tutma ve yere bağlama işlevleri büyüme dönemlerinde hızlıdır. Yaprak miktarı ve taç örtüsü arttıkça ağaçlar tarafından tutulan karbon miktarı artar.

Ağaç taç örtüsünün artması kentin hava kalitesini iyileştirmeye yardımcı olur. Bitki örtüsü hava kirliliğini yok etmez; ancak bulundukları bölgelerde mikroklimayı iyileştirerek kentsel mekanları yaşanabilir ortamlar haline dönüştürür. Ağaçların atmosferdeki kirleticileri tutma potansiyeli ağacın türü, fiziksel özellikleri, taç genişliği, atmosferdeki kirletici seviyesi, iklim koşulları ve kirletici kaynağına yakınlığına bağlı olarak değişiklik gösterir.

Kentsel yeşil alanlarda yapılacak uygulamalar ile tek başına olmasa da alınacak diğer önlemlerle birlikte kentin hava kalitesinin iyileştirilmesine katkı sağlanabilir.

Bitkilendirme çalışmalarında kitleli, geniş taç yapısına sahip ağaçların kullanılması bu ortamlardaki karbon ve kirletici tutma fonksiyonunu artırır. Palmiye ve hurma gibi ağaçlar diğer boylu ve geniş yapraklı ağaçlardan daha az karbon ve kirletici tutma kapasitesine sahiptir.

Kirletici kaynaklarına yakın oldukları zaman ağaçların hava temizleme fonksiyonu artmaktadır. Bu nedenle **kentin tüm bölümlerinde özellikle yol kenarlarında ağaç taç örtüsü miktarının artması** önemlidir.

Balçova ilçesinin güneyinde yer alan doğal orman alanları kentsel ekosistem servisleri açısından yüksek değere sahip alanlardır. **Karbon rezervi açısından önemli olan bu orman alanlarının korunması gerekir.**

Yapı alanı içinde yer alan park, spor alanı ve refüj gibi kentsel yeşil alanların karbon tutma ve atmosferdeki kirleticileri toplama işlevleri düşük düzeydedir. Bunun nedeni, yapı adaları arasında ya da yol kenarlarında zayıf bitki yoğunluğuna sahip küçük alanlar olmasıdır. **Yeşil alanların alansal büyüklüğünün ekolojik niteliklerinin artması bu alanlardan sağlanan ekosistem servislerini artırır.**

Bu nedenle kuzeyde Çakalburnu Dalyanı Sulak Alanı ve İnciraltı Kent Ormanı'nı içine alan kıyı boyunca süreklilik gösteren, kente ekosistem servisleri açısından önemli katkılar sağlayan yeşil alanların parçalanmadan korunması gerekir.

Balçova'daki parkların karbon tutma miktarı düşüktür. **Yeşil alanlarda geniş taç örtüsüne sahip, boylu ve uzun ömürlü ağaç sayısının artması, bu alanlarda tutulan karbon miktarını artıracaktır.**

Ağaçların sağladığı düzenleyici ekosistem servisleri taç örtüsü genişliği ve yoğunluğuna bağlı olarak değişir. Ağaçların taç örtüsünün gereksiz yere küçülmesine neden olan budamalar, sağlanan ekosistem servislerinin azalmasına ve ağaç tarafından bağlanan karbonun atmosfere geri verilmesine yol açmaktadır. Bu nedenle gerekli haller dışında bu tür budamalardan kaçınılmalıdır.

Kentsel yeşil alanlardaki ağaçların büyük bölümü genç bireylerden oluşmaktadır. Bu ağaçların formlarını koruyarak gelişmelerinin sağlanması durumunda zaman içinde sağladıkları ekosistem servisleri artacaktır. **Yeşil alanlardan sağlanan ekosistem servislerinin kısa sürede artmasını sağlamak için bu alanlarda en az 5-6 m boy, 35 cm gövde kalınlığına sahip, dolgun taç yapısına sahip büyük ağaçlar tercih edilmelidir.**

Balçova'da İnciraltı ve Bahçelerarası Mahallelerinin büyük bölümünün korunan alanlara sahip olması, bu ilçelerde yoğun yapılaşmayı önlemiştir. Bu mahallelerdeki tarım arazileri ile şahıs ve kurum bahçelerinin sağladığı ekosistem servisleri yüksektir. Ayrıca İzmir'de denizden kıyıya esen meltem rüzgarları deniz üzerindeki nemli havayı kente taşır. Denizden gelen rüzgar, engelsiz olarak ilçeye ulaşır ve kenti serinletir. Bu nedenle tarım arazilerinin başka arazi kullanım tiplerine dönüştürülmemesi ve bahçeli yapı dokusunun korunması önemlidir.

Kentlerdeki yüzey sıcaklığını azaltmanın en etkin yöntemi kentte bulunan bitkilerin taç örtüsünün yüzey miktarını arttırmaktır. Taç örtüsünü arttırmak için kentte çınar, ıhlamur, meşe gibi bitkilerin kullanılması uygun olacaktır. Binaların yakınlarında bulunan bitki örtüsü ayrıca ısıtma ve soğutma için kullanılan enerji tüketimini azaltır.



Kentsel yeşil alanların bakımı sırasında suyun etkin ve verimli bir şekilde kullanılabilmesi için su yönetimi konusunda önlemler alınmalıdır.

- Kurak iklim koşullarına adapte olabilen bitkilerin kullanılması, yeşil alanların bakımı sırasında kullanılan suyun azalmasını sağlar. İzmir’de yeşil alanlarda doğal vejetasyon içinde bulunan türlere öncelik verilmesi, bitki su ihtiyacı açısından tasarruf sağlayacaktır. Gümüş ihlamur (*Tilia argentea*), çitlembik (*Celtis australis*), menengiç (*Pistacia terebinthus*, *Pistacia atlantica*), meşe (*Quercus ilex*, *Quercus cerris*), doğu çınarı (*Platanus orientalis*), erguvan (*Cercis siliquastrum*), sığla (*Liquidambar orientalis*), servi (*Cupressus sempervirens*) gibi ağaç türleri tercih edilebilir.
- İlçedeki yeşil alanlarda yabancı yurtlu okaliptüs (*Eucalyptus camaldulensis*) ağacının yaygın olarak kullanıldığı belirlenmiştir. Ekolojik özellikleri nedeniyle bulunduğu alanın yeraltı su sistemini değiştiren ve doğal türlerle rekabet eden bu ağaç türünün su yönetimi ilkesi kapsamında kademeli olarak alandan uzaklaştırılması ve yerli türlerle değiştirilmesi önerilmektedir.
- Çim alanların miktarı mümkün olduğunca azaltılmalıdır. Yeşil alanlarda çim yerine daha az su isteyen, kuraklığa dayanıklı, bakım masrafları az yer örtücü türler kullanılabilir.

İklim değişikliğiyle mücadele etmek için yeşil altyapının geliştirilmesine öncelik verilmelidir. Kentte geliştirilen tüm projeler bu hedefle ilişkilendirilmeli ve bu projelerle kamu farkındalığı artırılmalıdır.

5.6. Proje Düzeyinde Öneriler

Proje kapsamında hazırlanan bu kılavuzda yer alan önerilere dayanarak kentin çeşitli bölümlerinde alt projeler geliştirilebilir. Bazı öneri projeler ve onlardan beklenecek yararlar aşağıdaki Tablo 5.1.’de verilmiştir.

Tablo 5.1. Öneri Projeler ve Beklenen Yararlar

Proje Kapsamı	Beklenen Yarar
Çakalburnu dalyanı sulak alanını besleyen akarsu ve kuru dere yataklarının korunması ve buralarda ekolojik iyileştirme projesi: Balçova’da bulunan Çakalburnu Dalyanı Sulak Alanı, ulusal ve uluslararası ölçekte öneme sahip birçok yabancı bitki ve hayvan türünü barındırmaktadır. İzmir’in en önemli biyolojik çeşitlilik noktalarından biri olan bu sulak alanın Balçova’da bulunması kentin ekolojik özelliklerinin geliştirilmesi için bir potansiyeldir.	Bu alandaki biyolojik çeşitliliğin ilçenin diğer bölümlerindeki alanlarla ilişkilendirilebilmesi
Popüler, İzmir’e özgü sürüngen, kuş ve bitki türlerine vurgu yapan temalı projeler	Biyolojik çeşitlilik konusundaki farkındalığının artırılması
Yol ağaçlandırma projesi, bitkisel koridorlar projesi, akarsu koridorları projesi	Yeşil alanlar arasındaki bağlantıyı arttıracak çizgisel özelliklerin geliştirilmesi
Atmosferdeki karbonu bitkilerle bağlamak amacıyla karbon tutma projesi	Kentin emisyon azaltma hedefleri için destek sağlanması
Yapraklarla hava filtreleme projesi	Hava kirleticilerini azaltarak kentin hava kalitesini arttırmaya katkı sağlanması
Yağmur hendekleri/yağmur bahçeleri projesi	Su tutma ve tekrar kullanma kapasitesinin artırılması
Taşkın önleme projesi	Taşkın riski olan bölgelerde potansiyel tehditlerin azaltılması
İzmir’in doğal bitkileri projesi	Yeşil alanlarda yerel ve doğal bitkilerin kullanımının teşvik edilmesi ve yaygınlaştırılması



5.7. Farklı Ölçeklerdeki Önerilerin Hiyerarşisi

Bu bölümde sözü edilen önerilerin birbirileri ile olan ilişkisi ve tüm bu öneriler çerçevesinde gerçekleştirilebilecek projeler için bir rehber aşağıdaki Tablo 5.2.'de verilmiştir.

Tablo 5.2. Önerilerin Hiyerarşisi Tablosu

Stratejik Düzeyde Öneriler	Uygulama Araçları Önerileri	Faaliyet Düzeyinde Öneriler	Geleceğe Dönük Proje Ajandası
Yeşil Altyapının Geliştirilmesi (Örn: birbirinden izole ve bağlantısız doğal alanları birbirleriyle yeniden bağlama)	Yeşil koridorların oluşturulması	Sokak ağaçları ağının oluşturulması Su kanalı ve akarsu yataklarının yeşil koridorlar olarak tasarlanması	Kıyıdaki kent ormanı ile bağlantılı sulak alan sistemlerinin korunması
Karbon depolama kapasitesinin artırılması	Ağaçlandırma alanları ve ağaçlandırma stratejilerinin belirlenmesi	Kırsal karakterli alanlarda karbon tutma kapasitesi yüksek, doğal vejetasyonun parçası olan türlerin seçilmesi Kent içinde su tüketimi ve bakım ihtiyaçları az olan türlerin seçilmesi Ağaç taç örtüsünün artırılması	Uzun ömürlü büyük taç yapısına sahip geniş yapraklı ağaç türlerinin kullanılması Karbon tutma açısından önemli olan bu orman alanlarının korunması
İklim değişikliğinden kaynaklı çevresel afetlere karşı önlem geliştirme	Ani selleri önleyecek ve etkilerini azaltacak drenaj sistemlerinin tasarlanması	Yapılaşma planlamasında geçirimsiz yüzeylerin planlanması Dereler gibi doğal drenaj hatları yakınında yapılaşmadan korunmuş tampon zonlar oluşturulması	Yeşil alanlarda yağışlara direnç gösterebilecek; ağaç, ağaççık, çalı ve yer örtücü türleri bir arada bulunduran kademeli bir bitkilendirme yapılması
	Toprak erozyonunun önlenmesi	Doğal bitkilerin kullanımının yaygınlaştırılması	Bitki örtüsü bakımından zayıf ve erozyona duyarlı alanların belirlenmesi Bitkilendirme ve diğer peyzaj onarımı çalışmalarının gerçekleştirilmesi
Yağmur suyunun etkin kullanımı	Yağmur suyu hasadı ile ilgili su toplama sistemlerinin tasarlanması	Yağış suyunun ayırık sistemde toplanması Su toplama havuzlarının oluşturulması Drenaj hendeklerinin yapılması Geçirgen yüzey kaplamalarının yaygınlaştırılması	Yağış suyu yönetim çözümlerini içeren altyapı uygulamalarının parklarla bütünleşmesi
	Sürdürülebilir yağmur suyu yönetim sistemlerinin geliştirilmesi	Su toplama havuzları, hendekleri ve diğer su hasadı yapılarını birleştiren yağmur suyu ağının kurulması	Yağmur bahçelerinin oluşturulması
Kentsel ısı adası etkilerinin azaltılması	Yeşil altyapı bileşenlerinin kente düzenli dağılacak şekilde geliştirilmesi	Dikey bahçelerin oluşturulması Çatı bahçelerinin oluşturulması Ağaç taç örtüsünün artırılması	Taç örtüsünün korunması, gereksiz budama yapılmaması



Şekil Listesi

Şekil 2.1. İklim değişikliği senaryo süreci	26
Şekil 2.2. Dünya'nın Kyoto Protokolüne katılımı	26
Şekil 2.3. Küresel Toplam Radyatif Zorlama Grafiği	29
Şekil 2.4. Ölçek küçültme genel yaklaşımı	31
Şekil 2.5. İzmir ili ölçek küçültme yaklaşımı	32
Şekil 2.6. Ölçek küçültme ile gelecek iklim senaryolarının oluşturulmasında yöntem şeması	32
Şekil 2.7. Proje kapsamında kullanılan iklim istasyonlarının konumu	35
Şekil 2.8. Herhangi bir günün HadGEM2-ES Küresel Modelinden örnek ortalama sıcaklık verisi	35
Şekil 2.9. İzmir ili güncel dönem (1971-2000) ile gelecek dönem (2050-2100 yılları RCP 4.5 senaryosu) yıllık ortalama sıcaklık verilerinin değişimi	36
Şekil 2.10. İzmir ili güncel dönem (1971-2000) ile gelecek dönem (2050-2100 yılları RCP 8.5 senaryosu) yıllık ortalama sıcaklık verilerinin değişimi	36
Şekil 2.11. İzmir ili güncel dönem (1971-2000) ile gelecek dönem (2050-2100 RCP 4.5 senaryosu) yıllık toplam yağış verilerinin değişimi	38
Şekil 2.12. İzmir ili güncel dönem (1971-2000) ile gelecek dönem (2050-2100 RCP 8.5 senaryosu) yıllık toplam yağış verilerinin değişimi	38
Şekil 2.13. İzmir ili güncel dönem (1971-2000) ile gelecek dönem (2050-2100 RCP 4.5 senaryosu) en soğuk üç ay ortalama sıcaklık verilerinin değişimi	39
Şekil 2.14. İzmir ili güncel dönem (1971-2000) ile gelecek dönem (2050-2100 RCP 8.5 senaryosu) en soğuk üç ay ortalama sıcaklık verilerinin değişimi	40
Şekil 2.15. İzmir ili güncel dönem (1971-2000) ile gelecek dönem (2050-2100 RCP 4.5 senaryosu) en sıcak üç ay ortalama sıcaklık verilerinin değişimi	40
Şekil 2.16. İzmir ili güncel dönem (1971-2000) ile gelecek dönem (2050-2100 RCP 8.5 senaryosu) en sıcak üç ay ortalama sıcaklık verilerinin değişimi	41
Şekil 2.17. İzmir ili güncel (1971-2000) ile gelecek dönem (2050-2100 yılları RCP 4.5 senaryosu) en kurak üç ay toplam yağış verilerinin değişimi	41
Şekil 2.18. İzmir ili güncel (1971-2000) ile gelecek dönem (2050-2100 yılları RCP 8.5 senaryosu) en kurak üç ay toplam yağış verilerinin değişimi	42
Şekil 2.19. İzmir ili güncel dönem (1971-2000) ile gelecek dönem (2050-2100 RCP 4.5 senaryosu) en ıslak üç ay toplam yağış verilerinin değişimi	42
Şekil 2.20. İzmir ili güncel dönem (1971-2000) ile gelecek dönem (2050-2100 RCP 8.5 senaryosu) en ıslak üç ay toplam yağış verilerinin değişimi	43
Şekil 2.21. İzmir ili güncel dönem (1971-2000) ile gelecek dönem (2050-2100 RCP 4.5 senaryosu) yıllık ortalama toprak sıcaklığı verilerinin değişimi	43
Şekil 2.22. İzmir ili güncel dönem (1971-2000) ile gelecek dönem (2050-2100 RCP 8.5 senaryosu) yıllık ortalama toprak sıcaklığı verilerinin değişimi	44
Şekil 2.23. İzmir ili güncel dönem (1971-2000) ile gelecek dönem (2050-2100 RCP 4.5 senaryosu) yıllık ortalama rüzgar hızı değişimi	45
Şekil 2.24. İzmir ili güncel dönem (1971-2000) ile gelecek dönem (2050-2100 RCP 8.5 senaryosu) yıllık ortalama rüzgar hızı değişimi	45
Şekil 2.25. İzmir ili güncel dönem (1971-2000) ile gelecek dönem (2050-2100 RCP 4.5 senaryosu) yıllık ortalama toprak nemi değişimi	47
Şekil 2.26. İzmir ili güncel dönem (1971-2000) ile gelecek dönem (2050-2100 RCP 8.5 senaryosu) yıllık ortalama toprak nemi değişimi	47
Şekil 2.27. İzmir ili güncel dönem (1971-2000) ile gelecek dönem (2050-2100 RCP 4.5 senaryosu) yıllık ortalama buharlaşma değişimi	49
Şekil 2.28. İzmir ili güncel dönem (1971-2000) ile gelecek dönem (2050-2100 RCP 8.5 senaryosu) yıllık ortalama buharlaşma değişimi	49
Şekil 2.29. İzmir ili güncel dönem (1971-2000) ile gelecek dönem (2050-2100 RCP 4.5 senaryosu) yıllık ortalama radyasyon değişimi	51
Şekil 2.30. İzmir ili güncel dönem (1971-2000) ile gelecek dönem (2050-2100 RCP 8.5 senaryosu) yıllık ortalama radyasyon değişimi	51
Şekil 2.31. 1971-2000 yılları dönem aralığı meteorolojik gözlemler ile model sonuçları arasında hesaplanan ortalama sıcaklık yılılık katsayıları	53
Şekil 2.32. 1971-2000 yılları dönem aralığı meteorolojik ölçüm ile model sonuçlarının aylık ortalama sıcaklık dağılımı	53
Şekil 2.33. 1971-2000 yılları dönem aralığı meteorolojik gözlemler ile model sonuçları arasında hesaplanan toplam yağış yılılık katsayıları	54
Şekil 2.34. 1971-2000 yılları dönem aralığı meteorolojik ölçüm ile model sonuçlarının aylık toplam yağış dağılımı	54
Şekil 2.35. 1971-2000 yılları dönem aralığı meteorolojik gözlemler ile model sonuçları arasında hesaplanan ortalama toprak sıcaklığı yılılık katsayıları	55
Şekil 2.36. 1971-2000 yılları dönem aralığı meteorolojik ölçüm ile model sonuçlarının aylık ortalama toprak sıcaklığı dağılımı	55
Şekil 2.37. 1971-2000 yılları dönem aralığı meteorolojik gözlemler ile model sonuçları arasında hesaplanan ortalama rüzgar hızı yılılık katsayıları	56



Şekil 2.38. 1971-2000 yılları dönem aralığı meteorolojik ölçüm ile model sonuçlarının aylık ortalama rüzgâr hızı dağılımı	56
Şekil 2.39. 1971-2000 yılları dönem aralığı meteorolojik gözlemler ile model sonuçları arasında hesaplanan ortalama toprak nemi yanlılık katsayıları	57
Şekil 2.40. 1971-2000 yılları dönem aralığı meteorolojik ölçüm ile model sonuçlarının aylık toprak nemi dağılımı	57
Şekil 2.41. 1971-2000 yılları dönem aralığı meteorolojik gözlemler ile model sonuçları arasında hesaplanan ortalama buharlaşma yanlılık katsayıları	58
Şekil 2.42. 1971-2000 yılları dönem aralığı meteorolojik ölçüm ile model sonuçlarının aylık buharlaşma miktarı dağılımı	58
Şekil 2.43. 1971-2000 yılları dönem aralığı meteorolojik gözlemler ile model sonuçları arasında hesaplanan ortalama radyasyon katsayıları	59
Şekil 2.44. 1971-2000 yıllarından meteorolojik ölçüm ile model sonuçlarının aylık radyasyon dağılımı	59
Şekil 2.45. İzmir ili iklim değişikliği altında uzun yıllar toplam ardışık ıslak gün sayıları	60
Şekil 2.46. İzmir ili iklim değişikliği altında uzun yıllar toplam ardışık kurak gün sayıları	61
Şekil 2.47. İzmir ili iklim değişikliği altında uzun yıllar 95. Persintil yağış indeksi	61
Şekil 2.48. İzmir ili iklim değişikliği altında uzun yıllar toplam yaz günleri sayıları	62
Şekil 2.49. İzmir ili iklim değişikliği altında uzun yıllar ortalama don olayının yaşandığı gün sayısı	63
Şekil 2.50. İzmir ili iklim değişikliği altında uzun yıllar ortalama sıcak hava dalgaları gün sayısı	63
Şekil 2.51. İzmir/Dikili sıcaklık verilerinin Histogram görüntüsü a)1971-2000, b)2050-2099 (RCP 4.5), c)2050-2099 (RCP 8.5)	65
Şekil 2.52. İzmir/Dikili sıcaklık verilerinin Normal Q-Q Çıktısı a)1971-2000, b)2050-2099 (RCP 4.5), c)2050-2099 (RCP 8.5)	65
Şekil 2.53. İzmir/Konak sıcaklık verilerinin Histogram görüntüsü a)1971-2000, b)2050-2099 (RCP 4.5), c)2050-2099 (RCP 8.5)	67
Şekil 2.54. İzmir/Konak sıcaklık verilerinin Normal Q-Q Çıktısı a)1971-2000, b)2050-2099 (RCP 4.5), c)2050-2099 (RCP 8.5)	67
Şekil 2.55. İzmir/Çeşme sıcaklık verilerinin Histogram görüntüsü a)1971-2000, b)2050-2099 (RCP 4.5), c)2050-2099 (RCP 8.5)	69
Şekil 2.56. İzmir/Çeşme sıcaklık verilerinin Normal Q-Q Çıktısı a)1971-2000, b)2050-2099 (RCP 4.5), c)2050-2099 (RCP 8.5)	69
Şekil 2.57. İzmir/Bergama sıcaklık verilerinin Histogram görüntüsü a)1971-2000, b)2050-2099 (RCP 4.5), c)2050-2099 (RCP 8.5)	71
Şekil 2.58. İzmir/Bergama sıcaklık verilerinin Normal Q-Q Çıktısı a)1971-2000, b)2050-2099 (RCP 4.5), c)2050-2099 (RCP 8.5)	71
Şekil 2.59. İzmir/Seferihisar sıcaklık verilerinin Histogram görüntüsü a)1971-2000, b)2050-2099 (RCP 4.5), c)2050-2099 (RCP 8.5)	73
Şekil 2.60. İzmir/Seferihisar sıcaklık verilerinin Normal Q-Q Çıktısı a)1971-2000, b)2050-2099(RCP 4.5), c)2050-2099 (RCP 8.5)	73
Şekil 2. 61. İzmir/Ödemiş sıcaklık verilerinin Histogram görüntüsü a)1971-2000, b)2050-2099 (RCP 4.5), c)2050-2099 (RCP 8.5)	75
Şekil 2.62. İzmir/Ödemiş sıcaklık verilerinin Normal Q-Q Çıktısı a)1971-2000, b)2050-2099 (RCP 4.5), c)2050-2099 (RCP 8.5)	75
Şekil 2.63. İzmir/Selçuk sıcaklık verilerinin Histogram görüntüsü a)1971-2000, b)2050-2099 (RCP 4.5), c)2050-2099 (RCP 8.5)	77
Şekil 2.64. İzmir/Selçuk sıcaklık verilerinin Normal Q-Q Çıktısı a)1971-2000, b)2050-2099 (RCP 4.5), c)2050-2099 (RCP 8.5)	77
Şekil 2.65. İzmir ili 1971-2000 yılları arası dönemi HadGEM-ES modeli uzun yıllar aylık ortalama sıcaklık haritaları	78
Şekil 2.66. İzmir ili 2050-2100 yılları arası dönemi HadGEM-ES modeli RCP 4,5 senaryosuna göre uzun yıllar aylık ortalama sıcaklık haritaları	79
Şekil 2.67. İzmir ili 2050-2100 yılları arası dönemi HadGEM-ES modeli RCP 8.5 senaryosuna göre uzun yıllar aylık ortalama sıcaklık haritaları	80
Şekil 2.68. İzmir ili 1971-2000 ve 2050-2100 yılları arası dönemi uzun yıllar yıllık ortalama sıcaklık haritaları	81
Şekil 2.69. İzmir ili 1971-2000 ve 2050-2100 yılları arası dönemi uzun yıllar mevsimsel ortalama sıcaklık haritaları	82
Şekil 2.70. İzmir ili 1971-2000 ve 2050-2100 yılları arası dönemi uzun yıllar en sıcak aylar ortalama sıcaklık haritaları	83
Şekil 2.71. İzmir ili 1971-2000 ve 2050-2100 yılları arası dönemi uzun yıllar en soğuk aylar ortalama sıcaklık haritaları	84
Şekil 2.72. İzmir ili 1971-2000 yılları arası dönemi HadGEM-ES modeli uzun yıllar toplam yağış haritaları	85
Şekil 2.73. İzmir ili 2050-2100 yılları arası dönemi HadGEM-ES modeli RCP 4.5 senaryosuna göre uzun yıllar toplam yağış haritaları	86
Şekil 2.74. İzmir ili 2050-2100 yılları arası dönemi HadGEM-ES modeli RCP 8.5 senaryosuna göre uzun yıllar toplam yağış haritaları	87
Şekil 2.75. İzmir ili 1971-2000 ve 2050-2100 yılları arası dönemi uzun yıllar toplam yağış haritaları	88
Şekil 2.76. İzmir ili 1971-2000 ve 2050-2100 yılları arası dönemi uzun yıllar en ıslak aylar toplam yağış haritaları	89
Şekil 2.77. İzmir ili 1971-2000 ve 2050-2100 yılları arası dönemi uzun yıllar en kurak aylar toplam yağış haritaları	90
Şekil 2.78. İzmir ili 1971-2000 yılları arası dönemi HadGEM-ES modeli uzun yıllar aylık oprak sıcaklık haritaları	91
Şekil 2.79. İzmir ili 2050-2100 yılları arası dönemi HadGEM-ES modeli RCP 4.5 senaryosuna göre uzun yıllar aylık toprak sıcaklığı haritaları	92
Şekil 2.80. İzmir ili 2050-2100 yılları arası dönemi HadGEM-ES modeli RCP 8.5 senaryosuna göre uzun yıllar aylık toprak sıcaklığı haritaları	93
Şekil 2.81. İzmir ili 1971-2000 yılları arası dönemi HadGEM-ES modeli uzun yıllar aylık toprak nemi haritaları	94
Şekil 2.82. İzmir ili 2050-2100 yılları arası dönemi HadGEM-ES modeli RCP 4.5 senaryosuna göre uzun yıllar aylık toprak nemi haritaları	95
Şekil 2.83. İzmir ili 2050-2100 yılları arası dönemi HadGEM-ES modeli RCP 8.5 senaryosuna göre uzun yıllar aylık toprak nemi haritaları	96
Şekil 2.84. İzmir ili 1971-2000 yılları arası dönemi HadGEM-ES modeli uzun yıllar aylık rüzgar hızı haritaları	97
Şekil 2.85. İzmir ili 2050-2100 yılları arası dönemi HadGEM-ES modeli RCP 4.5 senaryosuna göre uzun yıllar aylık rüzgar hızı haritaları	98
Şekil 2.86. İzmir ili 2050-2100 yılları arası dönemi HadGEM-ES modeli RCP 8.5 senaryosuna göre uzun yıllar aylık rüzgar hızı haritaları	99
Şekil 2.87. İzmir ili 1971-2000 yılları arası dönemi HadGEM-ES modeli uzun yıllar aylık radyasyon haritaları	100



Şekil 2.88. İzmir ili 2050-2100 yılları arası dönemi HadGEM-ES modeli RCP 4.5 senaryosuna göre uzun yıllar aylık radyasyon haritaları	101
Şekil 2.89. İzmir ili 2050-2100 yılları arası dönemi HadGEM-ES modeli RCP 8.5 senaryosuna göre uzun yıllar aylık radyasyon haritaları	102
Şekil 2.90. İzmir ili 1971-2000 yılları arası dönemi HadGEM-ES modeli uzun yıllar aylık buharlaşma haritaları	103
Şekil 2.91. İzmir ili 2050-2100 yılları arası dönemi HadGEM-ES modeli RCP 4.5 senaryosuna göre uzun yıllar aylık buharlaşma haritaları	104
Şekil 2.92. İzmir ili 2050-2100 yılları arası dönemi HadGEM-ES modeli RCP 8.5 senaryosuna göre uzun yıllar aylık buharlaşma haritaları	105
Şekil 3.1. Balçova ilçesi arazi örtüsü/alan kullanımları (1963 yılı)	112
Şekil 3.2. Balçova ilçesi arazi örtüsü/alan kullanımları (2016 yılı)	112
Şekil 3.3. Atlık ve sınıflanmış veriler ile referans yer noktaları arasındaki ilişki (üst: 1963; alt: 2016)	114
Şekil 3.4. 1963-2016 yılları arası arazi örtüsü/alan kullanımı değişimleri	117
Şekil 3.5. 1963-2016 yılları arası arazi örtüsü/alan kullanımı dönüşümleri (1: yapı alanları, 2: açık tarım arazisi, 3: doğal vejetasyon, 4: zeytinlikler, 5: çıplak alanlar, 6: su yüzeyleri. Örnek: 2/1; Açık tarım arazisinden yapı alanlarına dönüşüm)	117
Şekil 3.6. 1963 ve 2016 yılları arasındaki kazanç ve kayıplar	118
Şekil 3.7. 1963 ve 2016 yılları arasındaki net değişim	118
Şekil 3.8. Yapı alanları sınıfının toplam değişime katkısı	118
Şekil 3.9. Arazi örtüsü açısından yapı alanlarına uygunluk	120
Şekil 3.10. Eğim açısından yapı alanlarına uygunluk	120
Şekil 3.11. Bakı açısından yapı alanlarına uygunluk	121
Şekil 3.12. Yapı alanlarına yakınlık açısından yapı alanlarına uygunluk	121
Şekil 3.13. Yola yakınlık açısından yapı alanlarına uygunluk	122
Şekil 3.14. Yapı alanları için uygunluk (Birleştirilmiş)	122
Şekil 3.15. Arazi örtüsü açısından tarıma uygunluk	123
Şekil 3.16. Eğim açısından tarıma uygunluk	124
Şekil 3.17. Tarım alanlarına yakınlık açısından tarıma uygunluk	124
Şekil 3.18. Yola yakınlık açısından tarıma uygunluk	125
Şekil 3.19. Tarım alanları için uygunluk (Birleştirilmiş)	125
Şekil 3.20. Doğal alanlara yakınlık bakımından doğal alanlar için uygunluk	126
Şekil 3.21. Yapı alanlarına uzaklık bakımından doğal alanlar için uygunluk	126
Şekil 3.22. Doğal alanlar için uygunluk (birleştirilmiş)	127
Şekil 3.23. Çıplak alanlar için uygunluk	127
Şekil 3.24. Yapı alanları için şartlı olasılık	129
Şekil 3.25. Açık tarım arazisi için şartlı olasılık	129
Şekil 3.26. Doğal vejetasyon için şartlı olasılık	130
Şekil 3.27. Zeytinlikler için şartlı olasılık	130
Şekil 3.28. Çıplak alanlar için şartlı olasılık	131
Şekil 3.29. 2050 yılı tahmin görüntüsü (Senaryo 1)	133
Şekil 3.30. 2050 yılı tahmin görüntüsü (Senaryo 2)	133
Şekil 3.31. Kentsel yapı alanlarının mevcut durumu (koyu kahverengi) ve gelişmenin beklendiği (açık kahverengi alanlar) (Üst: Senaryo 1; Alt: Senaryo 2)	134
Şekil 3.32. Balçova ilçesi yeşil altyapı sistemi (2016 yılı)	135
Şekil 4.1. Balçova ilçesinde yüzey akışa geçen yağış suyu (m^3)	143
Şekil 4.2. Balçova ilçesindeki kentsel yeşil alanların karbon tutma potansiyeli (ton)	145
Şekil 4.3. Balçova ilçesindeki kentsel yeşil alanların karbon tutma potansiyeli (kg/m^2)	145
Şekil 4.4. Balçova ilçesindeki kentsel yeşil alanların hava temizleme potansiyeli (gr)	147
Şekil 4.5. Balçova ilçesindeki kentsel yeşil alanların hava temizleme potansiyeli (gr/m^2)	148
Şekil 4.6. Balçova ilçesindeki kentsel yeşil alanların birleştirilmiş düzenleyici ekosistem servisleri haritası	149
Şekil 5.1. İzmir ili iklim istasyonları güncel dönem (1971-2000) ve gelecek dönem (2050-2100) aylık ortalama sıcaklık verileri	153
Şekil 5.2. Mevsimlere göre İzmir ili iklim istasyonları güncel dönem (1971-2000) ve gelecek dönem (2050-2100) aylık ortalama sıcaklık verileri	154
Şekil 5.3. İzmir ili iklim istasyonları güncel dönem (1971-2000) ve gelecek dönem (2050-2100) aylık toplam yağış verileri	155
Şekil 5.4. Mevsimlere göre İzmir ili iklim istasyonları güncel dönem (1971-2000) ve gelecek dönem (2050-2100) yıllık toplam yağış miktarları	155
Şekil 5.5. Bumerang ve eş yükselti hendekleri	158
Şekil 5.6. Süzdürme çanakları uygulama örneği	158
Şekil 5.7. Yol kenarında uygulanan geçirimli yüzeyler için yağmur suyu uygulaması	158



Tablo Listesi

Tablo 2.1. CMIP tarafından geliştirilen Genel Dolaşım / İklim Modelleri	27
Tablo 2.2. Temsili Konsantrasyon Rotası Senaryoları	28
Tablo 2.3. Temsili Konsantrasyon Rotası Senaryoları	34
Tablo 2.4. İzmir ili ve çevresi iklim istasyonları güncel (1971-2000) ve gelecek (2050-2100) dönem aylık ortalama sıcaklık verileri değişimi	37
Tablo 2.5. İzmir ili ve çevresi iklim istasyonları güncel (1971-2000) ve gelecek (2050-2100) dönem aylık toplam yağış verilerinin değişimi	39
Tablo 2.6. İzmir ili ve çevresi iklim istasyonları güncel dönem (1971-2000) ve gelecek dönem (2050-2100) aylık ortalama toprak sıcaklık verilerinin değişimi	44
Tablo 2.7. İzmir ili ve çevresi iklim istasyonları güncel dönem (1971-2000) ve gelecek dönem (2050-2100) aylık ortalama rüzgar hızı verileri değişimi	46
Tablo 2.8. İzmir ili ve çevresi iklim istasyonları güncel dönem (1971-2000) ve gelecek dönem (2050-2100) aylık ortalama toprak nemi verileri değişimi	48
Tablo 2.9. İzmir ili ve çevresi iklim istasyonları güncel dönem (1971-2000) ve gelecek dönem (2050-2100) aylık ortalama buharlaşma verileri değişimi	50
Tablo 2.10. İzmir ili ve çevresi iklim istasyonları güncel dönem (1971-2000) ve gelecek dönem (2050-2100) aylık radyasyon verileri değişimi	52
Tablo 2.11. Dikili ilçesi ortalama sıcaklık verileri betimleyici istatistikleri	64
Tablo 2.12. Dikili ilçesi ortalama sıcaklık verilerinde ekstrem değerler	64
Tablo 2.13. Konak ilçesi ortalama sıcaklık verilerinde betimleyici istatistikleri	66
Tablo 2.14. Konak ilçesi ortalama sıcaklık verilerinde ekstrem değerler	66
Tablo 2.15. Çeşme ilçesi ortalama sıcaklık verilerinde betimleyici istatistikleri	68
Tablo 2.16. Çeşme ilçesi ortalama sıcaklık verilerinde ekstrem değerler	68
Tablo 2.17. Bergama ilçesi ortalama sıcaklık verilerinde betimleyici istatistikleri	70
Tablo 2.18. Bergama ilçesi ortalama sıcaklık verilerinde ekstrem değerler	70
Tablo 2.19. Seferihisar ilçesi ortalama sıcaklık verilerinde betimleyici istatistikleri	72
Tablo 2.20. Seferihisar ilçesi ortalama sıcaklık verilerinde ekstrem değerler	72
Tablo 2.21. Ödemiş ilçesi ortalama sıcaklık verilerinde betimleyici istatistikleri	74
Tablo 2.22. Ödemiş ilçesi ortalama sıcaklık verilerinde ekstrem değerler	74
Tablo 2.23. Selçuk ilçesi ortalama sıcaklık verilerinde betimleyici istatistikleri	76
Tablo 2.24. Selçuk ilçesi ortalama sıcaklık verilerinde ekstrem değerler	76
Tablo 3.1. 1963 ve 2016 Yılları Balçova ilçesi Arazi Örtüsü/Arazi Kullanımı istatistikleri	113
Tablo 3.2. Hata matrisi (1963 ve 2016 yılı sınıflamaları)	115
Tablo 3.3. Referans ve sınıflanmış veri ilişkisi ve üretici-kullanıcı doğrulukları (Toplam sınıflama doğrulukları: % 96,09 ve % 96,88)	115
Tablo 3.4. Her sınıf için Kappa doğrulukları (1963 ve 2016 yılı)	115
Tablo 3.5. Önceki (satırlar: 1963) ve sonraki (sütunlar: 2016) tarihlerin çapraz sıralaması (ha)	116
Tablo 3.6. 2050 yılı için beklenen arazi örtüsü/arazi kullanımı geçiş olasılıkları	128
Tablo 3.7. 2050 yılı için beklenen arazi örtüsü/arazi kullanımı dönüşüm alanları miktarları	128
Tablo 3.8. Model senaryoları için kullanılan parametreler	132
Tablo 3.9. İzmir İli Balçova İlçesine Ait Kentsel Yeşil Altyapı Sisteminin Kompozisyon ve Konfigürasyon Özellikleri	136
Tablo 3.10. Balçova ilçesinin yeşil altyapı sisteminin zayıf ve güçlü özellikleri	137
Tablo 4.1. Balçova ilçesinde yüzey akışa geçen yağış suyu	142
Tablo 4.2. Balçova ilçesindeki kentsel yeşil alanlardaki bitki örtüsünün karbon tutma potansiyeli	144
Tablo 4.3. Balçova ilçesindeki kentsel yeşil alanlardaki bitki örtüsünün hava temizleme potansiyeli	147
Tablo 4.4. Balçova ilçesindeki kentsel yeşil alanların sağladığı düzenleyici ekosistem servisleri	149
Tablo 5.1. Öneri Projeler ve Beklenen Yararlar	160
Tablo 5.2. Önerilerin Hiyerarşisi Tablosu	161



Kısaltmalar Dizini

IPCC	The Intergovernmental Panel on Climate Change
WMO	Dünya Meteoroloji Örgütü
UNEP	Birleşmiş Milletler Çevre Programı
BMİDÇS	Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çevre Sözleşmesi
WGCM	Birleştirilmiş Modelleme üzerine Çalışma Grubu
UNSECO	Birleşmiş Milletler Eğitim, Bilim ve Kültür Örgütü
GCM	Küresel Dolaşım Modeli (General Circulation/climate Model)
WCRP	Dünya İklim Araştırma Programı
WGCM	Birleştirilmiş Modelleme üzerine Çalışma Grubu
AOGCM	Atmosfer- Okyanus Genel Dolaşım Model Çiftleri
CMIP	Birleştirilmiş Model Karşılaştırma Projesi
GCM	Küresel Dolaşım Modelleri
RCPs	Konsantrasyon Rotası Senaryoları (Representative Concentration Pathways)
RCP	Temsili Konsantrasyon Rotaları
AR5	5. Değerlendirme Raporu
CMIP5	Cuopled Model Intercomparison Project Phase 5
SDSM	Statistical Downscaled Model
RCMs	Regional Climate Models
MA	Milenyum Ekosistem Değerlendirmesi



Kaynakça

1. European Commision , 2013. Building a Green Infrastructure for Europe. – Luxembourg: Publications Office of the European Union.
2. European Commision ,2016a. Green Infrastructure in Spain, http://ec.europa.eu/environment/nature/ecosystems/pdf/Green%20Infrastructure/GI_ES.pdf
3. Ajuncament de Barcelona, 2016. Barcelona Green Infrastructure and Biodiversity Plan 2020/Summary.
4. Biodiversity Information System for Europe, 2018a. Green Infrastructure in Spain, <https://biodiversity.europa.eu/countries/spain##t-0>
5. Sundseth K, Creed P (2008) Natura 2000: Protecting Europe's Biodiversity. Office for Official Publications of the European Communities: 1–296.
6. Environmental Studies Centre,Vitoria-Gasteiz City Council , 2014. The Urban Green Infrastructure of Vitoria-Gasteiz, Proposal Document.
7. http://wiki.reformrivers.eu/index.php/Deva_River._Bank_protection_on_the_right_bank_of_the_Deva_River_in_Molleda
8. Saiz, S. , 2017.Madrid+Natural, Nature Based Solutions for Sustainable and Resilient Cities, ARUP.
9. Ayuntamiento de Burgos, 2016
10. European Commision ,2016b. Green Infrastructure in Italy, http://ec.europa.eu/environment/nature/ecosystems/pdf/Green%20Infrastructure/GI_IT.pdf
11. Bertoldi, P., Cayuela, D.B., Monni, S., Raveschoot, R.P. 2010. Linee Guida”Come Sviluppare Un Piano Di Azione Per L’energiasostenibile-Paes”. JRC Scientific and Technical Reports. 154s.
12. Biodiversity Information System for Europe.2018b. Green Infrastructure in Italy, <https://biodiversity.europa.eu/countries/italy##t-0>
13. Fusaro et al., 2017
14. IPCC, 2007 Climate Change 2007. Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II & III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva
15. IPCC, 2013. Climate change 2013:The pyhsical Science Basis (Summary for Policymakers), Working Group I contribution to the IPCC Fifth Assesment Report, Genova
16. Moss, R.H., Edmonds, J.A., Hibbard, K.A., Manning, M.R., Rose, S.K., Van Vuuren, D.P., Carter, T.R., Emori, S., Kainuma, M., Kram, T., Meehl, G.A., Mitchell, J.F.B., Nakicenovic, N., Riahi, K., Smith, S.J., Stouffer, R.J., Thomson, A.M., Weyant, J.P., Wilbanks, T.J., 2010. The next generation of scenarios for climate change research and assessment. Nature. <https://doi.org/10.1038/nature08823>
17. Meinshausen, M., Smith, S.J., Calvin, K. et al. Climatic Change (2011) 109: 213. <https://doi.org/10.1007/s10584-011-0156-z>
18. NCAR/UCAR, 2013. The NCAR Command Language.Boulder, Colorado:UCAR/NCAR/CISL/VETS. Doi:5065/D6WD3CH5.
19. MEA, 2005. Millenium ecosystem assessment. Ecosystems and Human Well-Being. Island Press, DC: Island). Washington DC, USA.
20. Madureira, H., Nunes, F., Oliveira, J. V., Cormier, L., Madureira, T. 2015. Urban residents’ beliefs concerning green space benefits in four cities in France and Portugal. Urban Forestry & Urban Greening, 14, 56- 6.
21. Nowak, D. J., Greenfield, E. J., Hoehn, R. E. & Lapoint, E. 2013. Carbon Storage And sequestration by trees in urban and community areas of the United States. Environmental Pollution, 178, 229–236
22. Maco, S. E., McPherson, E. G. 2003. A practical approach to assessing structure, function, and value of street tree populations in small communities. Journal of Arboriculture, 29(2), 84-97.
23. Butler, D., Davies, J. W. 2004. Urban Drainage, 2nd edition, Spon Press Taylor & Francis Group, London and New york, 1- 5.
24. Dunnett, N., Clayden, A. 2007. Rain Gardens-Managing water sustainably in the garden and designed landscape. Timber Press Inc., USA, p. 186.
25. Strom,S., Nathan, K., Woland, J. 2013. Site Engineering for Landscape Architects, Sixth edition, John Wiley & Sons, Hoboken, NJ, 348p.
26. Tratalos, J., Fuller, R., Warren, P.H., Davies, R.G., Gaston, K.J. 2007. Urban form, biodiversity potential and ecosystem services, Landscape and Urban Planning 83: 308-317.
27. Atalay, İ. 2015. Ekosistem Ekolojisi ve Coğrafyası, META Basım Matbaacılık Hizmetleri. İzmir



28. Nowak, D.J. 1993. Atmospheric carbon reduction by urban trees. *Journal of Environmental Management*. 37, 207-217.
29. Bryne, K., Black, K. 2003. Carbon Sequestration in IrishForest. COFURN Connect 3.
30. Nowak, D.J., Cumming, A.B., Twardus, D., Hoehn, R.E., Oswalt, C.M., Brandeis, T.J. 2012. Urban forests of Tennessee, 2009, United States Department of Agriculture Forest Service General Technical Report SRS-149, 60p.
31. Jana, B.K., Biswas, S., Majumder, M., Roy, P., Mazumder, A. 2010. Accumulation of carbon stock through plantation in urban area, In: B.K. Jana and M. Majumder (ed) *Impacts of Climate Change Natural Resource Management*, Springer, pp 281-294.
32. Nowak, D.J. 1994a. Atmospheric carbon dioxide reduction by Chicago's urban forest. In: McPherson, E.G., Nowak, D.J., Rowntree, R.A. (ed), *Chicago's Urban Forest Ecosystem: Results of the Chicago Urban Forest Climate Project*. USDA Forest Service General Technical Report NE-186, Radnor, PA, pp 83-94.
33. Nowak, D.J., Stevens, J.C., Sisinni, S.M., Luley, C.J. 2002. Effects of urban tree management and species selection on atmospheric carbon dioxide, *Journal of Arboriculture* 28 (3): 113-122.
34. Rowntree, R.A. and Nowak, D.J. 1991 Quantifying the role of urban forests in removing atmospheric carbon dioxide. *Journal of Arboriculture*. 17(10), 269-275
35. Schlesinger, R.B. 2007. The health impact of common inorganic components of fine particulate matter (PM2.5) in ambient air: a critical review. *Inhalation Toxicology* 19: 811-832.
36. Nowak, D.J., Crane, D.E., Stevens, J.C. 2006. Air pollution removal by urban trees and shrubs in the United States. *Urban Forestry and Urban Greening* 4: 115-123.
37. Rouspard, P., Amielh, M., Maro, D., Coppalle, A., Branger, H. 2013. Measurement in a wind tunnel of dry deposition velocities of submicron aerosol with associated turbulence onto rough and smooth urban surfaces. *Journal of Aerosol Science* 55: 12-24.
38. McPherson, E.G., Scott, K.I., Simpson, J.R., 1998. Estimating cost effectiveness of residential yard trees for improving air quality in Sacramento, California, using existing models. *Atmospheric Environment* 32, 75-84.
39. Fowler, D., 2002. In: Bell, J.N.B., Treshow, M. (Eds.), *Pollutant deposition and uptake by vegetation*, second ed. John Wiley and Sons Ltd, West Sussex, England, pp. 43-67.
40. Wang, Y., Zhou, G., 2000. Analysis on quantitative simulation of stomatal conductance of *Aneurolepidium chinense*. *Acta Phytocologica Sinica* 24: 739-743.
41. ÇŞB, 2017. T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Hava Kirliliği İzleme Verileri.
42. MGM, 2017. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü İklim Verileri.
43. Baldocchi, D.D., B.B. Hicks, and P. Camara. 1987. A canopy stomatal resistance model for gaseous deposition to vegetated surfaces. *Atmospheric Environment* 21: 91-101.
44. Lovett, G.M. 1994. Atmospheric deposition of nutrients and pollutants in North America: an ecological perspective. *Ecological Application* 4: 629-650.
45. Nowak, D.J. 1994b. Air pollution removal by Chicago's urban forest. In: McPherson, E.G., Nowak, D.J., and Rowntree, R.A. *Chicago's Urban Forest Ecosystem: Results of the Chicago Urban Forest Climate Project*. USDA Forest Service General Technical Report NE-186. pp. 63-81
46. Tokuş ve Özdemir Civic, K. and Siuta, M., 2014. *Green Infrastructure – Training manual for trainers*. ECNC, Tilburg, the Netherlands and CEEweb for Biodiversity, Budapest, Hungary. Copyright © 2014 ECNC and CEEweb.



İzmir Büyükşehir Belediyesi
Çevre Koruma ve Kontrol Dairesi Başkanlığı
Sağlıklı Kentler ve Temiz Enerji Şube Müdürlüğü

<http://skpo.izmir.bel.tr>

sagliklikentler@izmir.bel.tr

www.izmir.bel.tr

<http://direnclikent2019.izmir.bel.tr>

Peyzaj Araştırmaları Derneği

www.pad.org.tr

bilgi@pad.org.tr • info@pad.org.tr

Bu yayın Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti'nin mali desteği ile hazırlanmıştır.
Bu yayının içeriği yalnızca İzmir Büyükşehir Belediyesi ve Peyzaj Araştırmaları Derneği'nin sorumluluğundadır. Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti'nin görüşlerini yansıtmamaktadır.