

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DOKTORA TEZİ

**Kentsel Mikroklima Alanlarında Termal Konfor ve Geleceğe
Yönelik Klimatik Modellemeler: Diyarbakır Kent Merkezi
Örneği**

Sülem ŞENYİĞİT DOĞAN

Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı

Nisan, 2025

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DOKTORA TEZ ONAYI

**Kentsel Mikroklima Alanlarında Termal Konfor ve Geleceğe
Yönelik Klimatik Modellemeler: Diyarbakır Kent Merkezi
Örneği**

Sülem ŞENYİĞİT DOĞAN

Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı

Bu Doktora Tezi 18/04/2025 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından Değerlendirilmiş
ve Oy Birliği ile Kabul Edilmiştir.

Jüri : Prof. Dr. Süha BERBEROĞLU (Danışman)
: Prof. Dr. Çiğdem COŞKUN HEPCAN
: Prof. Dr. Hakan ALPHAN
: Prof. Dr. Cengiz USLU
: Prof. Dr. Mehmet Akif IRMAK

Bu Tez Fen Bilimleri Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalında Hazırlanmıştır.
Tez No:

Prof. Dr. Sadık DİNÇER
Enstitü Müdürü

Bu Çalışma Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi Tarafından Desteklenmiştir.
Proje No: FDK-2022-15272

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge ve fotoğrafların kaynak
gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

İÇİNDEKİLER

ÖZ	I
ABSTRACT.....	II
TEŞEKKÜR.....	III
ÇİZELGELER DİZİNİ	IV
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	V
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	VIII
1. GİRİŞ	1
1.1. Küresel İklim Değişikliği	1
1.2. Kentsel İklim Değişikliği.....	5
1.3. Biyoklimatik Konfor	7
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	13
2.1. ENVI-MET ve kentsel alanlar ile ilgili çalışmalar	18
2.2. Makine Öğrenme Tekniği ve İklim Çalışmaları	24
3. MATERYAL VE METOT	29
3.1. Materyal.....	29
3.1.1. Bitki Örtüsü	29
3.1.2. Toprak Özellikleri ve Topografya Yapısı.....	30
3.1.3. Hidrolojik Yapı.....	33
3.1.4. Nüfus	34
3.1.5. İklim Özellikleri	35
3.1.6. Kentin Tarihsel gelişimi	37
3.1.7. Alan Kullanım Yapısı.....	39
3.2. Metot.....	41
3.2.1. Literatür Taraması, Çalışma Alanlarının Belirlenmesi ve İklim Verilerinin Temini ..	43
3.2.2. ENVI-met Programı ,Çalışma Prensipleri ve Envi-met Senaryoları	49
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	57
4.1. Yer Yüzü Sıcaklık Analizleri.....	57
4.2. Sur İlçesi Güncel ve Gelecek Durum Envi-met Analizleri.....	59
4.2.1. Sur bölgesi biyoklimatik konforun tespiti ve iyileştirilmesine yönelik mevcut durum ve bitkisel tasarım senaryolarına göre hava sıcaklığı analizleri	61
4.2.2. Sur bölgesi biyoklimatik konforun tespiti ve iyileştirilmesine yönelik mevcut durum ve bitkisel tasarım senaryolarına göre nispi nem analizleri.....	65
4.2.3. Sur bölgesi biyoklimatik konforun tespiti ve iyileştirilmesine yönelik mevcut durum ve bitkisel tasarım senaryolarına göre rüzgar hızı analizleri	69

4.2.4. Sur bölgesi biyoklimatik konforun tespiti ve iyileştirilmesine yönelik mevcut durum ve bitkisel tasarım senaryolarına göre FES analizleri.....	73
4.3. Yenişehir İlçesi Güncel ve Gelecek Durum Envi-met Analizleri	77
4.3.1. Yenişehir bölgesi biyoklimatik konforun tespiti ve iyileştirilmesine yönelik mevcut durum ve bitkisel tasarım senaryolarına göre hava sıcaklığı analizleri	79
4.3.2. Yenişehir bölgesi biyoklimatik konforun tespiti ve iyileştirilmesine yönelik mevcut durum ve bitkisel tasarım senaryolarına göre nispi nem analizleri	83
4.3.3. Yenişehir ilçesi biyoklimatik konforun tespiti ve iyileştirilmesine yönelik mevcut durum ve bitkisel tasarım senaryolarına göre rüzgar hızı analizleri.....	87
4.3.4. Yenişehir bölgesi biyoklimatik konforun tespiti ve iyileştirilmesine yönelik mevcut durum ve bitkisel tasarım senaryolarına göre FES analizleri	91
4.4. Bağlar İlçesi Güncel ve Gelecek Durum Envi-met Analizleri.....	95
4.4.1. Bağlar ilçesi biyoklimatik konforun tespiti ve iyileştirilmesine yönelik mevcut durum ve bitkisel tasarım senaryolarına göre hava sıcaklığı analizleri	97
4.4.2. Bağlar bölgesi biyoklimatik konforun tespiti ve iyileştirilmesine yönelik mevcut durum ve bitkisel tasarım senaryolarına göre nispi nem analizleri.....	101
4.4.3. Bağlar ilçesi biyoklimatik konforun tespiti ve iyileştirilmesine yönelik mevcut durum ve bitkisel tasarım senaryolarına göre rüzgar hızı analizleri	105
4.4.4. Bağlar ilçesi biyoklimatik konforun tespiti ve iyileştirilmesine yönelik mevcut durum ve bitkisel tasarım senaryolarına göre FES analizleri.....	109
4.5. Kayapınar İlçesi Güncel ve Gelecek Durum Envi-met Analizleri.....	113
4.5.1. Kayapınar bölgesi biyoklimatik konforun tespiti ve iyileştirilmesine yönelik mevcut durum ve bitkisel tasarım senaryolarına göre hava sıcaklığı analizleri.....	115
4.5.2. Kayapınar bölgesi biyoklimatik konforun tespiti ve iyileştirilmesine yönelik mevcut durum ve bitkisel tasarım senaryolarına göre nispi nem analizleri	119
4.5.3. Kayapınar ilçesi biyoklimatik konforun tespiti ve iyileştirilmesine yönelik mevcut durum ve bitkisel tasarım senaryolarına göre rüzgar hızı analizleri	123
4.5.4. Kayapınar bölgesi biyoklimatik konforun tespiti ve iyileştirilmesine yönelik mevcut durum ve bitkisel tasarım senaryolarına göre FES analizleri.....	127
4.6. Tartışma.....	131
4.6.1. Nem Analizlerinin Değerlendirilmesi.....	138
4.6.2. Sıcaklık Analizlerinin Değerlendirilmesi	139
4.6.3. Rüzgar Analizlerinin Değerlendirilmesi.....	142
4.6.4. FES Değerleri Analizlerinin Değerlendirilmesi	144
5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER.....	147
KAYNAKLAR	155
ÖZGEÇMİŞ	175

Kentsel Mikroklima Alanlarında Termal Konfor ve Geleceğe Yönelik Klimatik Modellemeler: Diyarbakır Kent Merkezi Örneği

Sülem ŞENYİĞİT DOĞAN

Danışman: Prof. Dr. Süha BERBEROĞLU
İkinci Danışman: Doç. Dr. Ahmet KOÇ

Peyzaj mimarlığı Anabilim Dalı

ÖZ

Kentleşme ve beraberinde artan küresel ısınma geçtiğimiz yüzyıl ve içinde bulunduğumuz yüzyılda önemli sorunlardan biri olarak karşımıza çıkmaktadır. Özellikle büyük şehirlerde çarpık kentleşme ve yoğun yapı stoklarının neden olduğu kentsel ısı adaları insan termal konforunu etkilemektedir.

Bu çalışmada özellikle yaz aylarında sıcak ve kurak, kış aylarında ise serin ve nemli iklime sahip olan Diyarbakır kent merkezinde olan dört merkez ilçe ele alınmıştır. Çalışmada bölgenin geleneksel mimari dokusunu (Sur), geleneksel ve modern dokusunu (Yenişehir), modern dokuyu (Kayapınar), çarpık kentsel dokuyu (Bağlar) temsil eden dört farklı alan ele alınmıştır. Aynı zamanda Türkiye Meteoroloji Genel Müdürlüğüne ait istasyonlardan alınan 30 yıllık iklim verileri ve yerinde ölçümlerle elde edilmiş olan meteorolojik veriler materyal olarak kullanılmıştır. Dört farklı çalışma alanında, dört farklı senaryo (Senaryo 1: %20 çim alandan oluşan, Senaryo 2 : %80 çim alandan oluşan, Senaryo 3: ibreli bitkilerden oluşan, Senaryo 4: yaprak döken bitkilerden oluşan) iki farklı mevsim ele alınarak güncel ve geleceğe ait analizler yapılmıştır. Çalışmada Mevcut veriler ile ENVI-met yazılımı kullanılarak senaryolar oluşturulmuştur. Oluşturulan mevcut senaryoların Landsat 8 uydusuna ait yüzey sıcaklığı analizleri ve yerinde ölçümler ile doğrulamaları yapılmıştır. Geleceğe yönelik senaryolarda ise makine öğrenme alt yapısında çalışan SARIMAX modeli ile 2050 yılına ait çalışma alanlarına ait iklim değişkenleri tahmin edilmiştir. Tahminleri yapılan iklim değişkenlerine ait senaryolar ENVI-met yazılımı ile değerlendirilerek sonuçlara ulaşılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre; mevcut veriler bazında (2022) çarpık ve modern dokuda yaz aylarında en iyi sonucu 41.8 °C FES değeri ile senaryo 4, modern dokuda 46.3 °C FES sonucu ile senaryo 3, çarpık kentsel dokuda 44.3 °C FES değeri ile mevcut senaryo ve geleneksel dokuda ise en iyi sonucu 47.6 °C FES değeri ile senaryo 4 vermiştir. Kış aylarına ait senaryolarda ise; geleneksel ve modern dokuya ait çalışma alanında tüm senaryolarda benzer sonuçlar alınmasına rağmen, özellikle çarpık dokunun olduğu Bağlar ilçesinde 29.5°C FES değeri ile en konforlu ortamı senaryo 4 sağlamıştır. Geleceğe ait yaz mevsimi senaryolarında ise; modern ve geleneksel dokuya sahip olan Yenişehir ilçesinde 47 °C FES değeri ile senaryo 4 yüksek performans gösterirken sırasıyla modern dokuda 49.2°C, çarpık kentsel dokuda 46.2°C ve geleneksel dokuda 38.3°C FES değerleri ile en konforlu değerleri senaryo 4 sergilemiştir. Kış mevsimine ait senaryolarda ise senaryo 1 ve senaryo 2 tüm çalışma alanlarında daha konforlu alanlar oluşturmuştur. Bu çalışma özellikle kentsel ölçekte yerel ve idari yönetimler için bir altık olacaktır.

Anahtar Kelimeler: Termal konfor, Diyarbakır, ENVI-met, SARIMAX

Thermal Comfort in Urban Microclimate Areas and Future-Oriented Climatic Modeling: The Case of Diyarbakır City Center

Sülem ŞENYİĞİT DOĞAN

Advisor: Prof. Dr. Süha BERBEROĞLU

Co Advisor: Assoc. Prof. Dr. Ahmet KOÇ

Department of Landscape Architecture

ABSTRACT

Urbanization and escalating global warming are significant issues of the last century and the forthcoming century. The phenomenon of urban heat islands, which are a consequence of unregulated development and high-density construction, particularly in large cities, have a significant impact on human thermal comfort.

This study focuses on four central districts in Diyarbakır city center, which has a hot and dry climate in summer and a cool and humid climate in winter. Four different areas representing the traditional architectural structure of the region (Sur), traditional and modern structure (Yenişehir), modern structure (Kayapınar), and unplanned urban structure (Bağlar) were considered. Simultaneously, this study utilised three decades of climate data procured from stations under the administration of the Turkish Meteorological General Directorate, complemented by on-site meteorological measurements. In four distinct study areas, four different scenarios were analysed across two seasons. The first scenario comprised 20% grass, the second scenario 80% grass, the third scenario coniferous plants, and the fourth scenario deciduous plants. In the course of the study, scenarios were created using ENVI-met software with existing data. The validity of the present scenarios was ascertained by means of Landsat 8 satellite surface temperature analysis and on-site measurements. In future scenarios, the SARIMAX model, which operates on a machine learning infrastructure, was employed to predict the climate variables of the study areas for the year 2050. The scenarios of the predicted climate variables were evaluated with ENVI-met software, and the results were obtained. The findings, based on the available data (2022), indicate that scenario 4, with a 41.8 °C PET value, yielded the optimal outcome in the summer months within the urban and modern structure. Additionally, scenario 3, with a 46.3 °C PET result, demonstrated its efficacy in the modern structure. The current scenario also exhibited a 44.3 °C PET value in the urban structure and scenario 4, with a 47.6 °C PET value, in the traditional structure. With regard to the scenarios for the winter months, although similar results were obtained in all scenarios in the study area of traditional and modern structures, Scenario 4 provided the most comfortable environment with an PET value of 29.5 °C in the Bağlar district, especially in the distorted structure. In the future summer scenarios, scenario 4 demonstrated the highest performance with an PET value of 47°C in the Yenişehir district, which exhibits a combination of modern and traditional structures. Conversely, scenario 4 exhibited the most comfortable values with PET values of 49.2°C in modern texture, 46.2°C in skewed urban texture, and 38.3°C in traditional structure, respectively. In the context of the winter season, Scenarios 1 and 2 resulted in the creation of more comfortable areas across all study areas. The findings of this study will provide a foundation for local and administrative administrations, particularly at the urban scale.

Keywords: Thermal comfort, Diyarbakır, ENVI-met, SARIMAX

TEŞEKKÜR

Çalışmamın tamamlanmasında engin bilgi birikimini ve deneyimlerini esirgemeyen, yetişmeme ve gelişmeme katkıda bulunan, hoşgörüsü ve bilimsel tavrını lisans öğrenciliğim dönemimden bu yana örnek aldığım, öğrencisi olmaktan her zaman mutluluk ve gurur duyacağım tez danışmanım sayın Prof. Dr. Süha BERBEROĞLU'na saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmamın her aşamasında tecrübeleri ve katkıları ile yol gösteren, çalışmamın planlanması, yürütülmesi ve iyileştirilmesi konusunda katkılarını sunan, karşılaştığım sıkıntılarda yapıcı ve yol göstericiliği ile her zaman yanımda olan ve beni çalışmam boyunca motive eden kıymetli tez danışman hocam Doç.Dr. Ahmet KOÇ'a saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Tez izleme komitelerim ve jürimde yer alan, çalışmamın gelişiminde değerli eleştirileri ve katkıları bulunan sayın Prof. Dr. Hakan ALPHAN ve Prof. Dr. Çiğdem COŞKUN HEPCAN'a, ayrıca tez savunma sınavı jüri üyelerim Prof. Dr. Cengiz USLU ve Prof. Dr. Mehmet Akif IRMAK'a teşekkürlerimi sunarım.

Doktora çalışmalarım esnasında detsek olan Çukurova Üniversitesi CBS laboratuvarındaki arkadaşlarım'a, Dr. Öğr. Üyesi Emral MUTLU ve Öğr. Gör. Murat UÇAN' a teşekkür ederim.

Eğitim hayatım boyunca maddi manevi yanımda olan aileme, beni her konuda destekleyen eşim Yalçın DOĞAN'a ve hayata ilk adım attıklarından bu yana sürece şahitlik eden, hayatıma değer katan kıymetli evlatlarım Eyüp Çınar DOĞAN ve Ali Asaf DOĞAN'a teşekkürü borç bilirim.

Bu tezi annem Nefise ŞENYİĞİT'e ithaf ediyorum.

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Termal konfor indeksleri ve araştırmacılar.....	13
Çizelge 3.1. Diyarbakır merkez ilçeler 2024 yılı nüfusu	35
Çizelge 3.2. SARIMAX model veri girdileri.....	53
Çizelge 4.1. Kullanılan uydu tipi ve özellikleri	57
Çizelge 4.2. Sur ilçesi çalışma alanı analizlerde kullanılan iklim değerleri	60
Çizelge 4.3. Sur ilçesi çalışma alanı mevcut durum ve senaryolarda kullanılan bitki türleri ve bulunma miktarları	61
Çizelge 4.4. Yenişehir ilçesi çalışma alanı analizlerde kullanılan iklim değerleri	78
Çizelge 4.5. Yenişehir ilçesi çalışma alanı mevcut durum ve senaryolarda kullanılan bitki türleri ve bulunma miktarları.....	79
Çizelge 4.6. Bağlar ilçesi çalışma alanı analizlerde kullanılan iklim değerleri	96
Çizelge 4.7. Bağlar ilçesi çalışma alanı mevcut durum ve senaryolarda kullanılan bitki türleri ve bulunma miktarları.....	97
Çizelge 4.8. Kayapınar ilçesi çalışma alanı analizlerde kullanılan iklim değerleri	114
Çizelge 4.9. Kayapınar ilçesi çalışma alanı mevcut durum ve senaryolarda kullanılan bitki türleri ve bulunma miktarları.....	115
Çizelge 5.1. Çalışma alanlarına ait çıktı sonuçları	147

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1.	Küresel İklim Sistemi.....	2
Şekil 1.2.	İklim sisteminde kentleşmenin yeri	6
Şekil 3.1.	Çalışma alanının konumu.....	29
Şekil 3.2.	Diyarbakır kent merkezi Büyük Toprak Grupları haritası	31
Şekil 3.3.	Diyarbakır kent merkezi Arazi Kullanım Kapasitesi haritası	32
Şekil 3.4.	Diyarbakır kent merkezi topografya haritası.....	33
Şekil 3.5.	Diyarbakır kent merkezi hidroloji analizi	34
Şekil 3.6.	Diyarbakır kenti yıllara göre nüfus değişimi	35
Şekil 3.7.	1929-2023 yılları arası Diyarbakır ili meteorolojik veriler	36
Şekil 3.8.	Diyarbakır Tarihi Eserler	37
Şekil 3.9.	Diyarbakır Surları	38
Şekil 3.10.	Diyarbakır kenti kentsel gelişim yönü	39
Şekil 3.11.	Çalışma alanı arazi kullanım haritası (CORINE düzey 3).....	40
Şekil 3.12.	Çalışma alanındaki farklı arazi kullanımlarının toplam alana dağılımı	41
Şekil 3.13.	Çalışma Genel Planı.....	42
Şekil 3.14.	Çalışma alanları ve sınırları	43
Şekil 3.15.	Sur ilçesi çalışma alanı konumu ve görseller.....	45
Şekil 3.16.	Yenişehir ilçesi çalışma alanı konumu ve görseller.....	46
Şekil 3.17.	Bağlar ilçesi çalışma alanı konumu ve görseller.....	47
Şekil 3.18.	Kayapınar ilçesi çalışma alanı konumu ve görseller.....	48
Şekil 3.19.	Envi-met programı modülleri ve çalışma prensibi.....	51
Şekil 3.20.	SARIMAX modeli uygulama adımları	53
Şekil 3.21.	Yüzey sıcaklığı haritaları elde etmek için kullanılan şema	54
Şekil 4.1.	Çalışma alanı kış mevsimi YYS analizi.....	58
Şekil 4.2.	Çalışma alanı yaz mevsimi YYS analizi.....	59
Şekil 4.3.	Çalışma alanı güncel (2022) ve gelecek (2050) dönem mevcut durum ve senaryolara ait yaz ayı hava sıcaklığı analizleri	62
Şekil 4.4.	Çalışma alanı güncel (2022) ve gelecek (2050) dönem mevcut durum ve senaryolara ait kış ayı hava sıcaklığı analizleri	64
Şekil 4.5.	Çalışma alanı güncel (2022) ve gelecek (2050) dönem mevcut durum ve senaryolara ait yaz mevsimi nispi nem miktarı haritaları.....	66
Şekil 4.6.	Çalışma alanı güncel (2022) ve gelecek (2050) dönem mevcut durum ve senaryolara ait kış mevsimi nispi nem miktarı haritaları.....	68
Şekil 4.7.	Çalışma alanı güncel (2022) ve gelecek (2050) dönem mevcut durum ve senaryolara ait yaz mevsimi rüzgar hızı haritaları.....	70

Şekil 4.8. Çalışma alanı güncel (2022) ve gelecek (2050) dönem mevcut durum ve senaryolara ait kış mevsimi rüzgar hızı haritaları.....	72
Şekil 4.9. Çalışma alanı güncel (2022) ve gelecek (2050) dönem mevcut durum ve senaryolara ait yaz ayı FES analizleri	74
Şekil 4.10. Çalışma alanı güncel (2022) ve gelecek (2050) dönem mevcut durum ve senaryolara ait kış ayı FES analizleri	76
Şekil 4.11. Çalışma alanı güncel (2022) mevcut durum ve senaryolara ait yaz ayı hava sıcaklığı analizleri.....	80
Şekil 4.12. Çalışma alanı güncel (2022) ve gelecek (2050) dönem mevcut durum ve senaryolara ait kış ayı hava sıcaklığı analizleri	82
Şekil 4.13. Çalışma alanı güncel (2022) ve gelecek (2050) dönem mevcut durum ve senaryolara ait yaz mevsimi nispi nem miktarı haritaları.....	84
Şekil 4.14. Çalışma alanı güncel (2022) ve gelecek (2050) dönem mevcut durum ve senaryolara ait kış mevsimi nispi nem miktarı haritaları.....	86
Şekil 4.15. Çalışma alanı güncel (2022) ve gelecek (2050) dönem mevcut durum ve senaryolara ait yaz mevsimi rüzgar hızı haritaları.....	88
Şekil 4.16. Çalışma alanı güncel (2022) dönem mevcut durum ve senaryolara ait kış mevsimi rüzgar hızı haritaları	90
Şekil 4.17. Çalışma alanı güncel (2022) ve gelecek (2050) dönem mevcut durum ve senaryolara ait yaz ayı FES analizleri	92
Şekil 4.18. Çalışma alanı güncel (2022) ve gelecek (2050) dönem mevcut durum ve senaryolara ait kış ayı FES analizleri	94
Şekil 4.19. Çalışma alanı güncel (2022) ve gelecek (2050) dönem mevcut durum ve senaryolara ait yaz ayı hava sıcaklığı haritaları.....	98
Şekil 4.20. Çalışma alanı güncel (2022) ve gelecek (2050) dönem mevcut durum ve senaryolara ait kış mevsimi hava sıcaklığı haritaları.....	100
Şekil 4.21. Çalışma alanı güncel (2022) ve gelecek (2050) dönem mevcut durum ve senaryolara ait yaz mevsimi nispi nem miktarı haritaları.....	102
Şekil 4.22. Çalışma alanı güncel (2022) ve gelecek (2050) dönem mevcut durum ve senaryolara ait kış mevsimi nispi nem miktarı haritaları.....	104
Şekil 4.23. Çalışma alanı güncel (2022) ve gelecek (2050) dönem mevcut durum ve senaryolara ait yaz mevsimi rüzgar hızı haritaları.....	106
Şekil 4.24. Çalışma alanı güncel (2022) dönem mevcut durum ve senaryolara ait kış mevsimi rüzgar hızı haritaları	108
Şekil 4.25. Çalışma alanı güncel (2022) ve gelecek (2050) dönem mevcut durum ve senaryolara ait yaz ayı FES analizleri	110

Şekil 4.26. Çalışma alanı güncel (2022) ve gelecek (2050) dönem mevcut durum ve senaryolara ait kış ayı FES analizleri	112
Şekil 4.27. Çalışma alanı güncel (2022) ve gelecek (2050) dönem mevcut durum ve senaryolara ait yaz ayı hava sıcaklığı analizleri	116
Şekil 4.28. Çalışma alanı güncel (2022) ve gelecek (2050) dönem mevcut durum ve senaryolara ait kış ayı hava sıcaklığı analizleri	118
Şekil 4.29. Çalışma alanı güncel (2022) ve gelecek (2050) dönem mevcut durum ve senaryolara ait yaz mevsimi nispi nem miktarı haritaları.....	120
Şekil 4.30. Çalışma alanı güncel (2022) ve gelecek (2050) dönem mevcut durum ve senaryolara ait kış mevsimi nispi nem miktarı haritaları.....	122
Şekil 4.31. Çalışma alanı güncel (2022) ve gelecek (2050) dönem mevcut durum ve senaryolara ait yaz mevsimi rüzgar hızı haritaları.....	124
Şekil 4.32. Çalışma alanı güncel (2022) ve gelecek (2050) dönem mevcut durum ve senaryolara ait kış mevsimi rüzgar hızı haritaları.....	126
Şekil 4.33. Çalışma alanı güncel (2022) ve gelecek (2050) dönem mevcut durum ve senaryolara ait yaz ayı FES analizleri	128
Şekil 4.34. Çalışma alanı güncel (2022) ve gelecek (2050) dönem mevcut durum ve senaryolara ait kış ayı FES analizleri	130
Şekil 4.35. Model 2050 ortalama sıcaklık göstergesi.....	131
Şekil 4.36. Modelin analizlerine göre 2050 ortalama rüzgar hızı göstergesi	132
Şekil 4.37. Model 2050 yılı ortalama nem göstergesi.....	133
Şekil 4.38. Modelin 2050 sonuçlarına göre ortalama rüzgar hızı göstergesi	135
Şekil 4.39. Modelin analizlerine göre 2050 ortalama sıcaklık göstergesi.....	135
Şekil 4.40. Modelin 2050 sonuçlarına göre ortalama nem göstergesi.....	136
Şekil 4.41. Model 2050 sonuçlarına göre ortalama sıcaklık göstergesi	136
Şekil 4.42. Modelin analizlerine göre 2050 ortalama nem göstergesi	137
Şekil 4.43. Modelin 2050 sonuçlarına göre ortalama rüzgar göstergesi	137
Şekil 4.44. Çalışmaya ait güncel ve geleceğe ait nem durumunu gösteren grafik	139
Şekil 4.45. Çalışmaya ait güncel ve geleceğe ait hava sıcaklığı durumunu gösteren grafik	141
Şekil 4.46. Çalışmaya ait güncel ve geleceğe ait rüzgar durumunu gösteren grafik.....	143
Şekil 4.47. Çalışmaya ait güncel ve geleceğe ait FES durumunu gösteren grafik	145

SİMGELER VE KISALTMALAR

IPCC : Hükümetler arası İklim Değişikliği Paneli

FES : Fizyolojik Eşdeğer Sıcaklık

YYs : Yer Yüzey Sıcaklığı

MGM: Meteoroloji Genel Müdürlüğü

KSA : kentsel ısı adası

m : metre

m³ : metreküp

km² : kilometre kare

g : gram

s : saniye

mak : maksimum

min : minimum

ort : ortalama

ha : hektar

1. GİRİŞ

İklim insan yaşamını, sosyal, kültürel aktivitelerini ve yerleşim şeklini etkileyen önemli bir doğal faktördür. Bu faktörler ışığında insanoğlu varoluşundan günümüze kadar sürekli iklime uyum sağlama çabasıyla yaşamıştır. Bu çabalar neticesinde insanoğlu iklimi sürekli avantajlı bir duruma getirmek için sürekli yeni oluşumlar aramıştır. İklim bu oluşumlar ve sahip olduğu özellikler ile dünya var olduğundan bu yana yaşamının sürdürülebilirliği için en önemli etmenler arasında yer almaktadır.

Erol (1993) iklim tanımını, belirli bir bölgede sıcaklık, nem, rüzgar ve hava basıncı gibi çeşitli hava olaylarının yaşanması ve gözlemlenmesiyle elde edilen verilerin ortalama değeri olarak belirtmiştir. Yağış, bulutluluk, güneşlenme, rüzgar, hava sıcaklığı, nem gibi iklim elemanlarının farklı oranlarda birleşmesi ile bir alanın iklimi meydana getirir ve bu aynı zamanda o bölgenin atmosfer özelliklerini de oluşturur. İklim elemanlarının detaylı incelenmesi ile yeryüzü ve coğrafi alanlar hakkında bilgi edinmemize, meteorolojik olayların daha iyi analiz edilmesine yardımcı olmaktadır (**Yalçın ve ark., 2005**).

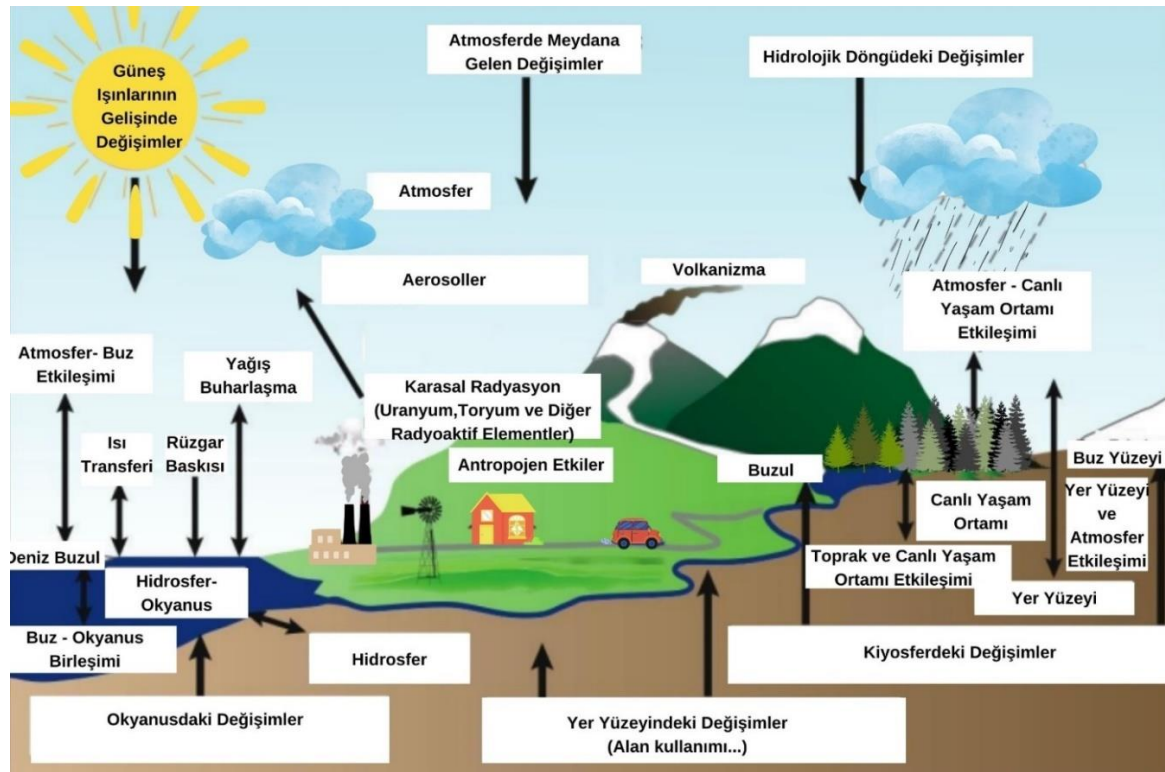
Diğer bir deyişle iklim, geniş alanlarda uzun yıllar içerisinde içinde gerçekleşen ortalama hava koşullarıdır (**Demircan, 2022**). İklim insan ve yaşam ortamının şekillenmesinde, coğrafi koşulların oluşmasında da önemli bir etkiye sahiptir. Bir bölgedeki bitki örtüsü önemli ölçüde iklim kontrolü altındadır. Toprak oluşumunda, akarsu rejimlerinde, bireylerin yaşam konforunda, yerleşim birimi şekillerinde ve ekonomik gelişmelerde ve daha birçok alanda önemli ölçüde etkiye sahiptir (**Zeren Çetin ve Sevik, 2020**).

İklimi oluşturan bazı parametreler bulunmaktadır ve bunlar iklim elemanları olarak ifade edilmektedir. İklimin temel elemanları sıcaklık, yağış, bağıl nem, bulutluluk, güneşlenme süresi ve şiddeti, basınç, rüzgar hızı ve yönü, buharlaşma gibi değişkenlerdir. Bu parametreler niteldir ve iklimlerin oluşmasında bu parametreler üzerine doğrudan veya dolaylı olarak etkili olan; fakat ölçülemeyen bazı etkileşimler de bulunmaktadır (**Birdal ve ark., 2018**).

Bir yerin iklimini az ya da çok etkileyen, iklimin şekillenmesinde rol oynayan enlem, yükselti, kara ve denizlerin dağılışı gibi özelliklere ise iklim faktörü denir. İklim, özellikle son yıllarda herkesin ilgilendiği ve takip ettiği bir konu haline almıştır (**Yalçın ve ark., 2005**). Nitekim küresel boyutta hayati olan bu konu gelecekteki sürdürülebilir yaşamın devamı içinde önem arz etmektedir ve bu nedenle doğal ve yapay etmenlerden dolayı mikro ve makro ölçekte değişen iklimin sürdürülebilir bir yaşam gayesine göre olumsuz etkilerinin azaltılması gerekmektedir.

1.1. Küresel İklim Değişikliği

Atmosfer (hava küre), hidrosfer (su küre), kriyosfer (buz küre), litosfer (taş küre) ve biyosfer (canlı küre) olarak isimlendirilen temel beş bileşeni içeren ve bu bileşenlerin birbirleriyle karşılıklı etkileşimleri içeren dinamik döngüye iklim sistemi denir (**IPCC, 2001; Türkeş, 2012; Şekil 1**).



(Türkeş, 1997). Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli'ne göre (IPCC, 2007); iklim değişikliği, iklim sisteminin uzun yıllar içerisinde (on yıl ya da daha fazla) tespit edilebilmiş doğal ya da insan etkili değişimleri ifade etmektedir. Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli'nin bu tanımında kullanılan insan etkisi vurgusu, genel olarak insan aktiviteleri ve iklim değişikliği arasındaki bağlantıyı kurmaktadır. Bu bağlamda iklim değişikliği, atmosferde sera gazı birikimlerini arttıran insan kaynaklı faaliyetler dikkate alınarak tanımlanabilmektedir.

Dünyanın sahip olduğu doğal dengenin değişmesinde günümüzde en önemli etkenlerin başında antropojenik faktörler gelmektedir. Yaşamın sürdürülebilmesi ve çağın gerekliliğine uygun gereksinimlerini karşılayabilmesi amacıyla doğal kaynakların verimli bir şekilde kullanılması ve gelecek nesillere aktarılması gerekmektedir. İnsan nüfusunun gittikçe artması doğal kaynaklarının planlanmasını zorunlu hale getirmektedir. Nitekim Yirminci yüzyılın ortalarından bu yana dünya nüfusu hızlı bir artış göstermiştir ve 1950'de 2,5 milyara ve 2021'de ise yaklaşık 7,8 milyara ulaşmış, 2030'da ise 8,5 milyara çıkması beklenmektedir (UN, 2021). Bu artış projeksiyonunun ilerleyen yıllarda da devam edeceği ve 2100 yılında ise 10,9 milyara ulaşacağı öngörülmektedir. Kentli nüfus oranı ise dünya genelinde 1900'lerde %13 iken bu oran 2000'de %46'ya yükselmiş ve 2050 yılında ise %69'a ulaşacağı tahmin edilmektedir (UN, 2021). Ayrıca nüfusun bu derece hızlı artması sürdürülebilir bir planlamanın önemini göstermektedir.

Nüfus artışına paralel olarak kentsel alanların artacağı ve 2030 yılına kadar da kentsel alanların yayılma miktarının 1,2 milyon m² civarında bir artış göstereceği öngörülmektedir (UN-Habitat, 2011, UN-Habitat, 2015). 2009 yılında kentsel nüfus oranı %50 sınırını aştığı kaydedilmiş ve nüfus projeksiyonlarının tahminine göre ise kentsel nüfus oranının gün geçtikçe artacağı tahmin edilmektedir (UN,2010). Nüfus artışının gelişmemiş ülkelere göre daha az seyrettiği ülkelerde dahi kentsel alanların 2005-2030 yılları arasında 2,5 kat artacağı tahmin edilmektedir (UN-Habitat, 2012).

Kentlerdeki nüfus artışının temel sebeplerinden biri sanayileşme ve iş olanaklarından kaynaklanan nedenlerden dolayı kırsal alanlardan kentsel alanlara yaşanan göçlerdir. Yaşanan bu göç yoğunluğu aynı zamanda kentsel alanlar üzerinde oluşan baskıları arttırmaktadır (Öztürk ve Altuntepe, 2008). Ekonomik ve endüstriyel gelişme ve yüksek nüfus oranları arazi kullanımlarındaki hızlı değişikliklere neden olmaktadır (Çetin ve ark., 2023). Özellikle 21. yüzyılda kentsel alanlarda arazi örtüsünün çoğunlukla yerleşim alanlarına dönüştürülmesi ve buna bağlı olarak geçirimsiz yüzeylerin artmasından dolayı dünya genelinde insan ve çevre arasındaki etkileşimin olumsuz anlamda değişimine neden olduğu görülmüştür. Yaşanılan tüm değişimlerin küresel düzeyde hissedilir en büyük etkilerinden biri kent iklimindeki değişimlerdir (Dale, 1997; Stone ve ark., 2013, Moradi ve Tamer, 2017). İklimde oluşan bu farklılıklar, küresel düzeyde çözülmesi ve ileriye yönelik tedbirlerin alınmasını zorunlu kılan en büyük sorunların başında gelmektedir (Çetin., 2020; Koç, 2021). Bu sebeptendir ki iklim değişikliğinin etkilerinin hissedilmesinden bu yana uluslararası düzeyde tedbirler alınmaya çalışılmıştır. Bu konu ile ilgilenen bilim insanları tarafından ilk olarak

iklim değişikliğinin neden olduğu atmosferde biriken CO² birikiminin olumsuz etkilerini dünya ülkelerine duyurmak amacıyla 1979 yılında Dünya Meteoroloji Örgütü'nün (WMO) öncülüğünde düzenlenen Birinci Dünya İklim Konferansı düzenlenmiştir. Sonrasında sera gazı salınımlarının azaltılmasına yönelik teknik şartların geliştirilmesi ve konu ile ilgili işbirliği yapmak, sera gazı yutaklarını korunması ve devamlılığının sağlanması amacıyla Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi 1994 yılında, içinde Türkiye'nin de bulunduğu 190 ülke tarafından imzalanmıştır. Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (BMİDÇS) iklim değişikliğinin farkındalığı ve mücadelesi hususlarında ilk adım olarak önem taşımaktadır (**Selçuk, 2023**). 1988 yılında Birleşmiş Milletlere bünyesinde çalışmalarını sürdüren kuruluşlardan Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO) ve Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP) tarafından kurulan Hükümetler arası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) (1988) kurulmuştur. IPCC, küresel iklim değişikliği konusunda dönemsel olarak sunduğu raporlarla, bilimsel çıktılar ışığında iklim değişikliğiyle mücadele ve iklim değişikliğine uyum konularında karar vericilere yol göstermektedir (**IPCC, 2013**). Dünyanın farklı bölgelerinde farklı etkileri görülen iklim değişikliği ile ilgili günümüze kadar olan süreçte birçok konferans, kongre ve sempozyum düzenlenirken aynı zamanda hükümetlerin ortaklık ettiği bazı antlaşmalar da imzalanmıştır.

Sanayileşme ve buna bağlı olarak fosil yakıt tüketiminin çoğalması atmosferdeki sera gazı emisyonlarının yoğunluklarının da büyük ölçüde artışında önemli rol oynamaktadır. İnsan faaliyetleri neticesiyle atmosfere salınan bu sera gazları ve parçacıkları, güneş ışığını yansıtmak yerine atmosferde tutarak dünya sıcaklığının artışına ve yerkürenin normalden daha fazla ısınmasına neden olmaktadır. IPCC, 2024 raporlarına göre , insanların son 200 yılda küresel ısınmanın tamamından sorumlu olduğu ve bunun da sanayi öncesi seviyelerin 1,1°C üzerinde bir sıcaklık artışına yol açtığı, bunun da insanlara ve dünyaya giderek daha fazla zarar veren zarar verme olasılığının yüksek olduğu hava olaylarına yol açtığı belirtilmektedir (**IPCC, 2024**)

Küresel iklimde hissedilen ve gözlemlenen ısınma ile birlikte, geleceğe yönelik oluşturulmuş en gelişmiş iklim modelleri ortalama yüzey sıcaklıklarında 2050 dönemine gelindiğinde 2 ile 2.9°C arasında küresel düzeyde bir artış olacağını tahmin etmektedir (**Van der Knaap ve ark., 2018**). Küresel sıcaklıklardaki artışlara bağlı olarak su kaynakları ve diğer doğal kaynaklarının rezervlerinin azalmasına, doğal afetlerin daha sık olması ve etkilerinin şiddetlenmesi ve bununla birlikte tüm ekolojik sistemlerin doğrudan ve dolaylı olarak etkilendiği ve gelecek dönemlerde etkileyeceği kaçınılmaz olarak görülmektedir (**Yaldız ve Şekeroğlu, 2013**).

Küresel iklim sistemi ile insan etkileşiminin diğer önemli bir göstergesi ise küresel karbon döngüsü üzerindeki değişimdir. Karbon, karasal ekosistemler ve atmosfer arasında fotosentez, solunum, ayrışma ve yanma yoluyla değişim yapmaktadır. Karasal ekosistemler, bu sistemlerin kaynağı veya yutağı olmakla birlikte iklim değişikliğini hızlandırma ya da yavaşlatma kapasitesine sahiptir (**Van Drunen ve ark., 2005**). Öyle ki yeryüzünde karbonu bünyelerinde tutmaları açısından karasal ekosistemler ve okyanuslar olmak üzere iki önemli yutak alanı bulunmaktadır (**Karakuş,**

2010). İklimlerin küresel boyutta değişim yaşamasının en önemli nedenlerinden biri karbon havuzları arasındaki akış dengesinin bozulmasıdır. Sanayinin gelişmesi ve buna bağlı olarak arazi kullanım değişiminden kaynaklı etkiler karasal karbon depolarının zarar görmesine ve sonuç olarak atmosferik karbon emisyonlarının artışına neden olmaktadır. Fakat yeşil bitkiler fotosentez sırasında karbondioksiti kullanırlar ve aynı zamanda dokularında biriktirirler (**Atalay, 2015; Mirici ve Berberoğlu, 2020**). Bitkiler yoluyla tutulan karbon hem bitkinin metabolizmasında hem de toprakta biriktirilerek atmosferik karbon depolarının karasal karbon depolarına geçişini sağlamaktadır ve meydana gelen bu sistem sıcaklık artışlarında ve küresel iklim değişikliklerinde önemli rol oynamaktadır (**MEA, 2005; Mirici ve Berberoğlu, 2020**).

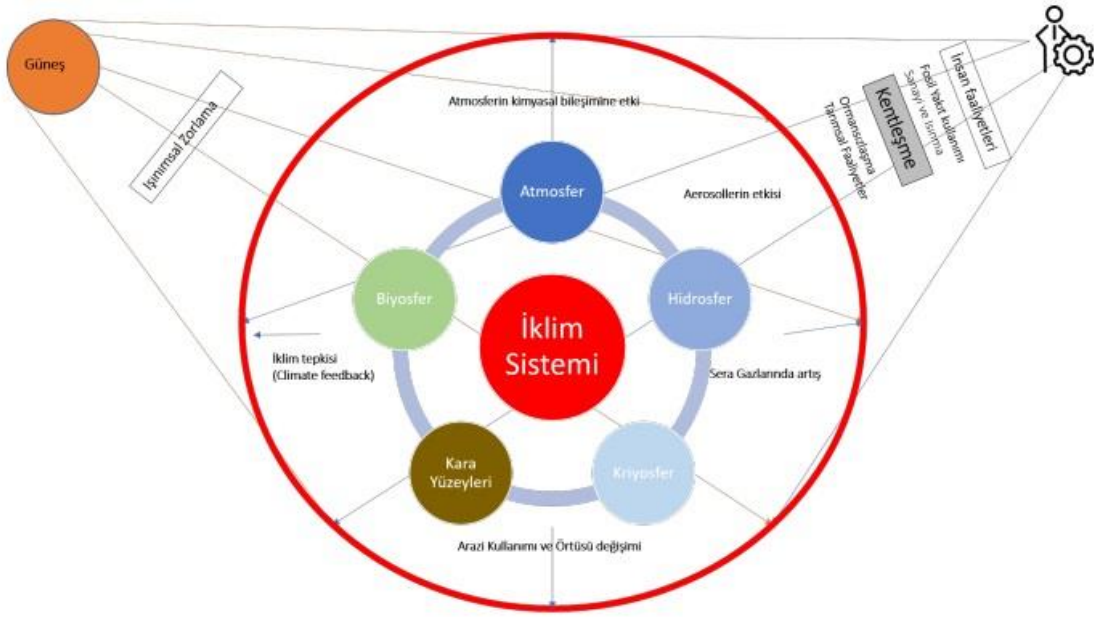
Etkilerini gözlemlediğimiz iklim değişikliği gerek güncel sonuçları gerekse gelecekte meydana gelebilecek olası iklim değişikliği tahminleri, küresel boyutta iklim sisteminde bir değişim olduğu ve bu değişimin sonuçlarının dünya ekosisteminin her bileşeninde olumsuz etkilerinin kaçınılmaz olduğu, canlıların yaşam alanında ciddi değişimler meydana getirebileceği küresel alanda sadece bilim insanlarının değil yaşamını sürdüren tüm insanların kabul ettiği gerçek olarak önümüze çıkmaktadır (**Demir, 2009**). Bu değişimlerin temel nedeni olan insan, özellikle son yüzyılı kapsayan dönemde gerçekleştirdiği bilinçsizce tüketim alışkanlıkları yerine ekolojik sorumlulukların farkındalığı ile sürdürülebilir kullanım olanaklarını tercih ederek gelecek kuşaklara daha sağlıklı bir dünya bırakma hedefine odaklanması gerekmektedir.

1.2. Kentsel İklim Değişikliği

Kentler var oldukları geçmiş tarihlerden günümüze kadar olan süreçte hızlı nüfus artışı, teknolojik gelişmeler, artan ihtiyaçlar gibi çeşitli etkenlerle mekânsal boyutta değişikliklere uğramaktadır. Yalnız uğradığı bu değişiklikler küresel düzeyde bıraktığı etkilerle iklim olaylarını da etkileyebilmektedir.

Dünya nüfusunun yarısından fazlası yaklaşık %54'ü kentlerde yaşamakta ve bu oran gün geçtikçe artmaktadır (**UN, 2014; Toy ve ark., 2023**). 2050 yılına gelindiğinde ise dünya nüfusunun çoğunluğuna ev sahipliği yapacağı beklenmektedir (**UN, 2020**). İklim değişikliğinin ana nedeninin insan kaynaklı etkiler olduğu düşündüğümüz zaman kentlerin bu değişimde ne derece önemli olduğu ortaya çıkmaktadır.

IPCC tarafından yapılan araştırmalarda ve kamuoyuna sunulan raporlarda, günümüzde yaşanan ve gelecekte de etkilerini arttıracak düşünülen iklim değişikliğinin sebeplerinin insan faaliyetlerine bağlı olduğu ve bu faaliyetlerin de özellikle kentlerde daha yoğun olduğu bilimsel kanıtlarıyla ortaya konulmuştur. Özellikle kentlerde hızlı nüfus artışı ve buna bağlı olarak arazi örtüsü değişimi ve gri alt yapı sistemlerinin fazla olması iklim değişikliğinin etkilerini arttırmaktadır (Şekil 1. 2).



Şekil 1.2. İklim sisteminde kentsleşmenin yeri (IPCC 2018; Toy ve Eren, 2023)

Kentsel alan üzerinde bulunan yoğun kullanımlar, doğal kaynakların plansız ve kontrolsüz kullanımı ekosistem hizmetlerinin sürdürülebilir kullanımını azaltmaktadır. Gün geçtikçe bu durum geri dönüşümü oldukça zor olan çevre sorunlarına neden olmaktadır (Coşkun Hepcan, 2019).

Kentsel alanların büyümesi ve yayılmasının iklim değişikliğindeki en önemli etkilerinden biri kent morfolojisinin sahip olduğu özelliklerdir. Kent morfolojisinin yapısını tanımlayan fiziksel öğeler arasında yapısal alanların özellikleri ve yoğunlukları, sokak veya cadde dokusu, açık ve yeşil alan sistemleri gibi özellikler yer almaktadır (Yılmaz ve Saban, 2023). Kentsel alanların fiziki özelliklerini oluşturan bu öğelerin beton, asfalt veya metal yüzeyler gibi güneş ışınlarının absorbe edilme oranını arttıran malzemeler ile kaplı olması bunun yanında yeşil alan ve toprak yüzeylerin daha az olması kentlerde farklı ısınma ve soğuma olaylarının meydana gelmesine neden olmaktadır (Pal ve Ziaul, 2017). Hem morfoloji hem de kentsel alanlardaki faaliyetler, etkilenen alanların atmosferik ve yüzey özelliklerinde değişikliklere, termal dengede bozulmalara, hava akışlarına, güneş radyasyonunun girişine vb. olaylara sebep olabilmektedirler. Ayrıca, aralarında çok kısa bir mesafe olsa dahi, kentsel doku içindeki farklı alanlar arasında hava sıcaklığı, rüzgar hızı, güneş radyasyonu vb. açısından önemli farklılıklar sıklıkla gözlemlenebilmektedir. Bunun nedeni, yönelim, yükseklik/genişlik oranı ve bitki örtüsünün varlığı gibi diğer faktörler de dahil olmak üzere kentsel morfolojinin farklı mekansal konfigürasyonlarından kaynaklanmaktadır (Koç, 2013).

Kentsel alanların morfolojik yapısının değişmesi ve bitkisel yüzeylerin azalıp sert yüzeylerin artması, olumsuz mikroklimatik şartların oluşumuna neden olmaktadır. Genel olarak kentlerde görülen mikroklimatik sorunların temelinde kentsel ısı adası etkisi gelmektedir (Canan, 2017). Kentsel ısı adası olgusu, kentsel mikro iklimin oluşumunu önemli ölçüde etkilediği için kentsel alanlarda hakim olan iklimle doğrudan ilişkilidir. Bu olgu, kentsel çevredeki antropojenik

müdahalelerin neden olduğu mikroiklimsel değişikliklere de yansımaktadır. Çoğunlukla yapılaşmış çevreyi ilgilendiren kentsel formdan kaynaklanan, kentsel iklimi etkileyen yeşil ve ağaçlı alanlar genellikle termal konfor üzerinde olumlu bir etkiye sahiptir. Daha spesifik olarak, kentsel yeşil alan, güneş ışıının yüksek bir yüzdesini emerek, terleme yoluyla hava sıcaklığını azaltması, yere yüzeyine yakın hava hızını azaltması ile mikro iklimi etkilemektedir **(Kim ve ark., 2018)**. Özellikle ağaçlık alanlar kentsel sıcaklıkların azaltılmasında önemli bir etkiye sahiptir ve kentsel ısı adası olgusunun etkisinin azaltılması, hava kalitesinin iyileştirilmesi ve sıcaklığın düşmesine neden olan koşulların oluşturulması açısından da önemli bir faktör olarak görülmektedir **(Andreou, 2011)**. Son dönemlerde yapılan çalışma bulguları, sokak düzeninin, kentsel kanyonun ve kompakt kentsel formdaki açık ve yeşil alanların hem mikroklimatik koşulların olarak sağlamlasına hem de biyoiklimsel parametrelerin etkisine belirleyici bir şekilde katkıda bulunduğunu vurgulamaktadır **(Berardi ve ark., 2016, Kusumastuty ve ark., 2018, Sharmin ve ark., 2017, Kouklis ve ark., 2021)**.

Kentler, yoğun insan müdahalesi olmadığı müddetçe sahip oldukları iklimsel özellikler ile yaşamını sürdüren insanlara çeşitli konfor alanları sunabilmektedir. Ancak, hızlı nüfus artışı sonucunda artan ihtiyaçların karşılanabilmesi adına günümüzde ısıyı depolama ve iletme özelliği yüksek olan yapı yoğunlukları ve sert/geçirimsiz yüzeylerin (beton, asfalt, vb) daha sık kullanılması hem yerel hem de bölgesel ölçekte ısı artışına neden olmaktadır. Suyun toprağa iletilmesini engelleyen sert ve geçirimsiz yüzeyler (asfalt yollar, beton binalar,) ısının büyük kısmını hapsederek uzun dalga boylu radyasyonu arttırmaktadır. Aynı zamanda yüksek binalar gölge oluşturma etkisi ve rüzgar koridorlarını kapatması nedeniyle geceleri hava sıcaklığının normalden daha fazla olmasına sebebiyet vermektedir **(Alkan ve ark., 2017; Lehoczky ve ark., 2017; Çetin ve ark., 2019; Adıgüzel ve ark., 2020; Adıgüzel ve ark., 2022)**. Kentsel ısı adası kavramı ise küresel iklim değişikliğinin en sık bilinen nedenlerinden biridir ve kent merkezlerinde oluşan yapılaşma hava sıcaklığı ile nem miktarını ve etkileşimini arttırarak insan sağlığını fiziksel ve ruhsal olarak olumsuz etkileyen bir faktör olarak karşımıza çıkmaktadır **(Çetin, 2015)**.

İklim yalnızca yer yüzeyi ve hava sıcaklığını değil; insanoğlunun hayatı ve onu etkileyebilecek tüm faktörler üzerinde önemli rol oynamaktadır. İnsanların psikolojik veya fizyolojik olarak konforlu hissetme düzeyleri ile de iklim ve iklim değişimleri arasında ciddi etkileşim alanları bulunmakta ve bu durum kentlerde etkisini daha çok hissettirmektedir **(Kestane ve ark., 2013)**.

1.3. Biyoklimatik Konfor

İklimi oluşturan faktörlerin insan vücuduna etkisine iklimin fizyolojik etkisi veya biyoklimatik etkisi denilmektedir. Bu etki insanın ortam hava koşullarını hissetmesi ile oluşmaktadır **(Lim ve ark., 2008)**. İnsanların hava koşulları etkisi ile memnun olma durumuna biyoklimatik konfor denilmektedir.

Günümüze kadar biyoklimatik konfor ile ilgili birçok tanımlama olsa da en genel ifadeyle, insanların bulundukları ortamdaki iklim koşullarının, fazla enerji harcamadan fizyolojik ve zihinsel olarak memnun hissettirmesidir (Yılmaz ve ark., 2013). Biyoklimatik konfor veya biyokonfor alan için diğer bir ifadeyle ise hava koşullarının (ortalama sıcaklık, nem, rüzgar) insanlar için uygun aralıklarda olması olarak tanımlanabilmektedir (Çetin, 2016).

Biyoklimatik konforun belirlenmesi ile ilgi yapılan çalışmalarda, konfor durumunu belirleyen etkenlerin insanın sahip olduğu özellikler veya koşullar, ikincisinin de çevresel faktörler olduğu sonucuna varılmıştır. Çevresel faktörler biyoklimatik konfor üzerinde etkili olan en önemli etkidir (Toy, 2010). İnsanlara ait fiziksel özellikler; iş, kilo, boy, ten rengi gibi ile yaşamını sürdürdüğü bölgeye uyum sağlama gibi durumları içermektedir. Biyoklimatik konfor açısından bireyin bir ortamdaki memnun olma durumunun çevresel faktörü olarak hava sıcaklığı olduğu düşünülse de atmosfere ait özelliklerin tamamından (nem miktarı, rüzgâr, bulutluluk vb.) ayrı ayrı etkilenilmektedir. İnsanlar sıcaklık, yağış, nem ve rüzgâr gibi atmosferik şartların uygun olduğu belirli aralıklarda olduğu durumlarda kendilerini daha sağlıklı ve mutlu hissetmektedirler (Olgyay, 1973).

Biyoklimatik konforu etkileyen çevresel faktörler aşağıdaki gibi sıralanabilir;

1. Hava Sıcaklığı

Hava sıcaklığı, havadaki gaz moleküllerinin ısı enerjisi ile oluşan titreşimlerinin ortaya çıkardığı etki olmakla birlikte ölçülen havanın ne kadar soğuk veya sıcak olduğunu belirleyen bir ölçümdür. Sıcaklık, hava için ölçümü için yapılan en yaygın parametredir (Anonim2, 2024).

Biyoklimatik konforun belirlenmesinde en önemli atmosferik göstergelerden biri hava sıcaklığıdır ve bu ifadeyle de aynı zamanda bir alanı kaplayan hava kütesinin sıcaklığı kastedilmektedir. Güneş ışınlarının geliş açısı ve güneşten gelen radyasyon da hava sıcaklığının değişiminde rol oynamaktadır. Sıcaklık fiziksel yapısı gereği yüksek olduğu değerden düşük olduğu değere doğru hareket etmesinden dolayı ortamın hava sıcaklığı insan bünyesinin sıcaklığından daha fazla ise kendisine doğru, düşük olduğu durumlarda ise vücuttan dışarı doğru hareket edecektir (Toy, 2010).

1. Rüzgar

Hava veya gazların basınç farkıyla gezegen yüzeyine göre yer değiştirmesiyle oluşan akımdır ve rüzgar diğer bir deyişle hareket hızını temsil eder. Hava genel olarak yüksek basınçlı bölgelerden alçak basınçlı bölgelere hareket etmektedir. Hava hareketinin veya rüzgarın hızı basınç farkına bağlıdır ve fark arttıkça hız da artmaktadır. İklim faktörü olan rüzgar için yön ve hız olmak üzere iki özelliği ölçülmektedir (Toy, 2010). Biyoklimatik konfor için rüzgar hızı önemli olmakla birlikte rüzgar yönü de etkili olabilmektedir.

2. Bağıl nem

Havanın taşıdığı su buharına nem denir (Coşkun, 2003). Bağıl nem, belirli bir sıcaklıkta hava kütlelerinin o andaki mevcut su buharı miktarı ile aynı havanın potansiyel su buharı kapasitesine oranıdır (Tarbuck ve ark., 1997). Bağıl nem sıcaklık ile doğru orantılı olmamakla birlikte çöl gibi kurak yerlerde az, deniz kıyılarına yakın, ekvatorial bölgelerde ise yüksek orandadır.

Biyoklimatik konfor kapsamında dikkate alınması gereken diğer bir etken ise insan vücudunun sıcaklık ve nemlilik ilişkisinin sonucu oluşan reaksiyondur (Toy ve Yılmaz, 2009). Normal düzeyin üzerindeki nemli hava insan konforu ve sağlığı için olumsuz etki oluşturan atmosferik koşuldur. Nem arttıkça insan vücudunu serinletmek zor olacağından dolayı biyoklimatik konfor şartlarına direkt etki etmektedir.

4. Güneş Radyasyonu

Isının temel kaynağı ve bir ortamın ısınmasının temel sebebi güneşten gelen radyasyondur. Yerkürenin herhangi bir bölgesine ısıma yoluyla kısa dalga radyasyon olarak gelen ısı enerjisi ilk olarak etkileşimde bulunduğu alanı ısıtır. Isınan bu bölge ise aşağıdan yukarıya doğru havayı ısıtmakta ve yansıtıcı yüzeylere sahip alanlardan yansıyan ışınlar ise atmosfer sıcaklığını arttırmaktadır. Isınan yer yüzeyi, aldığı enerjinin bir kısmını atmosfere salınım yaparken, atmosferin kısa dalga güneş radyasyonu için geçirgen olmasından dolayı enerjinin bir kısmı bulutlardan ve kar örtüsünden albedo (yüzeylerin yansıtma gücü) etkisi ile atmosfere geri yansımaktadır. Bir yüzeyin üzerine düşen elektromanyetik enerjiyi yansıtma gücü, albedo olarak adlandırılır. Cisimlerin albedo kapasiteleri o cisimlerin yüzey alanına, dokusuna ve renginin değişimine bağlı olarak farklı olabilmektedir. Genelde beyaz renkli bir cisim, çarpan manyetik enerjinin çoğunu yansıtarak yüksek bir albedoya sahip olurken, koyu renkte görünen bir cisim, enerjinin çoğunu emerek düşük albedo kapasitesine sahip olma özelliğini gösterir. Küresel düzeyde farklı türdeki kara ve su yüzeylerinin dağılımı, önemli bölgesel farklılıklara sebep olarak farklı iklim koşullarının da oluşuma neden olmaktadır. Yüzeye yansıyan enerjinin bir bölümü biyolojik işlemler için harcanırken, önemli bir kısmı da iletim ve konveksiyon yolu ile üst katmandaki atmosferin doğrudan ısıtılması ve suyun buharlaşarak atmosfere tekrar uzun dalga radyasyonu olarak verilmektedir (Vurarak ve ark., 2019). Güneş radyasyonu ile ilgili tüm parametreler insan biyoklimatik konforu ciddi etkilere sahiptir. Bu nedenlerden dolayı biyoklimatik konfor hesaplamalarında radyasyon etkileri kümülatif olarak değerlendirilmektedir. Buradan hareketler, güneş radyasyonun tüm etkilerinden kaynaklanan sıcaklık değerine biyoklimatik konfor açısından “MRT” (Mean Radiant Temperature; ortalama yansıma sıcaklığı) adı verilmiştir. Bu tanım veya değer pek çok biyoklimatik konfor modellemesinde kullanılmaktadır (Toy, 2010).

Bugüne kadar yapılan incelemelerde insanın bir alanda konforlu olarak hissedebilmesi için iklim parametrelerinde alt ve üst limitler belirlenmeye çalışılmıştır. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda açık mekanlarda sıcaklık değer aralığının 21.0°C ile 27.5°C arasında, bağıl nem değer

aralığının %30 ile %65 arasında, rüzgârın ise 5m/s'den daha az olması durumunda konfor elde edildiği görülmüştür **(Olgyay, 1973; Çetin ve ark., 2010)**.

İnsan biyoklimatolojisi ile ilgili yapılan çalışmaların bir kısmı termal şartlara bireylerin hissettiği tepkiler ve bu tepkilerden nasıl etkilendiklerini araştırılması ve belirlenmesi olarak gerçekleştirilmektedir. Biyoklimatolojik çalışmalar 5 ana başlık altında toplanabilir. Bunlar;

1. Biyoklimatik konfor indeksi geliştirmek
2. Zamanda ve mekânda biyoklimatoloji analizleri
3. Kent iklimi ve kentsel biyoklimatik konfor analizleri
4. Biyoklimatik konfor tahmini ve analizleri
5. Çevresel değişimler ve biyoklimatoloji uygulamaları şeklinde yapılabilir **(Çalışkan ve Türkoğlu, 2014)**.

Biyoklimatik konforun hesaplanmasında çok fazla indeks geliştirilmiştir ve bu indeksler hesaplamalarda büyük önem arz etmektedir **(Pantavou ve ark., 2016, Sancar ve Güngör, 2022)**. İnsanların iklimsel parametrelere göstermiş oldukları tepkilerin ölçülmesini sağlayan sade indeksler sıcaklık ve bağıl nem gibi daha az iklimsel parametreden faydalansa da meteorolojik parametrelerle birlikte bireylerin fiziksel ve diğer özellikleri (yaş, boy, cinsiyet, kilo, metabolik ısı, kıyafet izalasyonu vb.) gibi çeşitli parametrelerden faydalanan oldukça karmaşık indekslerde bulunmaktadır **(Auliciems ve ark., 2007; Adıgüzel ve ark., 2021, Sancar ve Güngör, 2022)**. İklimsel parametrelere dayalı olan Etkili Sıcaklık (ET), Konforsuzluk İndeksi (DI) ve Sıcaklık Nem İndeksi (THI) sade indeks grubunda; Açık Standart Etkili Sıcaklık (OUT_SET), Physiologically Equivalent Temperature (PET) **(Mayer ve Höppe, 1987; Matzarakis ve ark., 1999; Höppe, 1999)** ve Heat Index (Isı İndeksi, HI) **(Steadman, 1979; Steadman, 1984)**, Predicted Mean Vote (PMV) **(Fanger, 1970)** karmaşık termal indeks grubunda yer almaktadır **(Toy, 2010; Bulğan, 2014; Sancar ve Güngör, 2022)**. Araştırmalar sırasında kullanılan ısıl indeksler içerisinde FES hem serin iklim bölgelerinde hem de sıcak iklim bölgelerinde tercih edilmesi açısından en bilinen dış mekan ısıl konfor indekslerinden birisidir **(Matzarakis ve Amelung, 2008; Lin ve Matzarakis, 2008)**.

İlk dönemlerde matematiksel formüllerle hesaplanan indeksler bilgisayar teknolojilerinin gelişmesi ile birlikte kentsel mekan analizi ve birçok veriyi elde etmeye imkan tanıyan iklimsel simülasyon programları (ENVI-met, Rayman, Skyhelios, vb.) kullanımı ile hesaplanmaya ve görselleştirilmeye başlanmıştır **(Çilek, 2021)**. Nitekim Yılmaz ve ark., (2018), Erzurum kenti için yoğun kentleşme sonucu oluşan kentsel ısı adası etkilerinin biyoklimatik faktör üzerine etkilerini inceledikleri çalışmalarında oluşturulan senaryoları ENVI-met programında değerlendirerek bitki yoğunluğunun daha fazla olduğu durumda şehir merkezindeki mevcut durumun ortalamasından yaklaşık 2.2 °C daha soğuk olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Modeller farklı ölçek ve çözünürlüklerde analizlerin hesaplanmasına ve senaryolar doğrultusunda uygulanan plana ait özelliklerin (yapı

düzeni, en boy oranı, bina kat yükseklikleri su ve yeşil varlığı, albedo, vb.) değişimine bağlı olarak ortaya çıkan verilerin iklimsel farklılıklarının belirlenmesine, iklimle uyumlu tasarım doğrultusunda hedef ve önerilerin geliştirilmesine katkı sağlamıştır (**Bruse ve Fleer 1998; Huttner, 2012; Acero ve Herranz-Pascual, 2015; Alchapar ve Correa, 2016; Çilek, 2021**).

Son dönemlerde makine öğrenme teknikleri karmaşık problemler için ilişki kurma, gruplandırma ve geleceğe yönelik tahmin çalışmalarında oldukça sık uygulanmakta ve güvenilir sonuçlar vermektedir. Gelişen teknoloji, bilgiye erişim hızı ve kayıt imkanlarını arttırmakla birlikte aynı zamanda çeşitli, karmaşık veri yığınlarının oluşmasına da neden olmuştur. Artık veri analizlerinde sadece istatistiksel yöntemler yeterli olmamakta bunun yanında gelecekle ilgili tahminde bulunma yöntemlerine de gereksinim duyulmaktadır.

Makine öğrenimi, hızla gelişen ve bilgisayarların var olan verilere dayalı olarak öğrenmesini ve karar verebilmesini sağlayan, problemin çözümünü kendisi öğrenebilen bilgisayar algoritmalarının genel tanımıdır. Veriler, çeşitli deneyler, bilgisayar modelleri veya ölçülen değerler gibi farklı kaynaklardan girdi sağlanabilmektedir (**Mahesh, 2020**). Verilerin bir bölümü eğitim amaçlı kullanılmaktadır ve makine öğrenmesi algoritmaları verileri algılaması ile yorum yapabilmekte ve bağımlı değişkene ilişkin tahminler oluşturabilmektedir (**Yağmur, 2022**). Son otuz yılda, makine öğrenimi tekniklerine dayalı istatistiksel modeller geliştirilmesi, çoklu ve büyük boyutlardaki veri setlerini analiz ederek ilişki kurma ve tahminlerde bulunma özelliği ile meteorolojik veri tahmin alanında da giderek daha fazla uygulanacağı öngörülmektedir (**Yiğit Uzunali, 2023**).

Bu çalışmanın amacı Diyarbakır kent merkezine ait dört farklı yerleşim tipine sahip, Sur, Yenişehir, Bağlar ve Kayapınar ilçelerinin mevcut ve geleceğe ait biyoiklimsel senaryoları değerlendirmektir. Senaryolar geçmiş periyotlara ait iklim verileri kullanılarak ENVI-met programında analiz edilmiştir. Aynı zamanda gelecek biyo-iklim projeksiyonlarına ait tahminler makine öğrenme tekniği alt yapısında geliştirilen metot ile ENVI-met programına entegrasyonu sağlanarak değerlendirilmiştir. Değerlendirme sonuçlarının yerel yönetimlerin ve idari yönetimlerin karar verme mekanizmalarına katkı sunacağı düşünülmektedir.



2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Klimatik faktörler insanların gün içerisinde gerçekleştireceği tüm faaliyetler üzerinde etkilidir. Bu nedenle yaşamın var olmasından bu yana konfor alanlarının oluşturulması ihtiyacı hep hissedilmiştir. Öyle ki eski Mısır, eski Roma gibi ilk yerleşim alanlarında dahi iklimin doğal olumsuz etkilerini azaltacak şekilde yerleşim planları yapıldığı bilinmektedir (**Altunkasa, 1987**). Biyoklimatik konfor koşullarının belirlenmesi ile ilgili analitik çalışmalar 1930’lu yıllardan sonra yapılmaya başlanmış ve **Winslow ve ark. (1937)**’nin bulgularıyla birçok yaklaşım ve indeks oluşturulmuştur. İlk çalışmalarda iş ortamı koşulları belirlenirken günümüzde özellikle kentlerin dış ortam koşulları, iklimin turizm potansiyeline etkileri ve iç mekan gibi alanlarda kullanılmaktadır. Günümüzde gelişen teknolojilerin katkısıyla biyoklimatik konfor koşullarını belirlemeye yarayan birçok indis bulunmuş ve geliştirilmiştir (Çizelge 2.1). İndeksler kullanılırken iklim tipleri göz önünde bulundurulmalıdır.

Çizelge 2.1. Termal konfor indeksleri ve araştırmacılar (**Bezirkan, 2022**)

OpT	Operative temperature	(Winslow ve ark., 1937)
WCT	Wind Chill Temperature	(Siple ve Passel, 1945)
HSI	Heat Stress Index	(Belding ve Hatch, 1955)
WBGT	Wet Bulb Globe Temperature	(Yaglou ve Minard, 1957)
ITS	Index of Thermal Stress	(Givoni, 1963)
PMV	Predicted Mean Vote	(Fanger, 1970; Gagge ve ark., 1986)
KMM	Klima Michel Model	(Jendritzky ve ark., 1979)
AT	Apparent Temperature	(Steadman, 1979)
TCI	Tourism Climatic Index	(Mieczkowski, 1985)
TSI	Thermal Strain Index	(Sharma ve Sharafat, 1986)
WCI	Wind Chill Index	(ISO/TR 11079, 1993)
WCET	Wind Chill Equivalent Temperature	(ISO/TR 11079, 1993)
MENEX	Man- Environmental Heat Exchange	(Blazejczyk, 1994)
THI	Temperature Humidity Index	(Kyle, 1994)
Tne	Outdoor Neutral Temperature	(Brown ve Gillespie, 1995)
PT	Perceived Temperature	(Staiger ve ark., 1997; Tinz ve Jendritzky, 2003)
PET	Physiologically Equivalent Temperature	(Mayer ve Höppe, 1987; Höppe, 1999)
OUT_SET*	Outdoor Variant Standard Effective Temperature	(Pickup ve de Dear, 2000)
NWCT	New Wind Chill Temperature	(Bluestein ve Osczevski, 2002)
UTCI	Universal Thermal Climate Index	(Jendritzky ve ark., 2009; 2012)
mPET	modified Physiologically Equivalent Temperature	(Chen ve Matzarakis, 2017)

Altunkasa (1987) çalışmasında araştırma alanı olarak seçilen Çukurova bölgesinde değişen iklim koşullarının etkisini azaltma yönünde iklimle dengeli fiziksel planlama ilkelerini belirlemeye çalışmıştır. Genel biyoklimatik değerlendirme, ölçütlerin belirlenmesi ve fiziksel planlama önerileri olmak üzere üç aşamada gerçekleştirdiği çalışmada **Olgyay (1973)** biyoklimatik konfor analiz çizelgesi ve sol-air yönlendirme teorisini kullanmıştır. Bölgede bulunan yerleşim alanları için biyoklimatik yönden açık ve yeşil alan sistemlerinin geliştirilmesi yönünde ilkeleri; yerleşim içi, konut ve yerleşim çevresi olmak üzere üç yönde belirlemiştir. Sonuç olarak araştırma alanı yerleşimleri için optimum bitkilendirme ölçütleri elde edilmiş ve Çukurova Bölgesinde bulunan yerleşim alanlarında, iklimle uyumlu planlı bir alan kullanımı ve açık ve yeşil alan sistemi ile biyoklimatik koşulların yılın her döneminde uygun hale getirilebileceği ilgili önerilerde

Mayer and Höppe (1987) Almanya'nın Münih kentinde 29 Temmuz 1985 tarihinde sıcak bir yaz günü seçilerek üç değişik kentsel alanda biyometeorolojik ölçümler alınmış, Predicted Mean Vote (PMV), skin wettedness ve Physiologically Equivalent Temperature (PET) indekslerini kullanarak elde ettikleri sonuçları kentsel planlamalarda kullanılması amacıyla önerilerde bulunmuştur.

Matzarakis ve Mayer (1991) Yunanistan'ın başkenti Atina'da 1987 yılında meydana gelen sıcak hava dalgası ve ekstrem ölüm olayları sonrasında bölgede bulunan iklim istasyonundan aldıkları veriler ile FES'in de dahil edildiği termal indeksler hesaplanmıştır. Termal indeksler ve vücut parametrelerine ilişkin sonuçlar, insanlar üzerinde çok yüksek bir termal stres olduğunu göstermiştir.

Ochoa ve ark. (1998), dış mekan termal konfor üzerinde bitki varlığının etkisini araştırdıkları çalışmalarında İspanya'nın Barcelona kentinde açık ve gölge alanları olmak üzere yaz ve kış aylarında ölçüm olarak gerçekleştirmişlerdir. Gölge alanı için yapısal eleman olarak pergole ve sokak ağaçlandırılmaları ile gölge oluşturmak için ise *Platanus acerifolia* kullanılmıştır. Pergola taban yüzeyi ve çevresini yansıtma oranı yüksek malzeme ile döşenirken, bitkisel elemanın kullanıldığı sokak ise trafiğin yoğun olduğu ve albedo oranının da yüksek olduğu malzeme ile kaplandığı belirtilmiştir. Pergolanın serinletici etkisinin bitkilerin kanopi özelliğine benzer olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Höppe (1999) iç mekanlarda insan cilt ve iç sıcaklığının dış ortamdaki dengini bulmaya dayalı yaklaşımıyla PET indeksini oluşturmuş ve bu indeks bugün en çok kullanılan dış mekan biyoklimatik konforu indeksi haline gelmiştir.

Unger (1999) Macaristan'da orta büyüklükte olan Szeged kentini insan biyoklimatik konfor koşullarına etkilerini incelemek istedikleri çalışmalarında 3 yıl boyunca kentsel ve kırsal alanlarda ölçümler yapılmıştır. THI (thermo hygrometric Index) indeksi kullanılarak iki alan arasındaki biyoklimatik konfor farkları bulunmuştur ve kentsel alanların kırsal alanlara oranla daha fazla konforlu gün sayısı olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Toy ve ark. (2007) kış kenti olan Erzurum için yaptıkları çalışmada farklı alan kullanımlarının biyoklimatik faktör üzerindeki etkilerini incelemek için THI (Thermo Hygrometric Index) indeksi kullanmışlardır. Erzurum koşullarında insan konforu açısından en uygun alanın kentsel alan olduğu, bunu hem her gözlem zamanı için hem de tüm dönem boyunca kent ormanı ve kırsal alanların takip ettiği tespit edilmiştir.

Matzarakis ve ark. (2007a) İtalya,İspanya, Fransa, Türkiye ve Yunanistan ülkeleri için turizm konfor koşullarını inceledikleri çalışmalarında PET termal indeksini kullanmışlardır. iklim değişikliği senaryolarına dayanarak, 2070-2100 dönemi için PET'in mevsimsel modeli analiz edilmiştir. Elde ettikleri sonuçlar özellikle Akdeniz ve İtalya için beklenen termal konfor koşullarının, yaz aylarında, muhtemel iklim senaryoları için yaklaşık iki ila üç termal stres sınıfı ve kış için bir termal stres sınıfı daha yüksek olacağını belirtmektedir.

Mayer ve ark. (2009) cadde ağaçlarının termal konfora etkilerini PET indeksini kullanarak gerçekleştirmişlerdir. Çalışma Almanya'nın güneybatısında bulunan Freiburg kentinde ve kent kanyonu içinde iki farklı nokta için insan biyometeorolojik ölçümlerinde tipik bir Orta Avrupa yaz günü örnek alınarak analiz edilmiştir. Ağaçların kanopi özelliği ile gölgeleme etkisine maruz kalmayan alanlarda PET değerleri gölge altında kalanlara oranla daha yüksek bulunmuş ve ağaçlı alanların insan termal konforu üzerine etkilerinin daha olumlu etkiler bıraktığı görülmüştür.

Çalışkan ve ark. (2013) farklı rakımlarda bulunan Uludağ ve Bursa'nın biyoklimatik koşullarını inceledikleri çalışmalarında 1975-2006 yılları arasındaki meorolojik verileri kullanarak yaptıkları hesaplamalarda PET indeksini kullanmışlardır. Yapılan çalışmalar sonucunda en belirgin sonuç olarak PET değeri için her iki alan arasında 12°C kadar fark olduğu, Uludağ'ın ise genellikle soğuk stres altında kaldığı görülmüştür. Bursa'da yaz mevsimi için özellikle temmuz ve ağustos aylarında öğleden sonraki saatler dışında sabah ve akşam vakitlerinde serin koşulların var olduğu belirlenmiştir.

Kovacs ve ark. (2012), termal konfor koşullarının değişimini incelemek istedikleri çalışmalarında alan olarak Macaristan'ın başkenti Budapeşte için biri kent merkezi diğeri ise kent sınırına yakın banliyöden seçilmiştir. Son 50 yıllık iklim değerleri göz önünde bulundurularak yapılan analizlerde biyoklimatik konfor ölçümü için PET indeksi kullanılmıştır. PET ortalamalarının merkezde daha yüksek olduğu son 30 yıllık dönemde ise genel olarak artış gösterdiği sonucuna ulaşmışlardır. Özellikle son on yıllık dönem içerisinde ise kent merkezlerinde sıcaklık stresin arttığı soğuk stresin daha az görüldüğünü belirtmişlerdir.

Bleta ve ark. (2014) Yunanistan'ın Girit adası iklimatik koşullarını inceledikleri çalışmalarını termal konfor hesaplamaları için PET ve UTCI (Universal Thermal Climate Index) indekslerini kullanmışlardır. Girit Adasına ait 10 meteoroloji istasyondan 30 yıllık dönemi kapsayan meteorolojik verilerden faydalanarak yapılan incelemeler sonucunda Girit adasının kuzey kesimlerinde etezyen rüzgârlarının soğuma etkisi nedeniyle ısı stresi yoğunluğunun azaldığı görülmüştür.

Çetin (2015) Kastamonu kenti için biyoklimatik açıdan konforlu alanları belirlemeyi hedeflediği çalışmada Coğrafi Bilgi Sistemlerden faydalanmıştır. ArcMap 10.2.2 yazılımına 9 meteoroloji istasyonundan aldığı iklim verilerini (rüzgar hızı, ortalama sıcaklık, bağıl nem) aktararak kent için uygun konfor alanlarını analiz etmiştir. Kastamonu için 15-20 °C aralığında iklim değerlerine sahip alanların konfor açısından uygun olduğu sonucuna ulaşmıştır. Aynı zamanda Kastamonu kenti için konforlu alanları belirlemiştir.

Kent iklimini etkileyen en önemli etkenlerden biri olan bitkisel tasarımın termal konfor üzerinde etkisini **De Abreu-Harbicha ve ark. (2015)** tropikal bölgelerde kentsel alanlar için gerçekleştirdikleri çalışmalarında ağaç türleri üzerinden incelemiştir. PET indeksi ile 12 tür üzerinde yapılan analizlerde ağaçların gölgelendirme etkisinin termal konforu serinletme etkisi ile olumlu etkilediği ve *Caesalpinia pluviosa* F. türünün en etkili tür olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Kentsel planlamalarda termal konforun sağlanabilmesi için bitkisel tasarımın önemini arz eden önerilerde bulunmuşlardır.

Benrazavi ve ark. (2016) Malezya'nın Putrejaya kentinde farklı albedo etkisine sahip malzemelerin kent sıcaklığını etkilerini inceledikleri çalışmalarında koyu yüzey renkli malzemelerinin daha fazla güneş enerjisini bünyelerinde depoladıklarını kızıl ötesi termal görüntüleme kameraları kullanarak analiz etmişlerdir. Bu malzemelerin gün boyunca depoladıkları ısıyı gece saatlerinde salarak kentsel sıcaklıkların kırsal alanlara göre daha çok arttırdığını tespit ederek subtropikal bölgeler için uygun kaplama malzemesi önerilerinde bulunmuşlardır.

Bulğan ve Yılmaz (2017) Erzurum kentinde belirledikleri farklı niteliklere sahip beş alan ile kent dokuları arasındaki biyoklimatik konfor şartlarını incelemiştir. Haziran ve Eylül ayları arasında belirli saat dilimleri için sıcaklık (°C), nem (%), rüzgar (m/s) ve bulutluluk gibi meteorolojik veriler elde ederek Rayman programı aracılığı ve PET indeksi kullanılarak iklimik konfor durumlarını değerlendirmişlerdir. Bitkisel tasarım yoğunluğu bulunan alanların biyoklimatik konforunun daha olumlu olduğu, çıplak alanların ise “ sıcak” stres aralığına girdiği sonucuna vararak kentsel biyoklimatik konforun artırılması yönünde bazı önerilerde bulunmuşlardır.

Koç (2019) Yalova kentinin biyoklimatik konfor koşullarını incelediği çalışmada 2016-2017 yılları arasındaki Devlet Metroloji İstasyonları Genel Müdürlüğü'ne ait saatlik verileri elde ederek PET indeksi ve Raymanpro programı kullanarak analizlerini gerçekleştirmiştir. İncelemeler sonucunda kentin 15.6°C PET değeriyle kış aylarında hafif soğuğa maruz kaldığı ilk bahar aylarında ise 20.1 °C PET değeriyle konforlu olduğu, yaz aylarında 29.8°C PET değeriyle orta derecede sıcaklık stresine maruz kaldığını belirtmiştir.

Irmak ve ark. (2020) yeşil alanların konfor üzerine etkilerini araştırdıkları çalışmalarında soğuk iklim kenti olan Erzurum'da farklı kentsel karakteristik (kent merkezi, geçici sulak alanlar, yoğun yeşil alanlar) özelliğe sahip üç alana yerleştirdikleri meteorolojik verilerden faydalanmışlardır. Rayman soft yazılımı kullanılarak farklı alanlar için termal konfor değerleri analiz edilmiştir. Temmuz ve ağustos aylarında ortalama PET değeri şehir merkezinde 24.9°C, yoğun yeşil

alanlarda 23.0°C, sulak alan çevresinde ise 21.2°C olarak tespit edilmiştir. Soğuk iklime sahip şehirlerde yazın termal konfora olumlu katkı sağlayan su yüzeylerinin kışın soğuk stresini arttırdığı, yoğun yeşil alanların hem yaz hem de kış mevsiminde kentin termal konforunu dengeleyici bir unsur olarak görev yaptığı sonucuna ulaşmışlardır.

Rahman ve ark. (2020) heterojen yapıdaki kentsel peyzaj tasarımlarının termal konfor etkilerini inceledikleri çalışmalarında farklı ekolojik özelliklere sahip türler olan *Tilia cordata* Mill. ve *Robinia pseudoacacia* L. seçildi ve Almanya'nın Kuzey Bavyera kentindeki büyük şehirlerden biri olan Würzburg'da beş farklı bölgede sekiz parselde dikildi. Yaklaşık bir yıl boyunca meteorolojik veriler, ağaç kanopi alt ve dışındaki meteorolojik değişkenler ve yüzey sıcaklıkları ile ilgili ölçümler olarak analizleri gerçekleştirmişlerdir. %35 daha yüksek yaprak alanı indeksi ile *T. cordata* ağaç türünün kanopi özellikleri ile, *R. pseudoacacia* ağaç türlerine kıyasla güneşten gelen radyasyonun daha yüksek olmasını engellediğini gözlemlemiş ve *T. cordata* L. ağaç türünün daha fazla konforlu alanlar sağladığı sonucuna ulaşmışlardır.

Şensoy ve ark. (2020) iklim modeli verileri kullanarak Antalya kenti için gelecek projeksiyonların da tahmin edildiği ve turizm endüstrisi tarafından kullanılması yararına yönelik yapılan çalışmalarında 1960-2017 verileri kullanılarak PET, mPET indeksleri RayMan yazılımı Kullanılarak hesaplanmış, karşılaştırmaları yapılmıştır. Gelecek tahminlerinde ise RCP4.5 ve RCP8.5 senaryoları kullanılmıştır. Projeksiyon verileri ile hesaplanan FES indis sonuçları, RCP4.5 senaryosuna göre ilkbahar ve sonbaharın hala konforlu kalacağını fakat RCP8.5 senaryosuna göre 2050'li yıllara doğru konforlu yıl sayılarının kıyı alanlarında azalarak dağlık kesimlerde artacağını belirtmişlerdir. Çalışmada ayrıca RCP8.5 senaryosuna göre 2050 yıllarında sonra sonra kıyı alanlarında kış mevsiminde de konforlu yılların oluşması turizm sezonunun ilkbahar aylarından kışa doğru genişleyeceğini göstermiştir

Zhang ve ark. (2020) Çin'in Chengdu kentinde biyoklimatik konfor durumunu belirlemeyi amaçlarken kentsel alanlardaki parklarda farklı peyzaj özelliklerine sahip alanları çalışma alanı olarak seçmişlerdir. Soğuk iklim özelliklerine sahip kentte toplamda yedi farklı karakteristik peyzaj özelliğine sahip alanda yürütülen çalışmada biyoklimatik durum belirlemede PET ve UTCI indeks olarak kullanılmıştır. Sonuç olarak farklı peyzaj alanlarının farklı termal özelliklere sahip olduğu bölgenin sahip iklim koşullarına göre ise UTCI indeksinin konfor koşullarını belirlemede daha uygun olduğunu belirtmişlerdir.

Toy ve ark. (2023), Diyarbakır kentini ele aldıkları çalışmalarında PET indeksi ve Rayman yazılımını kullanarak kentsel, yarı kentsel ve kırsal alanlar için biyoklimatik konfor koşullarını belirlemeyi amaçlamışlardır. Kentsel alanların sıcaklık stresini en yoğun yaşadığını, yarı kentsel alanların ise soğuk stresi en yoğun yaşadığı sonucuna ulaşmışlardır. Elde edilen sonuçlara göre ise yarı kentsel alanların sahip olduğu arazi örtüsü kompozisyonun kentsel planlama önerileri doğrultusunda değerlendirilebileceği yönünde önerilerde bulunmuşlardır.

Metin ve ark. (2024), Uşak kenti için çalışmalarında kentleşmenin biyoklimatik konfor koşullarına etkisi ele alınmaktadır. Çalışmada kentsel ve kırsal bölgelerde bulunan iki meteoroloji istasyonundan elde edilen 14 yıllık saatlik veriler kullanılarak PET indeksi ve RayMan yazılımı kullanılarak biyoiklimsel konfor değerleri hesaplanmıştır. Çalışma sonucunda kentsel alanın kırsal kesime göre daha sıcak olduğu ve kentsel alanın yıl boyunca kırsala göre sırasıyla daha fazla ısı stresine maruz kaldığı tespit edilmiştir.

Çalışma sonucunda kentlerde biyoiklimsel konfor koşullarının optimize edilmesi amacıyla mevcut ve gelecekteki kentleşme hareketleri için fiziki coğrafya koşullarını dikkate alan peyzaj tasarımlarının yapılmasına yönelik önerilerde bulunulmuştur.

2.1. ENVI-met ve kentsel alanlar ile ilgili çalışmalar

Yang ve ark. (2011) çalışmalarında yüksek albedo oranına sahip malzemelerle kaplı kaldırım ve bitki örtüsü uygulamalarına odaklanarak çeşitli kentsel tasarım stratejilerinin yaz aylarındaki dış mekan termal koşulları üzerindeki etkilerini değerlendirmişlerdir. Şangay kenti için gerçekleştirilen çalışmada simülasyonların gerçekleştirilmesi için Envi-met programı ve termal konfor indeksi olarak da PET kullanılmışlardır. Sonuçlarda ise genel olarak zemin yüzeyindeki albedodaki 0,4'lük bir artışın termal konforu azalttığını, yeşil alanların özellikle de ağaç örtüsünün arttırılması kentte tüm dönemler boyunca termal konforu artırdığını gözlemlemişlerdir.

Carfan ve ark. (2012) çalışmalarında Sao Paulo şehrinin farklı yapısal yoğunluğa sahip alanlarında termal konforu analiz etmişlerdir. Kentsel çevredeki yüzey-atmosfer etkileşimini simüle etmek için mikro iklimsel bir Envi-met programını kullanmışlardır. Model tarafından sağlanan termal konfor indeksi PMV ve MRT aracılığıyla yapılan analizlerde yapılarla kapanan ortamlarda binaların rüzgar hızını düşüşe geçirdiğini ve bu durumun termal konforu olumsuz etkilediği sonucuna ulaşmışlardır.

Shahidan ve ark. (2012) Malezya'nın sıcak ve nemli olan Kuala Lumpur kenti için yaz dönemleri kapsayan zaman aralığında dış mekan termal konfor analizini gerçekleştirmeyi amaçlamıştır. Hava sıcaklığını değişim faktörü olarak kullanmış, bitki örtüsü ve yüzey malzemelerinin farklı tasarımlarla kullanarak oluşturduğu senaryoları ENVI- met programında analiz etmiştir. Seyrek, orta seviye ve yoğun dokulu bitkilendirme, mevcut ve yüksek albedo özelliğine sahip malzeme ile kaplama şeklindeki özelliklere sahip senaryolardan elde edilen sonuçlara göre yalnızca bitkilendirmenin hava sıcaklığını düşürmede etkili olmadığı yüksek kanopi özelliğine sahip materyallerin birlikte kullanımının termal konfora olumlu etkide bulunduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Srivanit ve ark. (2013) kampüs alanlarında bitkilendirmenin biyoklimatik konfora etkilerini belirlemek amacıyla çalışma alanı olarak Japonya'da bulunan Saga Üniversitesi kampüs alanını belirlemişlerdir. Bitkilendirmenin yaya seviyesinde hissedilen sıcaklığına etkisine odaklanılan araştırmada var olan yeşil alanlara bitki eklenmesi ve yeşil çatı sistemlerinin

oluşturulması şeklinde iki plan belirlemişlerdir ve bu planlara ait senaryoları ENVI-met programında analiz etmişlerdir. Kampüs alanında ağaç sayısının %20 arttırılmasıyla yazın en sıcak gün ve en sıcak saatlerde hava sıcaklığında ortalama 2.7°C azalma yaşandığı, yeşil çatı ve ağaç sayısının arttırılmasını içeren simülasyonlarda ise 0.2-2.4 °C azalma yaşandığı sonucuna ulaşmışlardır. Kampüs ortamlarının biyoklimatik konfor açısından iyileştirilmesi yönünde karar vericilere çeşitli öneriler sunmuşlardır.

Ghaffarianhoseini ve ark. (2015) avlu alanlarında termal konfor durumunu incelemişlerdir. Malezya'nın Kuala Lumpur kentinde belirlenen bir avlu için bina yüksekliği ve albedosu, avlunun konumunun yönelimi ve bitki ile kaplı alanların ne düzeyde termal konfora etki ettiğini araştırdıkları çalışmalarında PET indisi ve ENVI-met programını kullanmışlardır. Bina yüksekliğinin artışı ve bitkisel materyallerin kullanılmasının yaz aylarında termal konfor düzeyine olumlu katkıda bulunduğunu, çim alanlarının ise çok az oranda etkilediği, yüksek albedoya sahip yüzeylerin ise PET değerlerini arttırarak yaz ayları için olumsuz etkide bulunduğunu belirtmişlerdir.

Tsoka ve ark. (2017) çalışmalarında Yunanistan'ın Selanik kentinde bulunan bir bölgenin morfolojik özelliklerine ilişkin oluşturulan farklı senaryoların, tipik bir yaz günü boyunca yüzey, hava ve ortalama radyant sıcaklık dağılımı gibi mikroklimatik parametreler üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Beton ve asfalt ile kaplı sokakların tamamının serin etki oluşturacak malzemelerle değiştirilmesi ile ve sokakta bulunan ağaç miktarının arttırılması ve bu değişimleri içeren tasarımlarla senaryolar oluşturmuşlardır. Mikro iklim simülasyonlarının gerçekleştirilmesi için iklim modeli olan ENVI-met v.4 kullanılmıştır. Analizler, geleneksel yüzey kaplamalarının daha yüksek albedo ve emisyon değerlerine sahip soğuk malzemelerle değiştirilmesi nedeniyle yüzey sıcaklıklarında önemli bir azalma olduğunu ortaya koyarken, hava sıcaklığındaki değişikliklerin daha az öneme sahip olduğu sonucuna ulaştırmıştır. Bununla birlikte, serin malzemelerin ve kentsel tasarımda ağaç dikili olan yeşil alan miktarının arttırılması, gölgeleme oranını çoğaltarak daha düşük hava sıcaklıklarına katkıda bulunabildiğini gözlemlemişlerdir.

Jamei ve ark. (2017) çalışmalarında Avusturya'nın Melbourne kenti için belirlenen kentsel dönüşüm alanlarına yönelik plan taslağı için dış mekan yaya termal konforu incelemeyi amaçlamışlardır. Mevcut ve gelecekteki senaryolar için dış mekan insan termal ortamını değerlendirmek amacıyla üç boyutlu bir mikroklimatik modelleme aracı ENVI-met 3.1 programını kullanmışlardır. Yapısal planları; bina yüksekliğinin arttırılması, ağaç örtüsünün eklenmesi ve yeşil çatıların eklenmesi şeklinde modellemişlerdir. Bina yüksekliğinin arttırılması senaryosu sonucunda PET değerinde 1°C–4°C değerinde iyileşme, ağaç örtüsünün arttırılması senaryosunda FES seviyesinde 1°C - 2°C azalma ve yeşil çatı eklenmesi yaya termal konforu için FES üzerinde herhangi bir iyileşme göstermediği görülmüştür. Gelecekteki yapısal planların ve önerilen senaryoların birlikte uygulanması durumunda oldukça sıcak bir yaz gününde FES değerinde 5.1 °C iyileşme sağlanacağını belirtmişlerdir.

Afshar ve ark. (2018) İranın Meşhed kentinde yaptıkları çalışmalarında kış aylarında bitkisel tasarım farklılıkların kentsel mikro iklimde olan etkilerini incelemişlerdir. Çim alan, yaprak döken ve herdemyeşil ağaçların yalnızca ve birlikte kullanıldığı senaryoları Envi-met programında simüle etmişlerdir. Elde edilen sonuçlarda yaprak döken ağaçların sonbahar aylarında yapraklarını kaybetmesi ve güneş ışığını geçiriyor olabilmesi nedeni ile PMV değerlerini olumlu yönde etkilediği ve kış aylarında yaprak döken ağaçların tercih edilebileceğini belirtmişlerdir.

Yang ve ark. (2018) çalışmalarında tropikal iklimde bulunan Singapur'un yüksek katlı bir yerleşim bölgesinde kaldırım malzemeleri, yeşil alan ve su kütlelerinden oluşan peyzaj tasarım unsurlarının kentsel mikro iklim ve termal konfor üzerindeki etkilerini niceliksel olarak analiz etmişlerdir. Envi-met programında çim alanların, farklı yüzey kaplamalarının ve ağaçların olduğu çeşitli senaryolar sonucu kentsel alanda termal konforu iyileştirmede en etkili tasarım önerisinin ağaçların kullanıldığı senaryolar sonucu elde ettiklerini, yüksek albedo kaldırım malzemeleri ve su birikintilerinin sıcak ve nemli iklim koşullarında ısı stresini azaltmada etkili olmadığını bulmuşlardır.

Yılmaz ve ark. (2018) yaz ve kış ayları için biyoklimatik konforun kent ortamında iyileştirilmesi için geliştirdikleri alternatif senaryoları Envi-met programı ile analiz etmişlerdir. Çalışma alanı olan Erzurum kentinden farklı kentsel dokuya sahip 4 alan (botanik bahçesi, sanayi alanı, kent merkezi ve kırsal alan) belirleyerek yaprak döken ve konifer bitkiler ile ayrı ayrı yapılan senaryoları değerlendirmişlerdir. Botanik bahçesinin bitkiler ile yapılan simülasyon sonuçları kent merkezinden ortalama hava sıcaklığı 2.2°C daha serin olduğu, konifer bitkilerin bulunduğu tüm simülasyonların yaz ayları için ise yaklaşık 1.2°C daha serin olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Kış aylarında ise yaprak döken bitkilerin daha olumlu sonuç verdiğini belirtmişlerdir.

Altunkasa ve Uslu (2020) üniversite kampüsünde dış mekan termal konforunu artırabilecek bir bitkilendirme tasarımı önerisi oluşturmayı amaçladıkları çalışmalarında termal konforun ölçümünde Tahmini Ortalama Oy (PMV) indeksinden yararlanılmıştır. Çalışma ; Yerleşke master planının ısı konfor açısından değerlendirilmesi, ısı konforunun artırılmasına yönelik altı ağaç türünün kullanıldığı bitkilendirme tasarımının oluşturulması, ilk iki aşamada elde edilen bulguların karşılaştırılması şeklinde 3 aşamadan oluşmaktadır. *Acer negundo* L., *Cercis siliquastrum* L., *Cupressus arizonica* L., *Fraxinus excelsior* L., *Jacaranda mimosifolia* L., *Olea europaea* L. ağaç türlerini tasarımda kullanmışlardır. Elde edilen bulgulara göre seçilen altı ağaç türü ile yapılan bitkisel tasarımın yaz aylarında dış mekan termal konforuna olumlu etkilerinin bulunduğunu ve PMV değerlerinde kışın en soğuk saatlerinde ortalama 0,5 oranında artma ve yazın en sıcak saatlerinde ortalama 1,75 azalma yaşandığını belirtmişlerdir.

Abdi ve ark. (2020) çalışmalarında farklı bitkisel tasarımların, bitki türünün ve ağaç dizilimlerinin hakim rüzgara karşı yönünün mikrometeorolojik koşullar ve termal konfor üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Çalışma alanı olan Azerbaycan'da bulunan Tebriz Üniversitesi kampüs alanı ENVI-met programı kullanılarak simüle edilmiştir. Modelin çıktı parametrelerinin değerleri saha ölçümleri ile karşılaştırılarak doğrulanmıştır. Önerilen senaryolar programda simüle edilmiş ve dış

mekan termal konforunu iyileştirmede daha iyi performans gösteren senaryolar analiz edildikten sonra belirlenmiştir. Sonuçlar, dış sıralarda yaprak dökmeyen ağaçların ve iç sıralarda yaprak dökken ağaçların hakim rüzgara dik bir yönde dikdörtgen şeklinde dikilmesinin dış mekan termal konforunu iyileştirmede en uygun koşulu ürettiğini göstermiştir. Ayrıca, herdem yeşil ağaçlarla rüzgar yönüne dik üçgen desenler, termal konforu iyileştirmede en zayıf performansı ortaya çıkarmıştır.

Kouklis ve ark. (2021) kentsel morfolojinin kent mikro iklimine ve dış mekan termal konfora etkilerini incelemeyi amaçladıkları çalışmalarında Yunanistan'ın Selanik kentini araştırma alanı olarak belirlemişlerdir. Eski şehir planı yerleşiminde sokak planı üzerinde yürüttükleri araştırmalarında konfor düzeyini belirlemede PMV indeksi, farklı morfolojilere sahip (bina yüksekliği, sokak genişliği, açık yeşil alanlara yakınlık vb.) sokak planlarının simülasyonlarının elde edilmesi için ise ENVI-met programı kullanılmıştır. Bina boyunun kısa olduğu durumlarda gölge alanlarında az olmasından kaynaklı ısınma, ağaçların sık olarak dikildiği bölgelerde ise rüzgar sirkülasyonunun engellendiğini ve kentsel kanyonun veya farklı kentsel formdaki açık ve yeşil alanların hem mikroklimatik koşulların oluşmasına hem de biyoiklimsel parametrelerin etkisine belirleyici bir şekilde etkide bulunduğunu vurgulamışlardır.

Kentsel ısı adasının kent iklimine olan etkilerinin kaçınılmaz olarak yaşandığı ülkelerden biri olan Çin'de **Liao ve ark. (2021)**, Çangşa kentini çalışma alanı olarak belirledikleri çalışmalarında ısınmadan kaynaklı yaşanan olumsuz etkilerin azaltılması termal konforun artırılması yönünde çeşitli bitkisel tasarım önerileri ile etkilerini incelemişlerdir. Özellikle bitkilerin soğuma etkini inceledikleri araştırmalarında uzun yaz iklimi yaşayan ve gün içerisinde maksimum sıcaklığın 43.7°C ulaştığı kent için çim, çalı ve ağaçlarla oluşturulan tasarımlar Envi-met programında simüle edilmiştir. Yapıların yoğun olarak bulunduğu alanda bina yüksekliklerinin de değiştirildiği tasarımların simülasyonları sonucunda ortalama sıcaklık ve MRT'de en etkili azalmanın ağaçların bulunduğu ve bina yüksekliklerinin arttıkça bitkilerin soğutma etkisinin azaldığı sonucuna ulaşmışlardır.

Çilek (2021) sıcak-nemli iklim bölgesinde bulunan Adana kenti için yaptığı çalışmada termal konfor açısından en uygun yeşil alan özelliklerini ve kapalılık oranını belirlemeyi amaçlamıştır. Bu kapsamda termal konfor derecelendirmesi için Fizyolojik Eşdeğer Sıcaklık (FES) indeksi ve ENVI-met programını kullanmıştır. Mevcut durumdaki yeşil alanların biçimsel özellikleri, iklimsel sınıflandırma ve bu sonuçlardan elde edilen sonuçlara göre FES değerlerinin hesaplanması ve optimum yeşil alanların belirlenmesi çalışmanın aşamaları olarak belirtmiştir. Envi-met aracılığıyla yeşil alanları %100 çim, %50 kanopi kapalılığı, %100 kanopi kapalılığı şeklindeki senaryolarla değerlendirmiştir. Alan büyüklüğü ve kanopi oranının artışının termal konfor düzeyine olumlu katkıda bulunduğunu, biçimsel olarak ise dikdörtgen ve KB-GD yöneliminin kentsel yeşil alanlar için en uygun durumlar olduğunu belirtmiştir.

Yılmaz ve ark. (2021) Erzurum kentinin Yakutiye ilçesi için gerçekleştirdikleri çalışmalarında, dış mekan termal konfor düzeyini belirlemek için ENVI-met V.4.4.2 kış modeli

kullanılarak yaya yollarındaki farklı peyzaj tasarım senaryolarını kapsamlı bir şekilde araştırmışlardır. Gökyüzü görüş faktörünü (SVF) oluşturmak ve mikro iklim verilerinin ortalama değerlerini analiz etmek için RayMan programını kullanarak gerçekleştirmişlerdir. Önerilen peyzaj tasarım senaryoları ; sert malzemelerle kaplı cadde, tam kanopi ile sokağın tamamının kapatılması, yarı-açık kanopi alan ile sokağın tamamının kapatılması, farklı bitki türlerinin birleşiminden oluşan (adaçayı %30 yaprak döken, %30 iğne yapraklı, 30 % çalılık) ve sokaklarda süs havuzlarının kullanılması şeklinde olup, analiz sonuçlarının değerlendirilmesinde ve yorumlanmasında yayaların dış alanı kullandıkları zaman dilimini dikkate almışlardır. Çalışmanın sonucunda genel olarak yarı açık kanopi tasarımının yollara yüksek termal konfor sağladığını, böylece insanların günlük aktivitelerini gerçekleştirebileceğini belirtmişlerdir.

Çelik (2022) Diyarbakır kentinde geleneksel Tük avlu bahçesi örneğinde farklı bitkisel tasarım uygulamaları ile termal konfor arasındaki etkileşimi incelemiştir. Son 5 yılı kapsayan iklim verilerini kullanarak PET=FES (Fizyolojik Eşdeğer Sıcaklık) ve Envi-met programı yardımıyla da senaryoların analizlerini gerçekleştirmiştir. Simüle edilen senaryolarda avlu termal konforu için belirlenen tasarımlar;

- 1) Sadece çim yüzeyinin kullanıldığı (%25 oranında bitki yüzeyi)
- 2) Çim yüzeyi ve ağaçların kullanıldığı (%40 oranında bitki yüzeyi)
- 3) Üstten daha sık dallanan ağaçlarının kullanıldığı (%50 oranında bitki ağaç örtüsü)
- 4) Üstten daha sık dallanan ağaçlarının kullanıldığı (%60 oranında ağaç örtüsü)

şeklinde. Senaryo 3 ve 4'te sıcaklık değerlerinde önemli bir azalma görülmezken senaryo 1 ve senaryo 2 de ise yaklaşık 9°C azalma tespit edilmiştir. Üstten sık dallanan ağaçların rüzgar hızını azaltması ve sirkülasyonu engelleyerek serinletici etki oluşturmaması olduğunu belirterek avlu tasarımlarına uygun önerilerinde bulunmuştur.

Mutlu (2022) Bayburt kenti için kentsel ve kırsal alandaki iklim farklılıklarını tespit ederek dış mekan termal konforunun sağlanması yönünde öneriler sunmayı amaçladığı çalışmasını 9 adımda kurgulamıştır. Bu bağlamda kentin 30 yıllık iklim verileri Devlet Meteoroloji İstasyonundan elde edilmiş ve aynı zamanda kent merkezinde bulunan Çoruh Nehri'ne paralel konumlanan caddelerden ölçüm alınması ile temin edilen meteorolojik verileri kullanarak Rayman programında FES hesaplamalarını yapmıştır. Toplamda 9 adet senaryoyu Envi-met programında analiz etmiştir. Senaryolarda farklı bitkiler (*Platanus orientalis* L., *Fraxinus excelsior* L., *Tilia cordata* Mill., *Platanus orientalis* L.) kullanarak oluşturduğu tasarımları uygulayarak gerçekleştirdiği analizlerinde Ihlamur ve Dişbudak ağacının kullanıldığı senaryolarda mevcut duruma göre 5,6°C bir düşüş tespit etmiştir. Mevcut durumda maksimum FES değeri 57.0 °C iken Ihlamur ve Dişbudak ağacının olduğu senaryoda 50.1°C'ye azaldığı sonucuna ulaşarak elde edilen sonuçlara göre kent konforu için yerle bitkilerin kullanılması gibi çeşitli önerilerde bulunmuştur.

Cortes ve ark. (2022) Filipinlerin Cebu adasında büyük metropoller için köprü görevinde bulunan Mandaue şehri için tespit edilen kentsel ısı adası etkilerinin iyileştirilmesi ile ilgili hafifletici önlemlerle nasıl iyileştirilebileceğini belirlemeyi amaçladığı çalışmada bazı senaryolar geliştirmiştir. Bitki örtüsünün ve açık alanların eklenmesi, yeşil çatıların kullanılması ve bunlardan oluşturulan kombinasyonların simüle edilmesi ve analizlerin gerçekleştirilmesi için ENVI-met yazılımını kullanmışlardır. Simülasyonlar ile, daha fazla ağaçlık alanlar ile hava sıcaklığını ortalama 0.2°C azaltabileceğini, yeşil çatının ise hava sıcaklığını ortalama 0.2°C–0.4°C aralığında azaltabileceği sonucuna ulaşmışlardır. Ayrıca, ağaçlık alanların artırılması yüzey sıcaklığını ortalama 0,5°C–0,8°C oranında azaltabilirken, bina çatılarının yeşil çatılara dönüştürülmesinin hiçbir etkisi olmadığını, bitki örtüsü ve yeşil çatı kombinasyonu kullanıldığında yüzey sıcaklığı ortalama 0,4°C–1,1°C aralığında azaltılabileceğini belirtmişlerdir.

Ertem Mutlu (2023) Erzurum kentinin Yıldızkent bölgesi için gerçekleştirdiği çalışmada açık yeşil alan sistemlerinin ve yerleşim dokusu açısının peyzaj tasarım senaryoları ile kent iklimi ve termal konfor düzeylerine etkilerini incelemiştir. Simülasyonlarda kullanılmak üzere sahadan iklim cihazı ile meteorolojik veriler ve gökyüzü görünürlük oranı ölçümleri alınmıştır. Mevcut durum ve 18 adet farklı tasarımla (lineer, kama, kuşak, kalp ve yeşil örgün sistemleri) yapılan senaryolara ait simülasyonlar Envi-met programında gerçekleştirmiş ve aynı zamanda kent genelini kapsayan Landsat 8 termal band ile Yeryüzü Yüzey Sıcaklık (YYS) analizlerini elde etmiştir. Yeşil kama ile ilgili oluşturulan senaryolarda mevcut duruma göre yaz aylarında hava sıcaklığı açısından daha düşük, FES değerleri açısından daha konforlu ve Tmrt değerleri açısından ise daha serin olduğu sonucuna ulaşmıştır.

Vatani ve ark. (2024) İran'ın Tahran kentinde endüstriyel peyzaj alanında dış mekan termal konforu iyileştirmede farklı ağaç türlerini inceledikleri çalışmalarında Envi-met programı yardımıyla simülasyonlarını gerçekleştirmişlerdir. Simülasyonlarını üç ana şekilde;

- 1) Çalışma alanının %35 ve %75'ni kaplayacak şekilde yaprakdöken ağaç türleri
- 2) Çalışma alanının %35 ve %75'ni kaplayacak şekilde ibreli ağaç türleri
- 3) Alanın %35 ve %75'ni kaplayacak şekilde ibreli ve yaprakdöken ağaç türleri ile karışık

kompozisyonda tasarlayarak gerçekleştirmişlerdir.

2023 yılının en sıcak gününde yapılan analizlerde yaprak döken ağaç türleri için %35 olan senaryolarda minim farklar ile azalma yaşanırken, %75 oranında ağaç kompozisyonun yer aldığı senaryolarda hava sıcaklığı yaprak dökenlerde 4.2°C azalttığını, karışık olan tasarımda 3.6 °C iğne yapraklı türler için 3.1°C azalttığı sonucuna ulaşmışlardır. Yaprak döken ağaçların yaz aylarında sağladığı gölge nedeni ile biyoklimatik konfor açısından en iyi tercih olabileceğini belirtmişlerdir.

2.2. Makine Öğrenme Tekniği ve İklim Çalışmaları

Meteorolojik zaman serilerinin tahmini birçok alanda çok önemli bir rol almasından yola çıkarak **Mellit ve ark. (2013)**, çalışmalarında meteorolojik zaman serilerinin (örneğin güneş ışıınımı, hava sıcaklığı, bağıl nem, rüzgar hızı, rüzgar yönü ve basıncı) kısa vadeli tahmini için en küçük kareler destek vektör makinesi (LS-SVM) uygulamasından yararlanmışlardır. LS-SVM yaklaşımının genelleme kabiliyetini kontrol etmek için K-kat çapraz doğrulama ve Kolmogorov-Smirnov testi gerçekleştirilmiştir. LS-SVM ile farklı yapay sinir ağı (YSA) mimarileri (tekrarlayan sinir ağı, çok katmanlı algılayıcı, radyal tabanlı fonksiyon ve olasılıksal sinir ağı) arasında bir karşılaştırma sunulmuş ve tartışılmıştır. Karşılaştırma, LS-SVM'nin YSA mimarilerinden önemli ölçüde daha iyi sonuçlar ürettiğini göstermiştir. Ayrıca LS-SVM'nin meteorolojik verilerin kısa vadeli tahmini için umut verici sonuçlar sağladığını göstermektedir.

Uzun vadeli hava sıcaklığı tahmini, iklimle ilgili çalışmalar, enerji, tarım, kentsel çalışmalar veya tıp da dahil olmak üzere çok sayıda uygulamada büyük önem taşımaktadır. **Salcedo Sanz ve ark. (2016)**, çalışmalarında Avustralya ve Yeni Zelanda'daki gözlem istasyonlarında daha önce ölçülen değerlerden ve bölgedeki önemli iklim endekslerinden aylık ortalama hava sıcaklığı tahmini probleminde iki Makine Öğrenimi algoritmasının (Destek Vektör Regresyonu (SVR) ve Çok Katmanlı Algılayıcı (MLP) performansını incelemektedir. Ele alınan iki algoritmanın performansı çalışmada tartışılmış ve alternatif yaklaşımlarla karşılaştırılmıştır. Sonuçlar, SVR algoritmasının makalede karşılaştırılan tüm algoritmalar arasında en iyi tahmin performansını elde edebildiğini göstermektedir.

Günümüzün en büyük sorunlarından olan ve kentleşmenin hızlanması ile daha çok hissedilen hava kirliliğinin önlenmesi ile ilgili yapılacak çalışmalar içerisinde en önemli aşamalardan biri kirlenme olayının bir model içerisinde analiz edilmesi olarak belirten **Gültepe (2019)**, Kastamonu kenti için yaptığı çalışmada bazı meteorolojik parametreler kullanarak, makine öğrenme tekniği ile hava kirliliğini modellemeyi amaçlamıştır. Yapay Sinir Ağları (YSA), Lineer Regresyon (Linear Regression), K-En Yakın Komşu (K-Nearest Neighborhood) gibi modeller kullanarak değerlendirmelerde bulunmuştur. Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre, hava kirliliği tahmininden Rastgele Orman ve Karar Ağacı makine öğrenme yöntemleri en yüksek başarıyı sergilerken, lineer regresyon en düşük doğruluk oranını vermiştir.

Cifuentes ve ark. (2020) literatürde mevcut olan sıcaklık tahmini için farklı makine öğrenimi stratejilerini gözden geçirmek, avantajlarını ve dezavantajlarını sunmak ve araştırmalarla ilgili boşlukları tespit etmek amacıyla çalışmalarını gerçekleştirmişlerdir. Derin Öğrenme stratejilerinin, bölgesel ölçekte 1 adım önde olmak üzere geleneksel Yapay Sinir Ağları algoritmalarına kıyasla daha küçük hatalar (Mean Square Error= 0,0017°K) ile sonuç verdiğini, küresel ölçekte ise Destek Vektör Makineleri algoritmalarının, basitlik ve doğruluk arasındaki olumlu uyuşma nedeniyle tercih edildiğini tespit etmişlerdir. Ayrıca bu çalışmada belirtilen yöntemlerin doğruluğunun girdi kombinasyonuna ve öğrenme algoritmalarına bağlı olduğu bulunmuştur.

Murakami ve ark. (2021) çalışmalarında kuzey Japonya adası Hokkaido'da kışlık buğday verimi üzerindeki meteorolojik kısıtlamaları tahmin ve analiz etmek için bir makine öğrenme modeli geliştirmişlerdir. Buğday üreten çoğu alanla karşılaştırıldığında bu ada, yıllık yağışların daha fazla olması ve ilkbaharda karların erimesiyle oluşan bol su kaynağı nedeniyle nemli bir iklimle karakterize edilmiş ve korelasyon analizlerinin, 119 belediyeden 14 yıl boyunca toplanan verim istatistiklerine ($N = 1.516$) ve yüksek çözünürlüklü yüzey meteorolojik verilerine dayanarak, yağış, günlük minimum hava sıcaklığı ve hasat dönemindeki ışıının ada genelinde verim üzerinde önemli etkileri olduğunu, erken kış ve ilkbaharda kar derinliğinin etkisinin ise bölgelere bağlı olduğunu gösterdiğini belirtmişlerdir. Tahmin edici değişkenler olarak ekim ve hasat arasındaki belirli bir dönemdeki 10 günlük ortalama meteorolojik veriler ve bir yıllık dışlama çapraz doğrulama prosedürü kullanılarak, sinir ağı (NN), rastgele orman (RF), destek vektör makinesi regresyonu (SVR), kısmi en küçük kareler regresyonu (PLS) ve kübik regresyona (CB) dayalı makine öğrenimi modellerinin performansı, çoklu doğrusal regresyon modeli (MLR) ve belediyenin ortalama verimini veren boş bir model ile karşılaştırılmıştır. PLS, SVR ve RF'nin kök ortalama kare hataları 872, 982 ve 1,024 kg ha-1 olup MLR (1,068 kg ha-1) ve boş modelden (1,035 kg ha-1) daha küçük olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Coşkun (2022) çalışmasında Kayseri kent merkezi için hava kirliliğinin meteorolojik veriler ile makine öğrenme tekniklerinden olan yapay sinir ağları yardımıyla tahmin edilmesini amaçlanmıştır. Kentte bulunan meteoroloji istasyonlarından temin edilen hava kirliliği ölçüm verilerinden CO, PM10 ve SO² parametreleri, yer seviyesi meteorolojik bilgileri ve kirlilik için önemli parametrelerden biri olan enverziyon bilgileri olmak üzere 3 başlıktaki veri seti kullanılmıştır. Model çıktılarının ne oranda doğru tahmin edildiğini MAPE (Mean absolute percentage error), RMSE (Root mean square error) ve R² değerlerini elde ederek analiz etmiştir. Üç farklı yöntem uygulanarak tasarlanan 42 adet yapay sinir ağı modelinin, meteorolojik verilerin de kullanılması sonucunda yıllık ortalamalarda R² değeri için en yüksek değere olarak PM10 parametresi 0.83 orana ve 17,1 MAPE değerine sahip olurken, SO² parametresi için 0,66 oranında R² ve 24,6 MAPE değeri hesaplanarak yorumlanmış ve literatür çalışmaları için kıyaslandığında ise tahminlerin kabul edilebilir aralıkta olduğu görülmüştür.

Karabulut ve Topçu (2022) Kars kentinin merkez ilçesinin 2010-2021 dönemindeki meteorolojik verileri ile Yüzey Sıcaklığı Analizi (YSA) tabanlı yaklaşımlardan olan uzun kısa süreli bellek (LSTM) modeli kullanılarak ortalama günlük hava sıcaklığını tahmin etmeyi amaçlamışlardır. Aylık ortalama sıcaklık tahmininde 0,9937 oranında doğruluk oranına sahip olduğunu elde etmişlerdir. Derin öğrenme modellerinde daha karmaşık modelin kullanılmasının doğruluk payını arttırdığını belirtmişlerdir.

Bir bölgedeki küresel güneş radyasyonunun tahmini, yatırımcılara ve politikacılara o bölgenin güneş kaynağı hakkında daha ayrıntılı bilgi sağladığından büyük önem taşıdığını ve bu da büyük ölçekli güneş enerjisinden faydalanılarak kalınma sağlanması için çok faydalı olabileceğini

belirten **Nematchoua ve ark. (2022)** çalışmalarında bu bağlamda, Avrupa'da çoğunlukla farklı güneş radyasyonu dağılımlarına sahip 27 ülkede bulunan 27 şehrin (Brüksel, Paris, Lizbon, Madrid...) günlük küresel güneş radyasyonu verilerini tahmin etmişlerdir. Bu çalışmada altı farklı makine öğrenmesi algoritması (Doğrusal model (LM), Karar Ağacı (DT), Destek Vektör Makinesi (DVM), Derin Öğrenme (DL), Rastgele Orman (RF) ve Gradyan Destekli Ağaçlar (GBT)) kullanılmıştır. Bu algoritmaların eğitiminde, bu şehirlerin günlük hava sıcaklığı (Ta), rüzgar hızı (Va), bağıl nem (RH) ve güneş radyasyonu kullanılmıştır. Veriler Meteonorm aracından sağlanmaktadır ve iki dönem halinde gruplandırılmış ve özellikle son yılları kapsamaktadır (1960-1990; 2000-2019). Bu algoritmaların başarısına karar vermek için, çalışmada dört farklı istatistiksel metrik (Ortalama Bağıl Hata (ARE), Ortalama mutlak Hata (AAE), Ortalama Karesel Hatanın Kökü (RMSE) ve R2 (R-Kare)) ele alınmıştır. Ayrıca, bu şehirlerin 2050 ve 2100 yıllarındaki hava sıcaklığı ve küresel güneş radyasyonu tahminleri, en son Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) senaryolarından üçü (RCP2.6; RCP 4.5 ve RCP 8.5) kullanılarak yapılmıştır. Bu araştırmanın sonuçları, 2100 yılında Avrupa ülkelerinde 1960-1990 dönemine kıyasla 0.5 ila 3.8 °C (RCP 2,6 senaryosuna göre); 3.1 ila 5.5 °C (RCP 8,5 senaryosu) arasında bir sıcaklık değişimi görmenin mümkün olacağını göstermekle birlikte sıcaklık artışlarının, 993 ila 1837 kWh/m² arasında olması gereken küresel güneş radyasyonu üzerinde etkili olabileceğini göstermiştir.

Küresel sınıma ile birlikte artan sıcaklıklar enerji kullanımını artırırken fosil yakıtlara yönelim ile CO²'nin salınımının da artışına neden olmaktadır. Yaşanan bu durum aynı zamanda dünya ülkeleri için CO² emisyon miktarlarının yönetimi ve takibinin önem kazanmasına neden olmuştur. Bu amaç doğrultusunda **Aydın ve Aydoğdu (2022)** makine öğrenmesi algoritmalarından karar ağacı modellemesi, yapay sinir ağları (YSA) ve destek vektör (DVM) makineleri modelleri ile Türkiye ve AB ülkeleri için enerji üretimi sırasında ortaya çıkan CO² salınım miktarlarının tahminine yönelik çalışma elde etmiştir. Avrupa Birliği ülkeleri genel olarak incelendiğinde, CO emisyon miktarının artışında yavaşlama görüleceği. Türkiye'de 2010-2019 yılları arasındaki CO² salınım miktarı ilerleyen yıllarda artışında bir azalma görülmediği CO² gerekli önlemler alınmadığı takdirde bu artışın ciddi boyutlara geleceğini belirtmişlerdir.

Oğuz ve Pekin (2022) çevresel sorunların başında gelen Partikül Madde (PM) kirliliğinin izlenmesi ve tahmin edilmesini amaçladıkları çalışmalarında çeşitli meteorolojik veriler doğrultusunda ve makine öğrenme teknikleri kullanılarak PM10 kirliliği tahminlerini elde etmişlerdir. Birbirinden farklı makine öğrenme (karar ağacı regresyonu, destek vektör regresyonu, lasso regresyonu ve yapay sinir ağı) algoritmalarıyla tek tek değerlendirmeler yapılmış ve bu algoritmaların tutarlılıkları çeşitli istatistiksel metrikler kullanılarak karşılaştırılmıştır. Ankara Keçiören-Sanatoryum hava kalitesi istasyonundan temin edilen iklim verileri ile yapılan analizlerde, YSA algoritmasının diğer algoritmalara göre daha iyi sonuç verildiği izlenmiştir.

Akgün ve Barlık (2023) çalışmalarında Ardahan, Kars, Erzurum ve Iğdır kent merkezlerindeki bazı meteorolojik parametreleri (ortalama sıcaklık, yağış, bulutluluk, nispi nem, basınç ve rüzgâr hızı) kullanarak çoklu doğrusal regresyon analizi ve makine öğrenmesi yöntemleri ile Hava Kalitesi İndeksi (HKİ)'nin tahminlerini elde etmişlerdir. Makine öğrenme yöntemlerinden olan Rastgele Orman algoritmasının HKİ'ni %74,89 doğrulukla en yüksek doğruluğa sahip olduğu, çoklu doğrusal regresyon analizi ile analiz edilen HKİ'nin %41,8 oranında tahmin edilebileceği sonucuna ulaşmışlardır.



3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

Türkiye'nin yüz ölçümü ile en küçük alanına sahip olan Güneydoğu Anadolu bölgesinde bulunan Diyarbakır 15,168 km²'lik yüz ölçümü ile aynı zamanda ülke genelinin de toplam %1,9'u kadar alanını kaplamaktadır (Şekil 3.1). Güneydoğu Anadolu bölgesinin merkezi noktasında bulunan Diyarbakır kentinin kuzeyinde Bingöl ve Elazığ, doğusunda Batman, güneyinde Mardin, güneybatısında Şanlıurfa, batısında ise Adıyaman ve Malatya illeri bulunmaktadır. 37° 55' kuzey enlem ve 40° 12' doğu boylamları arasında yer almakta ve rakımı 670 m' dir (Anonim 3, 2023).

Kent merkezinde Sur, Yenişehir, Bağlar ve Kayapınar olmak üzere 4 merkez ilçe bulunmaktadır. Bulunduğu coğrafi konumu nedeniyle zaman içinde birçok medeniyete ev sahipliği yapan kentin en eski yerleşim birimi olan tarihi Sur içi bölgesi de Sur İlçesi sınırları içerisinde kalmaktadır. Etrafını saran surlarla mekânsal olarak diğer bölgelerden ayrılan Sur içi bölgesi kentin güney doğusunda, Dicle Nehrine yakın bir konumda bulunmaktadır.



Şekil 3.1. Çalışma alanının konumu

3.1.1. Bitki Örtüsü

Diyarbakır kenti genel olarak bozkır bitki örtüsüne sahiptir. Bu bitki örtüsünü oluşturan otsu bitkiler ilkbahar aylarında kısa bir süre içinde yeşerip çiçeklenme dönemi yaşarken, yaz mevsiminin

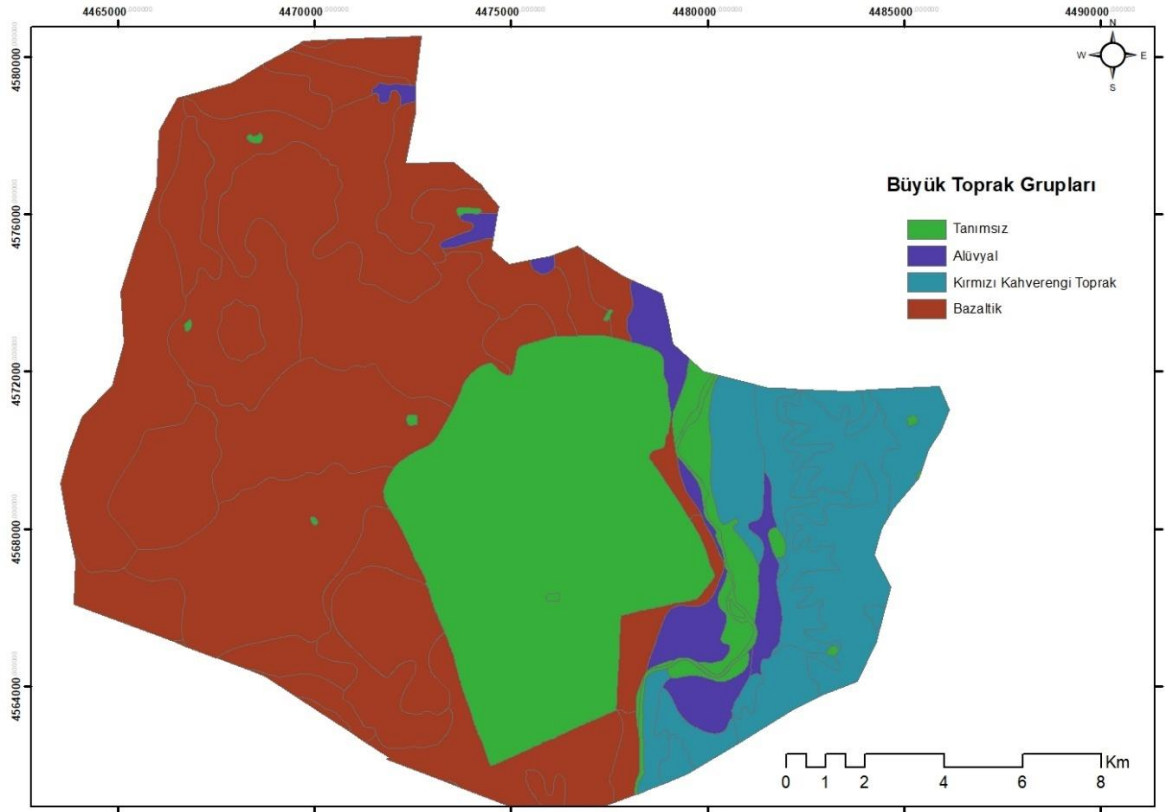
ilk dönemlerinde ise özellikle kuraklığın artmasıyla canlılıklarını kaybetmektedirler. Dağlık alanlarda ise yer yer *Qercus* sp. (Meşe) türleri ve bazı bitki toplulukları bulunmaktadır. Diyarbakır orman örtüsü bakımından fakir durumdadır (Yakut, 2020).

Bölgede kurak dönemin uzun sürmesi bitkilerin yaşamını sürdürmesi için olumsuz şartlar oluşturabilmektedir. Diyarbakır topraklarının % 33'ü orman ve fundalık, % 40'ı ekili arazi ve % 22'si çayır ve meralarla kaplıdır. İlkbahar aylarıyla başlayan yağışlarla canlılık kazanmaya başlayan bitkiler, mayıs ayından kasım ayına kadar süregelen şiddetli kuraklık nedeniyle bitki örtüsü hızla fakir bir step karakterini kazanmaktadır. Kentsel peyzaj alanlarında da *Morus alba* sp. (Dut), *Platanus orientalis* L. (Doğu çınarı), *Ficus carica* L. (İncir), *Lagerstromia indica* L. (Oya), *Fraxinus excelsior* L. (Dişbudak), *Cercis siliquastrum* L. (Erguvan), *Tilia tomentosa* L. (Ihlamur), *Celtis australis* L. (Çitlenbik), *Acer negundo* L. (Dişbudak yapraklı akçaağaç), *Malus domestica* L. (Elma), *Prunus domestica* L. (Erik), *Prunus cerasifera* Ehrh. (Süs eriği), *Punica granatum* L. (Nar), *Gleditsia triacanthos* L. (Gladiçya), *Robinia pseudoacacia* L. (Akasya), *Morus alba pendula* (Ters dut), *Crataegus monogyna* L. (Alıç), *Albizia julibrissin* (Gülibrişim), *Salix babylonica* (Salkım söğüt), *Catalpa bignonioides* (Katalpa), *Melia azedarach* L. (Tespah ağacı), *Pyrus* sp. (Armut), *Elaeagnus angustifolia* L. (İğde), *Laurus nobilis* L. (Defne), *Cupressus arizonica* cv. (Mavi servi), *Pinus eldrica* L. (İran çamı), *Thuja* sp. (Mazı) türlerinin sıklıkla kullanıldığı gözlemlenmiştir.

3.1.2. Toprak Özellikleri ve Topografya Yapısı

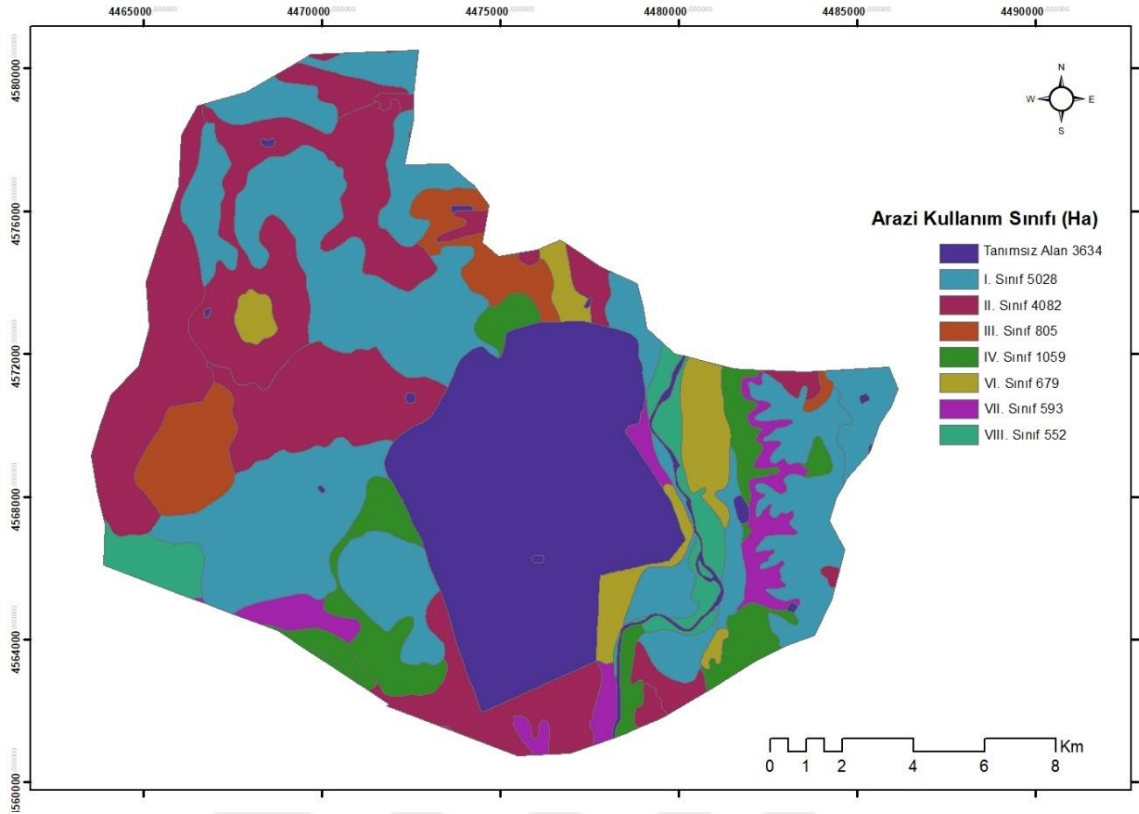
Bazaltik topraklar, kent genelinde en çok alan kaplayan topraklardır. Karacadağ volkanizmasından kaynaklı etkiler Dicle Nehri'ne kadar devam etmektedir. Dış püskürük bazalt ana kaya üzerinde yayılım gösteren bu toprakların en önemli özelliği ise derinliğinin sığ ve taşlı olmasıdır. Volkanik etkinin Dicle Nehri ile kesintiye uğradığı Suriçi'nde ilk yerleşimini gösteren kent, çoğunlukla bazalt akıntılarla oluşan bazaltik topraklar üzerinde varlığını sürdürmektedir. Dolayısıyla il geneli değerlendirildiğinde bazaltik toprakların oranı %50'den daha fazladır. Ağır killi ve koyu renkli olan bazaltik toprakların oluşumuna neden olan bazalt akıntıları kentsel yerleşim için de en uygun topografyayı da oluşturmuştur. Bu topraklar arazi kabiliyeti ve kullanımı açısından uygun şartlar sağlamakla beraber, I ve II. dereceden de önemli olup tarımsal faaliyetler açısından kuru ve sulu tarım alanları olarak kullanılmaktadır. Tarımsal açıdan oldukça verimli olan bu toprakların olumsuz özelliği ise Karacadağ'a doğru gidildikçe taşlık miktarının artmasıdır (Dağlı, 2021).

Diyarbakır bölgesel olarak küçük farklılıklar dışında genellikle benzer toprak yapısı gösteren arazilere sahiptir (Ege Plan, 2013). Değişik toprak gruplarının olduğu bu bölgede topraklar; alüvyal topraklar, kırmızı kahverengi topraklar, tanımsız topraklar ve bazaltik topraklar şeklinde sınıflandırılmaktadır (Şekil 3.2). Çalışma alanında tanımsız toprak grupları yaklaşık olarak 3367,9 ha, alüvyal topraklar 238,7 ha, kırmızı kahverengi topraklar 2 ha, bazaltik 6395,6 ha alan yer kaplamaktadır.



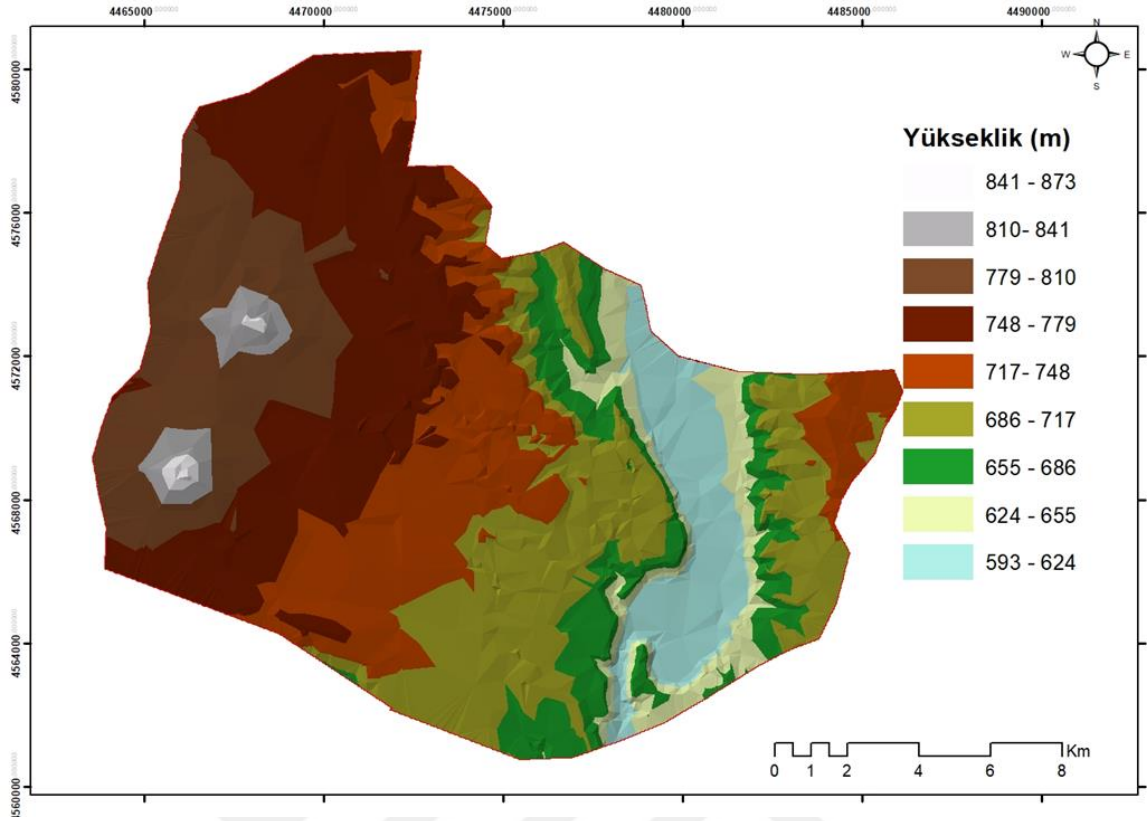
Şekil 3.2. Diyarbakır kent merkezi büyük toprak grupları haritası

Diyarbakır kent merkezi arazi kullanım kapasitesi açısından tanımsız, I.,II.,III,IV.,VI.,VII. ve VIII. sınıfa ait toprak gruplarını barındırmaktadır (Şekil 3.3). Tanımsız toprak grubu 3634 ha, I. sınıf toprak grubu 5028 ha, II. sınıf toprak grubu 4082 ha, III. sınıf toprak grubu 805 ha, IV. sınıf toprak grubu 1059 ha, VI. sınıf toprak grubu 679 ha, VII. sınıf toprak grubu 593 ha ve VIII. sınıf toprak grubu ise 552 ha alan kaplamaktadır.



Şekil 3.3. Diyarbakır kent merkezi arazi kullanım kapasitesi haritası

Diyarbakır yerleşim merkezinde genel olarak düz bir yapıya sahip olsa bile; kent merkezinde yükseklik 593-873m arasında değişim göstermektedir (Şekil 3.4). Bu değişim özellikle şehrin batı kısmında belirgindir. Özellikle geleneksel dokunun hakim olduğu Sur bölgesinde kot farkı 686-717m arasında değişim gösterirken; modern dokunun hakim olduğu Kayapınar ilçesinde kot farkı 748-810m arasında değişmektedir. Özellikle dicle havzasının önemli su kaynaklarından birisi olan Dicle nehri yükseklik bakımından Diyarbakır ilini iki ayrı kısma bölerek topografyayı dağıtmaktadır.



Şekil 3.4. Diyarbakır kent merkezi topografya haritası

3.1.3. Hidrolojik Yapı

Diyarbakır, Dicle nehrine yakın olması nedeniyle kurulmuş tarihi bir kenttir. Bu nedenle Dicle Nehri ve vadisi, kentin kuruluşu ve gelişimi üzerinde etkisi oldukça büyüktür. Nehrin vadisiyle birlikte oluşturmuş olduğu dik kornişler kenti doğu, kuzeydoğu ve güneydoğu olmak üzere birçok yönde sınırlandırarak aynı zamanda topografik bir eşik oluşturmuştur. Kent, nehrin etki ve denetiminde gelişim göstermiştir. Böylece hidrografik etmen, kentin gelişimini belirli alanlarda sınırlandırarak farklı değişik yönlere kanalizasyon olmasını sağlayan bir faktör olmuştur (Dağlı,2021).

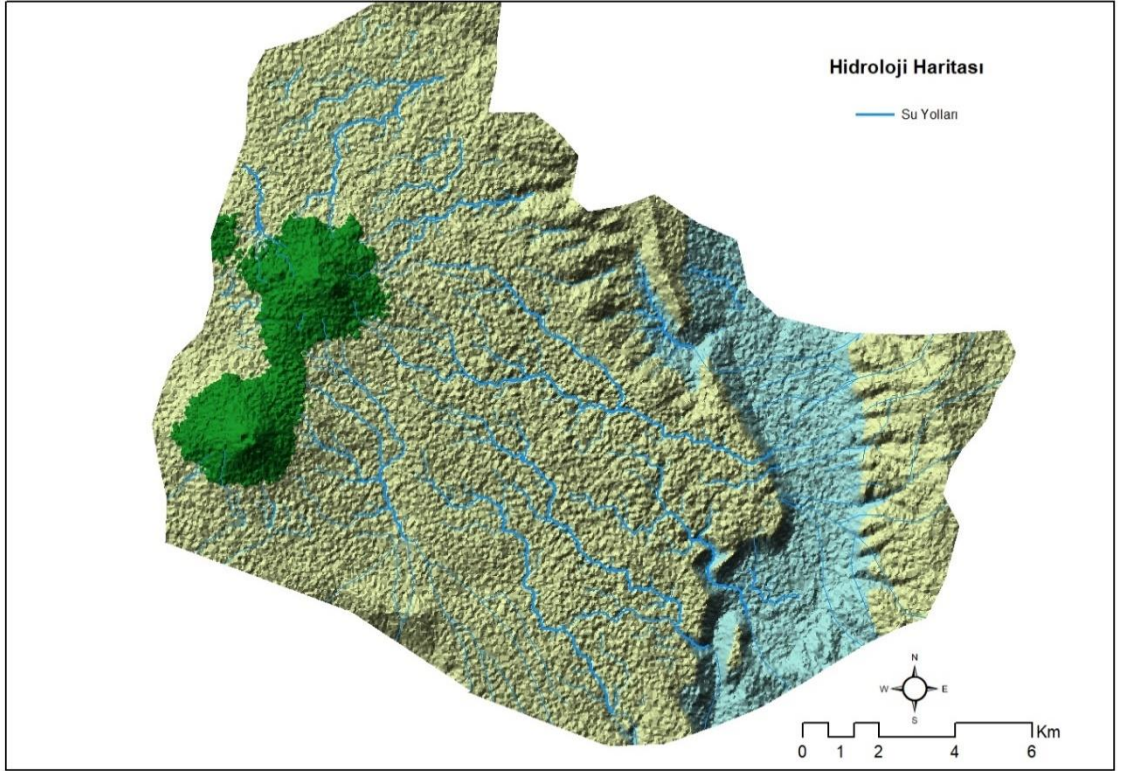
Diyarbakır’da bazalt ve kalker akifer olmak üzere iki çeşit yer altı su kaynağı bulunmaktadır. Karacadağ’ın tepesinden Dicle Vadisi’ne kadar olan saha bazalt akifer drenaj alanı iken Diyarbakır’ın 25-30 km güneyinden başlayarak Midyat formasyonu ve Diyarbakır’ın yaklaşık 30-35 km kuzeyinden itibaren yayılım gösteren Silvan-Midyat formasyonu kalker akifer drenaj alanıdır (Öztürk ve Çelik, 2006).

Diyarbakır kent sınırlarında doğal oluşumlu göller bulunmaz ancak içme suyu, sulama gibi ihtiyaçların karşılanması için birçok baraj gölü bulunmaktadır. En önemli barajlar ise Devegeçidi Baraj Gölü, Karakaya Baraj Gölü, Atatürk Baraj Gölü, Eğil Dicle Baraj Gölü, Kralkızı Baraj Gölü, Dicle Baraj Gölü, Göksu Baraj Gölü’dür(Ege Plan, 2013).

Ani ve aşırı yağışlar kent merkezlerinde ister istemez sel baskınlarına yol açabilmektedir. TRC2 bölgesinde yer alan Diyarbakır kenti mevcut alt yapısıyla 54.425.000 m³ yılda atık ve yağmur sularını deşarj edebilmektedir. Bu deşarj edilen suların 250.000 m³ araziye, 53.857.000 m³

akarsulara, 247.000 m³ barajlara ve 71.000 m³ diğer ortamlara taşınması sağlanmaktadır (TÜİK, 2024). Diyarbakır kent merkezinde kişi başına deşarj edilen yağmur ve atık su miktarı ise günlük 138 litre civarındadır (TÜİK, 2024).

Genel olarak Türkiye’deki alt yapılar 0,5-1 m³ yağışa kadar tolere edebilmektedir. Diyarbakır kenti ise mevcut alt yapı ile bu ortalamayı sağlamaktadır. Özellikle topoğrafya haritasına bakıldığı zaman (Şekil 3.5) Diyarbakır merkezinde 870 m ile 595 m arası rakım değişikliği göstermektedir. Diyarbakır her ne kadar düz topoğrafyaya sahip olsa da kentsel alan genişliğinden dolayı aşırı ani yağılar yüzey akışlarına dönüşebilmektedir. Yapılan hidroloji analizlerine göre kent içerisinde irili ufaklı 48 adet su yoluna rastlanmaktadır. Bu durum ise aşırı yağışlarda alt yapı her ne kadar iyi olsa bile taşkınlara, alt geçitlerin tıkanmasına, ve mevcut kent içi yeşil alanlarda su baskınlarına yol açabilmektedir.

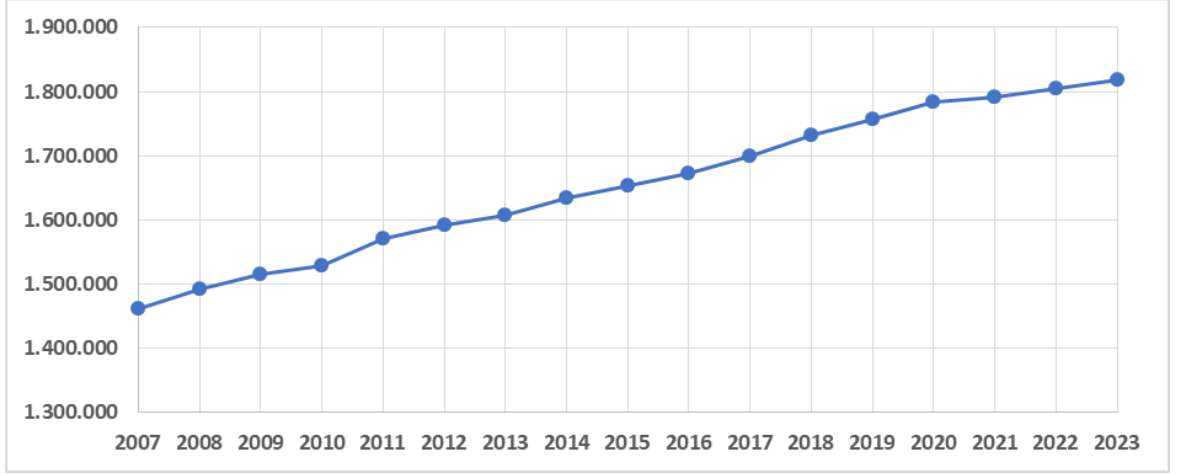


Şekil 3.5. Diyarbakır kent merkezi hidroloji analizi

3.1.4. Nüfus

Diyarbakır günümüz nüfusu ile Türkiye’nin en kalabalık şehirleri arasında yer almaktadır. Kentsel nüfus gelişimi incelendiğinde ise özellikle 1950 yılı sonrası nüfusunda önemli artışlar kaydedilmiştir. 1990-2000 yılları arasındaki nüfus artışı kentsel nüfus artışında en dikkat çekici dönem olmuştur. Bu dönemde nüfus, 381.144 kişiden 545.983 kişiye ulaşarak Türkiye ortalamasının üstünde artış göstermiştir. 1990-2000 yılları arasında kentin nüfus artışını etkileyen çeşitli faktörler kırsal alanlardan Diyarbakır kentine gerçekleşen göçlerdir. Diyarbakır kenti bu dönemde

Türkiye'deki kentleşme sürecinden farklı bir dönem yaşayarak, mevcut sınırların oldukça üzerinde bir göç ile kentleşme hızında önemli bir ivme kazanmıştır (Yakut, 2020). 2000-2023 yılları arasındaki dönemde de Diyarbakır kenti nüfus olarak artış göstermeye devam etmiştir (TÜİK, 2024) (Şekil 3.6).



Şekil 3.6. Diyarbakır kenti yıllara göre nüfus değişimi (TÜİK, 2024)

Diyarbakır'da nüfusun dağılışı ve yayılışı da kentsel alanın gelişimine göre şekillenmektedir. Nüfus çoğunlukla Bağlar, Sur, Kayapınar ve Yenişehir'in sonradan yerleşmeye açılan mahallelerinde yoğunlaşmaktadır (Dağlı, 2021). Günümüz nüfus yoğunluğu incelendiğinde en çok nüfus oranına sahip merkez ilçenin Kayapınar, en düşük ise Sur ilçesi olduğu görülmektedir (Şekil (TÜİK,2024)).

Çizelge 3.1. Diyarbakır merkez ilçeler 2024 yılı nüfusu (TÜİK, 2024)

İlçeler	2024 nüfus
Kayapınar	440.886
Bağlar	397.661
Yenişehir	228.570
Sur	97.823

3.1.5. İklim Özellikleri

Akdeniz iklimine benzer etkiler görülen Diyarbakır kentinde, kışları yağışlı ve serin, yaz ayları ise kurak ve sıcak olarak geçmektedir. Yağış oranı kuzeyden güneye azalmakla birlikte yağışlar çoğunlukla kış ve ilkbahar aylarında daha sık görülmektedir. Sonbahar ve yaz mevsimleri genel olarak kurak geçen bir iklime sahiptir. Kış ve ilkbaharda Doğu Akdeniz'den gelen yağışlı hava kütlesi altında kalırken, yaz ve sonbahar mevsimlerinde ise Basra alçak basınç sisteminin sıcak-kuru özelliğinden etkilenmektedir (MGM,2024). Diyarbakır'da serbest atmosfer basıncı, kış aylarında

yüksek, ilkbahar ve yaz aylarında alçak değer göstermektedir. Hava sıcaklığı ile doğru orantı göstermeyen havadaki nisbi nem yüzdesi, Diyarbakır’da yaz aylarında düşük, kış aylarında ise yüksek değer göstermektedir (**Gölcük, 2010**). 1929-2023 yılları arasında en yüksek hava sıcaklığı 46.2 °C, en düşük hava sıcaklığı olarak ise -24.2°C olarak tespit edilmiştir (**MGM, 2024**) (Şekil 3.7).

Diyarbakır	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Ölçüm Periyodu (1929-2023)													
Ortalama Sıcaklık (°C)	1.8	3.7	8.3	13.8	19.3	26.1	31.0	30.5	25.1	17.6	9.8	4.1	15.9
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	6.8	9.2	14.5	20.5	26.6	33.6	38.4	38.3	33.4	25.4	16.4	9.2	22.7
Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	-2.2	-1.0	2.5	7.0	11.3	16.6	21.7	21.1	16.0	10.1	4.2	-0.1	8.9
Ortalama Güneşlenme Süresi (Saat)	3.9	4.9	5.6	7.2	9.6	12.1	12.4	11.6	10.0	7.5	5.5	3.9	7.9
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	12.2	11.3	11.8	11.2	8.73	2.63	0.46	0.32	1.0	5.7	8.1	11.4	85.2
Aylık Toplam Yağış Miktarı Ortalaması (mm)	69.7	67.2	67.2	68.3	44.4	8.6	1.3	1.0	5.3	32.5	55.9	71.2	492.6
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	16.9	21.8	28.3	35.3	39.8	42.0	46.2	45.9	42.2	35.7	28.4	22.5	46.2
Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	-24.2	-21.0	-14.0	-6.1	0.8	9.9	9.9	11.4	4.0	-1.8	-12.9	-23.4	-24.2

Şekil 3.7. 1929-2023 yılları arası Diyarbakır ili meteorolojik veriler (**MGM,2024**)

3.1.6. Kentin Tarihsel gelişimi

Bulunduğu coğrafi ve stratejik konum, Dicle nehrinin sunduğu verimli topraklar, yerleşim için uygun topografyaya sahip olması gibi özelliklerinden dolayı her dönem medeniyetler için ev sahipliği yapan Diyarbakır kentinin ilk kuruluş tarihi tam olarak bilinmemektedir (**Durak, 2014**). Bilinen tarihi ile Diyarbakır ilk olarak, M.Ö. 3000-1800 yıllarında Subarrular'ın egemenliğine girmiş ve kentin ilk merkezi alanı oluşturan ve aynı zamanda savunma alanını da meydana getiren yapılar bu dönemde yapılmıştır. Roma, Bizans, Selçuklu, Artuklu, Eyyubi, Akkoyunlu ve Osmanlı gibi devletlerin egemenliği altında kalmış fakat Roma ve Osmanlılar Dönemi kentin gelişiminde önemli rol oynamıştır. Romalılar ve Osmanlılar döneminde kent aşamalı olarak büyürken bugünkü kent sınırlarını da o dönemlerde kazanmıştır (**Kejanlı ve ark., 2011**). Mezopotamya ve Anadolu arasında asırlarca köprü görevi görmüş olan kentte ev sahipliği yaptığı medeniyetlerden kalan birçok tarihi eser de bulunmaktadır (Şekil 3.8). İslam aleminin 5. Harem-i Şerifi olarak kabul edilen Ulu Cami, Akkoyunlu dönemine ait Dört Ayaklı minare, Hz. Süleyman Cami, Kurşunlu Cami, Hasanpaşa ve Sülüklü Han, Surp Giragos Kilisesi ve daha birçok cami, kilise, han, bazalt taşından inşa edilmiş geleneksel evleri ve tarihi yapıların bulunduğu kent açık hava müzesi niteliğindedir.



a)Hasanpaşa Hanı



b)Surp Giragos Kilisesi



c)Hz. Süleyman Cami



d)Ulu cami

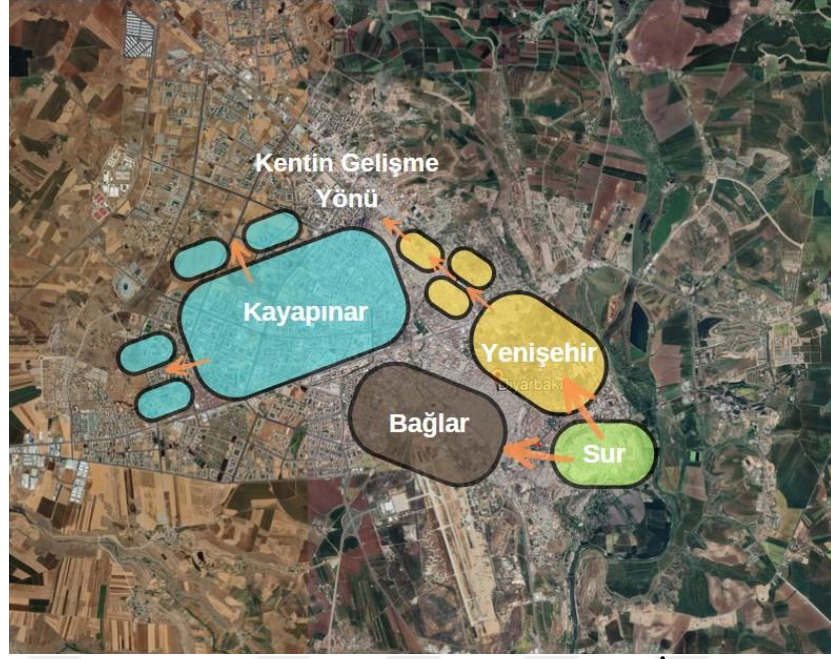
Şekil 3.8. Diyarbakır Tarihi Eserler

Suriçi bölgesi kentin ilk yerleşim bölgesi olmakla beraber kentin en bilinen tarihi yapısı Diyarbakır surları da bu bölge sınırları içerisinde yer almaktadır. İç kale ve dış kale olmak üzere iki bölümden oluşan Diyarbakır Surları aynı zamanda Çin Seddi’nden sonra uzunluk olarak ikinci sırada ve UNESCO Dünya Mirası Listesi’nde bulunmaktadır (**Bilen, 2022**)(Şekil3.9).



Şekil 3.9. Diyarbakır Surları

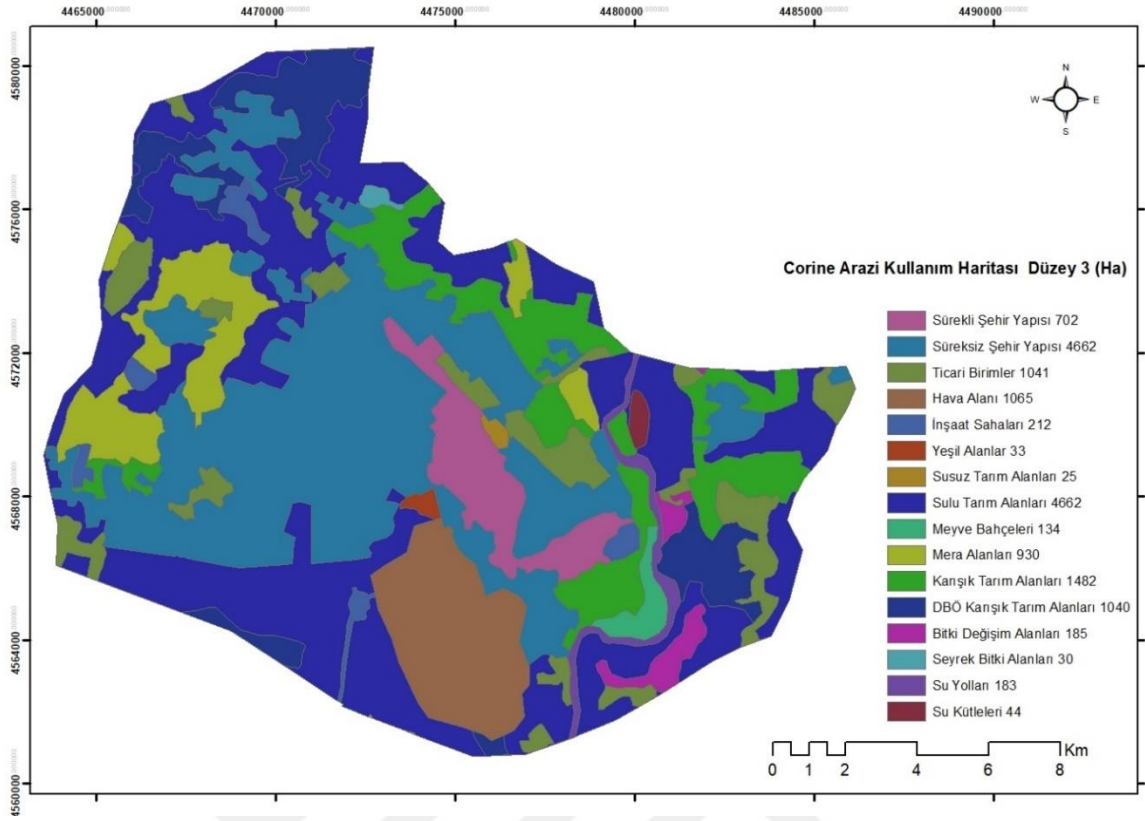
1940’lı yıllara kadar sadece sur içinde kentsel alan artan nüfus nedeniyle Suriçi'nin mekânsal ihtiyacı karşılayamamasıyla birlikte Kale kenti olarak bilinen kent sur dışına doğru gelişmeye başlamıştır. 1950’li yılların ilk dönemlerinde daha yavaş seyreden kentsel artış, 1950’li yılından itibaren hız kazanmıştır. Özellikle kamu kurum ve kuruluşların yoğunlukla Yenişehir bölgesine inşa edilmesiyle sur dışına dönük imarı hızlandırarak aynı zamanda bu bölgede yapı stoğunun artışına neden olmuştur. 1985 ve 2000’li yıllar arasında Diyarbakır kentinde yerleşme yerlerinin seçiminde artan nüfus buna bağlı olarak değişen yaşam mekanları ve çalışma alanları gibi unsurlar etkili olmaya başlamıştır. Bunlara bağlı olarak yerleşme ve şehrin gelişme yönü yeniden belirlenmiştir. Şehir özellikle Elazığ yolu ile Urfa yolu, arasında Kayapınar bölgesine doğru ilerlemiş ve yoğunlaşmaya başlamıştır (**İlik, 2020**). Günümüzde de kent gelişimi aynı yönde gelişmeye devam etmektedir (Şekil 3.10).



Şekil 3.10. Diyarbakır kenti kentsel gelişim yönü (İlik, 2020)

3.1.7. Alan Kullanım Yapısı

Gelişen teknolojinin getirmiş olduğu fırsatlardan olan uzaktan algılama alt yapıları ile istediğimiz bir bölgede detaylı tematik haritaların yapılmasına olanak sağlamaktadır. Özellikle sanayi devriminden sonra ortaya çıkan kaynakların hızlı tüketilmesinden dolayı uzmanlar arazi kullanımlarının daha sürdürülebilir kullanılması gerektiğini savunmuşlardır. Arazi kullanım planlarına ve yönetimine yön veren altlık haritalardan birisi de Çevresel Bilginin Koordinasyonu (CORINE) haritalarıdır. Bu haritalar İçerdikleri detaylara göre düzey seviyeleri geliştirilmiştir. Düzey 1 de 5, Düzey 2 de 15 ve düzey 3 de, 44 arazi kullanım sınıfı sunmaktadır. Aynı zamanda doğal ve kültürel peyzajın tanımlanmasında büyük bir rol üstlenmektedir bu haritalar. Diyarbakır kent merkezi içerisindeki çalışma alanı sınırları CORINE düzey 3 e göre incelendiğinde 702 ha alan sürekli şehir yapısından oluşmaktadır (Şekil 3.11). Sürekli şehir yapısında alanın büyük bir bölümü ulaşım aksları ve yapı stokları ile kaplıdır. Toplam yüzeyin % 80'den daha fazlasını binalar, yollar ve yapay yüzeyler kaplamaktadır. Ayrıca çalışma alanının 4662 ha'lık kısmını süreksiz şehir yapısı oluşturmaktadır. Süreksiz şehir yapısında çalışma alanının %30-80 lik kısmını geçirimsiz tabakadan oluşmaktadır. Bu geçirimsiz tabaka içerisinde bahçeli ve müstakil evler, dağınık bloklar küçük köyler ve 20 ha'dan küçük spor tesisleri ve konut yerleşimleri bulunmaktadır. Çalışma alanındaki corine düzey 3 e göre sınıflanmış ticari birimler 1041 ha'lık alanı kaplamaktadır. Bu katmanda çalışma alanında genellikle endüstriyel tesisler yer almaktadır. CORINE düzey 3 katmanlarından birisi ise hava alanlarıdır. Hava alanları bünyelerinde barındırdığı hangar, depo, konaklama alanları, otopark, pistler ve apronlardan dolayı özellikle kent imerkezlerinde geniş alanları kaplamaktadır. Nitekim çalışma sahmızda 1065 ha'lık alan hava alanından oluşmaktadır.

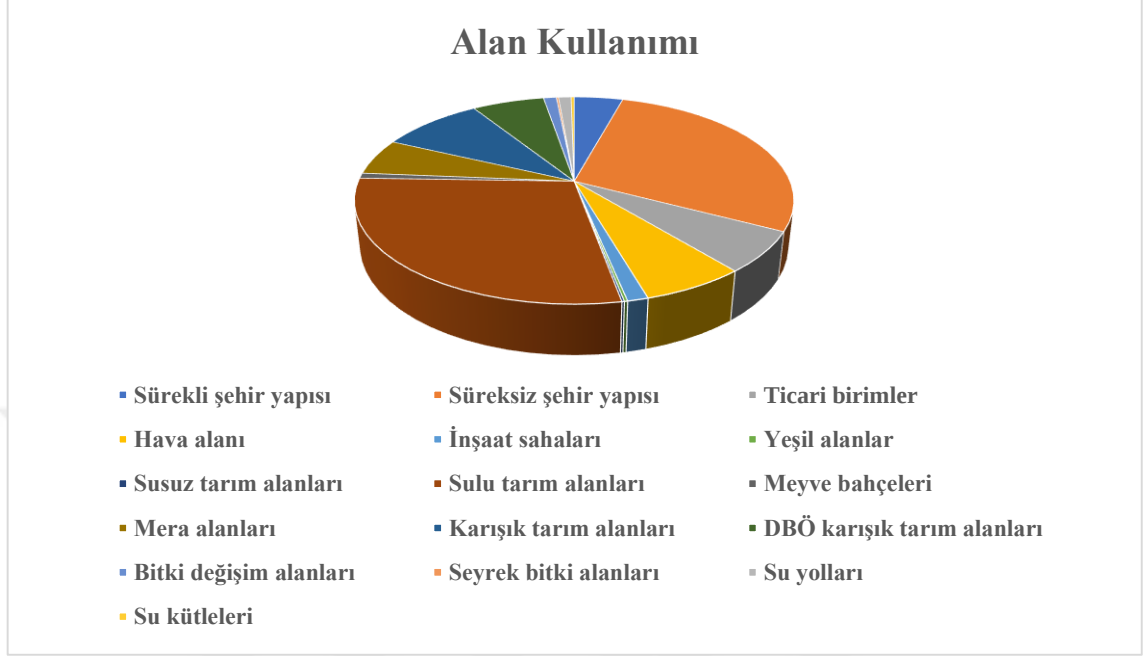


Şekil 3.11. Çalışma alanı arazi kullanım haritası (CORINE düzey 3)

Özellikle nüfus popülasyonunun artan büyük şehirlerde yapılaşmanın barınma ihtiyacını karşılamak için inşaat alanlarında corine sisteminde yer almaktadır. Çalışma sınırları içerisinde inşaat sahaları 212 ha lık alana yayılmaktadır. Özellikle büyük şehirlerde yapılaşmanın fazla olması yeşil alanları kısıtlamakta nitekim Diyarbakır kent merkezindeki çalışma alanında yeşil alan miktarı 33 ha olarak belirlenmiştir. Bu kategorideki yeşil alanlar içerisinde kabristanlar, meydanlar ve mahalle parkları yer almaktadır.

Her ne kadar kentlerde yerel ve modern doku olsa bile özellikle kent dışı sınırlarda ve kentle bütünleşmiş bir şekilde tarım alanları bulunmaktadır. Çalışma alanında tarım alanı; 25 ha susuz, 4662 ha sulu tarım alanı, 134 ha meyve bahçesi, 1482 ha lık karışık tarım alanları ve 1482 ha lık kısmında doğal bitki örtüsü ile karışmış tarım alanları bulunmaktadır. Ayrıca 185 ha'lık alan corine sınıflama sistemine göre çalışma sınırları içerisinde bitki değişim alanından oluşmaktadır. Bitki değişim alanları kendi bünyelerinde ağaç kesim alanları, alanın % 30 undan daha fazla dağınık veya toplu şekilde ağaç bulunan tarım arazilerinden, yanmış orman alanlarından, terk edilmiş meyve bahçelerinden, fidanlıklardan ve 25 ha dan daha küçük çayır alanlarından oluşmaktadır. Diyarbakır kenti verimli topraklardan oluşmasına rağmen toprağın fiziksel ve kimyasal özellikleri bazen değişim gösterdiğinden dolayı bazı noktalarda verimsiz arazi parçaları oluşabilmektedir. Bu tip verimsiz arazi parçalarında taş, kaya örtüsü, kireç taşı alanları oluşmakta ve durum ise seyrek bitki alanlarının oluşmasına sebebiyet vermektedir. Nitekim corine sınıflama sisteminde yer alan seyrek bitki alanları çalışma sahası içerisinde 30 ha'lık alanı kaplamaktadır. Diyarbakır kenti içerisinde önemli su

kaynaklarından biri olan Dicle Nehri'ni barındırmaktadır. Dicle nehri kent içerisinde kollara ayrılarak su yollarının ve su kütlelerinin oluşmasını sağlamaktadır. Çalışma alanında 183 ha'lık alan su yollarından, 44 ha'lık alan ise su kütlelerinden oluşmaktadır (Şekil 3.12).

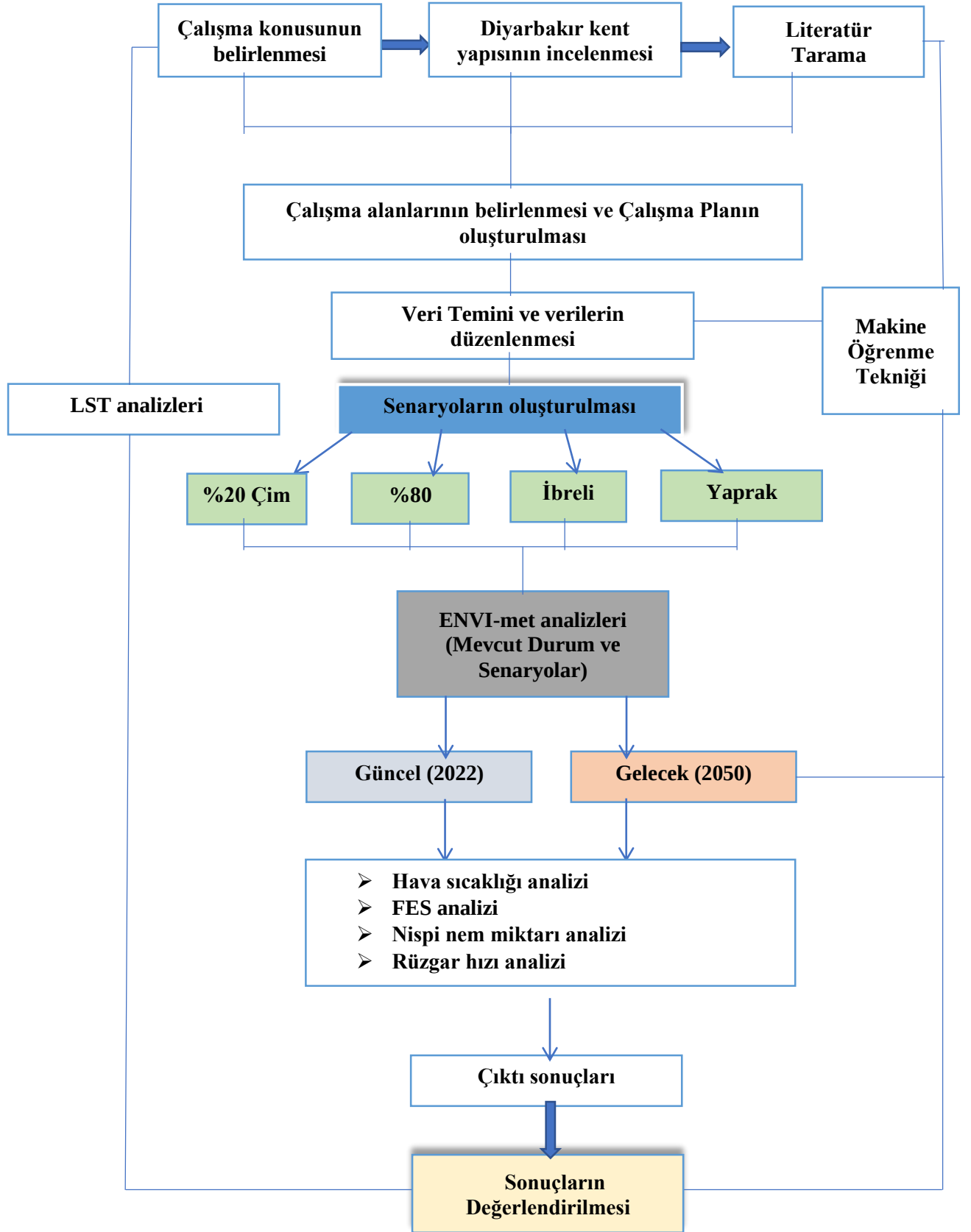


Şekil 3.12. Çalışma alanındaki farklı arazi kullanımlarının toplam alana dağılımı

Çalışma alanında en fazla alanı süresiz şehir yapısı oluşturmaktadır. Bu alan toplam alana oranı ise %28,37 dir. Sırasıyla sürekli şehir yapısı 4.27, ticari birimler 6.35, hava alanı 6.48, inşaat sahaları 1.29, yeşil alanlar 0.2, susuz tarım alanları 0.15, sulu tarım alanları 28.37, meyve bahçeleri 0.81, mera alanları 5.66, karışık tarım alanları 9.02, doğal bitki örtüsü ile karışık tarım alanları 6.32, bitki değişim alanları 1.12, seyrek bitki alanları 0.18, su yolları 1.11 ve su kütlelerinin toplam alan oranı 0.26'dır.

3.2. Metot

Çalışma genel olarak 3 aşamada gerçekleşmiştir (Şekil 3.13). Gerekli literatür taraması yapıldıktan sonra çalışma alanları saha gezileri ile belirlenerek ilk olarak çalışma alanlarına ait meteorolojik veriler elde edilmiştir. Çalışmanın ikinci aşamasında ise meteorolojik verilerin kullanılması ile güncel duruma ait Envi-met analizleri yapılmış aynı zamanda makine öğrenme tekniği ile veriler işlenerek 2050 yılına ait tutarlı ve doğruluk oranı yüksek tahminler elde edilmiştir. Tahmin edilen meteorolojik veriler ile tekrar ENVI-met analizleri yapılarak değerlendirilmiştir. Çalışmanın son aşamasında ise güncel ve geleceğe yönelik ENVI-met analizleri sonucu elde edilen çıktılar değerlendirilerek doğrulukları ise LST analizleri ile kontrol edilmiştir.



Şekil 3.13. Çalışma Genel Planı

3.2.1. Literatür Taraması, Çalışma Alanlarının Belirlenmesi ve İklim Verilerinin Temini

Yapılan çalışma kapsamında son yıllarda yaşanan iklim değişikliklerinin etkilerinin Diyarbakır kentinde de görüldüğü, özellikle yaz ve kış aylarında fark edilir olması yönünde gerekli literatür taramaları yapılmıştır. Yapılan araştırmalar sonrasında, kentleşmenin Diyarbakır kentinde de hızlı ilerlemesi, geçmiş ve yeni yerleşim alanları için iklim değişikliği ve olası etkilerinin azaltılması yönünde planların daha uygulanabilir ve doğru yapılması adına dış mekân biyoklimatik konfor çalışmasının temel konusu olarak belirlenmiştir.

Kentin karakteristiğini yansıtan farklı yapı yoğunluğuna sahip Sur, Yenişehir, Bağlar ve Kayapınar olmak üzere merkezde bulunan 4 farklı ilçesi çalışma alanları olarak belirlenmiştir (Şekil 3.14). Belirlenen alanlara ait iklim verileri Diyarbakır Meteoroloji 15. Bölge Müdürlüğü'nden temin edilmiştir. Sur ilçesinde bulunan meteoroloji istasyonun çalışma sınırlarına yakın mesafede olmaması nedeni ile çalışma sınırları içerisinde meteorolojik ölçüm aleti ile yılın belirli zamanlarında yerinde ölçüm alınmıştır.



SUR



YENİŞEHİR



BAĞLAR



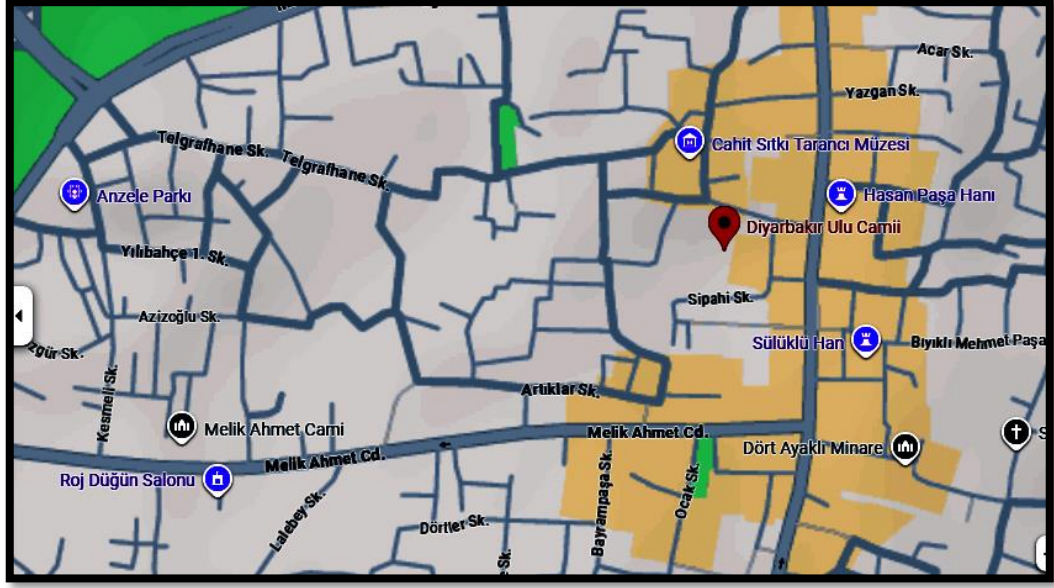
KAYAPINAR

Şekil 3.14. Çalışma alanları ve sınırları

Çalışma alanı olarak belirlenen ilçeler ve genel özellikleri aşağıda belirtilmiştir;

1. Çalışma Alanı: Sur İlçesi

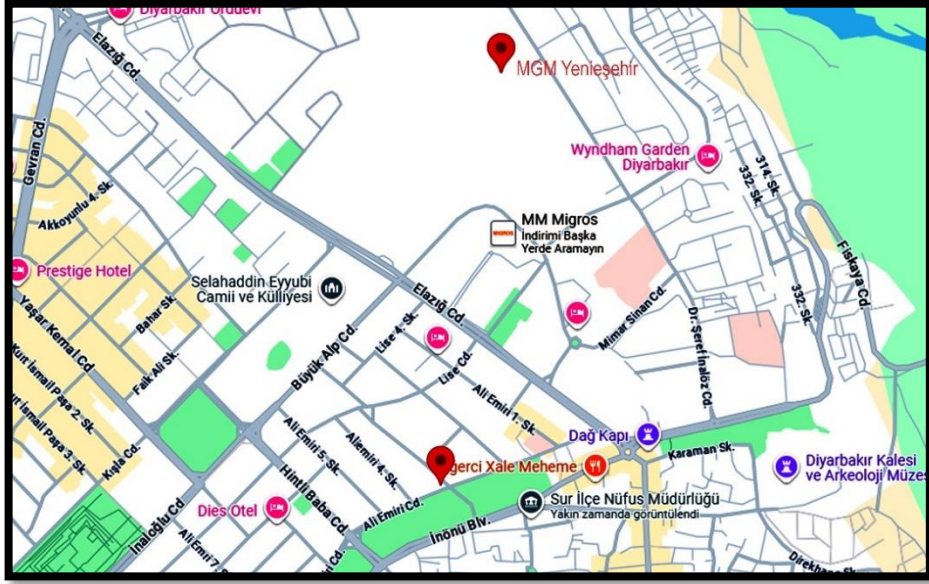
Çalışmada materyal olarak seçilen alanlardan birisi Diyarbakır Sur ilçesine bağlı ve 40° 13' 50" D 37° 54' 20" K koordinatlarında yer alan Diyarbakır Ulu Camii ve yakın çevresidir. Sur ilçesi Diyarbakır' geleneksel dokunun ve mimarinin korunduğu önemli yerleşim yerlerinden biridir. TÜİK 2024 verilerine göre 97823 nüfusa sahiptir. Bu nüfusun yanına turizm potansiyelin yüksek olması yer yer bu bölgenin taşıma kapasitesini zorlamaktadır. Ulu Camii nüfus hareketliliğinin en fazla olduğu alanlardan biridir ve çalışma alanının önemli noktalarından biri olan. Diyarbakır Ulu Camii, ilde önemli bir tarihi ve mimari dönüm noktasıdır. Şehrin kalbinde yer alan cami, bölgenin mimari ihtişamını ve kültürel zenginliğini örnekleyerek İslami mirasını ve tarihi sürekliliğini sembolize eder. Aslen 11. yüzyılda inşa edilen cami, estetik çekiciliğine ve yapısal bütünlüğüne katkıda bulunan bölgenin eşsiz siyah bazaltından yapılmıştır (**Halifeoğlu ve Assenat, 2022**) (Şekil 3.15) Ulucami'yi çevreleyen Suriçi olarak bilinen bölge, tarihi önemi ve kültürel mirasıyla tanınır. Bölge, yaklaşık 8 km uzunluğunda ve 72 burç içeren, önemli mimari eserlere ve kültürel alanlara ev sahipliği yapan güçlü şehir surlarıyla çevrilidir (**Yakut ve Ceylan, 2019**) . Suriçi, kendine özgü tarihi ve mimari mirası nedeniyle 2015 yılında "Diyarbakır Kalesi ve Hevsel Bahçeleri Kültürel Miras Manzarası"nın bir parçası olarak UNESCO Dünya Mirası olarak kaydedildi (**Sami, 2017**). Diyarbakır Ulu Camii ve yakın çevresinin doğal malzemenin çok fazla kullanılması ve beraberinde yüksek nüfus hareketliliğine sahip olmasından dolayı mevcut hali ile bitkisel materyal kullanımını sınırlandırmıştır. Bu bölgede Meteoroloji Genel Müdürlüğü'ne (MGM) bağlı 17283 nolu 40°17'47.9"D 37°56'20.2"K konumunda olan istasyondan iklim verileri temin edilmiştir.



Şekil 3.15. Sur ilçesi çalışma alanı ve konumu

2. Çalışma Alanı: Yenişehir ilçesi

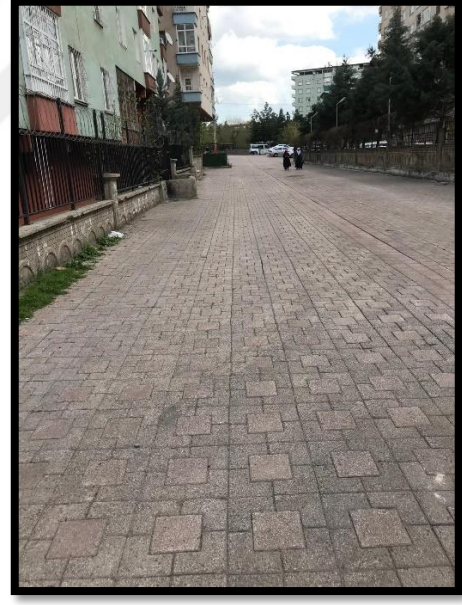
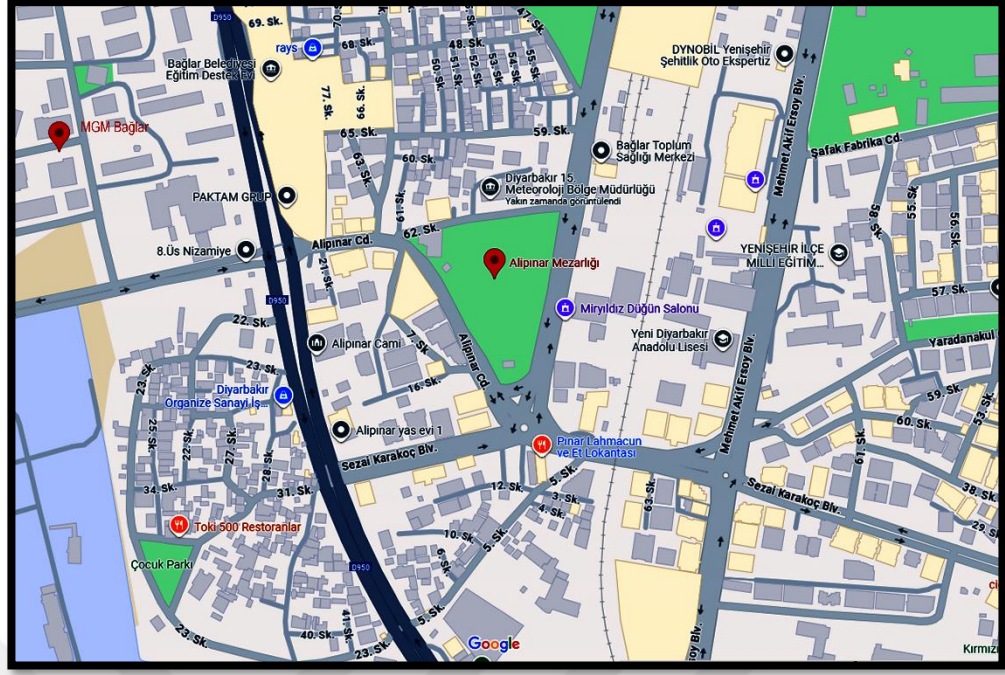
Yenişehir ilçesi Sur ilçesinde sonra kurulan ilçedir ve bu nedenle hem geleneksel dokuyu hem de modern dokuyu birarada barındırdığı için bu ilçe çalışma alanı olarak seçilmiştir. İlçede yoğun yapılaşma bulunmaktadır. Açık yeşil alan miktarının da yeterli olmaması bu ilçede özellikle yaz aylarında termal stresin yaşanmasına neden olmakta ve bu durum çalışma alanı olarak seçilmesinin de gerekliliğini ortaya koymaktadır. Çalışma alanı tarihi Tek Kapı ve çevresinden bir bölge seçilmiş ve $40^{\circ} 12' 40''$ D $37^{\circ} 54' 27''$ K konumundadır. Bu bölgeye ait mikro iklimsel analizler için ise bu ilçeye bağlı MGM'ye ait $40^{\circ} 13' 58''$ D $37^{\circ} 55' 29.0''$ K koordinatlarında bulunan 18166 nolu istasyona ait verilerden yararlanılmıştır (Şekil 3.16). Çalışma alanı olarak belirlenen sınırlarda karışık bitki örtüsü, asfalt yol, betonarme yapılar ve yollar bulunmaktadır.



Şekil 3.16. Yenisehir ilçesi çalışma alanı ve konumu

3. Çalışma Alanı: Bağlar İlçesi

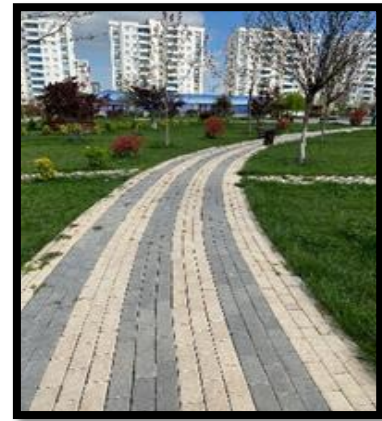
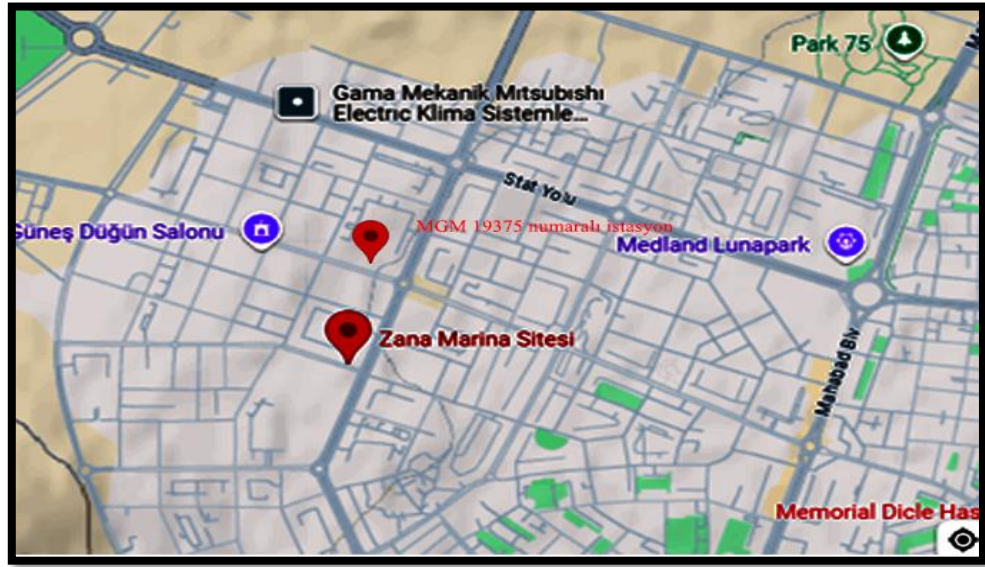
Çalışma alanı olan Diyarbakir kent merkezinin güneybatısında yer almaktadır. Sınır olarak belirlenen çalışma alanında ilçenin genel karakteristiğini yansıtan yüksek katlı ve sık dokulu yapılaşma bulunmaktadır. İlçe sınırları içerisinde konut alanları yoğunlukla olması ile birlikte açık yeşil alan miktarının az olması, geçirimsiz yüzey alanlarının fazla olması nedeni ile çalışma lokasyonlarından biri olarak seçilmiştir. İlçede MGM'ye bağlı 17281 nolu $40^{\circ}12'48.0''\text{D}$ $37^{\circ}54'34.0''\text{K}$ konumunda merkez istasyon bulunmaktadır ve bu bölgede çalışma sınırları istasyona en yakın alan olarak seçilmiştir. Çalışma metodu olarak belirlenen bitki odaklı tasarımların termal konfora etkisini belirlemek amacıyla da ilçede bulunan mezarlık bölgesi çalışma alan sınırlarına dahil edilmiştir. Çalışma alanı içerisinde betonarme konut alanları, asfalt ve beton malzeme ile döşenmiş yollar bulunmakta ve alan $40^{\circ}12'40''\text{D}$ $37^{\circ}54'27''\text{K}$ konumundadır (Şekil 3.17).



Şekil 3.17. Bağlar ilçesi çalışma alanı ve konumu

4. Çalışma Alanı: Kayapınar İlçesi

Diyarbakır kenti farklı kentsel dokulara sahip olan yerleşim yeridir. Özellikle son yıllarda nüfusun artması ve bunun paralelinde yapılaşmanın ivme kazanması yeni yerleşim alanlarının oluşumuna neden olmuştur. Kayapınar ilçesi de kentin son dönemlerinde kurulan ve büyümeye devam eden ilçesidir. Başlangıçta bir köy olan bu bölge, çoğunlukla yeşil alanlar ve ticari merkezlerle çevrili, konut daireleri ve kapalı sitelere vurgu yapan hareketli bir bölgeye dönüşmüştür (Yıldırım, 2019) . Bu dönüşüm, özellikle yüksek düzeyde göç ve demografik değişim yaşayan bölgede, Türkiye genelinde görülen daha geniş bir modern dokuya sahip kentleşme örneğini temsil etmektedir. 2024 TÜİK verilerine göre 440886 nüfusu bünyesinde barındıran ilçe son zamanlarda Diyarbakır'da modern dokusuyla, yapılaşmasıyla ve yeşil alan sistemleriyle gözde yerleşim yerlerinden birisi olmuştur. Tez çalışması kapsamında modern dokuyu temsil eden Kayapınar ilçesine bağlı 40° 08' 03" D 37° 55' 55" K konumundaki Zana Marina sitesi ele alınmıştır (Şekil 3.18). Mikro iklimsel analizler için ise bu ilçeye bağlı MGM'ye ait 40°07'15.9"D 37°55'17.7"K koordinatlarında bulunan 19375 nolu istasyona ait iklim verilerinden yararlanılmıştır. (Şekil 3.18).



Şekil 3.18. Kayapınar ilçesi çalışma alanı ve konumu

Diyarbakır kent merkezindeki 4 meteorolojik istasyona ait elde edilen son 30 (1992-2022) yıllık saatlik ve günlük ortalama hava sıcaklığı, rüzgar hızı, nispi nem miktarı ve rüzgar yönü iklim verileri makine öğrenme programı için hazır hale getirilmiştir.

3.2.2. ENVI-met Programı ,Çalışma Prensibi ve Envi-met Senaryoları

ENVI-met, kentsel alanlarda mikro iklim senaryoları için kullanılan bir araçtır. Şehir planlama, çevre mühendisliği, peyzaj tasarımı ve iklim değişikliği çalışmalarında geniş bir uygulama alanına sahiptir. Programın özellikleri, kentsel alanlardaki çevresel süreçlerin daha iyi anlaşılmasına ve daha sürdürülebilir şehirlerin planlanmasına yardımcı olur. ENVI-met 3D kentsel çevrelerin mikro iklim modellerinin üretimi için özel olarak tasarlandığından, modelleme doğruluğunun oranı da oldukça yüksektir. Programın sunduğu arayüz ekranlarının kullanımı verilerin işlenmesi açısından oldukça kolaylıklar sağlamaktadır. CFD metodu ile modelleme yapıldığı için rüzgâr gibi dinamik iklim değişkenleri de analiz verilerine dahil edilerek simülasyonlar üretilebilmektedir. Ayrıca MRT, bağıl nem, PMV ve PET gibi mikro iklim modellemede önemli değişkenleri üretebilme özelliği de bulunmakla beraber grafiklerin görselleştirme kabiliyeti de yüksektir (Kızılcı, 2021).

ENVI-met atmosfer, bitki örtüsü ve kentsel yüzeyler arasındaki karmaşık etkileşimleri simüle etmektedir. Bu hesaplamalı akışkanlar dinamiği modeli, 0,5-10 m voksel genişliğinde ince bir çözünürlüğe sahip, 3 boyutlu (3D), ızgara tabanlı bir platform üzerinde çalışır ve standart κ - ϵ türbülans modelini ve Reynolds Ortalamalı Navier-Stokes (RANS) denklemlerini kullanır (Huttner, 2012).

Reynolds Averaged Navier-Stokes (RANS) denklemleri, akışkanlar dinamiğinde karmaşık türbülanslı akış problemlerini çözmek için kullanılır. Bu denklemler, Navier-Stokes denklemlerinin türbülanslı akışlara uygulanabilir hale getirilmiş bir versiyonudur. RANS denklemlerinin temel amacı, türbülanslı akışın zamana bağlı özelliklerini ortalama alarak, mühendislik uygulamaları için daha yönetilebilir ve çözülebilir hale getirmektir.

1-Navier-Stokes Denklemleri

Öncelikle, Navier-Stokes denklemleri akışkanların hareketini tanımlayan temel denklemlerdir ve şu şekilde ifade edilebilirler:

Kütlenin Korunumu (Süreklilik Denklemi):

$$\partial t / \partial \rho + \nabla \cdot (\rho u) = 0$$

Momentumun Korunumu:

$$\rho (\partial t / \partial u + u \cdot \nabla u) = -\nabla p + \nabla \cdot \tau + f$$

- ρ : Akışkanın yoğunluğu
- u : Hız vektörü
- p : Basınç
- τ : Viskoz gerilme tensörü

- f: Harici kuvvetler (örneğin yerçekimi)

2-RANS Denklemleri

RANS denklemlerine geçiş için, her bir akışkan özelliği (hız, basınç, vb.) zamana bağlı ortalama ve dalgalanma (fluctuation) bileşenlerine ayrılır. Bu işlemi yaparken Reynolds ayrıştırması kullanılır (**Gal-Chen ve Somerville, 1975**).

$$u = \bar{u} + u'$$

$\bar{u}$:- Zamana bağlı ortalama hız

u' :- Zamana bağlı dalgalanma hız bileşeni

Ortalama Momentum Denklemi

RANS denklemlerinde momentum denklemi şu şekilde yazılabilir;

$$\frac{\partial}{\partial t}(\bar{u} + u') \cdot \nabla u = -\frac{1}{\rho} \nabla p - \nu \nabla^2 u - \nabla \cdot u' u'$$

p :- Ortalama basınç

ν : Kinematik viskozite

$u' u'$: Reynolds gerilme tensörü

Reynolds Gerilme Tensörü

Reynolds gerilme tensörü, türbülans modellemesi gerektirir çünkü bu terimleri doğrudan çözmek mümkün değildir. Türbülans modelleri, bu gerilmeleri kapatmak (closure problem) için kullanılır. En yaygın kullanılan modeller arasında k-ε ve k-ω türbülans modelleri bulunur.

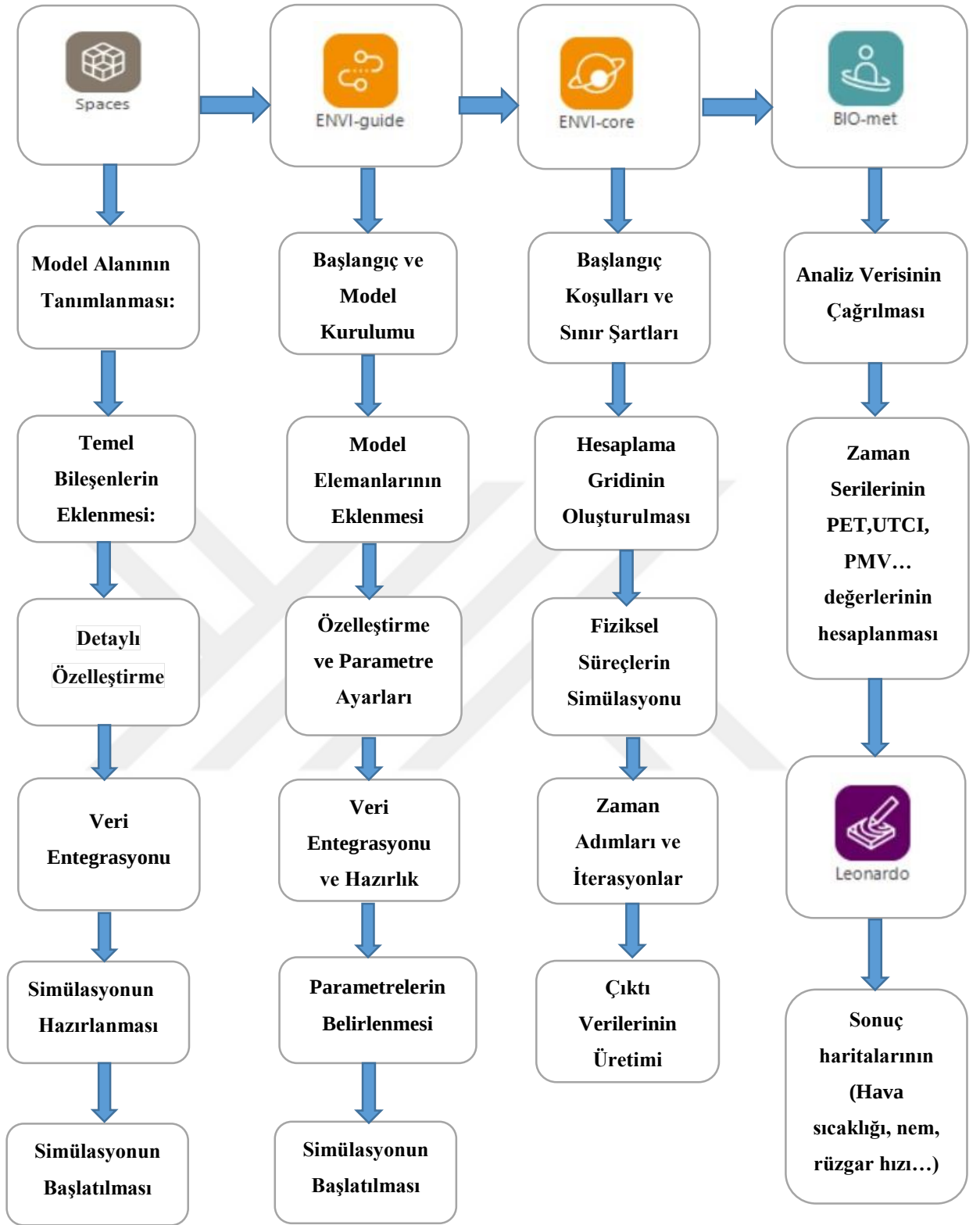
a: k-ε Modeli:

İki denklemi çözer: türbülans kinetik enerjisi (k) ve türbülansın dağılım oranı (ε).

Türbülans viskozitesi, k ve ε cinsinden ifade edilir.

b: k-ω Modeli: İki denklemi çözer: türbülans kinetik enerjisi (k) ve türbülansın özgül dağılım oranı (ω).

Envi-met programı çalışma prensibi olarak RANS denklemlerinden : k-ε modelini kullanmaktadır (**Liu ve ark., 2024**). Program aynı zamanda içerisindeki modüllerin bir biri ile entegrasyonu sonucunda mikro iklim çalışmalarında doğruluk oranı yüksek sonuçlar vermektedir (Şekil 3.19). Bunlardan space modülü kentsel alanların ayrıntılı üç boyutlu modellerinin oluşturulmasına ve düzenlenmesine olanak tanımaktadır. Envi-guide modülü ENVI-met yazılımının kullanımını basitleştiren ve kullanıcıların modelleme süreçlerini daha etkili bir şekilde yönetmelerine yardımcı olan güçlü bir araçtır ve kullanıcıların doğru ve güvenilir simülasyonlar yapmalarını sağlamaktadır (**ENVI-met, 2024**). Envi-core modülü ise, kentsel mikroklima modellemesi için güçlü bir hesaplama motorudur. Yüksek çözünürlüklü ve üç boyutlu simülasyonlar yaparak, şehirlerdeki mikroklimatik koşulların detaylı bir şekilde analiz etmektedir (**Mutlu, 2022**). Biomet ve Leonardo modülleri, ENVI-met yazılımının sunduğu güçlü analiz ve görselleştirme araçlarıdır. Biomet modülü, kentsel alanlardaki insan termal konforunu ve biyometeorolojik etkileri analiz ederken, Leonardo modülü, simülasyon sonuçlarının görsel olarak sunulmasını ve detaylı analiz edilmesini sağlamaktadır (**Ertem Mutlu, 2023**).



Şekil 3.19. ENVI-met programı modülleri ve çalışma prensibi

Biyoklimatik konfor koşullarının iyileştirilmesi yönünde Diyarbakır kent merkezi için 4 farklı senaryo belirlenmiştir. Bu senaryolar;

1. Çim alanın %20'lik yüzey kapladığı (Senaryo 1)
2. Çim alanın %80'lik yüzey kapladığı (Senaryo 2)
3. Sadece ibrelili bitkiler ile yapılan plantasyon tasarımı(Senaryo 3)
4. Sadece yaprak döken bitkiler ile yapılan plantasyon tasarımı(Senaryo 4)

Senaryo 1 , senaryo 2 , senaryo 3 , senaryo 4 , mevcut durum ile birlikte yaz ve kış ayı olmak üzere farklı iki mevsim iklim değerleri ile analiz edilmiştir. Analizde kullanılan iklim değerlerinde ise Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden elde edilen uzun yıllar (1992-2022) iklim verileri incelenerek yaz ayları için ortalama en sıcak gün olan 02.08.2022 tarihi, kış ayları içinse ortalama en soğuk güne yakın 17.01.2022 tarihi seçilmiştir. Makine öğrenme tekniği ile elde edilen tahmini iklim verileri ise güncel durum için kullanılan verilere göre artma veya azalma olması durumunda verilere yansıtılarak analizler gerçekleştirilmiştir.

Sarimax Entegrasyonlu Makine Öğrenme Tekniği

Makine öğrenme tekniği, sisteme sunulan verilerden öğrenme özelliği kazanan yapay zekanın bir alt dalıdır (**Bishop, 2006**). Makine öğrenme tekniğine farklı istatistiksel modeller entegre edilip daha hızlı ve güvenilir sonuçlar elde edilebilmektedir. Bu çalışmada iklim gibi değişken zaman serileri ve veri kümelerinin oluşturduğu çalışmalarda doğru sonuç veren Seasonal AutoRegressive Integrated Moving Average with eXogenous regressors (SARIMAX) modeli entegre edilmiştir. SARIMAX modelinin seçimi, mevsimsel kalıpları ve zaman serisi verileri üzerindeki dış etkileri yakalamak için dışsal değişkenlerle birlikte otoregresif ve hareketli ortalama bileşenlerini kapsayan sağlam bir zaman serisi tahmin tekniği olarak etkinliğinden kaynaklanmaktadır. SARIMAX modeli hem mevsimsel etkileri hem de dışsal faktörleri kapsamaktadır (**Fathi ve ark., 2019; Wang ve ark., 2022; Elamin ve Fukushima, 2018**). SARIMAX, $(p, d, q) * (P, D, Q, s)$ genel gösteriminde formüle edilmiştir. Modelin genel gösterimindeki parametreler sırasıyla şunlardır;

p, Otoregresif derece olarak ifade edilir. Bu değişken, zaman serilerinden oluşan iklim verilerinin bir önceki değerin fonksiyonu olabileceğini gösterir.

d, Bütünleşik derece olarak ifade edilir. Bu değişken zaman serisinin durağanlığını anlamamıza yardımcı olur. Zaman serisinde alınan fark değerinin derecesini ifade eder.

q, Hareketli ortalama derecesi anlamına gelmektedir.

P, Mevsimsel otoregresif derecesini ifade eder.

M, Mevsimsel bütünleşik dereceyi ifade eder.

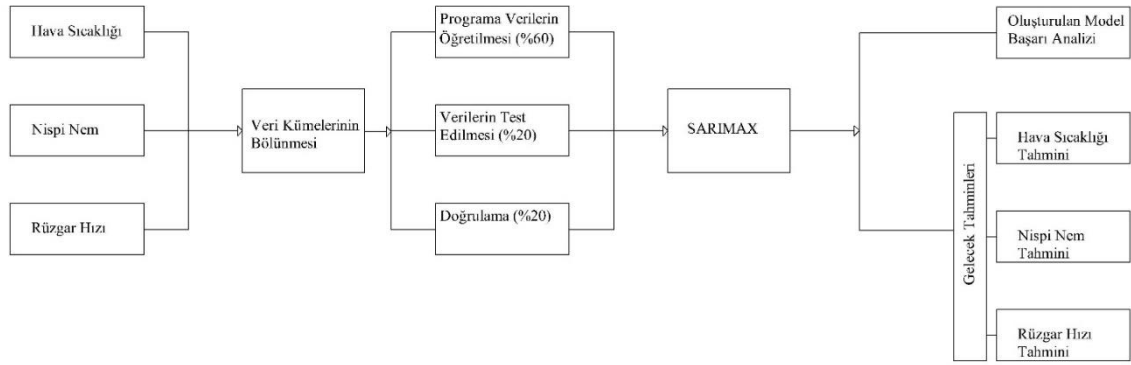
Q, Mevsimsel hareketli ortalama derecesini ifade eder.

s, Mevsimsel dönem olarak ifade edilir. Zaman serisinde mevsimsellik etkisinin tekrarlanma sıklığını gösterir.

SARIMAX aşağıdaki formül ile ifade edilmektedir; burada $y_{(k,t)}$ t zamanındaki dışsal değişkenlerin sayısını göstermektedir. α_k ise dış girdilerin korelasyon katsayısını ifade etmektedir.

γ_q (G) hareketli ortalamayı ve w_Q (G^S) mevsimsel hareketli ortalama terimini ifade eder. e_t modeldeki hata terimini veya gürültüyü temsil eder (Balli ve ark., 2019, Basmadjian ve ark., 2021).

Sıcaklık, rüzgar ve nem verilerinin tahmin modeli statsmodels, TensorFlow, scikit-learn, matplotlib ve diğer ilgili kütüphaneler gibi popüler Python kütüphaneleri kullanılarak geliştirilmiştir. Tahmin modeli uygulamasının adımları Şekil 3.20'de gösterilmiştir.



Şekil 3.20. SARIMAX modeli uygulama adımları

Devlet Metereroloji Genel Müdürlüğü tarafından temin edilen saatlik sıcaklık, nem, rüzgar verileri modelin ilk aşamasında 4 farklı çalışma alanı için ayrı ayrı gruplandırılmıştır (Tablo 3.3). Gruplandırılan verilerin %60'ı MÖT'ne entegre edilmiş SARIMAX modelinde eğitilmiş, %20'i ile testin denemesi yapılmış ve kalan verilerin %20'i ile doğrulama yapılmıştır. Gruplandırılmış verileri model analizi tamamlandıktan sonra, sıcaklık, nem ve rüzgâr hızının 2050 yılına ait tahminleri ve modelin başarı analizi yapılmıştır.

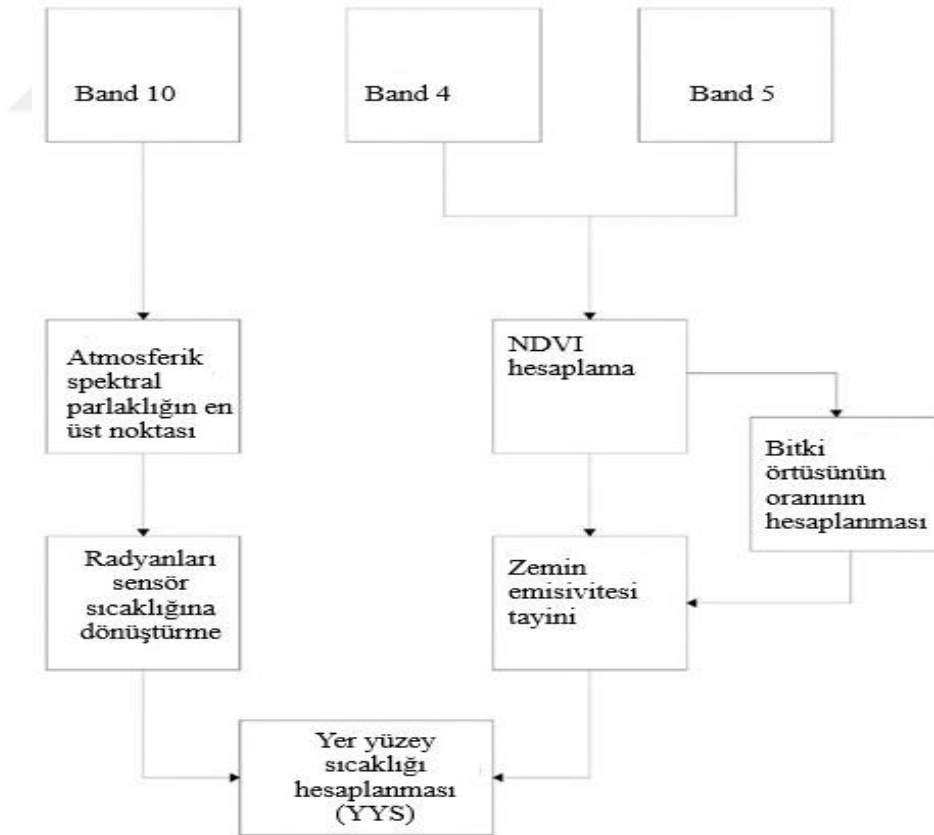
Çizelge 3.2. SARIMAX model veri girdileri

İstasyon İsmi	İşlenen Hücre sayısı(%100)	Programa tanımlanan hücre sayısı (%60)	Deneme hücre sayısı (%20)	Doğrulama için kullanılan hücre sayısı(%20)
Diyarbakır BÖLGE(17281)	10950	6570	2190	2190
Diyarbakır YENİŞEHİR (19916)	10950	6570	2190	2190
Diyarbakır SUR(17283)	10950	6570	2190	2190
Diyarbakır KAYAPINAR(19375)	9125	5475	1825	1825

Yüzey Sıcaklık Analizi Haritalarının Kullanımı

Yer Yüzü sıcaklığı (YYs) değerlerini hesaplamak için USGS web sitesinden indirilen 30 m mekânsal çözünürlüğe sahip Landsat 8 uydu görüntüleri kullanılmıştır. (USGS, 2016). Diyarbakır iline ait Ağustos 2022 Landsat uydu görüntüleri indirilmiştir. İndirilen uydu görüntülerinin bulutluluk oranının %10'un altında olmasına dikkat edilmiştir. Bu nedenle görüntülerin açık olduğu ve bulutsuz günlerin yoğun olduğu Temmuz ayı tercih edilmiştir. AYS haritalarının hazırlanması ve değerlendirilmesi sırasında ArcGIS 10.8 paket programı kullanılmıştır. Landsat 8 uydu görüntüleri için AYS hesaplamalarında bant 10 (termal-1), bant 4 (kırmızı) ve bant 5 (yakın kızılötesi) kullanılmıştır. Landsat uydu görüntülerinin çalışma alanı tam olarak içermesi durumunda için 4 farklı görüntü kullanılarak ArcGIS 10.8 paket programında birleştirilip çalışma alanı sınırları için uygun görüntü elde edilmiştir. Çalışma alanı sınırları için birleştirilen görüntüler aşağıdaki tablodaki gibidir.

Bu veriler bazında yüzey sıcaklığının uzamsal dağılımı için bundan önceki yapılmış çalışmalara ait prosedürler uygulanmıştır (Ding ve Xu, 2008; Guo ve ark., 2016). Uygulanmış olan prosedür aşağıdaki gibi şemaside edilmiş ve ArcGIS 10.8 paket programında şekillendirilmiştir (Esri, 2020) (Şeki3.21).



Şekil 3.21. Yüzey sıcaklığı haritaları elde etmek için kullanılan şema

Çalışma alanına ait Landsat 8 uydusuna ait band kombinasyonlarından LST haritalarını türetmek için aşağıdaki denklemler sırasıyla kullanılmıştır.

1- İlk aşamada atmosferik ışıma değerini elde etmek için aşağıdaki denklem kullanıldı.

$$L\lambda = Band10 \times 0,003342 + 0,1$$

hatfield

2- İkinci aşamada atmosferik ışıma değerini sensor sıcaklığına (T_B) çevirmek için aşağıdaki denklem kullanılmıştır (**Chander ve Markham, 2003**).

$$T_B = (1321,08 / \ln((774,89 / (L_{\lambda}) + 1)) - 273,15$$

3- Üçüncü aşamada **Normalize edilmiş bitki yoğunluk indeksi** (NDVI) haritalarını elde etmek için aşağıdaki denklem kullanıldı (**Liu ve Zhang, 2011**). NDVI haritaları doğal yüzeyin sıcaklık salınımlarında bitki yoğunluklarına göre farklılıklar gösterdiğinden dolayı öneme sahiptir (**Jiang ve ark., 2006; USGS, 2016; Zanter, 2016**).

$$NDVI = \text{Flood}(Band5 - Band4) / \text{Flood}(Band5 + Band4)$$

4- Dördüncü aşamada bitki örtüsü oranının hesaplanma işlemi yapılmıştır. Bitki örtüsü oranının hesaplanmasında aşağıdaki denklem kullanılmıştır (**USGS, 2016; Zanter, 2016**).

$$P_v = 0,004 \times (NDVI) + 0,986$$

P_v = bitki örtüsü oranının hesaplanması

5- Son aşamasında yüzey sıcaklığı haritaları (LST) minimum hata payında oluşturmak için aşağıdaki denklem kullanılmıştır.

$$LST = T_B / (1 + (0,00115 \times T_B / 1,4388) \times \ln(P_v))$$

YYs Haritalarının Çalışma Alanında Kullanımı

YYs haritaları, farklı arazi kullanımları ve türlerine dayalı sıcaklık değişimleri hakkında temel veriler sağlayarak çevresel izleme ve kentsel planlamada önemli roller oynar. Uzaktan algılama ve CBS gibi teknolojilerden yararlanan bu haritalar, araştırmacıların ve politika yapıcıların, KIA ve yerel iklimlere katkılarını anlamak için hayati önem taşıyan arazi örtüsü değişiklikleri ile sıcaklık değişimleri üzerindeki etkileri arasındaki ilişkiyi analiz etmelerini sağlar. Landsat gibi uydu verilerinden oluşturulan YYs haritaları, dünya yüzeyinden yayılan termal kızılötesi radyasyonu temsil ederek yüzey sıcaklığının fiziksel bir ölçüsünü sağlamaktadır. Bu sıcaklık hem doğal hem de antropojenik etkileri yansıtır ve YYs'yi kentsel iklim bilimi ve çevresel değerlendirmelerle ilgili çalışmalarda önemli bir parametre haline getirir (**Adebayo ve ark., 2022**). Bu çalışma da materyal olarak Diyarbakır kent merkezine bağlı 4 farklı ilçede ve her bir ilçeyi karakterize eden alanlar ele alınmıştır. Bu alanların bağlı oldukları ilçenin mikro iklimsel verilerini yansıtmaya özelliklerinden ve güncel verilerin doğruluk analizleri için YYs haritalarından yararlanılmıştır.



4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Yer Yüzü Sıcaklık Analizleri

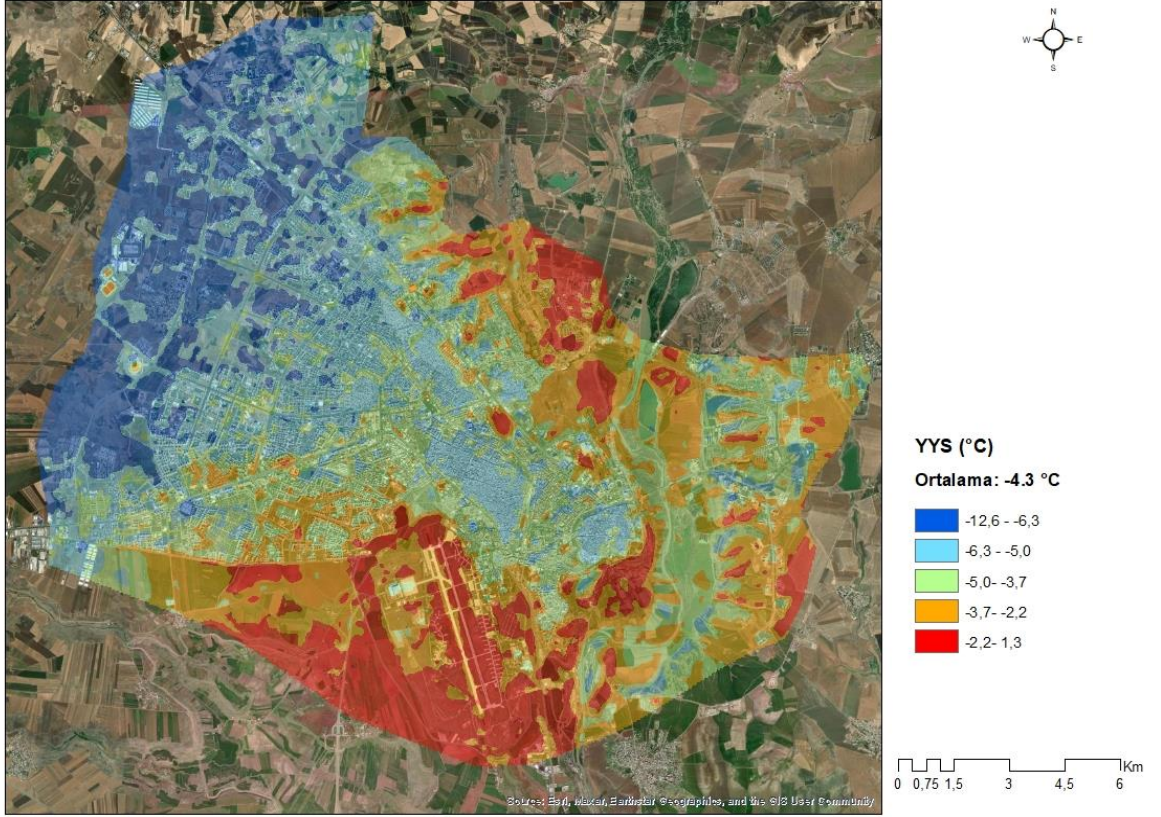
Teknolojinin ilerlemesi beraberinde uzaktan algılama alt yapılarının gelişmesini desteklemiştir. Gelişen uzaktan algılama alt yapıları geniş alanlarda yüksek çözünürlükte analizlere olanak sağlamaktadır. Özellikle günümüzde şehirleşmenin hızla artmasına bağlı olarak yapılaşma ve geçirimsiz yüzeylerde artış olmuştur. Bu artışlar kent içerisinde mikro iklimlere bağlı kentsel ısı adası gibi olayların artmasına neden olmuştur. Gelişen teknoloji bunun gibi kent içi sorunların çözüm önerileri için uzaktan algılama alt yapılarını kullanarak master planlarla çözüm önerileri getirmektedir. Diyarbakır kent merkezi sert karasal iklim tipine sahip yerleşim birimidir. Kent genelinde yaz aylarında sıcaklıklar 35-42 °C arasında değişim gösterirken kış aylarında ise 8-11°C arasında değişim göstermektedir. Aynı zamanda çalışma alanına ait Yer Yüzey Sıcaklığı (YYS) analizleri Landsat 8 uydu verileri kullanılarak yapılmıştır. Uydu verileri elde edilirken 30 yıllık iklim verileri ve uydunun dünya çevresinde dönüş periyodu dikkate alınarak uzun yılların ortalama sıcaklığını temsil eden kış için ocak, yaz mevsimi için Ağustos ayı tercih edilmiştir. Landsat uydusuna ait teknik özellikler aşağıdaki Çizelge 4.1.'de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Kullanılan uydu tipi ve özellikleri

Uydu	Path/Row	Tarih	Veri çözünürlüğü	Veri dalga boyu	Band numarası
Landsat 8	172/34	28.01.2022/23.07.2022	100m	10.30 - 11.30 µm	10 Uzun Dalgaboyu Infrared
Landsat 8	172/34	28.01.2022/23.07.2022	30m	0.845 - 0.885 µm	Band 5 - Yakın Infrared
Landsat 8	172/34	28.01.2022/23.07.2022	30m	0.630 - 0.680 µm	Band 4 - Kırmızı

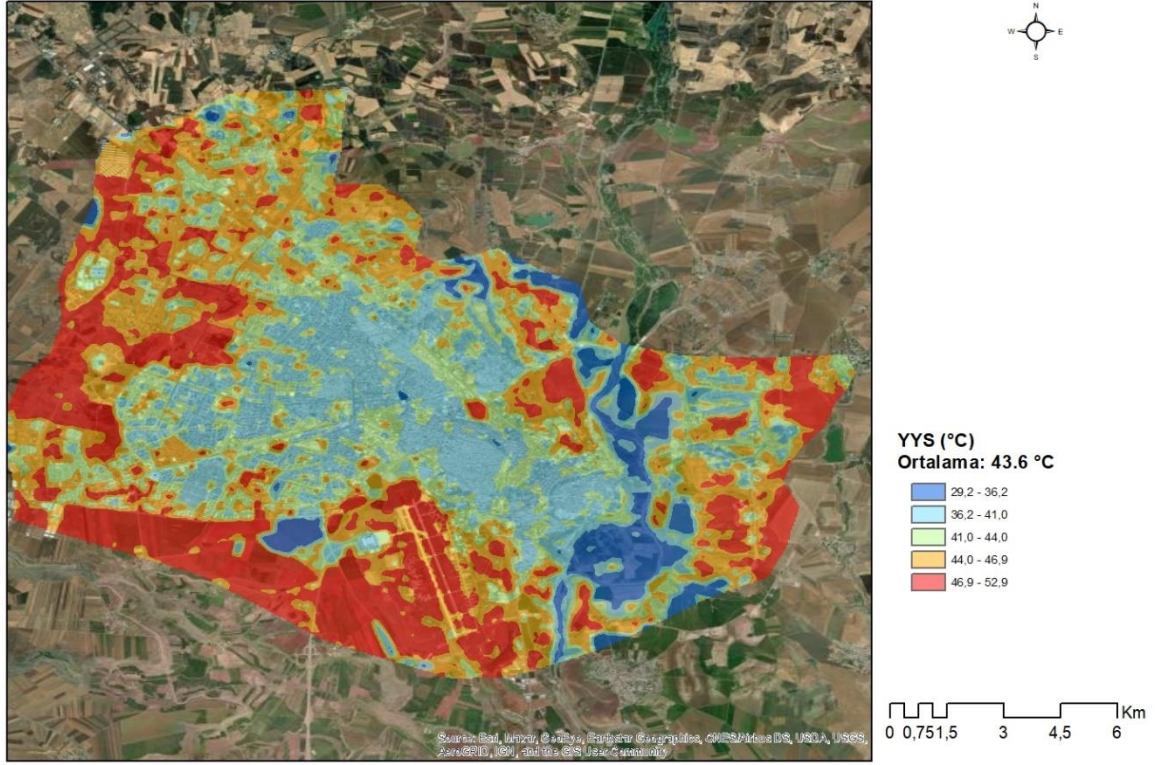
Kış ayı YYS analizlerine göre çalışma alanının ortalama yüzey sıcaklığı -4,3°C olarak belirlenmiştir (Şekil 4.1). Kentin kuzey- doğu ile güney-batı yönünde ortama yüzey sıcaklığı -2.2 °C ile -5°C arasında değişim göstermektedir. Özellikle rakımın düşük olduğu kuzey ve doğu yönlerinde kış aylarında oluşan inversiyon tabaksından dolayı buralarda yüzey sıcaklığı 1.3 °C ye kadar çıkabilmektedir. Nitekim inversiyon tabakaları bünyesinde asılı olarak barındırdıkları partikül maddeler sayesinde ortamın ve yüzeyin sıcaklığı artırıcı etkiye neden olmaktadır (Şahin ve ark.,

2020). Aynı zamanda Diyarbakır kentinde kış ayı YYS analizinde en düşük sıcaklık $-12,6^{\circ}\text{C}$ ile tarımsal alanlarda belirlenirken, en yüksek sıcaklık $1,3^{\circ}\text{C}$ ile şehrin güneyinde belirlenmiştir.



Şekil 4.1. Çalışma alanı kış mevsimi YYS analizi

Yaz ayı Diyarbakır kenti yüzey sıcaklığı ortalaması $43,6^{\circ}\text{C}$ dir. Yaz aylarının aşırı sıcak ve kurak geçtiği kentte yüzey sıcaklığının hava sıcaklığına göre daha düşük seyir izlemesinin nedeni özellikle Dicle Nehri ve nehir koridorunun serinletici etkiye sahip olmasından kaynaklanmaktadır. Nitekim bilimsel çalışmalarda da bu konu üzerine durulmuştur (Yücekaya ve ark., 2022; Yılmaz ve ark., 2013). Yaz ayı YYS sonuçlarına göre minimum $29,2^{\circ}\text{C}$ ile Dicle Nehri boyunca ölçülen yüzey sıcaklığı maksimum $52,9^{\circ}\text{C}$ ile şehrin güney ve kuzey bölgelerinde ölçülmüştür. Özellikle kuru tarımın yapıldığı alanların yüzey sıcaklığı neredeyse $47-49^{\circ}\text{C}$ arasında olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.2). Bunun başlıca nedeni anız alanlarından kaynaklandığı yapılan çalışmalarda açıklanmıştır (Koç ve ark., 2022). Doğu-batı istikameti boyunca açık olan rüzgâr koridorları sıcak havayı dağıtarak bu alanlarda ortalama yüzey sıcaklığını $36-42^{\circ}\text{C}$ arasına düşürmektedir.



Şekil 4.2. Çalışma alanı yaz mevsimi YYS analizi

Yaz ve kış mevsimi YYS dağılımları benzerlik gösterebilmektedir. Özellikle yıl boyunca yapılaşmanın sabit veya az miktarda değişmesi kentin ortalama albedo katsayısının sabit kalmasını sağlamaktadır. Sabit albedo katsayısı güneşten gelen ışınları mevsimsel olarak benzer oranda yansıtmasına neden olduğundan ısı depolaması benzer alanlarda olmaktadır. Bu durum ise yıl içerisindeki yaz ve kış YYS haritalarının benzer dağılım göstermesini açıklamaktadır.

4.2. Sur İlçesi Güncel ve Gelecek Durum Envi-met Analizleri

Sur ilçesi çalışma alanının en eski yerleşim birimi olması ile birlikte aynı zamanda kentin geleneksel mimari dokusunu oluşturan önemli bir yerleşim alanıdır. Yerleşim alanının karakteristik özelliğini yansıtan alan olan tarihi Ulu cami çalışma alanının bu bölge için sınırlarını oluşturmaktadır. Izgara sistemi ile çalışan Envi-met programında her ızgaranın boyutu 2m x 2m x 2m (x * y * z) olarak ayarlanmış ve bu durumda Z yönünde (yükseklik) 30, Y’de 47 ve X’te 70 ızgara kullanılmıştır. Toplamda alan ise x, y, z sıralaması ile 140*94*60 metre alan büyüklüğündedir. Mevcut durumda bulunan yapı ve yüzey kaplama malzeme türü ise bölgenin kendine özgü ve iklim koşullarına oldukça dayanıklı olan bazalt taşıdır.

Çalışmada kullanılan iklim verilerinde makine öğrenme tekniğine göre gelecek dönem iklim değerlerinde ki değişimler aşağıda belirtilmiştir;

- Günlük ortalama hava sıcaklığında yaz mevsimi için yaz mevsiminde 2°C artış,
- Günlük ortalama hava sıcaklığında kış mevsimi için 1.8°C artış,
- Günlük ortalama nem miktarında yaz mevsimi için 4.6 g/kg artış,
- Günlük ortalama nem miktarında kış mevsimi için 6.9 g/kg azalış,
- Günlük ortalama rüzgar hızında yaz mevsimi için 1.2 m/s azalma,
- Günlük ortalama rüzgar hızında kış mevsimi için ise değişim olmadığı,

analiz sonuçları doğrultusunda elde edilmiştir. Analizlerde kullanılan güncel ve gelecek dönem Sur bölgesi iklim değerleri Çizelge 4.2’de belirtilmiştir.

Çizelge 4.2. Sur ilçesi çalışma alanı analizlerde kullanılan iklim değerleri

Saat	2022						2050					
	Ortalama Sıcaklık		Ortalama Nem		Rüzgar hızı		Ortalama Sıcaklık		Ortalama Nem		Rüzgar hızı	
	YAZ	KIŞ	YAZ	KIŞ	YAZ	KIŞ	YAZ	KIŞ	YAZ	KIŞ	YAZ	KIŞ
00.00	27.4	0	31	91	0.9	0.4	29.4	1.8	35.6	84.1	0	0.4
01.00	24.5	-0.2	29	89	1.2	0.3	26.5	1.6	33.6	82.1	0	0.3
02.00	25.0	-0.6	31	91	1	0.4	27	1.2	35.6	84.1	0	0.4
03.00	25.6	-1.3	35	90	1.1	0.4	27.6	0.5	39.6	83.1	0	0.4
04.00	30.9	-0.4	30	91	1	0.3	32.9	1.4	34.6	84.1	0	0.3
05.00	32.4	0	24	90	1.2	0.5	34.4	1.8	28.6	83.1	0	0.5
06.00	34.7	2.8	21	89	2	1	36.7	4.6	25.6	82.1	0.8	1
07.00	35.8	5.0	18	79	1.8	1.2	37.8	6.8	22.6	72.1	0.6	1.2
08.00	37.7	6.7	15	73	1.9	1.5	39.7	8.5	19.6	66.1	0.7	1.5
09.00	38.5	8.4	13	62	1.2	1.4	40.5	10.2	17.6	55.1	0	1.4
10.00	38.9	8.7	12	52	1.4	1.3	40.9	10.5	16.6	45.1	0.2	1.3
11.00	39.7	8.6	12	57	2.1	1	41.7	10.4	16.6	50.1	0.9	1
12.00	40.4	8.4	11	51	2.2	0.9	42.4	10.2	15.6	44.1	1	0.9
13.00	40.2	8.1	12	57	1.9	0.9	42.2	9.9	16.6	50.1	0.7	0.9
14.00	40.0	6.9	12	64	1.8	0.6	42	8.7	16.6	57.1	0.6	0.6
15.00	38.3	5.0	12	79	1.3	0.6	40.3	6.8	16.6	72.1	0.1	0.6
16.00	32.6	4.6	16	82	0.9	0.5	34.6	6.4	20.6	75.1	0	0.5
17.00	33.0	3.5	20	88	0.8	0.6	35	5.3	24.6	81.1	0	0.6
18.00	34.3	2.9	20	91	1.3	0.5	36.3	4.7	24.6	84.1	0.1	0.5
19.00	31.8	1.8	24	90	1.4	0.4	33.8	3.6	28.6	83.1	0	0.4
20.00	33.1	1.2	26	92	1.2	0.6	35.1	3	30.6	85.1	0	0.6
21.00	32.8	0.7	25	94	1.5	0.4	34.8	2.5	29.6	87.1	0.3	0.4
22.00	29.9	0.4	22	95	1.2	0.6	31.9	2.2	26.6	88.1	0	0.6
23.00	30.7	0.9	23	94	1.4	0.6	32.7	2.7	27.6	87.1	0.2	0.6
Ortalama	33.7	3.4	20.5	80.4	1.4	0.7	35.7	5.2	25.1	73.5	0.2	0.7

Mevcut durumda ve senaryolarda bulunan bitki türleri ve bulunma miktarları aşağıda çizelge 4.3’de belirtilmiştir;

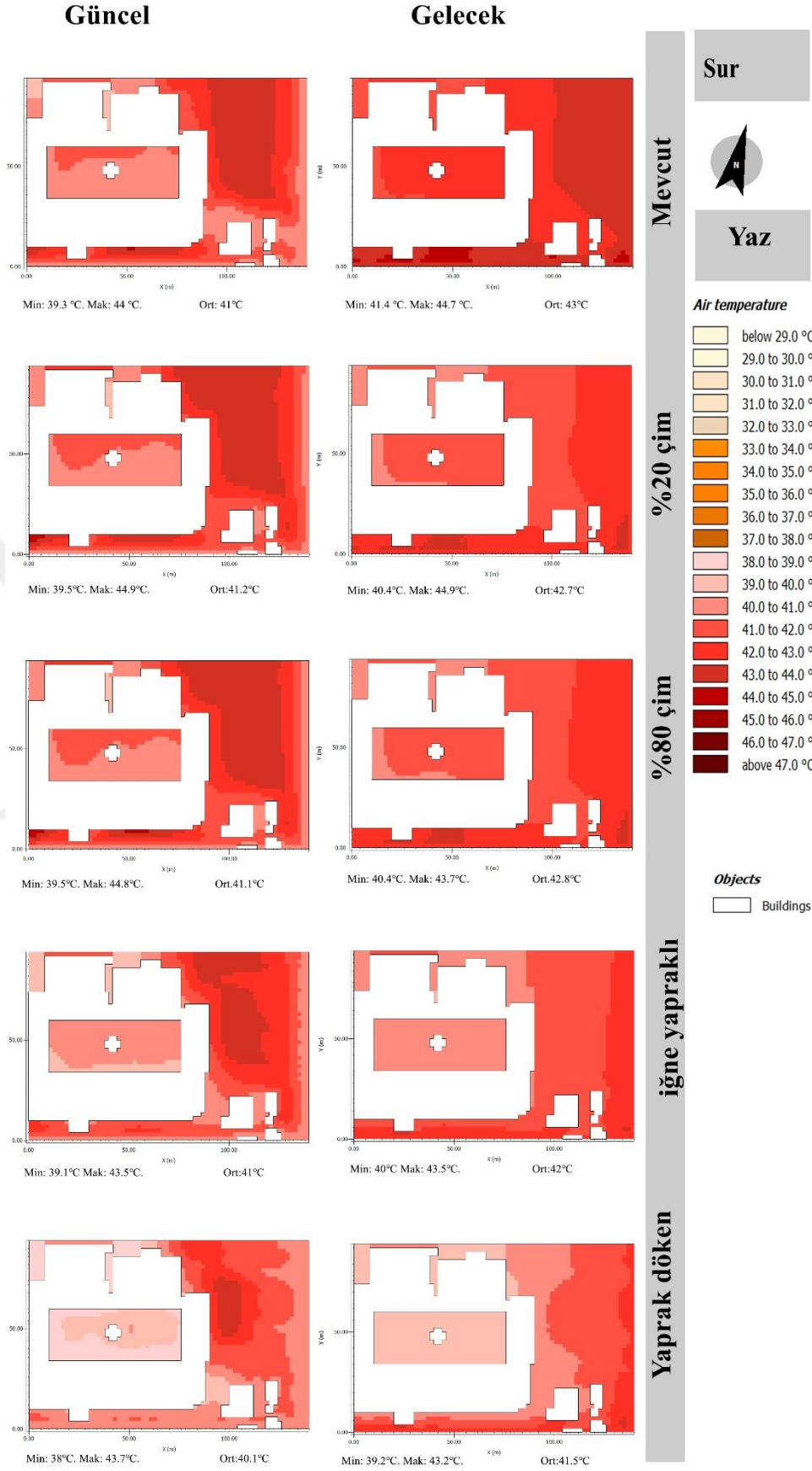
Çizelge 4.3. Sur ilçesi çalışma alanı mevcut durum ve senaryolarda kullanılan bitki türleri ve bulunma miktarları

Mevcut durum	<i>Robinia pseudoacacia</i> (6 adet) ve <i>Fraxinus excelsior</i>(4 adet)
Senaryo 1	Çim (Çalışma alanının %20’lik kısmı)
Senaryo 2	Çim (Çalışma alanının %80’lik kısmı)
Senaryo 3	<i>Pinus sylvestris</i> L. (12 adet), <i>Thuja orientalis</i> (75 adet), <i>Cupressus sempervirens</i> (16 adet)
Senaryo 4	<i>Robinia pseudoacacia</i> (36 adet), <i>Platanus orientalis</i> (5 adet), <i>Gleditsia triacanthos</i> (4 adet), <i>Cercis siliquastrum</i> (8 adet), <i>Tilia tomentosa</i> L. (2 adet)

4.2.1. Sur bölgesi biyoklimatik konforun tespiti ve iyileştirilmesine yönelik mevcut durum ve bitkisel tasarım senaryolarına göre hava sıcaklığı analizleri

Sur bölgesi çalışma alanı güncel (2022) mevcut durum ve senaryoların hava sıcaklığı değerlerine ait yaz mevsimi için yapılan analizlerine bakıldığında; mevcut durumda minimum sıcaklık 39.3 °C, maksimum sıcaklık 44°C, ortalama sıcaklık 41°C çıkmıştır. Senaryo 1’de minimum sıcaklık 39.5°C, maksimum sıcaklık 44.9°C, ortalama sıcaklık 41.2°C, senaryo 2’de minimum sıcaklık 39.5°C, maksimum sıcaklık ise 44.8°C, ortalama sıcaklık 41.1°C, senaryo 3’de minimum sıcaklık 39.1°C, maksimum sıcaklık 43.5°C, ortalama sıcaklık 41°C, Senaryo 4’de ise minimum sıcaklık 38°C, maksimum sıcaklık ise 43.7°C, ortalama sıcaklık 40.1°C çıkmıştır (Şekil 4.3).

Sur bölgesi çalışma alanı gelecek (2050) dönem mevcut durum ve senaryoların hava sıcaklık değerlerine ait yaz mevsimi için yapılan analizlerine bakıldığında; mevcut durumda minimum sıcaklık 39.3 °C, maksimum sıcaklık 44°C, ortalama sıcaklık 41°C çıkmıştır. Senaryo 1’de minimum sıcaklık 39.5°C, maksimum sıcaklık 44.9°C, ortalama sıcaklık 41.2°C, senaryo 2’de minimum sıcaklık 39.5°C, maksimum sıcaklık ise 44.8°C, ortalama sıcaklık 41.1°C. Senaryo 3’de minimum sıcaklık 39.1°C, maksimum sıcaklık 43.5°C, ortalama sıcaklık 41°C, Senaryo 4’de ise minimum sıcaklık 38°C. maksimum sıcaklık ise 43.7°C ortalama sıcaklık 40.1°C çıkmıştır (Şekil 4.3).

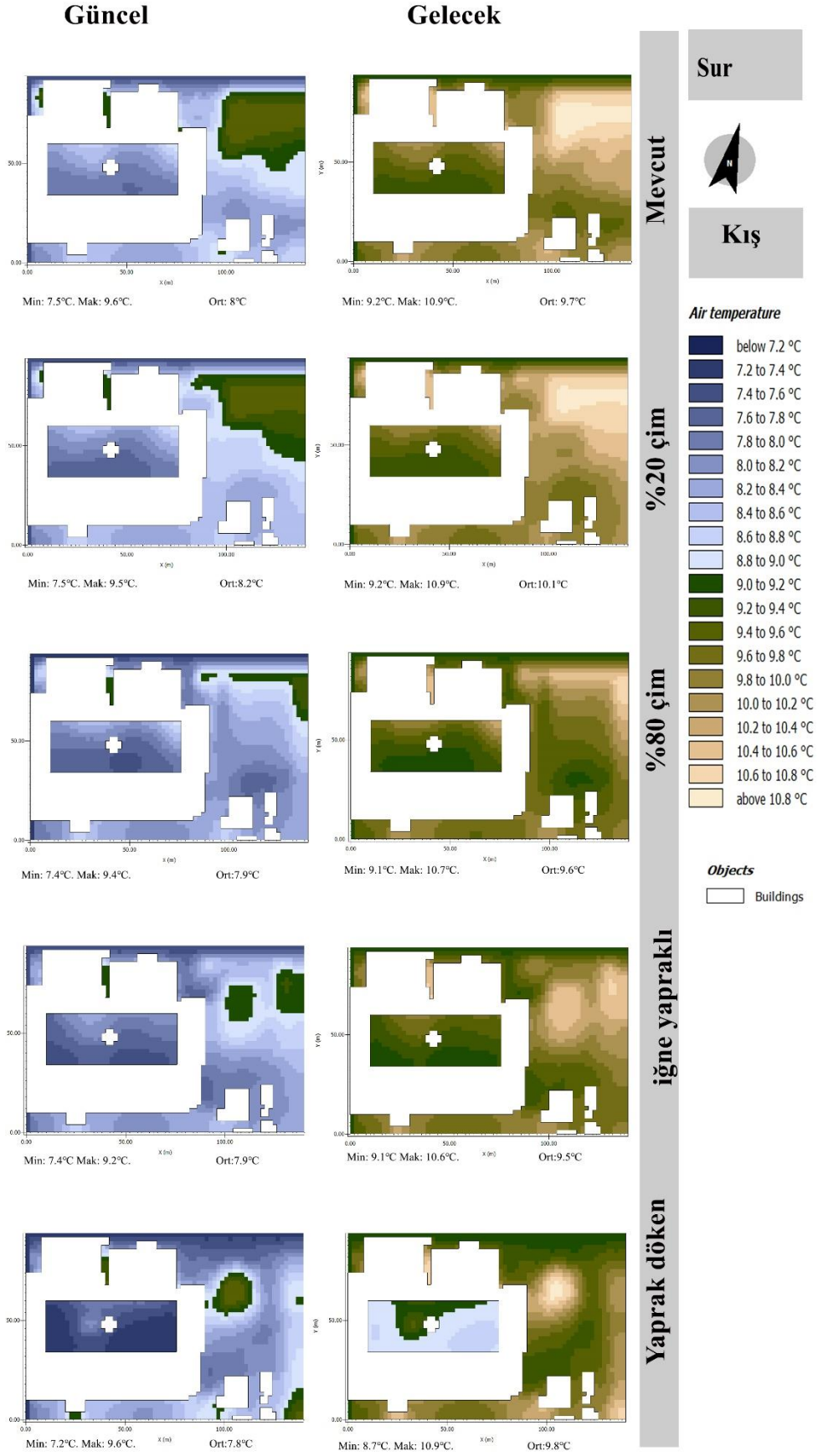


Şekil 4.3. Çalışma alanı güncel (2022) ve gelecek (2050) dönem mevcut durum ve senaryolara ait yaz ayı hava sıcaklığı analizleri

Çalışma alanı güncel ve gelecek dönem için yapılan yaz mevsimi analizlerinde 2050 yılı için mevcut durum ve senaryolar dahil hava sıcaklığı değerlerinin tümünde artış görülürken, ortalama sıcaklıklarda güncel ve gelecek durum için senaryo 4’de en düşük değer analiz edilmiştir.

Sur bölgesi çalışma alanı güncel (2022) mevcut durum ve senaryoların hava sıcaklığı değerlerine ait kış mevsimi için yapılan analizlerine bakıldığında; mevcut durumda minimum sıcaklık 7.5 °C, maksimum sıcaklık 9.6°C, ortalama sıcaklık 8°C çıkmıştır. Senaryo 1’ de minimum sıcaklık 7.5°C, maksimum sıcaklık 9.5°C, ortalama sıcaklık 8.2°C, senaryo 2’de minimum sıcaklık 7.4°C, maksimum sıcaklık ise 9.4°C, ortalama sıcaklık 7.9°C, senaryo 3’de minimum sıcaklık 7.4°C, maksimum sıcaklık 9.2°C, ortalama sıcaklık 7.9°C, senaryo 4’de ise minimum sıcaklık 7.2°C, maksimum sıcaklık ise 9.6°C, ortalama sıcaklık 7.8°C çıkmıştır (Şekil 4.4).

Sur bölgesi çalışma alanı gelecek (2050) dönem mevcut durum ve senaryoların hava sıcaklık değerlerine ait kış mevsimi için yapılan analizlerine bakıldığında; mevcut durumda minimum sıcaklık 9.2 °C, maksimum sıcaklık 10.9°C, ortalama sıcaklık 8°C çıkmıştır. Senaryo 1’ de minimum sıcaklık 9.2°C, maksimum sıcaklık 10.9°C, ortalama sıcaklık 8.2°C, senaryo 2’de minimum sıcaklık 9.1°C, maksimum sıcaklık ise 10.7°C, ortalama sıcaklık 7.9°C, senaryo 3’de minimum sıcaklık 9.1°C, maksimum sıcaklık 10.6°C, ortalama sıcaklık 7.9°C, senaryo 4’de ise minimum sıcaklık 8.7°C, maksimum sıcaklık ise 10.9°C, ortalama sıcaklık 7.8°C çıkmıştır (Şekil 4.4).



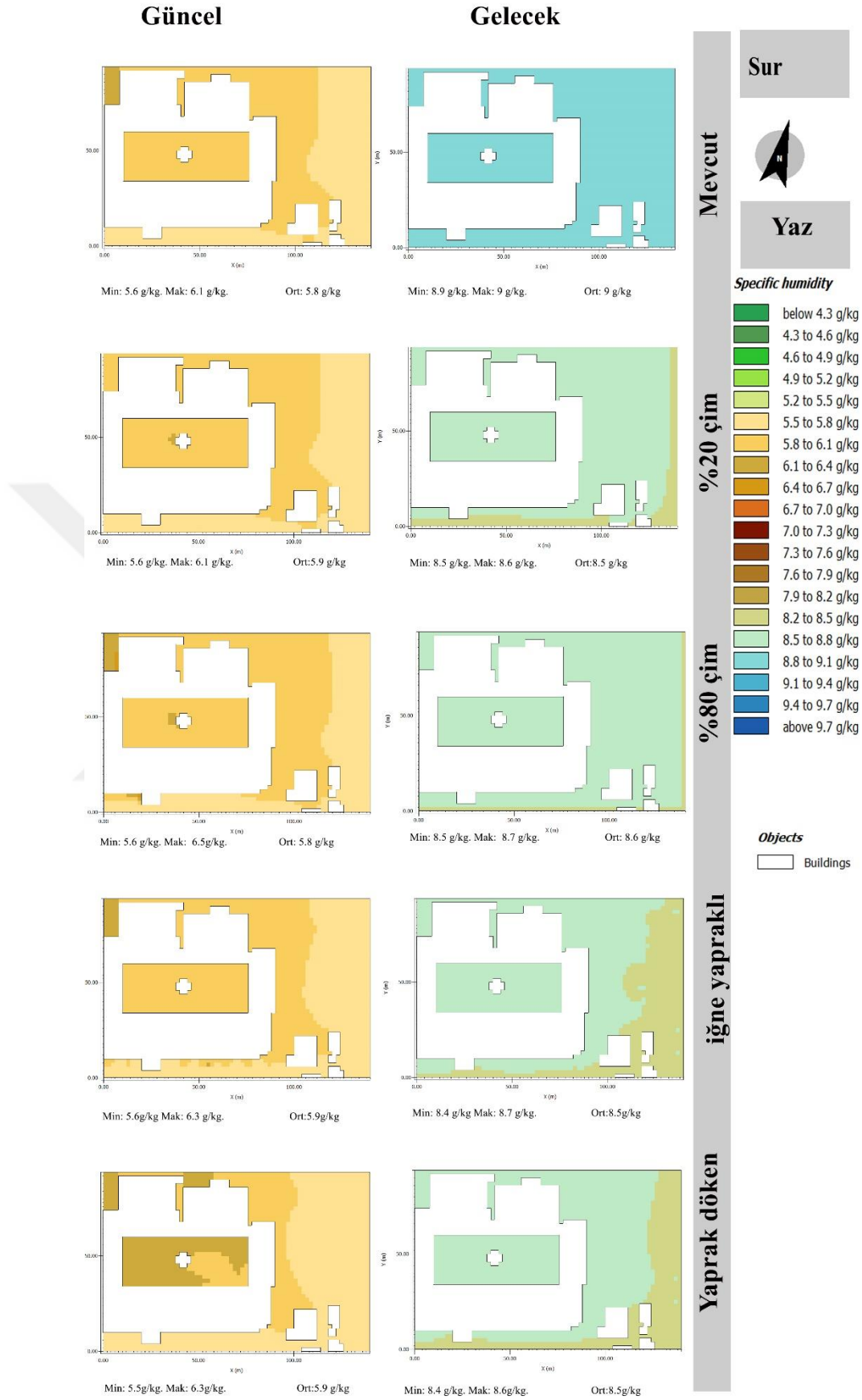
Şekil 4.4. Çalışma alanı güncel (2022) ve gelecek (2050) dönem mevcut durum ve senaryolara ait kış ayı hava sıcaklığı analizleri

Kış mevsimi için güncel ve gelecek dönem hava sıcaklığı analizlerinde her iki dönem için de ortalama sıcaklığın en yüksek olduğu değerin senaryo1’de, en düşük ortalama sıcaklığın güncel (2002) dönemde senaryo 4, gelecek (2050) döneminde ise senaryo 3’de olduğu belirlenmiştir.

4.2.2. Sur bölgesi biyoklimatik konforun tespiti ve iyileştirilmesine yönelik mevcut durum ve bitkisel tasarım senaryolarına göre nispi nem analizleri

Mevcut durum ve 4 farklı bitki senaryosu için güncel (2022) ve gelecek (2050) dönem yaz mevsimi nispi nem haritalarının oluşturulduğu ve karşılaştırıldığı görsel Şekil 4.5’de yer almaktadır.





Şekil 4.5. Çalışma alanı güncel (2022) ve gelecek (2050) dönem mevcut durum ve senaryolara ait yaz mevsimi nispi nem miktarı haritaları

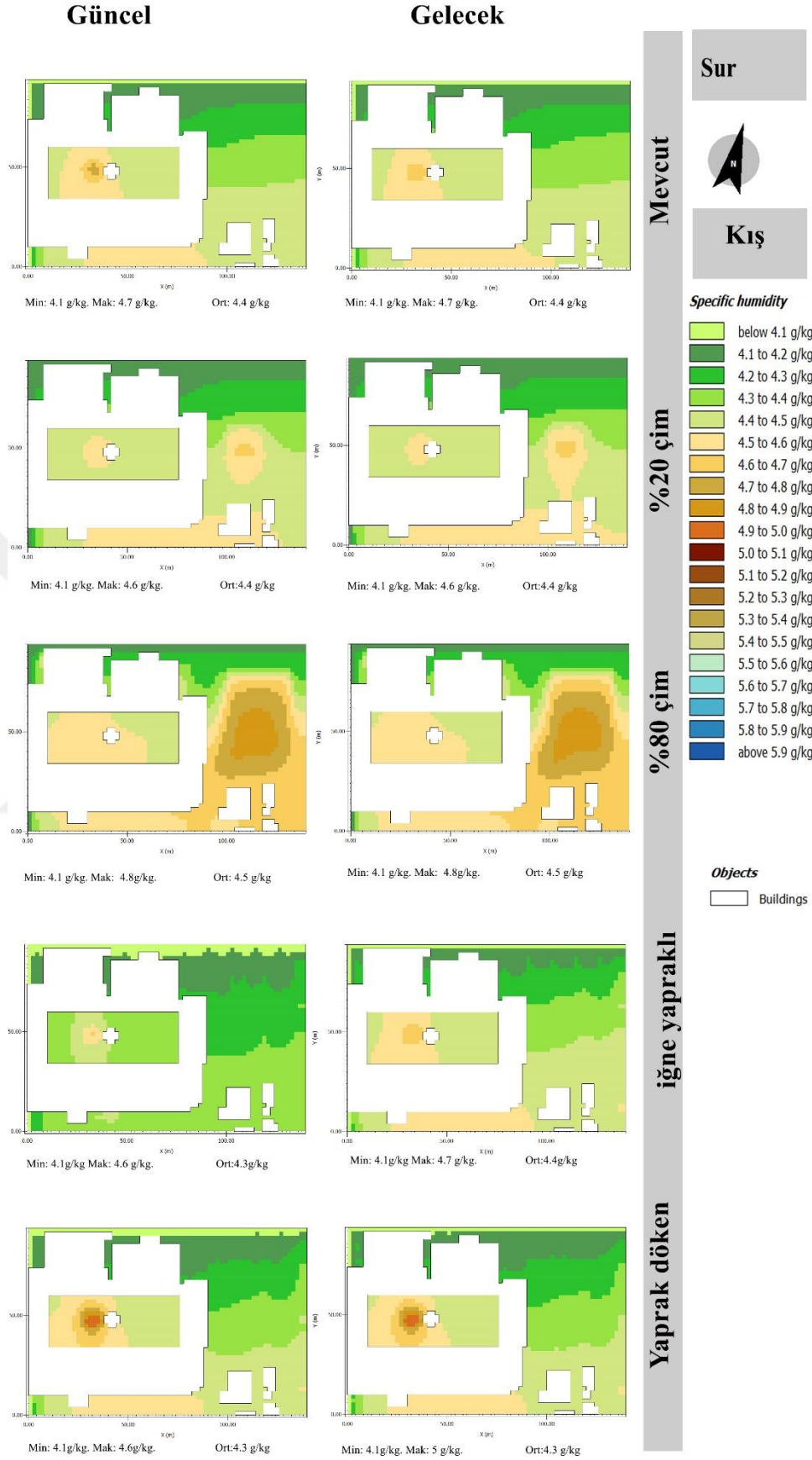
Sur bölgesi güncel (2022) durum nispi nem haritaları analiz edildiğinde mevcut durum ve senaryolarda minimum ve maksimum değerlerin. ortalama nispi nem miktarlarında ise mevcut durum ve senaryo 2’de, senaryo 1, senaryo 3 ve senaryo 4’de değerlerin aynı çıktığı analiz edilmiştir. Analizlerin tümünde minimum aynı, maksimum değerlerde ise mevcut duruma göre en farklı değişim 0.4 g/kg artışla senaryo 2’de tespit edilmiştir.

Analiz sonuçları doğrultusunda nem değerlerine bakıldığında. güncel (2022) dönemi için mevcut durumda minimum değer 5.6 g/kg, maksimum değer 6.1 g/kg, ortalama değer 5.8 g/kg çıkmıştır. Senaryo 1, 2 ve 3’ de minimum değerler mevcut durumla aynı. maksimum değerde ise en yüksek değer senaryo 2’de çıkmıştır. Ortalama nem değerlerinde ise mevcut durum ve senaryo 2 aynı çıkarken diğer senaryolarda ise 0.1 artışla aynı sonuç analiz edilmiştir.

Gelecek (2050) dönem nem değerlerine bakıldığında minimum. maksimum ve ortalama değerlerde en yüksek değer mevcut durumda görülmüştür. Senaryo 3 ve 4’te minimum ve ortalama değerlerde en düşük. maksimum değerde senaryo 4’te en düşük değer elde edilmiştir. Her iki dönem karşılaştırıldığında minimum değerde mevcut durum için 3.3 g/kg, maksimum değerde 2.9 g/kg, ortalama değerde ise 3.8 g/kg en yüksek artışın yaşandığı analiz olarak tespit edilmiştir.

Mevcut durum ve 4 farklı bitki senaryosu için güncel (2022) ve gelecek (2050) dönem kış mevsimi nispi nem haritalarının oluşturulduğu ve karşılaştırıldığı görsel şekil 4.6’da yer almaktadır.





Şekil 4.6. Çalışma alanı güncel (2022) ve gelecek (2050) dönem mevcut durum ve senaryolara ait kış mevsimi nispi nem miktarı haritaları

Güncel (2022) durum nem değerlerine bakıldığında mevcut durum ve tüm senaryolarda minimum değerlerin aynı olduğu, maksimum ve ortalama değerde en yüksek değer senaryo 2’de olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Maksimum değerde en düşük değerin senaryo 1, 3 ve 4’de olduğu. ortalama değerde ise en düşük değerin mevcut durum ve senaryo 1’de olduğu sonucu elde edilmiştir.

Gelecek (2050) durum nem değerlerine bakıldığında mevcut durum ve tüm senaryolarda minimum değerlerin aynı olduğu, maksimum değerde en yüksek sonucun senaryo 4’de ve ortalama değerlerde en yüksek sonucun senaryo 2’de olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Güncel ve gelecek dönemler arasında karşılaştırma yapıldığında ise mevcut durum, senaryo 1 ve 2’de bütün değerlerde değişim gözlenmezken, senaryo 3’de maksimum değerde artış ve ortalama değerde azalma, senaryo 4’de ise maksimum değerde artış olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

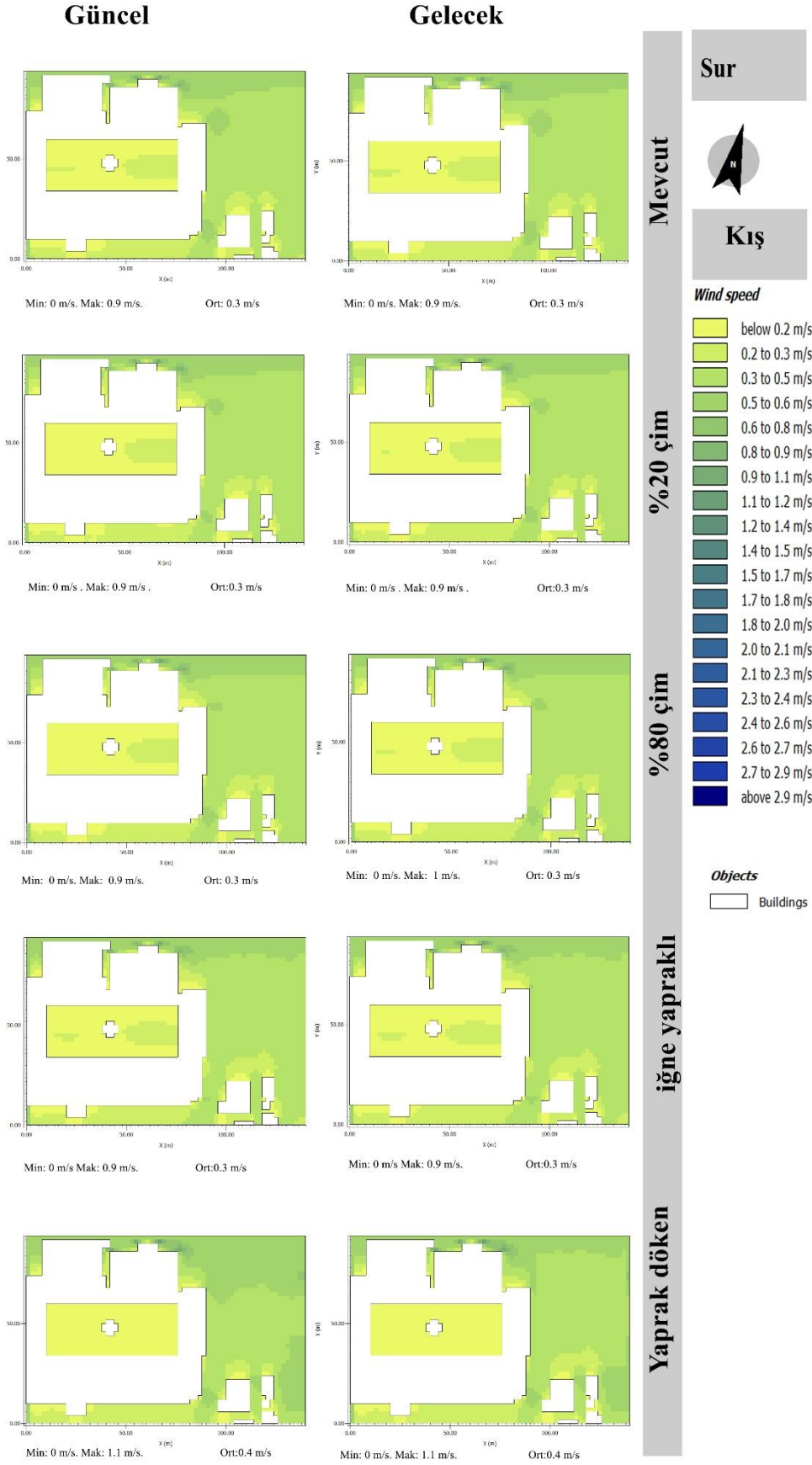
4.2.3. Sur bölgesi biyoklimatik konforun tespiti ve iyileştirilmesine yönelik mevcut durum ve bitkisel tasarım senaryolarına göre rüzgar hızı analizleri

Mevcut durum ve 4 farklı bitki senaryosu için güncel (2022) durum yaz mevsimi rüzgar hızı haritalarının oluşturulduğu ve karşılaştırıldığı görsel Şekil 4.7’de yer almaktadır.

Güncel (2022) durum rüzgar hızı değerlerine bakıldığında mevcut durum ve tüm senaryolarda minimum değerlerin aynı olduğu, maksimum değerlerde senaryolardaki değerlerin aynı olduğu mevcut durumda ise 0.1 m/s farkla fazla olduğu, ortalama değerlerde ise 0.2 m/s farkla sadece senaryo 4'te az olduğu, mevcut durum ve senaryolarda aynı olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Gelecek (2050) dönem rüzgar hızı değerleri minimum, maksimum ve ortalama değerlerin mevcut durum ve senaryolar dahil tüm durumlarda aynı çıktığı sonucuna ulaşılmıştır. Güncel ve gelecek dönem değerleri karşılaştırıldığında ise minimum değerler değişim olmadığı, maksimum ve ortalama değerlerde belirgin azalma yaşandığı analiz edilmiştir.

Mevcut durum ve 4 farklı bitki senaryosu için güncel (2022) dönem kış mevsimi rüzgar hızı haritalarının oluşturulduğu ve karşılaştırıldığı görsel Şekil 4.8'de yer almaktadır.



Şekil 4.8. Çalışma alanı güncel (2022) ve gelecek (2050) dönem mevcut durum ve senaryolara ait kış mevsimi rüzgar hızı haritaları

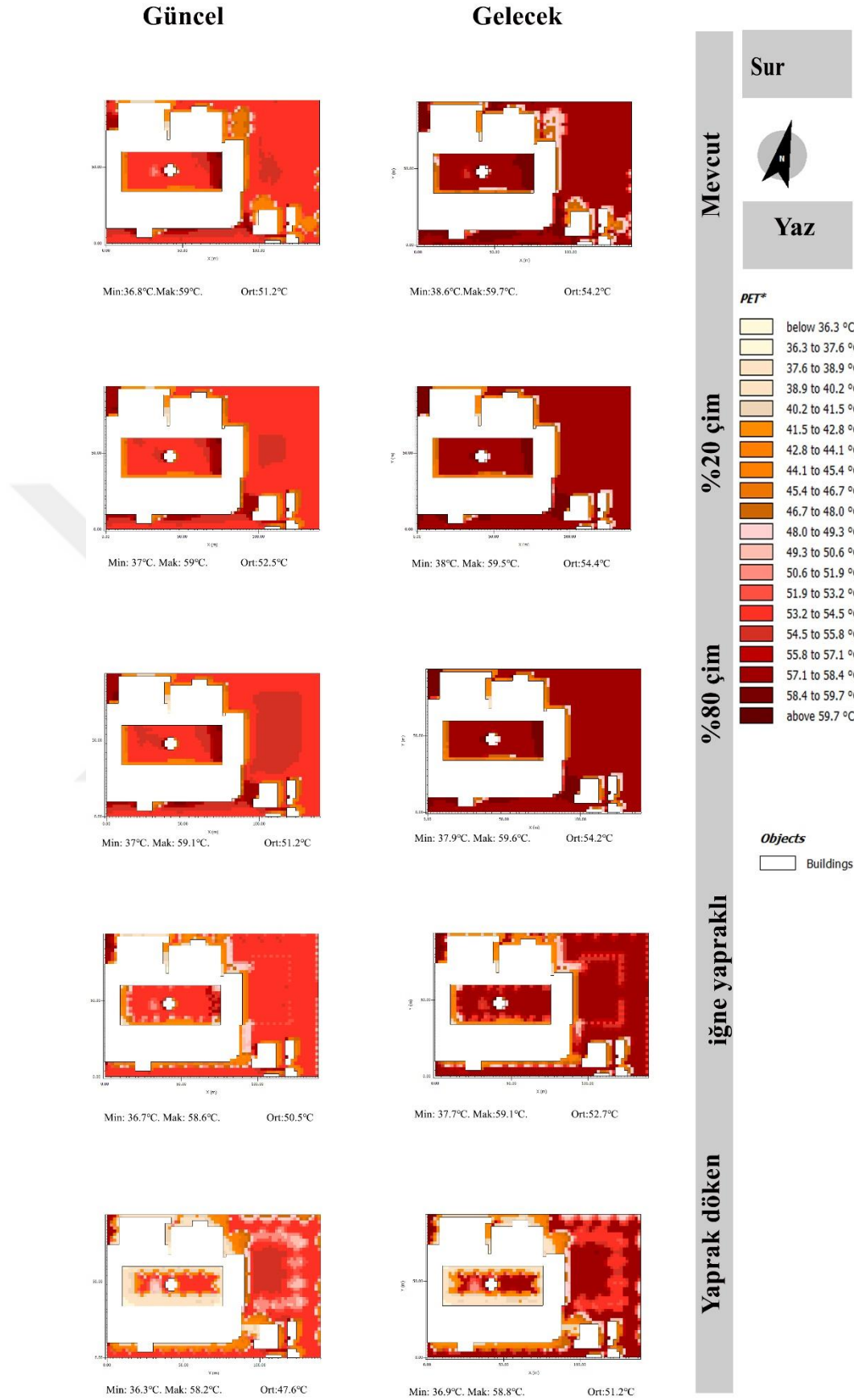
Analiz sonuçları değerlerinde gelecek (2050) dönem rüzgar hızı analizlerinde önemli değişikliklerin olmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Yalnızca senaryo 2’de güncel duruma göre maksimum değerde 0.1 m/s artış yaşadığı gözlemlenmiştir.

4.2.4. Sur bölgesi biyoklimatik konforun tespiti ve iyileştirilmesine yönelik mevcut durum ve bitkisel tasarım senaryolarına göre FES analizleri

Sur bölgesi çalışma alanı güncel (2022) mevcut durum ve senaryoların FES değerlerine ait yaz mevsimi için yapılan analizlerine bakıldığında; mevcut durumda minimum sıcaklık 36.8 °C, maksimum sıcaklık 59°C, ortalama sıcaklık 41.2°C çıkmıştır. Senaryo1’ de minimum sıcaklık 37°C, maksimum sıcaklık 59°C, ortalama sıcaklık 41.6°C, senaryo2’de minimum sıcaklık 37°C, maksimum sıcaklık ise 59.1°C, ortalama sıcaklık 41.7°C, senaryo3’de minimum sıcaklık 36.7°C, maksimum sıcaklık 58.6°C, ortalama sıcaklık 41°C, Senaryo 4’de ise minimum sıcaklık 36.3°C, maksimum sıcaklık ise 58.2°C, ortalama sıcaklık 40.7°C çıkmıştır (Şekil 4.9).

Mevcut durum ve senaryolar arasındaki değerlendirmelerde, senaryo3 ve senaryo 4’de mevcut duruma göre maksimum ve minimum değerlerde düşüş ile olumlu sonuç elde edilirken. senaryo 1 ve senaryo 2’de ise maksimum ve minimum değerlerde önemli değişiklikler tespit edilmemiştir. Ortalama sıcaklık değerlerinde ise senaryo1’de en yüksek, senaryo 4’de ise en düşük değere ulaşıldığı sonucu elde edilmiştir.

Sur bölgesi çalışma alanı gelecek dönem (2050) mevcut durum ve senaryoların FES değerlerine ait yaz mevsimi için yapılan analizlerine bakıldığında; mevcut durumda minimum sıcaklık 38.6°C, maksimum sıcaklık 59.7 °C, ortalama sıcaklık 54.2°C çıkmıştır. Senaryo 1’ de minimum sıcaklık 38°C, maksimum sıcaklık 54.4°C, ortalama sıcaklık 42°C, senaryo 2’de minimum sıcaklık 37.9°C, maksimum sıcaklık ise 59.6°C, ortalama sıcaklık 54.2°C, senaryo 3’de minimum sıcaklık 37.7°C, maksimum sıcaklık 59.1°C, ortalama sıcaklık 52.7°C, senaryo 4’de ise minimum sıcaklık 36.9°C, maksimum sıcaklık ise 58.8°C, ortalama sıcaklık 51.2°C olarak analiz edilmiştir (Şekil 4.9).



Şekil 4.9. Çalışma alanı güncel (2022) ve gelecek (2050) dönem mevcut durum ve senaryolara ait yaz ayı FES analizleri

Çalışma alanı için güncel durum ve gelecek dönem için değerlendirmeler yapıldığında mevcut durumda 2022 yılına oranla 2050 yılı için yaz mevsiminde minimum değerde 1.8°C ve maksimum değerde 0.7°C artış yaşandığı gözlemlenmiştir. Senaryolar incelendiğinde ise yaprak döken bitkilerin kullanıldığı Senaryo 4 minimum ve maksimum değerinde en düşük değer ile olumlu yönde sonuç alınmıştır. Ortalama sıcaklık değerlerinde ise mevcut durumda en yüksek. Senaryo 4’de ise en düşük değere ulaşıldığı sonucu elde edilmiştir. Özellikle yaprak döken ve geniş yapraklı bitkiler form ve taç yapılarından dolayı iğne yapraklı bitkilere göre daha fazla gölge yapma özelliğine sahiptir **(Koç ve ark., 2015)**. Bitkilerin insan konforuna katkılarını destekleyen birçok çalışma bulunmaktadır **(Vatani ve ark., 2024)**.

Sur bölgesi çalışma alanı güncel (2022) mevcut durum ve senaryoların FES değerlerine ait kış mevsimi için yapılan analizlerine bakıldığında; mevcut durumda minimum sıcaklık 12.2 °C, maksimum sıcaklık 40.1°C, ortalama sıcaklık 23.1°C çıkmıştır. Senaryo 1’ de minimum sıcaklık 11.4°C, maksimum sıcaklık 40.6°C, ortalama sıcaklık 22.8°C, senaryo 2’de minimum sıcaklık 11.5°C, maksimum sıcaklık ise 40.5°C, ortalama sıcaklık 23.4°C, senaryo3’de minimum sıcaklık 11.4°C, maksimum sıcaklık 38.5°C, Senaryo 4’de ise minimum sıcaklık 11.1°C, maksimum sıcaklık ise 39.2°C çıkmıştır (Şekil 4.10).

Sur bölgesi çalışma alanı gelecek dönem (2050) mevcut durum ve senaryoların FES değerlerine ait kış mevsimi için yapılan analizlerine bakıldığında; mevcut durumda minimum sıcaklık 12.2°C, maksimum sıcaklık 40.1 °C çıkmıştır. Senaryo 1’ de minimum sıcaklık 12.2°C. maksimum sıcaklık 40.1°C, senaryo 2’de minimum sıcaklık 12.1°C, maksimum sıcaklık ise 40.1°C, senaryo 3’de minimum sıcaklık 12.2°C, maksimum sıcaklık 38.3°C, senaryo 4’de ise minimum sıcaklık 11.9°C. maksimum sıcaklık ise 38.3°C çıkmıştır (Şekil 4.10).

Çalışmanı alanı güncel ve gelecek dönem için yapılan kış mevsimi analizlerinde 2050 yılı için mevcut durumda FES değerlerinde değişiklik görülmezken, ortalama değerde artış olduğu sonucu elde edilmiştir. Senaryolarda ise minimum ve maksimum değerlerde azalma olduğu, ortalama değerlerde ise senaryo 1 ve senaryo 2’de artma, senaryo 3 ve senaryo 4’de azalma olduğu tespit edilmiştir.

4.3. Yenişehir İlçesi Güncel ve Gelecek Durum Envi-met Analizleri

Kentin Sur bölgesinden sonra eski yerleşim birimlerinden olan Yenişehir ilçesi geleneksel dokuyu ve modern dokuyu bir arada barındırmaktadır. Tarihi Diyarbakır surlarının bir kısmı ve hemen yanındaki yapısal yoğunluklu alan çalışma alanının bu bölge için sınırlarını oluşturmaktadır. Izgara sistemi ile çalışan Envi-met programında her ızgaranın boyutu 2m x 2m x 2m (x * y * z) olarak ayarlanmış ve bu durumda Z yönünde (yükseklik) 42, Y’de 67 ve X’te 44 ızgara kullanılmıştır. Toplamda alan ise x, y, z sıralaması ile 88*134*84 metre alan büyüklüğündedir. Mevcut durumda tarihi surların ana materyali olan bazalt taşı ve modern dokuda ise betonarme alanlar bulunmaktadır.

Çalışmada kullanılan iklim verilerinde makine öğrenme tekniğine göre gelecek dönem iklim değerlerinde ki değişimler aşağıda belirtilmiştir;

- Günlük ortalama hava sıcaklığında yaz mevsimi için yaz mevsiminde 0.5°C artış,
- Günlük ortalama hava sıcaklığında kış mevsimi için yaz mevsiminde 3°C artış,
- Günlük ortalama nem miktarında yaz mevsimi için 4.5 g/kg artış,
- Günlük ortalama nem miktarında kış mevsimi için 12.3 g/kg azalış,
- Günlük ortalama rüzgar hızında yaz mevsimi için 0.6 m/s azalma,
- Günlük ortalama rüzgar hızında kış mevsimi için 0.1 m/s artma,

analiz sonuçları doğrultusunda elde edilmiştir. Analizlerde kullanılan güncel ve gelecek dönem Yenişehir bölgesi iklim değerleri Çizelge 4.4’de belirtilmiştir.

Çizelge 4.4. Yenişehir ilçesi çalışma alanı analizlerde kullanılan iklim değerleri

Saat	2022						2050					
	Ortalama Sıcaklık		Ortalama Nem		Rüzgar hızı		Ortalama Sıcaklık		Ortalama Nem		Rüzgar hızı	
	YAZ	KIŞ	YAZ	KIŞ	YAZ	KIŞ	YAZ	KIŞ	YAZ	KIŞ	YAZ	KIŞ
00.00	25.1	-1.1	31	99	0.9	0.7	25.6	1.9	35.5	86.7	0.3	0.8
01.00	24.3	-0.4	29	99	0.7	0.5	24.8	2.6	33.5	86.7	0.1	0.6
02.00	23.2	-0.7	31	99	1	0.5	23.7	2.3	35.5	86.7	0.4	0.6
03.00	22.9	-1.2	35	99	0.7	0.5	23.4	1.8	39.5	86.7	0.1	0.6
04.00	24.8	-1.6	30	99	1.3	0.5	25.3	1.4	34.5	86.7	0.7	0.6
05.00	29.4	-1.8	24	100	1.4	0.4	29.9	1.2	28.5	87.7	0.8	0.5
06.00	34	-2.2	21	84	1.5	0.6	34.5	0.8	25.5	71.7	0.9	0.7
07.00	36.3	-2.5	18	71	1.5	0.3	36.8	0.5	22.5	58.7	0.9	0.4
08.00	37.3	-1.1	15	67	1.5	0.5	37.8	1.9	19.5	54.7	0.9	0.6
09.00	39.6	2.8	13	56	2	0.8	40.1	5.8	17.5	43.7	1.4	0.9
10.00	39.4	4.8	12	49	1.8	0.9	39.9	7.8	16.5	36.7	1.2	1
11.00	40.1	6	12	56	2.1	0.7	40.6	9	16.5	43.7	1.5	0.8
12.00	41.1	8.1	11	56	1.9	0.7	41.6	11.1	15.5	43.7	1.3	0.8
13.00	41.2	7.8	12	55	1.9	0.5	41.7	10.8	16.5	42.7	1.3	0.6
14.00	40.4	8.7	12	62	1.6	0.7	40.9	11.7	16.5	49.7	1	0.8
15.00	40.4	8.6	12	70	0.9	0.5	40.9	11.6	16.5	57.7	0.3	0.6
16.00	39.1	7.7	16	66	0.7	0.4	39.6	10.7	20.5	53.7	0.1	0.5
17.00	36.9	6.3	20	80	0.8	0.3	37.4	9.3	24.5	67.7	0.2	0.4
18.00	34.8	5.5	20	75	0.8	0.3	35.3	8.5	24.5	62.7	0.2	0.4
19.00	32.5	4.7	24	93	0.7	0.3	33	7.7	28.5	80.7	0.1	0.4
20.00	32	3.6	26	98	0.7	0.5	32.5	6.6	30.5	85.7	0.1	0.6
21.00	31.4	2.9	25	98	0.8	0.3	31.9	5.9	29.5	85.7	0.2	0.4
22.00	28.4	0.7	22	99	0.8	0.3	28.9	3.7	26.5	86.7	0.2	0.4
23.00	25.9	0.3	23	99	0.8	0.5	26.4	3.3	27.5	86.7	0.2	0.6
Ortalama	33.3	2.7	20.5	80.3	1.2	0.5	33.8	5.7	25	68	0.6	0.6

Mevcut durumda ve senaryolarda bulunan bitki türleri ve bulunma miktarları aşağıda Çizelge 4.5’de belirtilmiştir;

Çizelge 4.5. Yenişehir ilçesi çalışma alanı mevcut durum ve senaryolarda kullanılan bitki türleri ve bulunma miktarları

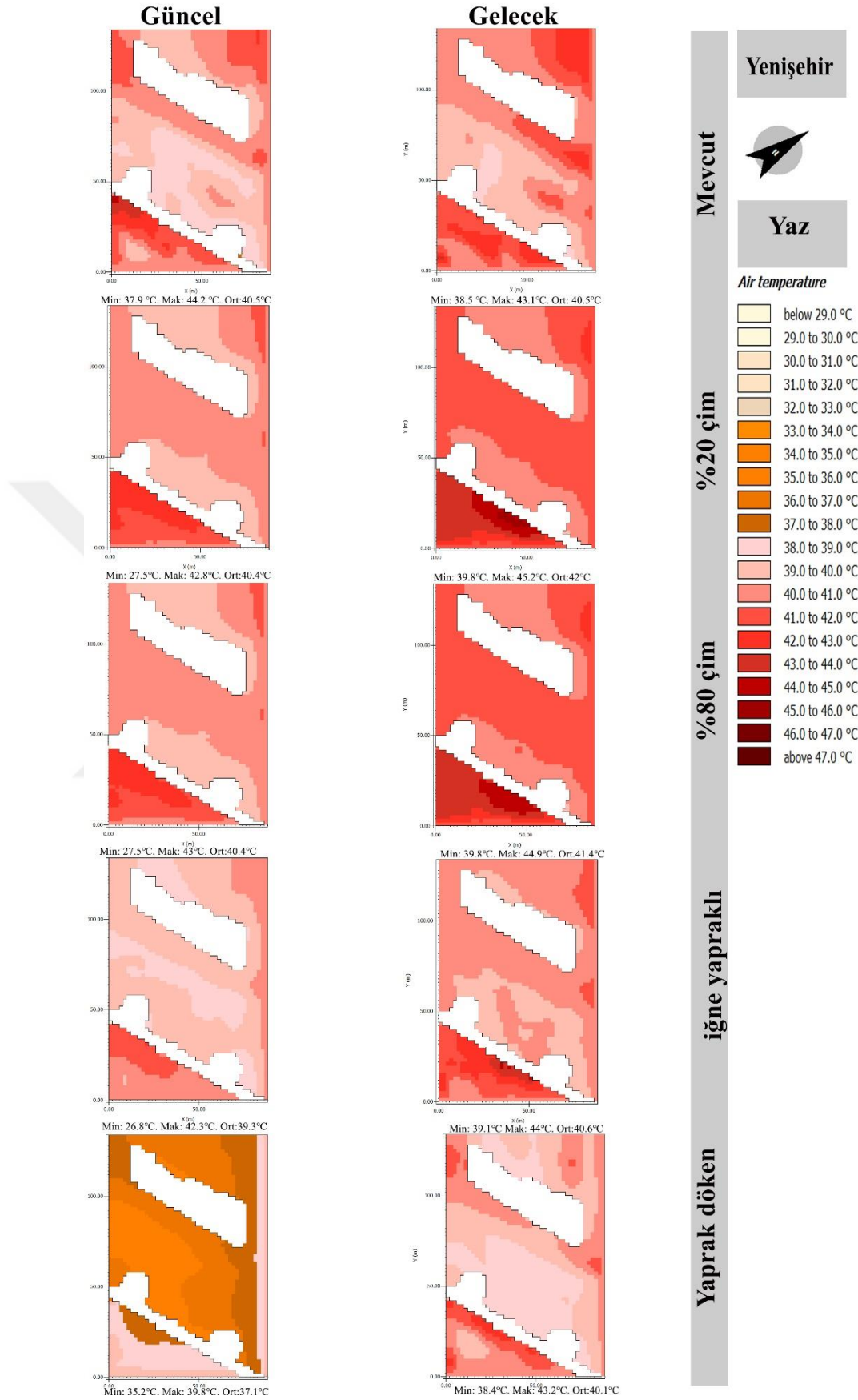
Mevcut durum	<i>Platanus orientalis</i> (4 adet) ve <i>Cercis siliquastrum</i> (11 adet). <i>Tilia tomentosa</i> (2 adet), <i>Robinia pseudoacacia</i> (24 adet), <i>Gleditsia triacanthos</i> (2 adet), Çim alan
Senaryo 1	Çim (Çalışma alanının %20'lik kısmı)
Senaryo 2	Çim (Çalışma alanının %80'lik kısmı)
Senaryo 3	<i>Pinus sylvestris</i> L. (14 adet). <i>Thuja orientalis</i> (82 adet). <i>Cupressus sempervirens</i> (34 adet)
Senaryo 4	<i>Robinia pseudoacacia</i> (35 adet), <i>Platanus orientalis</i> (10 adet), <i>Gleditsia triacanthos</i> (3 adet), <i>Cercis siliquastrum</i> (7 adet), <i>Tilia tomentosa</i> L. (2 adet)

4.3.1. Yenişehir bölgesi biyoklimatik konforun tespiti ve iyileştirilmesine yönelik mevcut durum ve bitkisel tasarım senaryolarına göre hava sıcaklığı analizleri

Yenişehir bölgesi çalışma alanı güncel (2022) mevcut durum ve senaryoların hava sıcaklığı değerlerine ait yaz mevsimi için yapılan analizlerine bakıldığında; mevcut durumda minimum sıcaklık 37.9 °C, maksimum sıcaklık 44.2°C, ortalama sıcaklık 40.5°C çıkmıştır. Senaryo 1' de minimum sıcaklık 27.5°C, maksimum sıcaklık 42.8°C, ortalama sıcaklık 40.4°C, senaryo 2'de minimum sıcaklık 27.5°C, maksimum sıcaklık ise 43°C, ortalama sıcaklık 40.4°C, senaryo 3'de minimum sıcaklık 26.8°C, maksimum sıcaklık 42.3°C, ortalama sıcaklık 39.3°C, Senaryo 4'de ise minimum sıcaklık 35.2°C, maksimum sıcaklık ise 39.8°C, ortalama sıcaklık 37.1°C çıkmıştır (Şekil 4.11).

Mevcut durum ve senaryolar arasındaki değerlendirmelerde. minimum değerlerde senaryolarda en yüksek azalma oranı senaryo 3'de, maksimum değerlerde ise en yüksek azalma oranı senaryo 4'de tespit edilmiştir. Ortalama hava sıcaklığı değerlerinde ise en yüksek azalma oranı senaryo 4'de elde edilerek olumlu sonuç elde edilmiştir.

Yenişehir bölgesi çalışma alanı gelecek dönem (2050) mevcut durum ve senaryoların FES değerlerine ait yaz mevsimi için yapılan analizlerine bakıldığında; mevcut durumda minimum sıcaklık 38.6°C, maksimum sıcaklık 59.7 °C, ortalama sıcaklık 54.2°C çıkmıştır. Senaryo 1' de minimum sıcaklık 38°C. maksimum sıcaklık 54.4°C, ortalama sıcaklık 42°C, Senaryo 2'de minimum sıcaklık 37.9°C, maksimum sıcaklık ise 59.6°C, ortalama sıcaklık 54.2°C, senaryo 3'de minimum sıcaklık 37.7°C, maksimum sıcaklık 59.1°C, ortalama sıcaklık 52.7°C, senaryo 4'de ise minimum sıcaklık 36.9°C, maksimum sıcaklık ise 58.8°C, ortalama sıcaklık 51.2°C olarak analiz edilmiştir (Şekil 4.11).

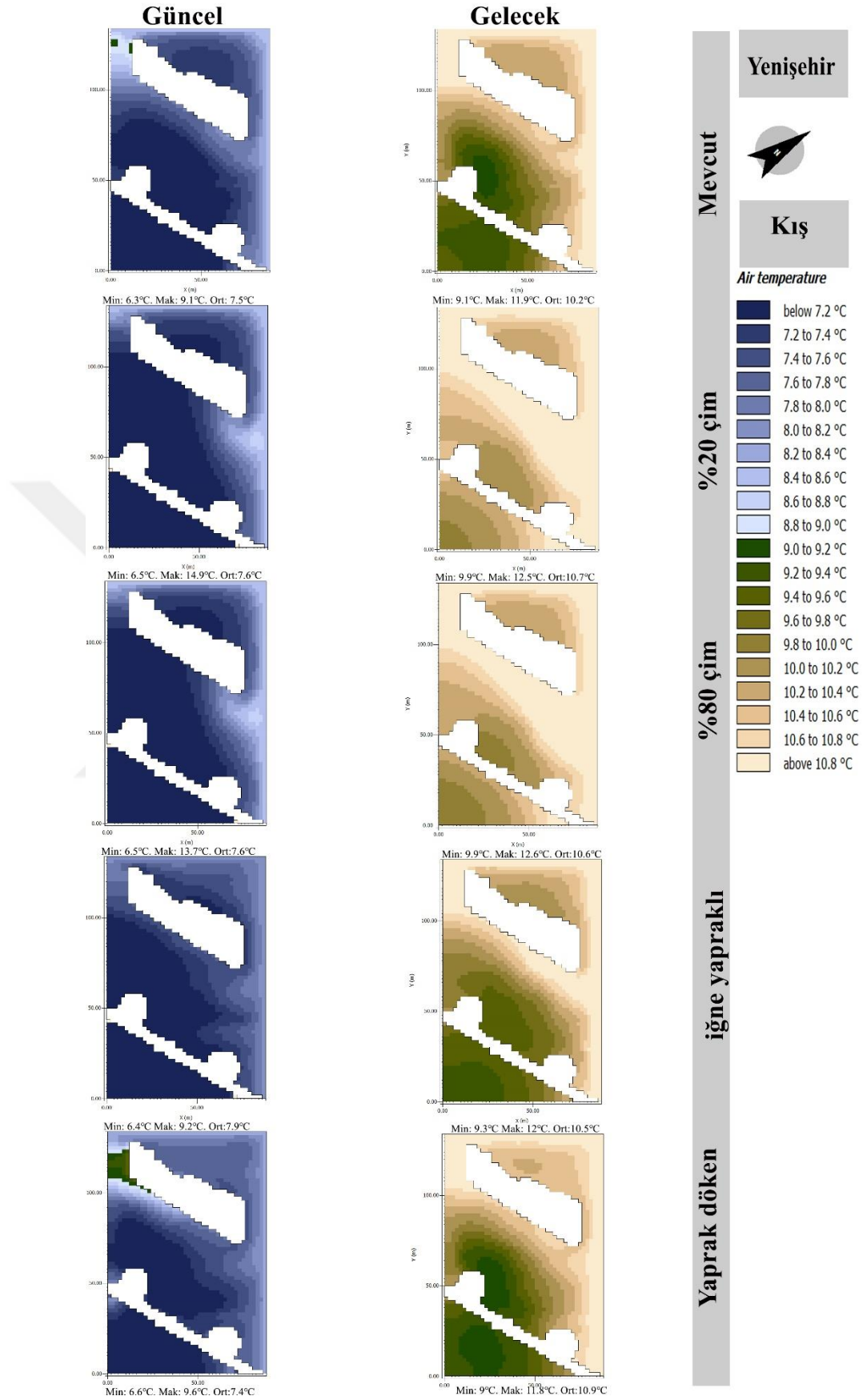


Şekil 4.11. Çalışma alanı güncel (2022) mevcut durum ve senaryolara ait yaz ayı hava sıcaklığı analizleri

Çalışma alanı güncel ve gelecek dönem için yapılan yaz mevsimi analizlerinde 2050 yılı için mevcut durum ve senaryoların tümünde minimum değerlerde artış olduğu elde edilmiştir. Maksimum değerlerde ise mevcut durumda azalma. senaryoların tümünde ise artış olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Ortalama sıcaklık değerlerinde ise mevcut durumda bir değişim gözlemlenmezken, senaryoların tümünde artış yaşandığı, 3°C ile artış ile de en fazla senaryo 4’de yaşanıldığı tespit edilmiştir.

Yenişehir bölgesi çalışma alanı güncel (2022) mevcut durum ve senaryoların hava sıcaklığı değerlerine ait kış mevsimi için yapılan analizlerine bakıldığında; mevcut durumda minimum sıcaklık 6.3 °C, maksimum sıcaklık 9.1°C, ortalama sıcaklık 7.5°C çıkmıştır. Senaryo 1’ de minimum sıcaklık 6.5°C, maksimum sıcaklık 14.9°C, ortalama sıcaklık 7.6°C, senaryo 2’de minimum sıcaklık 6.5°C, maksimum sıcaklık ise 13.7°C, ortalama sıcaklık 7.6°C, senaryo 3’de minimum sıcaklık 6.4°C, maksimum sıcaklık 9.2°C, ortalama sıcaklık 7.9°C, senaryo 4’de ise minimum sıcaklık 6.6°C, maksimum sıcaklık ise 9.6°C, ortalama sıcaklık 7.8°C çıkmıştır (Şekil 4.12).

Yenişehir bölgesi çalışma alanı gelecek (2050) dönem mevcut durum ve senaryoların hava sıcaklık değerlerine ait kış mevsimi için yapılan analizlerine bakıldığında; mevcut durumda minimum sıcaklık 9.2 °C, maksimum sıcaklık 10.9°C, ortalama sıcaklık 8°C çıkmıştır. Senaryo 1’ de minimum sıcaklık 9.2°C, maksimum sıcaklık 10.9°C, ortalama sıcaklık 8.2°C, senaryo 2’de minimum sıcaklık 9.1°C, maksimum sıcaklık ise 10.7°C, ortalama sıcaklık 7.9°C, senaryo 3’de minimum sıcaklık 9.1°C, maksimum sıcaklık 10.6°C, ortalama sıcaklık 7.9°C, senaryo 4’de ise minimum sıcaklık 8.7°C, maksimum sıcaklık ise 10.9°C, ortalama sıcaklık 7.8°C çıkmıştır (Şekil 4.12).



Şekil 4.12. Çalışma alanı güncel (2022) ve gelecek (2050) dönem mevcut durum ve senaryolara ait kış ayı hava sıcaklığı analizleri

Yenişehir bölgesi kış mevsimi için güncel ve gelecek dönem hava sıcaklığı analizlerinde her iki dönem için de minimum, maksimum ve ortalama değerlerde artış yaşandığı tespit edilmiştir.

4.3.2. Yenişehir bölgesi biyoklimatik konforun tespiti ve iyileştirilmesine yönelik mevcut durum ve bitkisel tasarım senaryolarına göre nispi nem analizleri

Mevcut durum ve 4 farklı bitki senaryosu için güncel (2022) ve gelecek (2050) dönem yaz mevsimi nispi nem haritalarının oluşturulduğu ve karşılaştırıldığı görsel Şekil 4.13’de yer

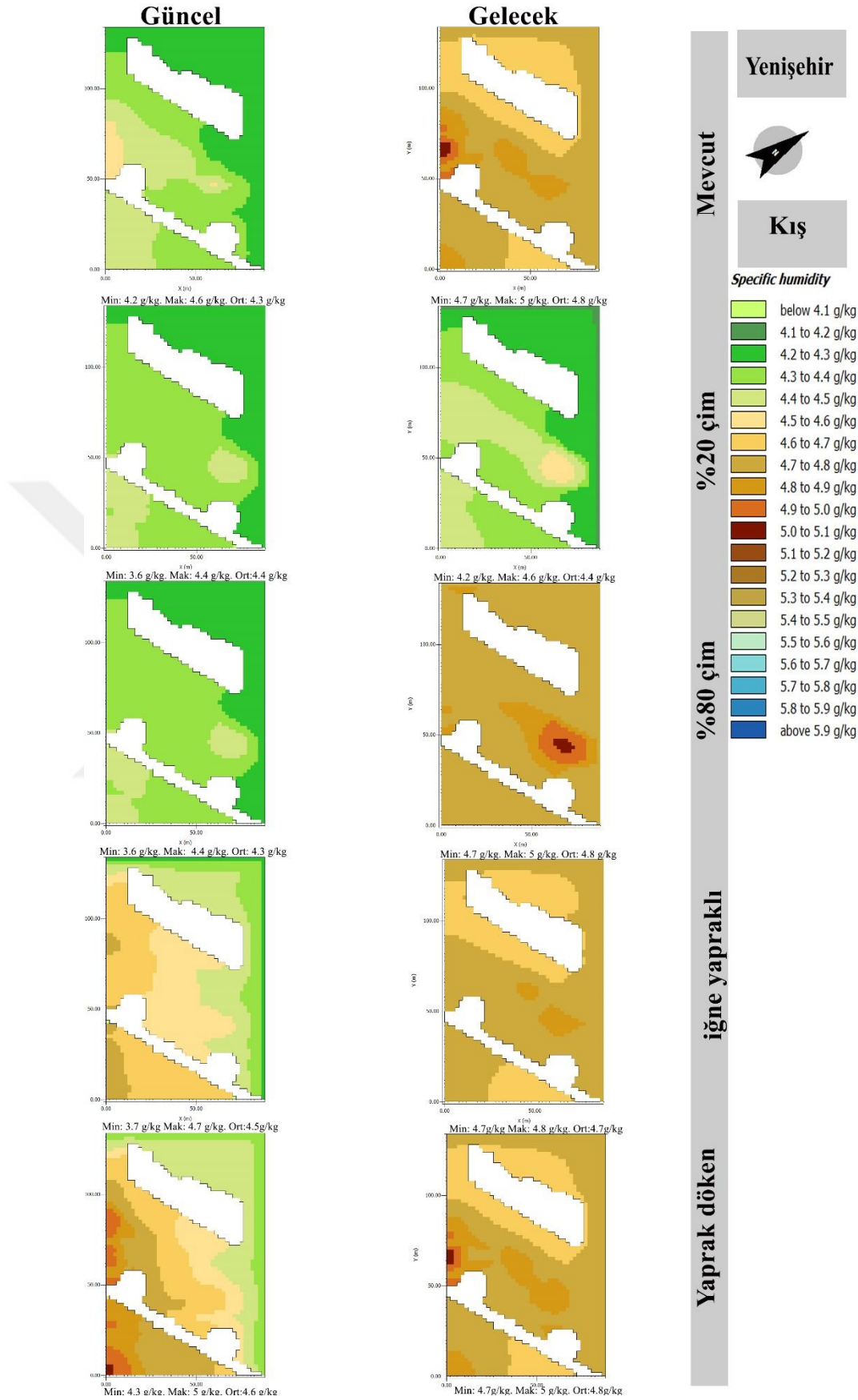


Yenişehir bölgesi güncel (2022) durum nispi nem haritaları analiz edildiğinde mevcut durum ve senaryo 4 hariç tüm senaryolarda minimum değerin aynı olduğu. maksimum değerde ise en yüksek değerin senaryo 4’de olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Ortalama değerde ise mevcut durum ve senaryo3’de en yüksek. senaryo 4’de ise en yüksek değer elde edilmiştir.

Gelecek (2050) dönem nem değerlerine bakıldığında minimum değerlerin yakın sonuçlar verdiği, maksimum değerde mevcut durumun en yüksek, ortalama değerlerde en yüksek değer senaryo 3’de görülmüştür. Güncel ve gelecek dönem sonuçları karşılaştırıldığında en yüksek artışın minimum değerde senaryo 4’de 3.8 g/kg, maksimum değerde mevcut durumda 3.9 g/kg, ortalama değerde ise mevcut durum ve senaryo 2’de 3.5 g/kg olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Mevcut durum ve 4 farklı bitki senaryosu için güncel (2022) ve gelecek dönem kış mevsimi nispi nem haritalarının oluşturulduğu ve karşılaştırıldığı görsel Şekil 4.14’de yer almaktadır.





Şekil 4.14. Çalışma alanı güncel (2022) ve gelecek (2050) dönem mevcut durum ve senaryolara ait kış mevsimi nispi nem miktarı haritaları

Güncel (2022) durum nem değerlerine bakıldığında minimum değerde 3.6 g/kg nispi nem miktarı ile en düşük değerin senaryo1 ve senaryo2'de olduğu, 4.3 g/kg nispi nem miktarı ile de yüksek değerin senaryo 4'de olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Maksimum değerde ise en düşük nispi nem miktarının 3.6 g/kg ile senaryo 1 ve senaryo 2'de, 5 g/kg ile senaryo 4'de olduğu elde edilmiştir. Ortalama değerde en düşük nispi nem miktarının ise 4.3 g/kg ile senaryo mevcut durum ve senaryo 2'de, 4.6 g/kg ile de senaryo 4'de en yüksek değere ulaştığı görülmüştür.

Gelecek (2050) durum nem değerlerine bakıldığında minimum değerde mevcut durum ve senaryo 2 dışında tüm senaryolarda 4.7 g/kg aynı sonuç. 4.2 g/kg ile en düşük değer elde edilmiştir. Maksimum nispi nem miktarlarında ise 5 g/ kg ile yüksek değerin mevcut durum. senaryo 2 ve senaryo 4'de olduğu, en düşük değerin 4.2g/kg ile senaryo 2'de olduğu analiz edilmiştir. Ortalama değerde en düşük 4.4 g/kg ile senaryo 1'de, 5 g/kg ile mevcut durum, senaryo 2 ve senaryo 4'de en yüksek, 4.4 g/kg ile senaryo 1'de en düşük değer elde edilmiştir.

Gelecek ve güncel kış mevsimi nispi nem miktarları karşılaştırıldığında minimum değerlerin tümünde artış olduğu fakat en yüksek artış miktarının senaryo 2'de 1.1 g/kg olduğu. maksimum değerde ise 0.4 g/kg ile en yüksek artışın mevcut durumda olduğu analiz edilmiştir. Ortalama değerde ise en yüksek artışın 0.5 g/kg ile mevcut durumda olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

4.3.3. Yenişehir ilçesi biyoklimatik konforun tespiti ve iyileştirilmesine yönelik mevcut durum ve bitkisel tasarım senaryolarına göre rüzgar hızı analizleri

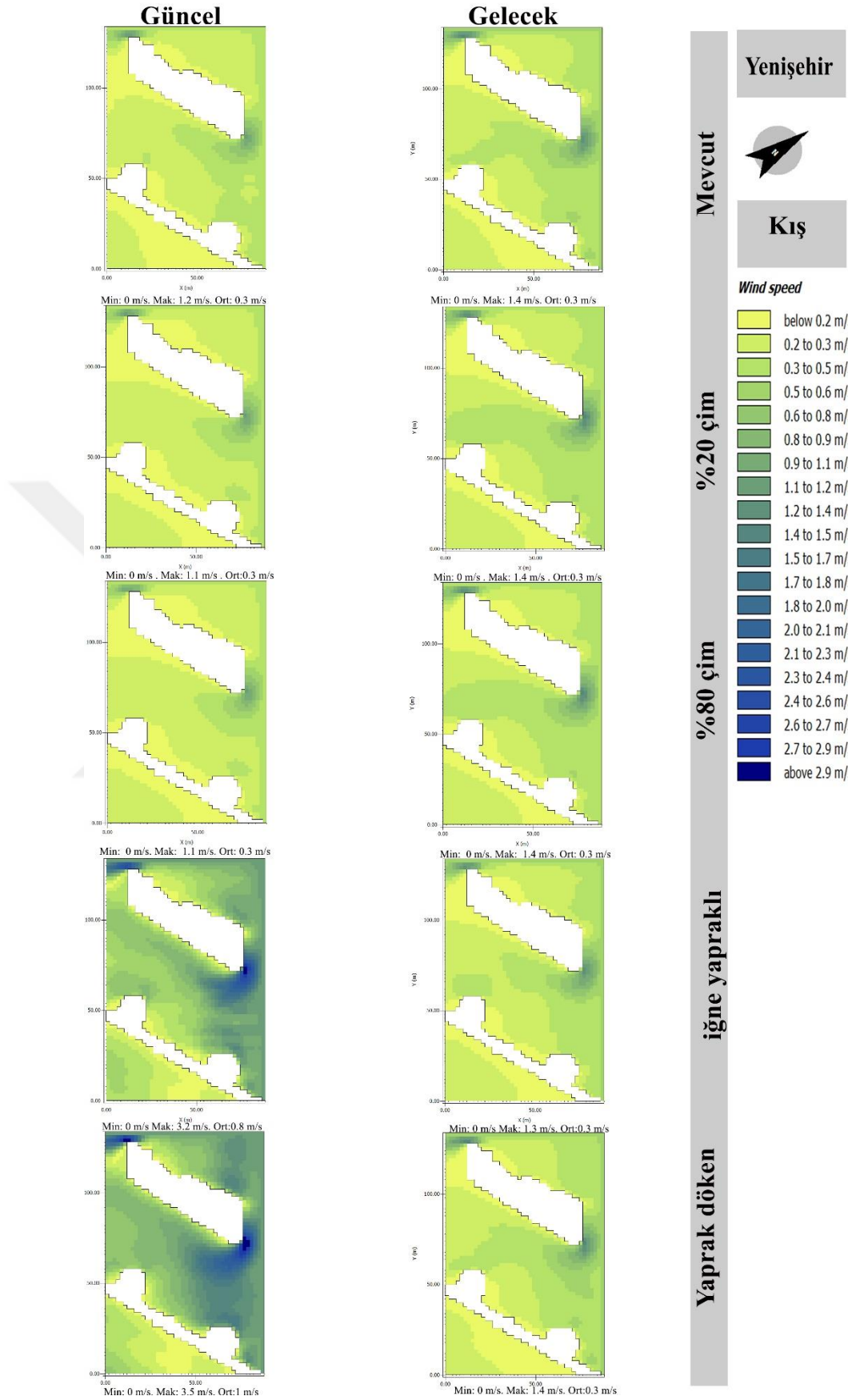
Mevcut durum ve 4 farklı bitki senaryosu için güncel (2022) ve gelecek (2050) dönem yaz mevsimi rüzgar hızı haritalarının oluşturulduğu ve karşılaştırıldığı görsel Şekil 4.15'de yer almaktadır.

Güncel (2022) durum rüzgar hızı değerlerine bakıldığında mevcut durum ve tüm senaryolarda minimum değerlerin aynı olduğu sadece, maksimum değerlerde yalnızca 1.9 m/ s değerle senaryo 4’de farklı olduğu diğer tüm durumlarda 1.7 m/s değerle aynı olduğu sonucu elde edilmiştir. Ortalama rüzgar hızı değerinde 0.6 m/s değerle mevcut durum, senaryo 3 ve senaryo 4’de aynı sonuç, senaryo 1 ve senaryo 2’de ise 0.6 m/s değerle en düşük sonuç elde edilmiştir.

Gelecek (2050) dönem rüzgar hızı değerleri minimum değerlerin mevcut durum ve senaryolar dahi tüm durumlarda aynı çıktığı sonucuna ulaşılmıştır. Maksimum değerlerin genel olarak yakın sonuç verdiği, senaryo 4’de en 1.1 m/s hızla en yüksek sonuca ulaşıldığı analiz edilmiştir. Ortalama değerlerde mevcut durum. senaryo 3 ve senaryo 4’de 0.4 m/s, senaryo 1 ve senaryo 2’de ise 0.5 m/s değerle birbirine yaklaşık değerler elde edilmiştir. Güncel ve gelecek dönem değerleri karşılaştırıldığında ise minimum değerler değişim olmadığı, maksimum ve ortalama değerlerde belirgin azalma yaşandığı analiz edilmiştir. En büyük azalmanın maksimum değerde 0.8 m/s ile senaryo 3 ve senaryo 4’de analiz edilmiştir Ortalama değerlerin tümünde ise 0.2 m/s azalma yaşandığı sonucu elde edilmiştir.

Mevcut durum ve 4 farklı bitki senaryosu için güncel (2022) ve gelecek (2050) dönem kış mevsimi rüzgar hızı haritalarının oluşturulduğu ve karşılaştırıldığı görsel Şekil 4.16’da yer almaktadır.





Şekil 4.16. Çalışma alanı güncel (2022) dönem mevcut durum ve senaryolara ait kış mevsimi rüzgar hızı haritaları

Güncel (2022) dönem kış mevsimi rüzgar hızı analizlerinde mevcut durum ve senaryolarda minimum değerlerin aynı çıktığı. maksimum değerlerde ise en yüksek değeri belirgin farkla senaryo 4'te 3.5 m/s hızla. en düşük değerin ise senaryo 1 ve senaryo 2'de 1.1m/s hızla analiz edildiği sonucuna ulaşılmıştır. Ortalama değerlerde de 1m/s hızla en yüksek hız senaryo 4'de, 0.3 m/s hızla mevcut durum, senaryo 1 ve senaryo 2'de elde edilmiştir.

Analiz sonuçları değerlerinde gelecek (2050) dönem rüzgar hızı analizlerinde minimum değerlerin aynı olduğu. maksimum değerlerin 1.4 m/s hızla mevcut durum, senaryo1, senaryo2 ve senaryo 4'de aynı olduğu, 1.3 m/s hızla senaryo3'de değişiklik gösterdiği, ortalama değerlerde ise tüm değerlerin aynı olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

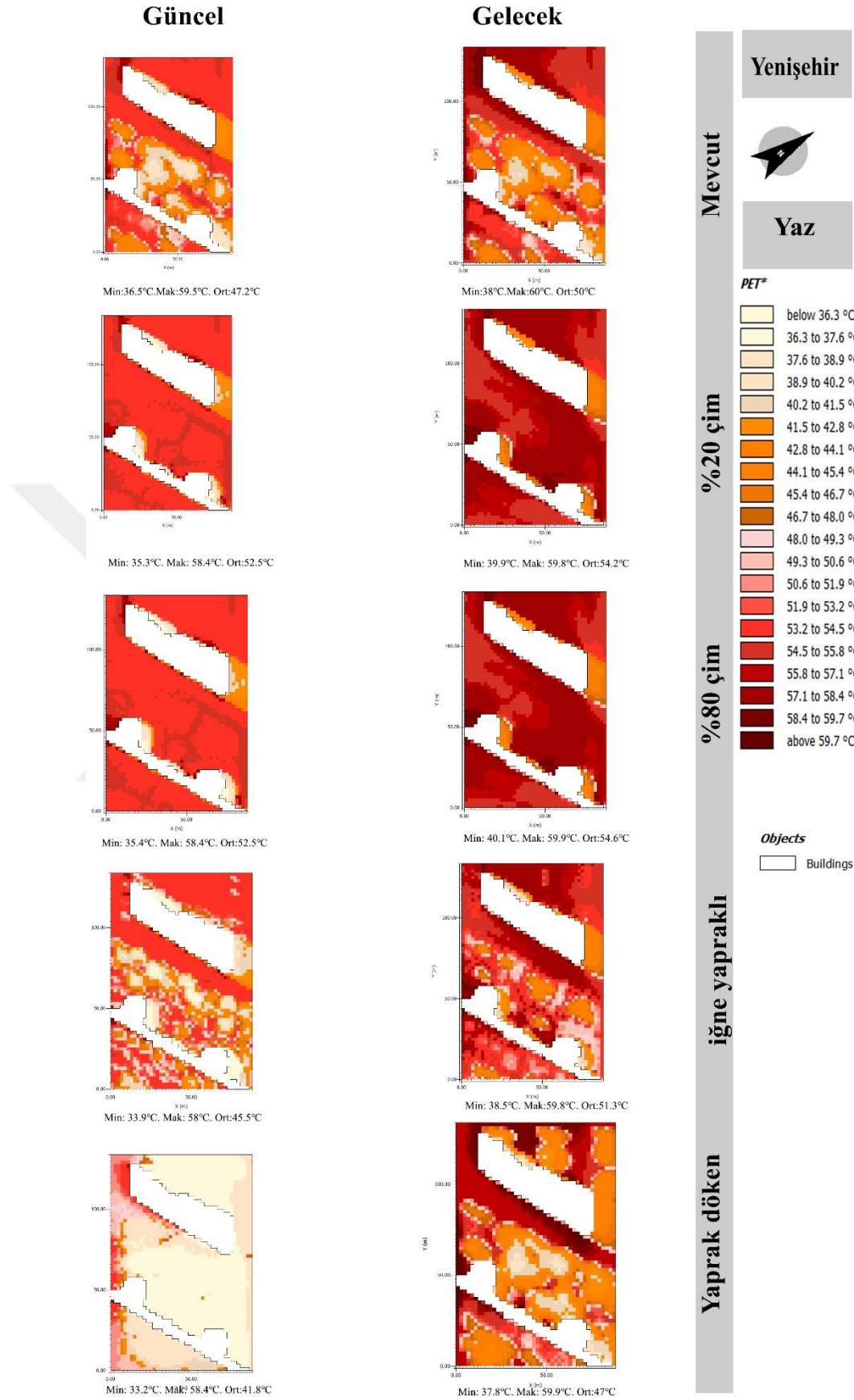
Gelecek ve güncel dönem karşılaştırıldığında minimum değerlerde değişim yaşanmadığı. maksimum değerlerde azalma olduğu, ortalama değerlerde ise sadece senaryo3 ve senaryo 4'de azalma olduğu analiz edilmiştir. En yüksek değişim senaryo 4'de maksimum değerlerde 2.1 m/s hızla azalma olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

4.3.4. Yenişehir bölgesi biyoklimatik konforun tespiti ve iyileştirilmesine yönelik mevcut durum ve bitkisel tasarım senaryolarına göre FES analizleri

Yenişehir bölgesi çalışma alanı güncel (2022) mevcut durum ve senaryoların FES değerlerine ait yaz mevsimi için yapılan analizlerine bakıldığında; mevcut durumda minimum sıcaklık 36.5 °C, maksimum sıcaklık 59.5°C, ortalama sıcaklık 52.5°C çıkmıştır. Senaryo1' de minimum sıcaklık 35.3°C, maksimum sıcaklık 58.4°C, ortalama sıcaklık 41.6°C, senaryo2'de minimum sıcaklık 35.4°C, maksimum sıcaklık ise 58.4°C, ortalama sıcaklık 52.5°C, senaryo3'de minimum sıcaklık 33.9°C, maksimum sıcaklık 58°C, ortalama sıcaklık 45.5°C, senaryo 4'de ise minimum sıcaklık 33.2°C, maksimum sıcaklık ise 58.4°C, ortalama sıcaklık 41.8°C çıkmıştır (Şekil 4.17).

Mevcut durum ve senaryolar arasındaki değerlendirmelerde senaryo3 ve senaryo 4'de minimum değerlerde ciddi azalma, maksimum değerlerde ise en yüksek sonuç mevcut durumda tespit edilmiştir. Ortalama sıcaklık değerlerinde ise senaryo 1 ve senaryo 2'de en yüksek, senaryo 4'de ise mevcut duruma göre 5.4 °C azalma ile olumlu sonuç elde edilmiştir.

Yenişehir bölgesi çalışma alanı gelecek dönem (2050) mevcut durum ve senaryoların FES değerlerine ait yaz mevsimi için yapılan analizlerine bakıldığında; mevcut durumda minimum sıcaklık 38°C, maksimum sıcaklık 60 °C, ortalama sıcaklık 50°C çıkmıştır. Senaryo1' de minimum sıcaklık 39.9°C, maksimum sıcaklık 59.8°C, ortalama sıcaklık 54.2°C, senaryo 2'de minimum sıcaklık 40.1°C, maksimum sıcaklık ise 59.9°C, ortalama sıcaklık 54.6°C, senaryo 3'de minimum sıcaklık 38.5°C, maksimum sıcaklık 59.8°C, ortalama sıcaklık 51.3°C, senaryo 4'de ise minimum sıcaklık 37.8°C, maksimum sıcaklık ise 59.9°C, ortalama sıcaklık 47°C' dir (Şekil 4.17).



Şekil 4.17. Çalışma alanı güncel (2022) ve gelecek (2050) dönem mevcut durum ve senaryolara ait yaz ayı FES analizleri

Çalışma alanı için güncel durum ve gelecek dönem için değerlendirmeler yapıldığında mevcut durumda 2022 yılına oranla 2050 yılı için yaz mevsiminde minimum değerinde 1.5°C, maksimum değerinde 0.5°C, ortalama sıcaklık değerinde ise 2.8°C artış yaşandığı gözlemlenmiştir. Senaryolar incelendiğinde ise güncel durumda olduğu gibi gelecek dönemde de yaprak dökken bitkilerin kullanıldığı senaryo 4 ortalama sıcaklık değerinde en düşük değer ile olumlu yönde sonuç alınmıştır. Ortalama sıcaklık değerlerinde ise 2050 yılı için senaryo 2’de en yüksek, senaryo 4’de ise en düşük değere ulaşıldığı sonucu elde edilmiştir. En düşük ortalama sıcaklığa sahip olan senaryo 4’te güncel duruma göre gelecek dönem için 5.2 °C artış ile önemli bir değişim olduğu tespit edilmiştir.

Yenişehir bölgesi çalışma alanı güncel (2022) mevcut durum ve senaryoların FES değerlerine ait yaz mevsimi için yapılan analizlerine bakıldığında; mevcut durumda minimum sıcaklık 12.2 °C, maksimum sıcaklık 40.1°C, ortalama sıcaklık 23.1°C çıkmıştır. Senaryo1’ de minimum sıcaklık 11.4°C, maksimum sıcaklık 40.6°C. ortalama sıcaklık 22.8°C, Senaryo2’de minimum sıcaklık 11.5°C, maksimum sıcaklık ise 40.5°C, ortalama sıcaklık 23.4°C, Senaryo3’de minimum sıcaklık 11.4°C, maksimum sıcaklık 38.5°C, Senaryo 4’de ise minimum sıcaklık 11.1°C. maksimum sıcaklık ise 39.2°C çıkmıştır (Şekil 4.18).

Yenişehir bölgesi çalışma alanı gelecek (2050) dönem mevcut durum ve senaryoların FES değerlerine ait kış mevsimi için yapılan analizlerine bakıldığında; mevcut durumda minimum sıcaklık 12.5 °C. maksimum sıcaklık 42.6°C. ortalama sıcaklık 20.5°C çıkmıştır. Senaryo 1. senaryo 2. senaryo 3 ve senaryo 4’te minimum değerler mevcut durum ile aynı değerlerde olurken. maksimum değerinde senaryo 1’de 43.8°C, senaryo2’de 44.3°C, senaryo 3’de 40.4°C, senaryo 4’de ise 42.6°C değerleri elde edilmiştir. Ortalama sıcaklık değerlerinde ise mevcut durumda 20.5°C. senaryo 1’de 26.7°C, senaryo 2’de 26.1°C, senaryo 3’de 20.2°C, senaryo 4’de ise 20.8°C sonuçlarına ulaşılmıştır. (Şekil 4.18).

Çalışma alanı için güncel durum ve gelecek dönem için değerlendirmeler yapıldığında 2022 yılına oranla 2050 yılı için kış mevsiminde FES değerleri için mevcut durum ve senaryolar da dahil olmak üzere minimum ve maksimum değerlerde artış yaşandığı gözlemlenmiştir. Senaryolar incelediğinde ise güncel durumda olduğu gibi gelecek dönemde de FES değerinde ibreli bitkilerin kullanıldığı senaryo 3 ile en düşük değer elde edilmiştir. Ortalama FES değerinde en yüksek değer güncel durumda senaryo 4’de, gelecek dönem için ise senaryo 1’de elde edilmiştir.

4.4. Bağlar İlçesi Güncel ve Gelecek Durum Envi-met Analizleri

Bağlar ilçesi kentin çarpık yapılaşma örneğinin en belirgin görüldüğü ilçedir. Çalışma alanı sınırları da bu yapılaşmanın örneğini sergilemektedir. Izgara sistemi ile çalışan Envi-met programında her ızgaranın boyutu 2m x 2m x 2m (x * y * z) olarak ayarlanmış ve bu durumda Z yönünde (yükseklik) 48, Y’de 132 ve X’te 140 ızgara kullanılmıştır. Toplamda alan ise x, y, z sıralaması ile 280*264*96 metre alan büyüklüğündedir. Mevcut durumda betonarme konut alanları, yollar ve yapılar, asfalt yol dokusu bulunmaktadır.

Çalışmada kullanılan iklim verilerinde makine öğrenme tekniğine göre gelecek dönem iklim değerlerinde ki değişimler aşağıda belirtilmiştir;

- Günlük ortalama hava sıcaklığında yaz mevsimi için 2.6°C artış,
- Günlük ortalama hava sıcaklığında kış mevsimi için 1°C artış,
- Günlük ortalama nem miktarında yaz mevsimi için 4.2 g/kg artış,
- Günlük ortalama nem miktarında kış mevsimi için 5.2 g/kg artış,
- Günlük ortalama rüzgar hızında yaz mevsimi için 0.5 m/s azalma,
- Günlük ortalama rüzgar hızında kış mevsimi için 0.6 m/s artma,

analiz sonuçları doğrultusunda elde edilmiştir. Analizlerde kullanılan güncel ve gelecek dönem Bağlar ilçesi iklim değerleri Çizelge 4.6’da belirtilmiştir.

Çizelge 4.6. Bağlar ilçesi çalışma alanı analizlerde kullanılan iklim değerleri

Saat	2022						2050					
	Ortalama Sıcaklık		Ortalama Nem		Rüzgar hızı		Ortalama Sıcaklık		Ortalama Nem		Rüzgar hızı	
	YAZ	KIŞ	YAZ	KIŞ	YAZ	KIŞ	YAZ	KIŞ	YAZ	KIŞ	YAZ	KIŞ
00.00	23.1	0.5	27	84	1.8	0.4	25.7	1.5	35.5	89.2	1.2	1
01.00	21.3	0.2	30	84	1.6	0.3	23.9	1.2	33.5	89.2	1	0.9
02.00	21.8	-0.2	30	86	2.1	0.4	24.4	0.8	35.5	91.2	1.5	1
03.00	22.4	-0.9	35	88	1.5	0.4	25	0.1	39.5	93.2	0.9	1
04.00	27.5	0.5	29	84	2.1	0.3	30.1	1	34.5	89.2	1.5	0.9
05.00	28	0.4	21	72	2.4	0.5	30.6	1.4	28.5	77.2	2.4	1.1
06.00	31.2	3.3	21	71	2.6	0.6	33.8	4.3	25.5	76.2	2	1.2
07.00	32.3	5.4	18	49	2.4	0.9	34.9	6.4	22.5	54.2	1.8	1.5
08.00	34.1	7	19	49	2.3	0.8	36.7	8	19.5	54.2	1.7	1.4
09.00	34.9	8.7	16	44	2.8	0.6	37.5	9.7	17.5	49.2	2.2	1.2
10.00	35.3	9	14	41	2.6	0.4	37.9	10	16.5	46.2	2	1
11.00	36.1	8.9	13	49	2.7	0.6	38.7	9.9	16.5	54.2	2.1	1.2
12.00	38.7	8.7	14	48	2.5	0.6	41.3	9.7	15.5	53.2	2.2	1.2
13.00	36.5	8.4	15	50	2.5	0.8	39.1	9.4	16.5	55.2	1.9	1.4
14.00	34.4	7.2	12	57	2.4	0.3	37	8.2	16.5	65.2	1.8	0.9
15.00	34.7	5.4	16	60	2	0.3	37.3	6.4	16.5	65.2	1.9	0.9
16.00	34.7	5.2	26	62	2	0.2	37.3	6	20.5	67.2	1.4	0.8
17.00	29.6	3.9	20	69	2.4	0.3	32.2	4.9	24.5	74.2	1.8	0.9
18.00	30.8	3.4	18	70	2.1	0.4	33.4	4.4	24.5	75.2	1.5	1
19.00	28.4	2.3	17	71	1.8	0.2	31	3.3	28.5	76.2	1.2	0.8
20.00	29.7	1.7	15	77	2.1	0.4	32.3	2.7	30.5	82.2	1.5	1
21.00	29.4	1.2	15	79	1.8	0.4	32	2.2	29.5	84.2	1.5	1
22.00	26.6	1.4	18	82	2	0.4	29.2	1.9	26.5	84.2	1.4	1
23.00	27.3	1.4	17	85	1.9	0.2	29.9	2.4	27.5	90.2	1.3	0.8
Ortalama	30.3	3.9	19.8	67.1	2.1	0.4	32.9	4.9	25	72.3	1.6	1

Mevcut durumda ve senaryolarda bulunan bitki türleri ve bulunma miktarları aşağıda Çizelge 4.7’de belirtilmiştir;

Çizelge 4.7. Bağlar ilçesi çalışma alanı mevcut durum ve senaryolarda kullanılan bitki türleri ve bulunma miktarları

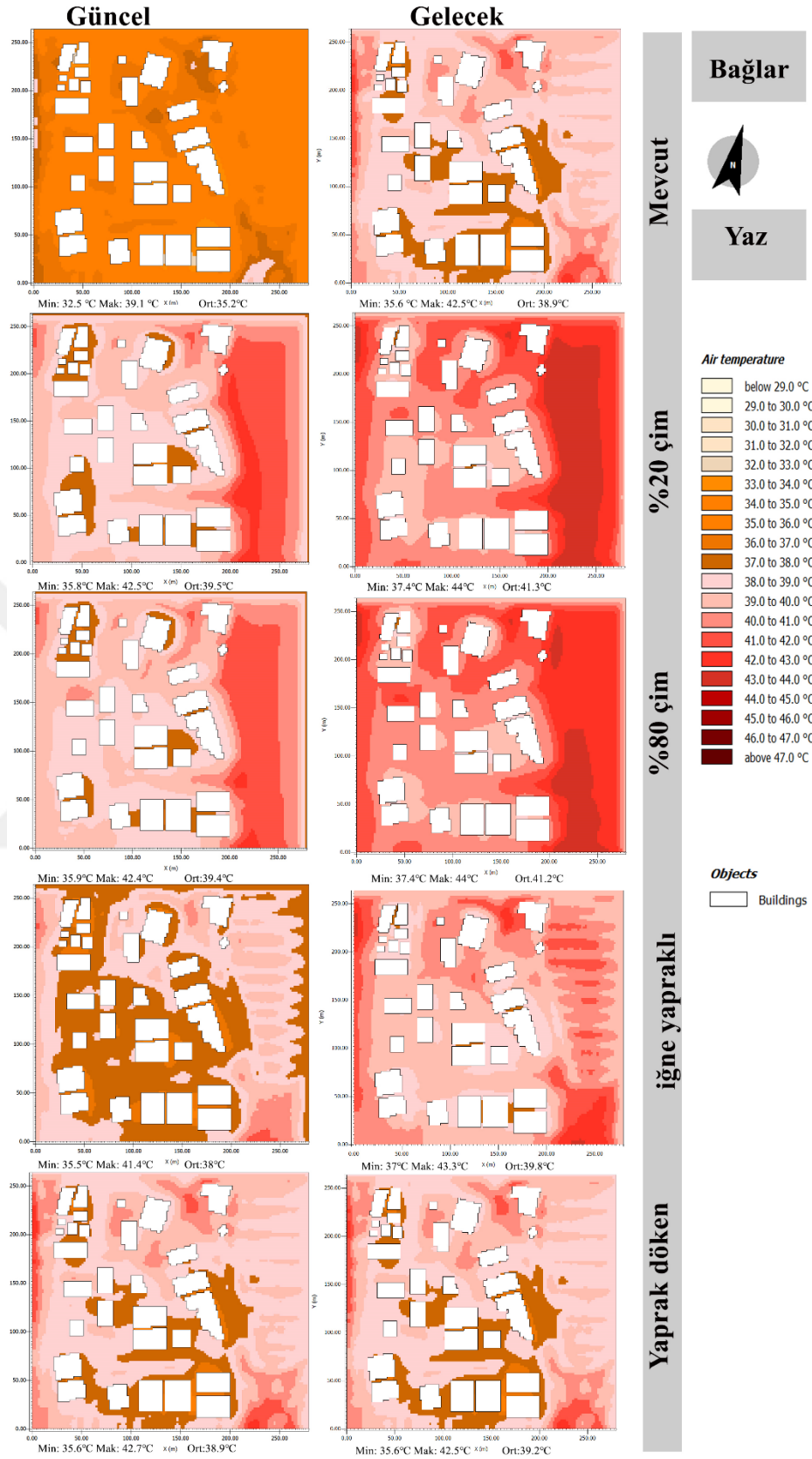
Mevcut durum	<i>Platanus orientalis</i> (4 adet) ve <i>Cercis siliquastrum</i> (11 adet), <i>Tilia tomentosa</i> (2 adet), <i>Robinia pseudoacacia</i> (24 adet), <i>Gleditsia triacanthos</i> (2 adet), Çim alan
Senaryo 1	Çim (Çalışma alanının %20'lik kısmı)
Senaryo 2	Çim (Çalışma alanının %80'lik kısmı)
Senaryo 3	<i>Pinus sylvestris</i> L. (14 adet), <i>Thuja orientalis</i> (82 adet), <i>Cupressus sempervirens</i> (34 adet)
Senaryo 4	<i>Robinia pseudoacacia</i> (35 adet), <i>Platanus orientalis</i> (10 adet), <i>Gleditsia triacanthos</i> (3 adet), <i>Cercis siliquastrum</i> (7 adet), <i>Tilia tomentosa</i> L. (2 adet)

4.4.1. Bağlar ilçesi biyoklimatik konforun tespiti ve iyileştirilmesine yönelik mevcut durum ve bitkisel tasarım senaryolarına göre hava sıcaklığı analizleri

Bağlar bölgesi çalışma alanı güncel (2022) mevcut durum ve senaryoların hava sıcaklığı değerlerine ait yaz mevsimi için yapılan analizlerine bakıldığında; mevcut durumda minimum sıcaklık 32.5°C, maksimum sıcaklık 39.1°C, ortalama sıcaklık 35.2°C çıkmıştır. Senaryo1' de minimum sıcaklık 35.8°C, maksimum sıcaklık 42.5°C, ortalama sıcaklık 39.5°C, senaryo2'de minimum sıcaklık 35.9°C, maksimum sıcaklık ise 42.4°C, ortalama sıcaklık 39.4°C, Senaryo3'de minimum sıcaklık 35.5°C, maksimum sıcaklık 41.4°C, ortalama sıcaklık 38°C, Senaryo 4'de ise minimum sıcaklık 35.6°C, maksimum sıcaklık ise 42.7°C, ortalama sıcaklık 38.9°C çıkmıştır (Şekil 4.19).

Mevcut durum ve senaryolar arasındaki değerlendirmelerde, mevcut duruma göre minimum. maksimum ve ortalama sıcaklık değerleri artış göstermiştir. Minimum sıcaklık değerinde en yüksek artış 3.4°C ile senaryo 2'de, maksimum değerinde 3.6°C sıcaklık ile senaryo 4'de, ortalama değerinde ise 4.3°C sıcaklık ile senaryo 1'de analiz edilmiştir. Güncel durumda karışık bitki kompozisyonunun kentsel alanda bağlar bölgesi için yaz aylarında düşük sıcaklık ortalamaları ile diğer bitki tasarımlarına göre daha olumlu sonuç verdiği gözlemlenmiştir.

Bağlar bölgesi çalışma alanı gelecek dönem (2050) mevcut durum ve senaryoların hava sıcaklığı değerlerine ait yaz mevsimi için yapılan analizlerine bakıldığında; mevcut durumda minimum sıcaklık 35.6°C, maksimum sıcaklık 42.5 °C. ortalama sıcaklık 38.9°C çıkmıştır. Senaryo 1' de minimum sıcaklık 37.4°C, maksimum sıcaklık 44°C, ortalama sıcaklık 41.3°C, senaryo 2'de minimum sıcaklık 37.4°C, maksimum sıcaklık ise 44°C, ortalama sıcaklık 41.2°C, senaryo 3'de minimum sıcaklık 37°C, maksimum sıcaklık 43.3°C, ortalama sıcaklık 39.8°C, senaryo 4'de ise minimum sıcaklık 35.6°C, maksimum sıcaklık ise 42.5°C, ortalama sıcaklık 39.2°C değerleriyle analiz edilmiştir (Şekil 4.19).



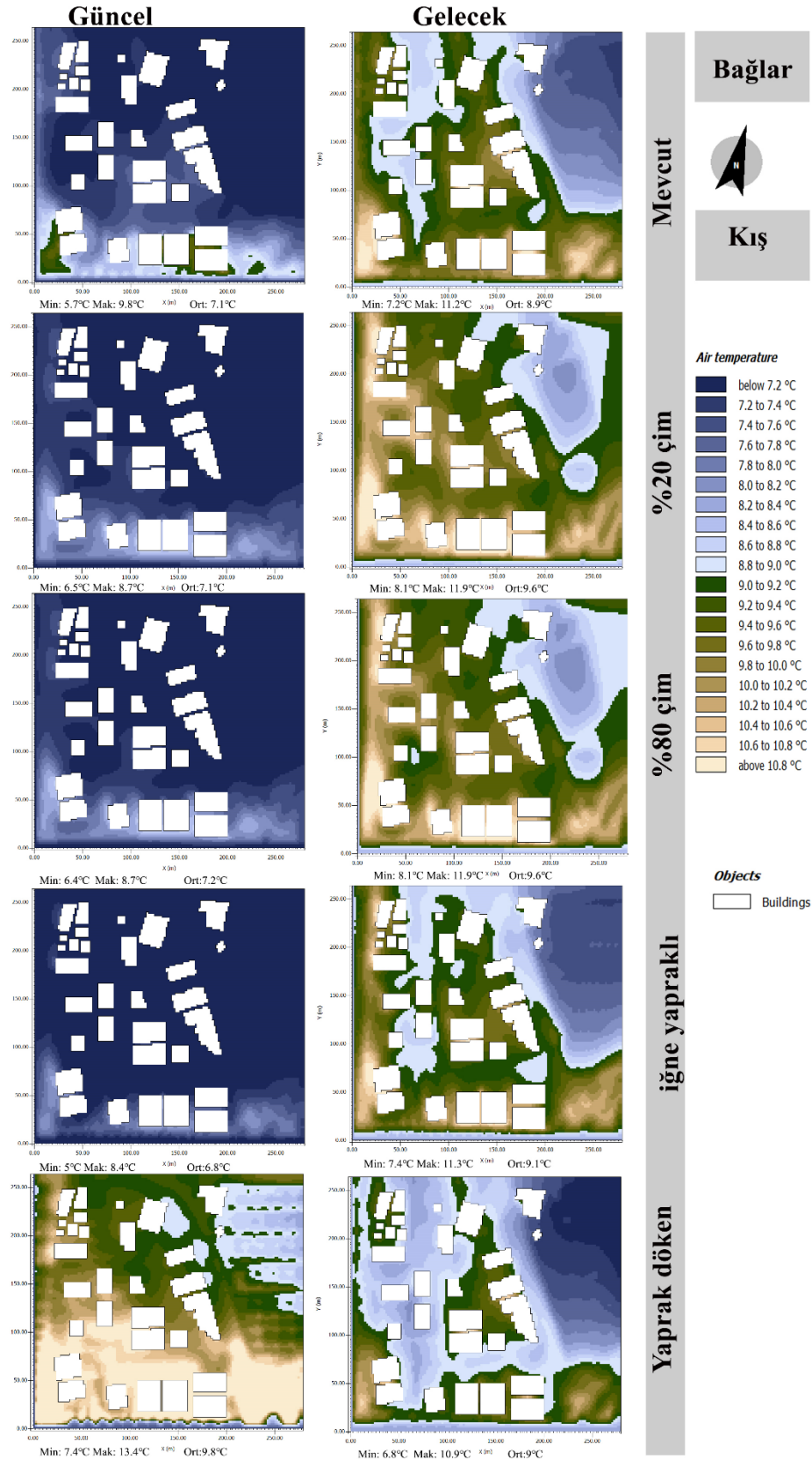
Şekil 4.19. Çalışma alanı güncel (2022) ve gelecek (2050) dönem mevcut durum ve senaryolara ait yaz ayı hava sıcaklığı haritaları

Çalışma alanı güncel ve gelecek dönem için yapılan yaz mevsimi analizlerinde 2050 yılı için 2022 yılına göre değerlendirmeler yapıldığında senaryo 4’de minimum değerde değişim görülmezken. mevcut durum ve diğer senaryolarda artış olduğu analiz edilmiştir. Maksimum ve ortalama değerlerde ise mevcut durum ve senaryoların tümünde artış olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Bağlar bölgesi çalışma alanı güncel (2022) mevcut durum ve senaryoların hava sıcaklığı değerlerine ait kış mevsimi için yapılan analizlerine bakıldığında; mevcut durumda minimum sıcaklık 5.7 °C, maksimum sıcaklık 9.8°C, ortalama sıcaklık 7.1°C çıkmıştır. Senaryo 1’de minimum sıcaklık 6.5°C, maksimum sıcaklık 8.7°C, ortalama sıcaklık 7.1°C, senaryo 2’de minimum sıcaklık 6.4°C, maksimum sıcaklık ise 8.7°C, ortalama sıcaklık 7.2°C, senaryo 3’de minimum sıcaklık 5°C. maksimum sıcaklık 8.4°C, ortalama sıcaklık 6.8°C. senaryo 4’de ise minimum sıcaklık 7.4°C, maksimum sıcaklık ise 8.7°C, ortalama sıcaklık 9.8°C çıkmıştır (Şekil 4.20).

Güncel (2022) dönem mevcut durum ve senaryolardan elde edilen analizler değerlendirildiğinde ortalama sıcaklıklarda en yüksek değerin yaprak döken bitkilerin kullanıldığı senaryo 4’de olduğu, en düşük ise ibreli bitkilerin kullanıldığı senaryo3’de olduğu gözlemlenmiştir.

Bağlar bölgesi çalışma alanı gelecek (2050) dönem mevcut durum ve senaryoların hava sıcaklık değerlerine ait kış mevsimi için yapılan analizlerine bakıldığında; mevcut durumda minimum sıcaklık 9.2 °C, maksimum sıcaklık 10.9°C, ortalama sıcaklık 8°C çıkmıştır. Senaryo 1’de minimum sıcaklık 9.2°C, maksimum sıcaklık 10.9°C, ortalama sıcaklık 8.2°C, senaryo 2’de minimum sıcaklık 9.1°C, maksimum sıcaklık ise 10.7°C, ortalama sıcaklık 7.9°C, senaryo 3’de minimum sıcaklık 9.1°C, maksimum sıcaklık 10.6°C, ortalama sıcaklık 7.9°C, senaryo 4’de ise minimum sıcaklık 8.7°C, maksimum sıcaklık ise 10.9°C, ortalama sıcaklık 7.8°C çıkmıştır (Şekil 4.20).



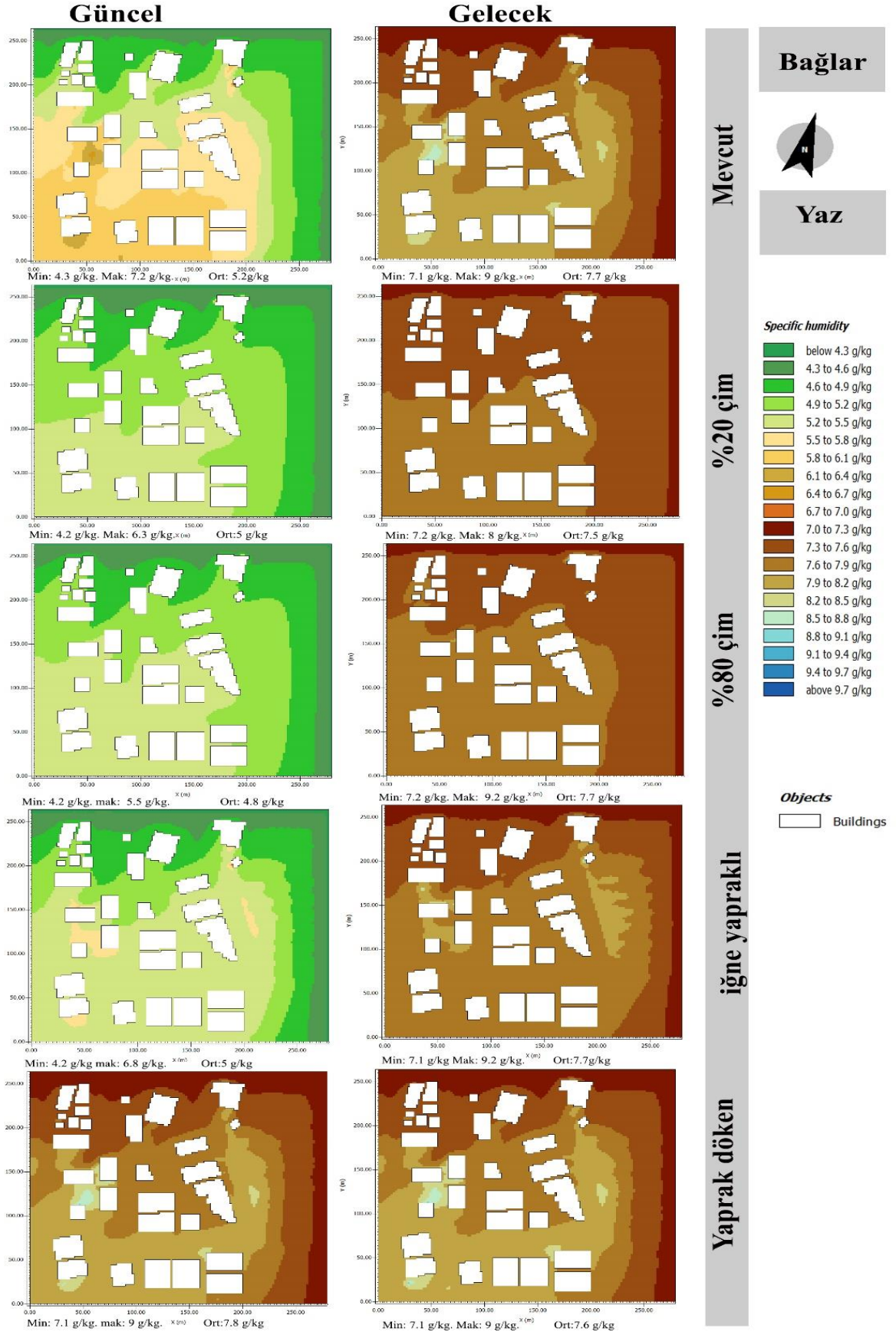
Şekil 4.20. Çalışma alanı güncel (2022) ve gelecek (2050) dönem mevcut durum ve senaryolara ait kış mevsimi hava sıcaklığı haritaları

Bağlar bölgesi kış mevsimi için güncel ve gelecek dönem hava sıcaklığı analizlerinde güncel döneme göre gelecek dönemde mevcut durum ve senaryolarda. Senaryo 4 dışında minimum değerlerin tümünde artış olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Maksimum değerlerin de tümünde sıcaklık artışı olduğu, ortalama değerlerde ise senaryo 4’de azalma. mevcut durum. senaryo 1, senaryo 2 ve senaryo 3’de artış yaşandığı gözlemlenmiştir.

4.4.2. Bağlar bölgesi biyoklimatik konforun tespiti ve iyileştirilmesine yönelik mevcut durum ve bitkisel tasarım senaryolarına göre nispi nem analizleri

Mevcut durum ve 4 farklı bitki senaryosu için güncel (2022) ve gelecek (2050) durum yaz mevsimi nispi nem haritalarının oluşturulduğu ve karşılaştırıldığı görsel Şekil 4.21’de yer almaktadır.





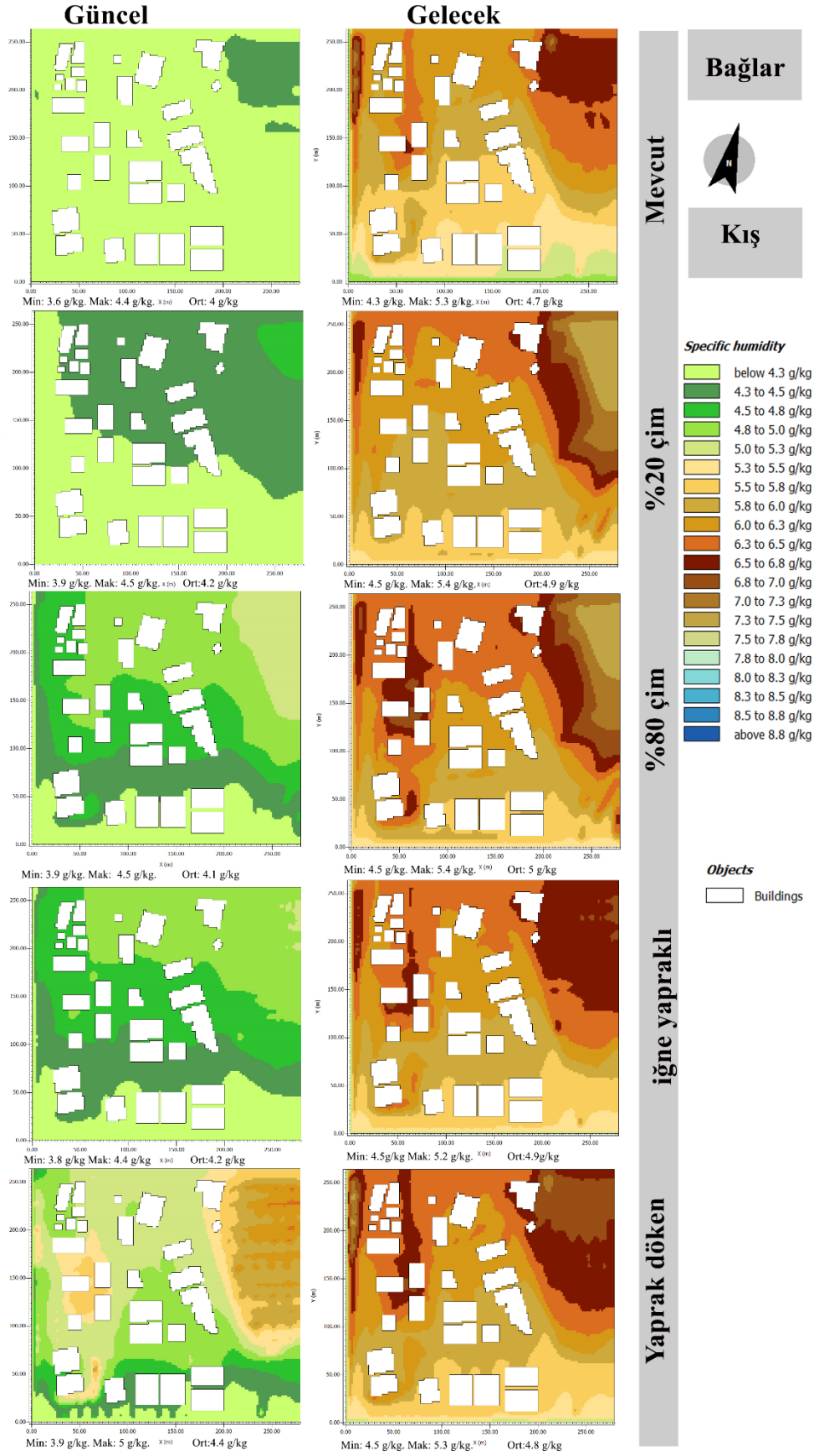
Şekil 4.21. Çalışma alanı güncel (2022) ve gelecek (2050) dönem mevcut durum ve senaryolara ait yaz mevsimi nispi nem miktarı haritaları

Bağlar bölgesi güncel (2022) durum nispi nem haritaları analiz edildiğinde tüm değerlerde en düşük değerin senaryo 2’de. en yüksek değerlerin ise senaryo 4’de olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Gelecek (2050) dönem yaz mevsimi için nem değerlerine bakıldığında minimum değerlerin yakın sonuçlar verdiği. maksimum değerde senaryo 2 ve senaryo 3’de en yüksek. ortalama değerlerde en yüksek değer mevcut durum, senaryo 2 ve senaryo 3’de görülmüştür. Güncel ve gelecek dönem sonuçları karşılaştırıldığında minimum ve maksimum değerde senaryo 4’de değişim gözlenmediği. diğer tüm durumlarda artış yaşandığı. ortalama değerlerde ise sadece senaryo 4’de azalma yaşandığı diğer durumlarda artış olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Mevcut durum ve 4 farklı bitki senaryosu için güncel (2022) ve gelecek (2050) dönem kış mevsimi nispi nem haritalarının oluşturulduğu ve karşılaştırıldığı görsel Şekil 4.22’de yer almaktadır.





Şekil 4.22. Çalışma alanı güncel (2022) ve gelecek (2050) dönem mevcut durum ve senaryolara ait kış mevsimi nispi nem miktarı haritaları

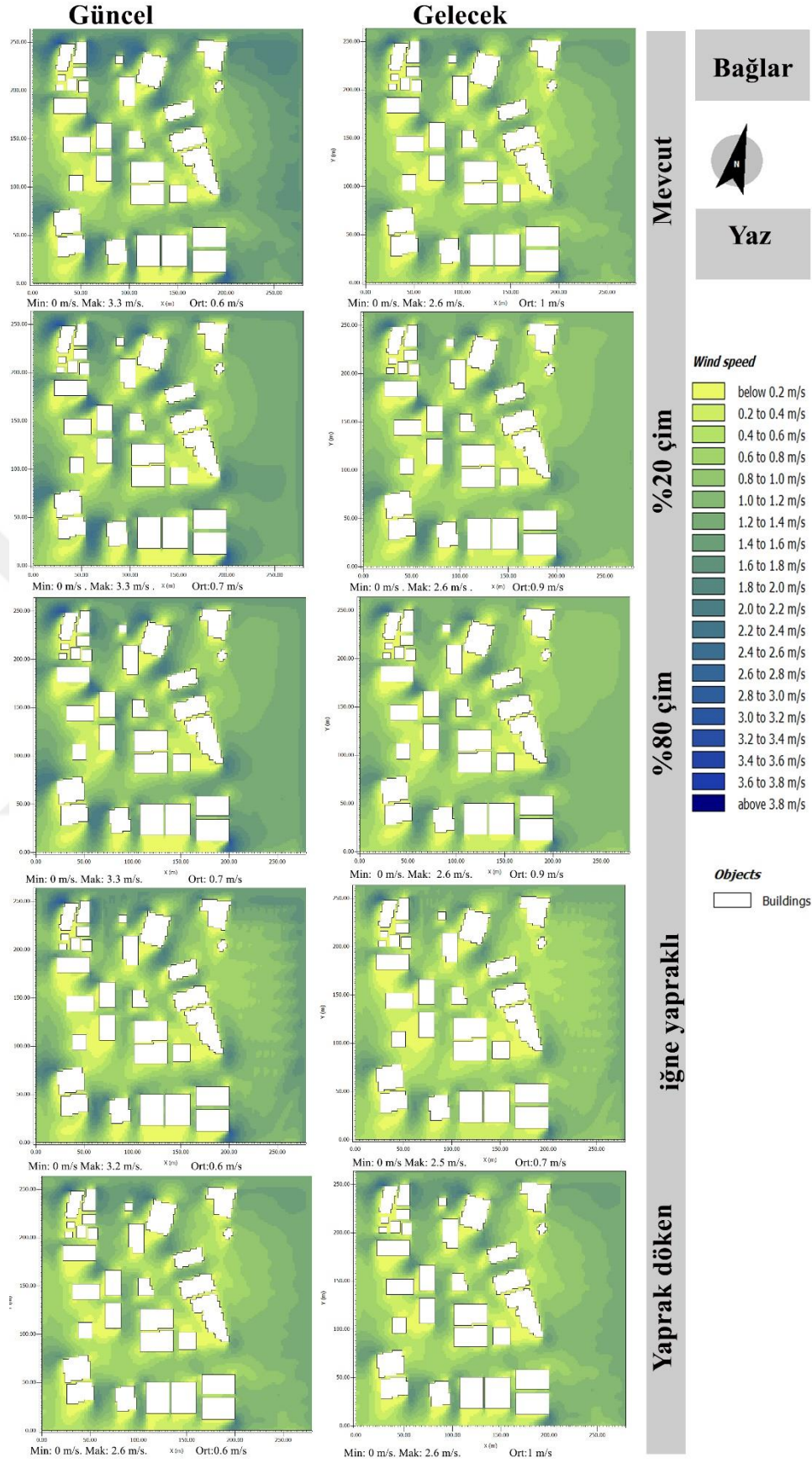
Güncel (2022) durum nem değerlerine bakıldığında minimum değerde 3.6 g/kg nispi nem miktarı ile en düşük değerin mevcut durumda olduğu. 3.9 g/kg nispi nem miktarı ile de yüksek değerin senaryo 1, senaryo 2 ve senaryo 4’de olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Maksimum değerde ise en düşük nispi nem miktarının 4.4 g/kg ile mevcut durum ve senaryo3’de, 5 g/kg ile senaryo 4’de olduğu elde edilmiştir. Ortalama değerde en düşük nispi nem miktarının ise 4 g/kg ile mevcut durumda, 4.4 g/kg ile de senaryo 4’de en yüksek değere ulaştığı görülmüştür.

Gelecek (2050) durum nem değerlerine bakıldığında minimum değerde en düşük değerin 4.3 g/kg ile mevcut durumda. 4.5 g/kg nispi nem değeri de senaryolarda elde edilmiştir. Maksimum değerlerde sonuçların yakın olduğu en düşük değerin 5.2 g/kg nispi nem miktarı ile senaryo3’de olduğu. 5.4 g/kg nispi nem miktarı ile de en yüksek değerin senaryo 1 ve senaryo 2’de olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Ortalama değerlerde de elde edilen sonuçların yakınlık gösterdiği 4.7 g/kg nispi nem miktarı ile en düşük mevcut durumda, 5 g/kg nispi nem miktarı ile de en yüksek değerin senaryo 2’de olduğu analiz edilmiştir.

Gelecek ve güncel kış mevsimi nispi nem miktarları karşılaştırıldığında minimum değerlerin tümünde artış olduğu fakat en yüksek artış miktarının mevcut durum ve senaryo 2’de 0.7 g/kg olduğu, maksimum değerde ise 0.9 g/kg ile en yüksek artışın mevcut durum, senaryo 1 ve senaryo 2’de olduğu analiz edilmiştir. Ortalama değerde ise en yüksek artışın 0.9 g/kg ile senaryo 2’de olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

4.4.3. Bağlar ilçesi biyoklimatik konforun tespiti ve iyileştirilmesine yönelik mevcut durum ve bitkisel tasarım senaryolarına göre rüzgar hızı analizleri

Mevcut durum ve 4 farklı bitki senaryosu için güncel (2022)ve gelecek (2050) durum yaz mevsimi rüzgar hızı haritalarının oluşturulduğu ve karşılaştırıldığı görsel Şekil 4.23’de yer almaktadır.



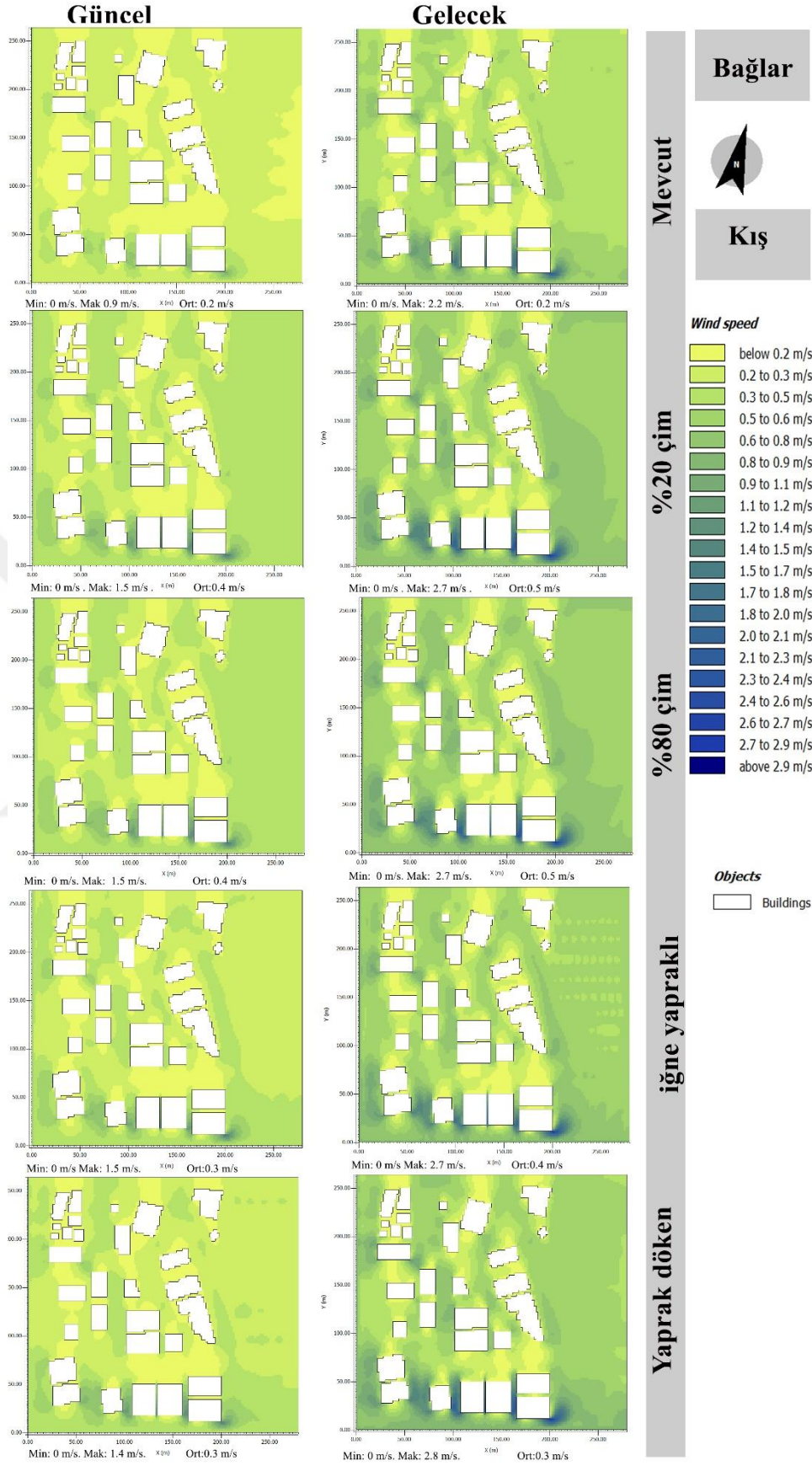
Şekil 4.23. Çalışma alanı güncel (2022) ve gelecek (2050) dönem mevcut durum ve senaryolara ait yaz mevsimi rüzgar hızı haritaları

Güncel (2022) durum rüzgar hızı değerlerine bakıldığında mevcut durum ve tüm senaryolarda minimum değerlerin aynı olduğu sadece. maksimum değerlerde yalnızca 2.6 m/s değerle senaryo 4’de farklı olduğu diğer tüm durumlarda 1.7 m/s değerle aynı olduğu sonucu elde edilmiştir. Ortalama rüzgar hızı değerinde 0.6 m/s değerle mevcut durum. senaryo 3 ve senaryo 4’de aynı sonuç. senaryo 1 ve senaryo 2’de ise 0.6 m/s değerle en düşük sonuç elde edilmiştir.

Gelecek (2050) dönem rüzgar hızı değerleri minimum değerlerin mevcut durum ve senaryolar dahi tüm durumlarda aynı çıktığı sonucuna ulaşılmıştır. Maksimum değerlerde ise senaryo 3 dışında diğer tüm durumlarda 2.6 m/s hızla aynı sonuç elde edilmiştir. Ortalama değerlerde ise 0.7 m/s hızla senaryo 3’de en düşük değer, 1 m/s hızla da karışık bitki örtüsünün bulunduğu mevcut durum ve yaprak döken bitkilerin bulunduğu senaryo 4’de en yüksek değerin elde edildiği sonucuna ulaşılmıştır. Güncel ve gelecek dönem değerleri karşılaştırıldığında ise minimum değerler değişim olmadığı. maksimum değerde senaryo 4’de değişim olmadığı. diğer durumlarda ise güncel duruma göre 0.7 m/s değerinde azalma tespit edilmiştir. Ortalama değerlerde ise tümünde artış olduğu. en fazla artışın 0.4 m/s değerle mevcut durum ve senaryo 4’de olduğu. 0.1 m/s değer ile düşük artış ise senaryo 3’de analiz edilmiştir.

Mevcut durum ve 4 farklı bitki senaryosu için güncel (2022) ve gelecek (2050) dönem kış mevsimi rüzgar hızı haritalarının oluşturulduğu ve karşılaştırıldığı görsel Şekil 4.24’de yer almaktadır.





Şekil 4.24. Çalışma alanı güncel (2022) dönem mevcut durum ve senaryolara ait kış mevsimi rüzgar hızı haritaları

Güncel (2022) dönem kış mevsimi rüzgar hızı analizlerinde mevcut durum ve senaryolarda minimum değerlerin aynı, maksimum değerlerde ise en yüksek ise 1.5 m/s değerle senaryo 1, senaryo 2 ve senaryo 3’de, en düşük ise 0.9 m/s değerle mevcut durumda olduğu olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Ortalama değerlerde ise birbirine yakın değerlerde sonuç alındığı en düşük 0.2 m/s hızla mevcut durumda. en yüksek ise 0.4 m/ s hızla senaryo 1 ve senaryo 2’de olduğu analiz edilmiştir.

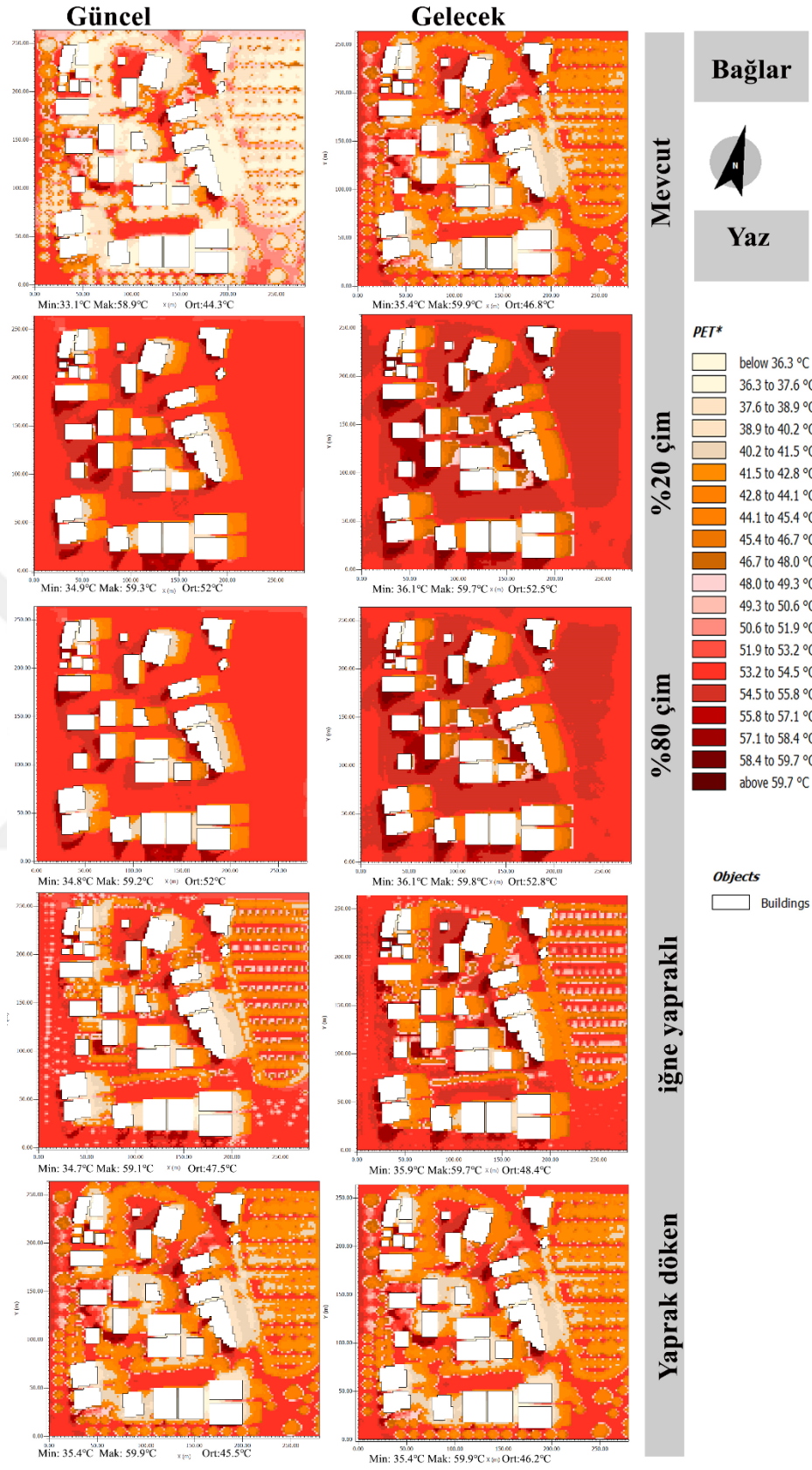
Analiz sonuçları değerlerinde gelecek (2050) dönem rüzgar hızı analizlerinde minimum değerlerin aynı olduğu, maksimum değerlerde 2.8 m/s hızla senaryo 4’de en yüksek. 2.2 m/s hızla mevcut durumda en düşük, ortalama değerlerde ise 0.2 m/s hızla mevcut durumda en düşük, 0.5 m/s hızla ise senaryo 1 ve senaryo 2’de en yüksek değer elde edilmiştir.

Gelecek ve güncel dönem karşılaştırıldığında minimum değerlerde değişim yaşanmadığı. maksimum değerlerde tümünde artış olduğu en fazla artışın 1.4 m/s hız değeri ile senaryo 4’de yaşandığı analiz edilmiştir. Ortalama değerlerde ise mevcut durum ve senaryo 4’de değişim olmadığı, senaryo 1, senaryo 2 ve senaryo 3’de 0.1 m/s değerinde artış olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

4.4.4. Bağlar ilçesi biyoklimatik konforun tespiti ve iyileştirilmesine yönelik mevcut durum ve bitkisel tasarım senaryolarına göre FES analizleri

Bağlar bölgesi çalışma alanı güncel (2022) mevcut durum ve senaryoların FES değerlerine ait yaz mevsimi için yapılan analizlerine bakıldığında; mevcut durumda minimum sıcaklık 33.1°C, maksimum sıcaklık 58.9°C, ortalama sıcaklık 44.3°C çıkmıştır. Senaryo1’ de minimum sıcaklık 34.9°C, maksimum sıcaklık 59.3°C, ortalama sıcaklık 52°C, senaryo2’de minimum sıcaklık 34.8°C, maksimum sıcaklık 59.2°C, ortalama sıcaklık 52°C, senaryo3’de minimum sıcaklık 34.7°C, maksimum sıcaklık 59.1°C, ortalama sıcaklık 47.5°C, senaryo 4’de ise minimum sıcaklık 35.4°C, maksimum sıcaklık ise 59.9°C, ortalama sıcaklık 45.5°C çıkmıştır (Şekil 4.25).

Bağlar bölgesi çalışma alanı gelecek dönem (2050) mevcut durum ve senaryoların FES değerlerine ait yaz mevsimi için yapılan analizlerine bakıldığında; mevcut durumda minimum sıcaklık 35.4°C, maksimum sıcaklık 59.9 °C, ortalama sıcaklık 46.8°C çıkmıştır. Senaryo 1’de minimum sıcaklık 39.9°C, maksimum sıcaklık 59.8°C, ortalama sıcaklık 54.2°C, senaryo 2’de minimum sıcaklık 40.1°C, maksimum sıcaklık ise 59.9°C, ortalama sıcaklık 54.6°C, senaryo 3’de minimum sıcaklık 38.5°C, maksimum sıcaklık 59.8°C, ortalama sıcaklık 51.3°C, senaryo 4’de ise minimum sıcaklık 37.8°C, maksimum sıcaklık ise 59.9°C, ortalama sıcaklık 47°C olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.25).



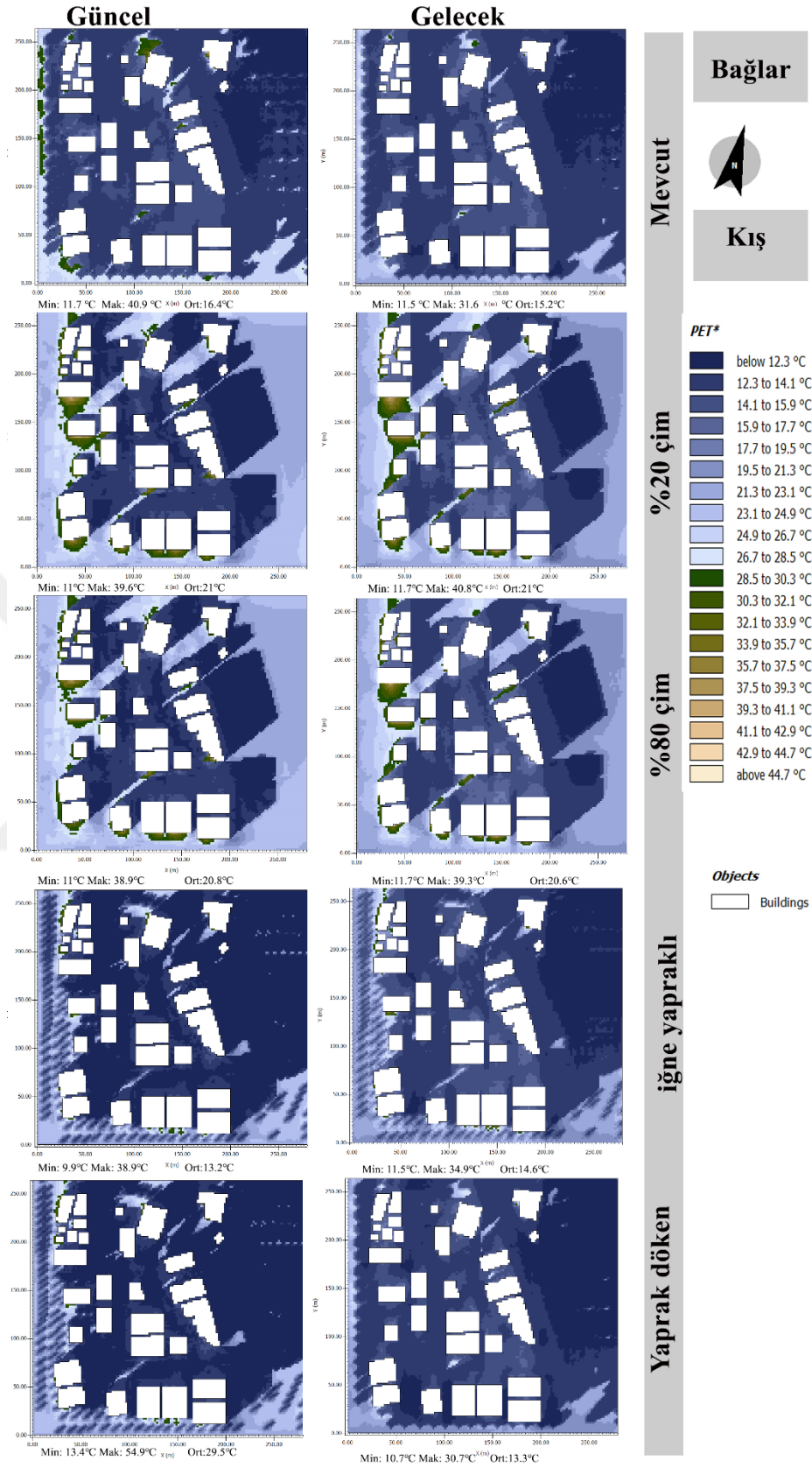
Şekil 4.25. Çalışma alanı güncel (2022) ve gelecek (2050) dönem mevcut durum ve senaryolara ait yaz ayı FES analizleri

Mevcut durum ve senaryolar arasındaki değerlendirmelerde mevcut duruma göre minimum, maksimum ve ortalama değerlerde artış analiz edilmiştir. Ortalama değerlerde mevcut duruma göre en yüksek artış 6.7°C sıcaklık değeri ile senaryo 1 ve senaryo 2’de analiz edilmiştir.

Çalışma alanı için güncel durum ve gelecek dönem için değerlendirmeler yapıldığında mevcut durumda 2022 yılına oranla 2050 yılı için yaz mevsiminde minimum değerinde 2.3°C, maksimum değerde 1°C, ortalama sıcaklık değerinde ise 2.5°C artış yaşandığı gözlemlenmiştir. Ortalama sıcaklıkta en düşük değer güncel durumda 44.3°C sıcaklık ile mevcut durumda, 46.2 °C sıcaklık ile de gelecek dönemde senaryo 4’de elde edilmiştir. Ortalama sıcaklıkta en yüksek değer ise güncel durumda 52°C sıcaklık ile senaryo1 ve senaryo2’de, gelecek dönemde ise 52.8°C ile senaryo2’de analiz edilmiştir.

Bağlar bölgesi çalışma alanı güncel (2022) mevcut durum ve senaryoların FES değerlerine ait kiş mevsimi için yapılan analizlerine bakıldığında; mevcut durumda minimum sıcaklık 11.7 °C, maksimum sıcaklık 40.9°C, ortalama sıcaklık 16.4°C çıkmıştır. Senaryo 1’ de minimum sıcaklık 11°C, maksimum sıcaklık 39.6°C, ortalama sıcaklık 21°C, senaryo 2’de minimum sıcaklık 11°C, maksimum sıcaklık ise 38.9°C, ortalama sıcaklık 20.8°C, senaryo 3’de minimum sıcaklık 9.9°C, maksimum sıcaklık 38.9°C, ortalama sıcaklık 13.2°C, senaryo 4’de ise minimum sıcaklık 11.1°C, maksimum sıcaklık ise 39.2°C, ortalama sıcaklık 29.5°C çıkmıştır (şekil 4.26).

Bağlar bölgesi çalışma alanı gelecek (2050) dönem mevcut durum ve senaryoların FES değerlerine ait kiş mevsimi için yapılan analizlerine bakıldığında; mevcut durumda minimum sıcaklık 11.5 °C, maksimum sıcaklık 31.6°C, ortalama sıcaklık 15.2°C çıkmıştır. Senaryo 1 ve senaryo 2’de minimum sıcaklık 11.7°C, senaryo 1’de maksimum sıcaklık 40.8°C, ortalama sıcaklık 21°C, senaryo 2’de maksimum sıcaklık 39.3°C, ortalama sıcaklık 20.6°C olarak analiz edilmiştir. Senaryo 3’de minimum sıcaklık 11.5°C, maksimum sıcaklık 34.9°C, ortalama sıcaklık 14.6°C. senaryo 4’de ise minimum sıcaklık 10.7°C, maksimum sıcaklık 30.7°C, ortalama sıcaklık ise 13.3°C sonuçları elde edilmiştir (şekil 4.26).



Şekil 4.26. Çalışma alanı güncel (2022) ve gelecek (2050) dönem mevcut durum ve senaryolara ait kış ayı FES analizleri

Çalışma alanı için güncel durum ve gelecek dönem için değerlendirmeler yapıldığında 2022 yılına oranla 2050 yılı için kış mevsiminde FES değerleri için mevcut durumda minimum değerde 0.2°C azalma, maksimum değerde 9.3°C artma, 1.2 °C azalma olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Senaryolar değerlendirildiğinde ise güncel duruma göre gelecek duruma göre minimum değerde senaryo 1, senaryo 2 ve senaryo 3’de artış. senaryo 4’de ise 2.7°C azalma, maksimum değerlerde senaryo 1 ve senaryo 2’de artış, senaryo 3 ve senaryo 4’de azalma olduğu sonucu elde edilmiştir. Ortalama sıcaklıklarda senaryo 1’de sıcaklık değeri değişimi olmadığı, senaryo 2’de azalma. senaryo 3’de artış ve senaryo 4’de 16.2°C ile sıcaklık değerinde önem arz edecek bir azalma analiz edilmiştir

4.5. Kayapınar İlçesi Güncel ve Gelecek Durum Envi-met Analizleri

Kentin özellikle son yirmi yılını kapsayan dönemde gelişim gösteren Kayapınar ilçesi. modern dokulu. yerleşim alanlarının yoğunlukla bulunduğu bölgedir. Izgara sistemi ile çalışan Envi-met programında her ızgaranın boyutu 2m x 2m x 2m (x * y * z) olarak ayarlanmış ve bu durumda Z yönünde (yükseklik) 36, Y’de 117 ve X’te 150 ızgara kullanılmıştır. Toplamda alan ise x, y, z sıralaması ile 300*234*72 metre alan büyüklüğündedir. Mevcut durumda betonarme alanlar, yapılar ve asfalt yollar bulunmaktadır.

Çalışmada kullanılan iklim verilerinde makine öğrenme tekniğine göre gelecek dönem iklim değerlerinde ki değişimler aşağıda belirtilmiştir;

- Günlük ortalama hava sıcaklığında yaz mevsimi için 3.9°C artış,
- Günlük ortalama hava sıcaklığında kış mevsimi için 0.4°C artış,
- Günlük ortalama nem miktarında yaz mevsimi için 1 g/kg artış,
- Günlük ortalama nem miktarında kış mevsimi için 1.4 g/kg azalış,
- Günlük ortalama rüzgar hızında yaz mevsimi için 1 m/s azalma,
- Günlük ortalama rüzgar hızında kış mevsimi için 0.1 m/s artma,

analiz sonuçları doğrultusunda elde edilmiştir. Analizlerde kullanılan güncel ve gelecek dönem Sur bölgesi iklim değerleri Çizelge 4.8’de belirtilmiştir.

Çizelge 4.8.: Kayapınar ilçesi çalışma alanı analizlerde kullanılan iklim değerleri

Saat	2022						2050					
	Ortalama Sıcaklık		Ortalama Nem		Rüzgar hızı		Ortalama Sıcaklık		Ortalama Nem		Rüzgar hızı	
	YAZ	KIŞ	YAZ	KIŞ	YAZ	KIŞ	YAZ	KIŞ	YAZ	KIŞ	YAZ	KIŞ
00.00	24.6	1	34	89	2.3	0.4	28.5	1.3	35.5	90.4	1.3	0.5
01.00	22.4	0.7	34	89	2.9	0.2	26.3	1	33.5	90.4	1.9	0.3
02.00	21	0.3	51	91	3	1.1	24.9	0.6	35.5	92.4	2	1.2
03.00	20.9	-1	50	93	2.8	0.8	24.8	-0.7	39.5	94.4	1.8	0.9
04.00	25.4	0.5	40	89	2	0.4	29.3	0.8	34.5	90.4	1	0.5
05.00	27.9	0.9	33	77	2.2	0.2	31.8	1.2	28.5	78.4	1.2	0.3
06.00	31.5	3.8	21	76	2.7	0.3	35.4	4.1	25.5	77.4	1.7	0.4
07.00	34	5.9	21	54	1.9	0.6	37.9	6.2	22.5	55.4	0.9	0.7
08.00	35.9	7.5	18	54	1.7	0.4	39.8	7.8	19.5	55.4	0.7	0.5
09.00	37.8	9.2	11	49	2	0.4	41.7	9.5	17.5	50.4	1	0.5
10.00	38	9.5	11	46	2.3	0.3	41.9	9.8	16.5	47.4	1.3	0.4
11.00	39	9.4	9	54	2.2	0.8	42.9	9.7	16.5	55.4	1.2	0.9
12.00	39.6	9.2	9	53	2.2	0.7	43.5	9.5	15.5	54.4	1.2	0.8
13.00	40.3	8.9	9	55	2.1	0.4	44.2	9.2	16.5	56.4	1.1	0.5
14.00	39.8	7.7	8	62	2.3	0.9	43.7	8	16.5	63.4	1.3	1
15.00	38.9	5.9	10	65	1.9	1.1	42.8	6.2	16.	66.4	0.9	1.2
16.00	35.2	5.5	16	67	2.1	0.4	39.1	5.8	20.5	68.4	1.1	0.5
17.00	33.1	4.4	16	74	2	0.3	37	4.7	24.5	75.4	1	0.4
18.00	30.9	3.9	18	75	1.8	0.2	34.8	4.2	24.5	76.4	0.8	0.3
19.00	29.1	2.8	33	76	1.2	0.5	33	3.1	28.5	77.4	0.2	0.6
20.00	28.1	2.2	27	82	1.5	0.6	32	5.5	30.5	83.4	0.5	0.7
21.00	25.4	1.7	35	84	2	0.3	29.3	2	29.5	85.4	1	0.4
22.00	26.2	1.4	31	87	1.1	0.3	31.1	1.7	26.5	88.4	0.1	0.4
23.00	24.8	1.9	31	90	1.5	0.4	28.7	2.2	27.5	91.4	0.5	0.5
Ortalama	31.2	4.3	24	72.1	2	0.5	35.1	4.7	25	73.5	1	0.6

Mevcut durumda ve senaryolarda bulunan bitki türleri ve bulunma miktarları aşağıda Çizelge 4.9’da belirtilmiştir;

Çizelge 4.9. Kayapınar ilçesi çalışma alanı mevcut durum ve senaryolarda kullanılan bitki türleri ve bulunma miktarları

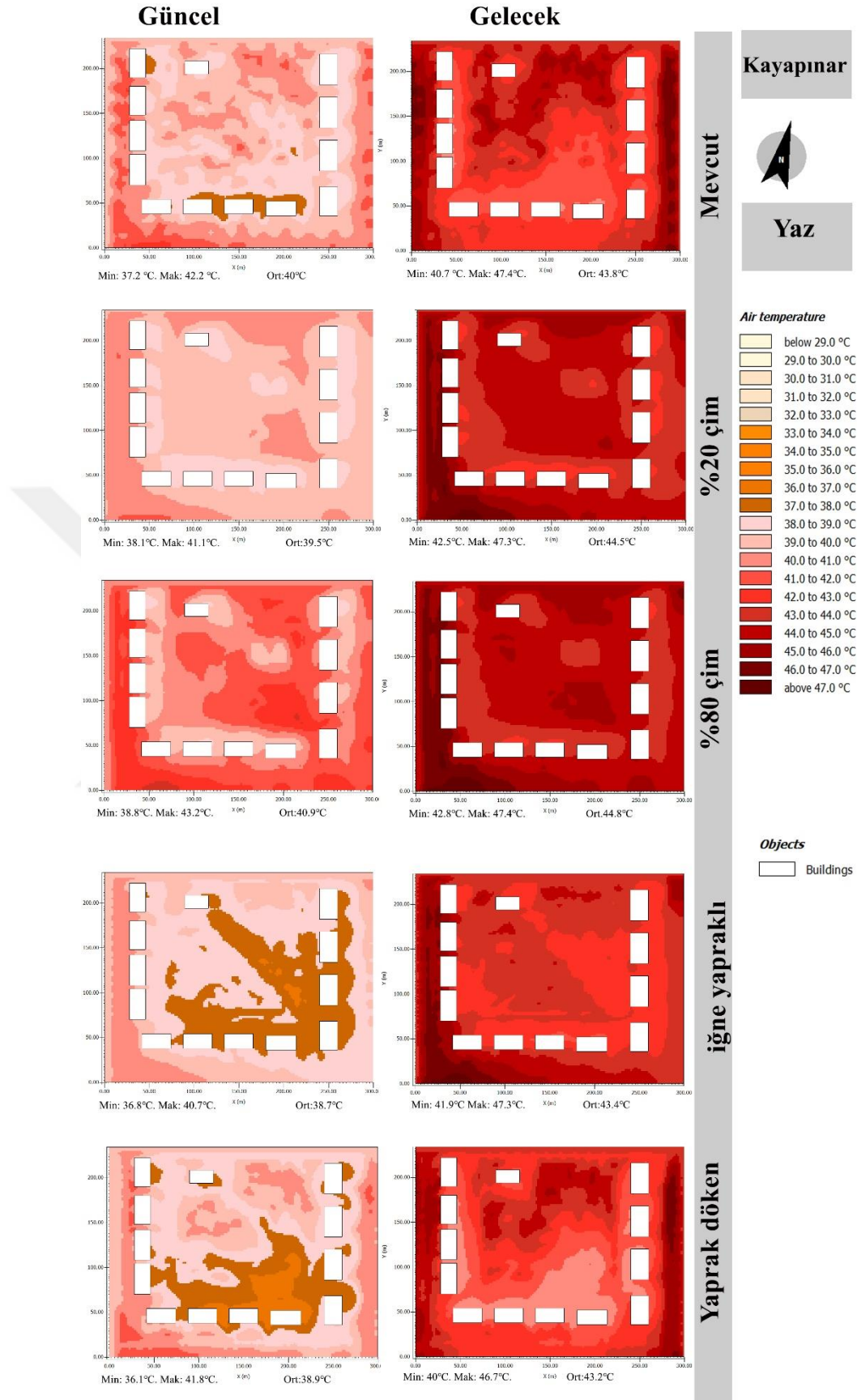
Mevcut durum	<i>Cupressus sempervirens</i> (120). <i>Fraxinus excelsior</i> (41 adet). <i>Acer campestre</i> (10 adet). <i>Acer platanoides</i> (33 adet), <i>Pinus sylvestris</i> L. (10 adet). Çim alan
Senaryo 1	Çim (Çalışma alanının %20'lik kısmı)
Senaryo 2	Çim (Çalışma alanının %80'lik kısmı)
Senaryo 3	<i>Pinus sylvestris</i> L. (62 adet). <i>Thuja orientalis</i> (50 adet). <i>Cupressus sempervirens</i> (60 adet)
Senaryo 4	<i>Robinia pseudoacacia</i> (40 adet). <i>Platanus orientalis</i> (44 adet). <i>Gleditsia triacanthos</i> (22 adet), <i>Cercis siliquastrum</i> (27 adet), <i>Tilia tomentosa</i> L.(10 adet)

4.5.1. Kayapınar bölgesi biyoklimatik konforun tespiti ve iyileştirilmesine yönelik mevcut durum ve bitkisel tasarım senaryolarına göre hava sıcaklığı analizleri

Kayapınar bölgesi çalışma alanı güncel (2022) mevcut durum ve senaryoların hava sıcaklığı değerlerine ait yaz mevsimi için yapılan analizlerine bakıldığında; mevcut durumda minimum sıcaklık 37.2 °C, maksimum sıcaklık 42.2°C, ortalama sıcaklık 40°C çıkmıştır. Senaryo 1'de minimum sıcaklık 38.1°C, maksimum sıcaklık 41.1°C, ortalama sıcaklık 39.5°C, senaryo 2'de minimum sıcaklık 38.8°C, maksimum sıcaklık ise 43.2°C, ortalama sıcaklık 40.9°C, senaryo 3'de minimum sıcaklık 36.8°C, maksimum sıcaklık 40.7°C, ortalama sıcaklık 38.7°C, senaryo 4'de ise minimum sıcaklık 36.1°C, maksimum sıcaklık ise 41.8°C, ortalama sıcaklık 38.9°C çıkmıştır (Şekil 4.27).

Mevcut durum ve senaryolar arasındaki değerlendirmelerde. minimum değerlerde mevcut durumuma göre senaryo 1 ve senaryo 2'de artış olduğu. senaryo 3 ve senaryo 4'de azalma olduğu tespit edilmiştir. Maksimum değerlerde ise mevcut duruma göre sadece senaryo 2'de artma, diğer tüm senaryolarda azalma olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Ortalama değerlerde ise mevcut duruma göre 1.3°C sıcaklık farkı ile senaryo3'de en yüksek azalma olduğu, senaryo 2'de ise artış olduğu sonucu analiz edilmiştir.

Bağlar bölgesi çalışma alanı gelecek dönem (2050) mevcut durum ve senaryoların hava sıcaklığı değerlerine ait yaz mevsimi için yapılan analizlerine bakıldığında; mevcut durumda minimum sıcaklık 40.7°C, maksimum sıcaklık 47.4 °C, ortalama sıcaklık 43.8°C çıkmıştır. Senaryo 1'de minimum sıcaklık 42.5°C, maksimum sıcaklık 47.3°C, ortalama sıcaklık 44.5°C, senaryo 2'de minimum sıcaklık 42.8°C, maksimum sıcaklık ise 47.4°C, ortalama sıcaklık 44.8°C, senaryo 3'de minimum sıcaklık 41.9°C, maksimum sıcaklık 47.3°C, ortalama sıcaklık 43.4°C, senaryo 4'de ise minimum sıcaklık 40°C, maksimum sıcaklık ise 46.7°C, ortalama sıcaklık 43.2°C değerleriyle analiz edilmiştir (Şekil 4.27).



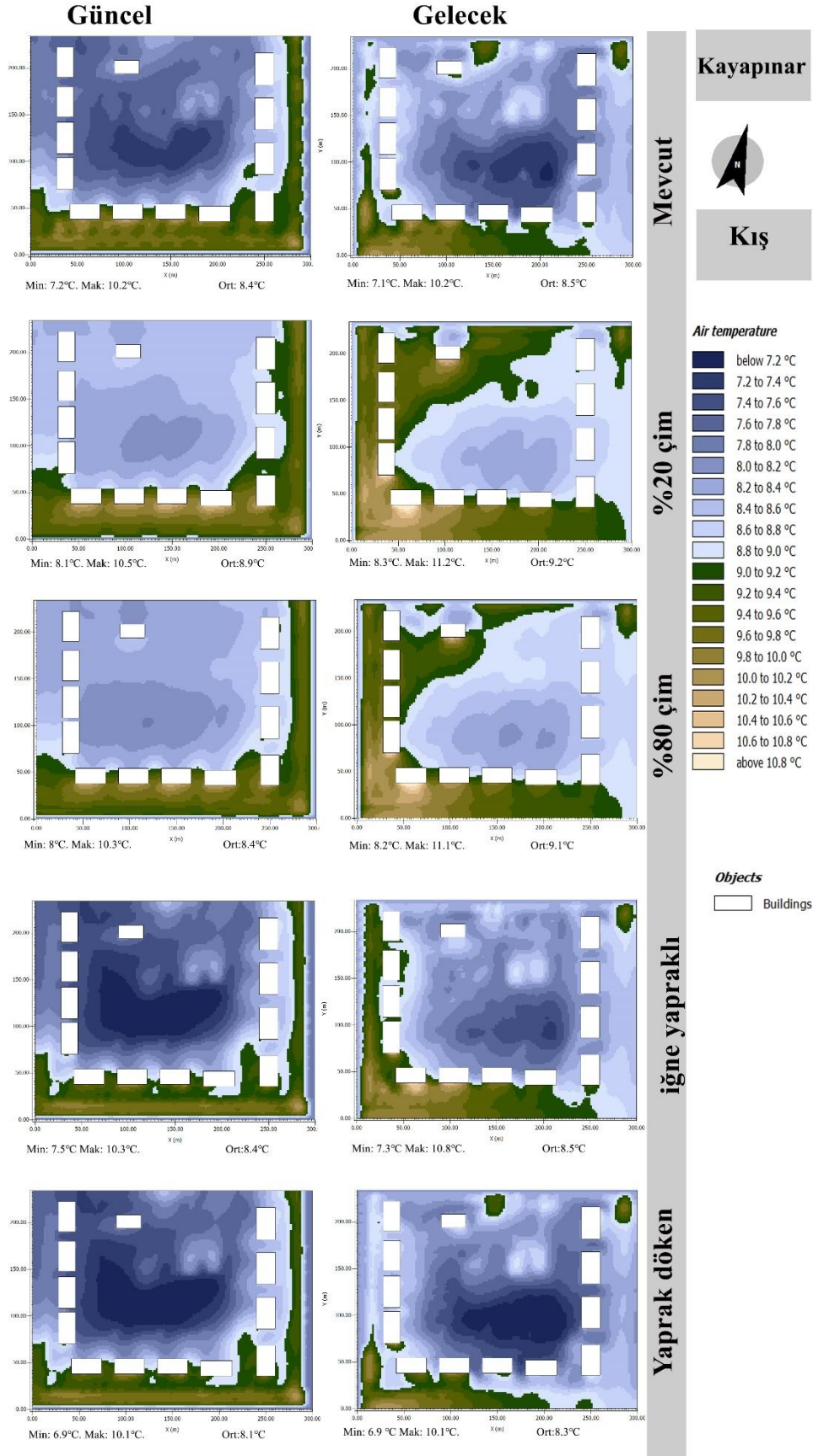
Şekil 4.27. Çalışma alanı güncel (2022) ve gelecek (2050) dönem mevcut durum ve senaryolara ait yaz ayı hava sıcaklığı analizleri

Çalışma alanı güncel ve gelecek dönem için yapılan yaz mevsimi analizlerinde 2050 yılı için 2022 yılına göre değerlendirmeler yapıldığında mevcut durum ve senaryolar da dahil tüm durumlarda sıcaklık artışı olduğu analiz edilmiştir. Güncel durumda ortalama hava sıcaklığı değerlendirildiğinde en konforlu alan senaryo 3 olduğu. gelecek dönemde ise senaryo 4 olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Kayapınar bölgesi çalışma alanı güncel (2022) mevcut durum ve senaryoların hava sıcaklığı değerlerine ait kış mevsimi için yapılan analizlerine bakıldığında; mevcut durumda minimum sıcaklık 7.2°C, maksimum sıcaklık 10.2°C, ortalama sıcaklık 8.4°C çıkmıştır. Senaryo 1’de minimum sıcaklık 8.1°C, maksimum sıcaklık 10.5°C, ortalama sıcaklık 8.9°C, senaryo 2’de minimum sıcaklık 8°C, maksimum sıcaklık ise 10.3°C, ortalama sıcaklık 8.4°C, senaryo 3’de minimum sıcaklık 7.5°C, maksimum sıcaklık 10.3°C, ortalama sıcaklık 8.4°C, senaryo 4’de ise minimum sıcaklık 6.9°C, maksimum sıcaklık ise 10.1°C, ortalama sıcaklık 8.1°C çıkmıştır (Şekil 4.28).

Güncel (2022) dönem mevcut durum ve senaryolardan elde edilen analizler değerlendirildiğinde ortalama sıcaklıklarda en yüksek değerin çim bitkilerin %20 oranında kullanıldığı senaryo 1’de, en düşük değerin ise yaprak döken bitkilerin kullanıldığı senaryo 4’de olduğu gözlemlenmiştir.

Kayapınar bölgesi çalışma alanı gelecek (2050) dönem mevcut durum ve senaryoların hava sıcaklık değerlerine ait kış mevsimi için yapılan analizlerine bakıldığında; mevcut durumda minimum sıcaklık 7.1 °C, maksimum sıcaklık 10.2°C, ortalama sıcaklık 8.5°C çıkmıştır. Senaryo 1’de minimum sıcaklık 8.3°C, maksimum sıcaklık 11.2°C, ortalama sıcaklık 9.2°C, senaryo 2’de minimum sıcaklık 8.2°C, maksimum sıcaklık ise 11.1°C, ortalama sıcaklık 9.1°C, senaryo 3’de minimum sıcaklık 7.3°C, maksimum sıcaklık 10.8°C, ortalama sıcaklık 8.5°C, senaryo 4’de ise minimum sıcaklık 6.9°C, maksimum sıcaklık ise 10.1°C, ortalama sıcaklık 8.3°C analiz edilmiştir (Şekil 4.28).



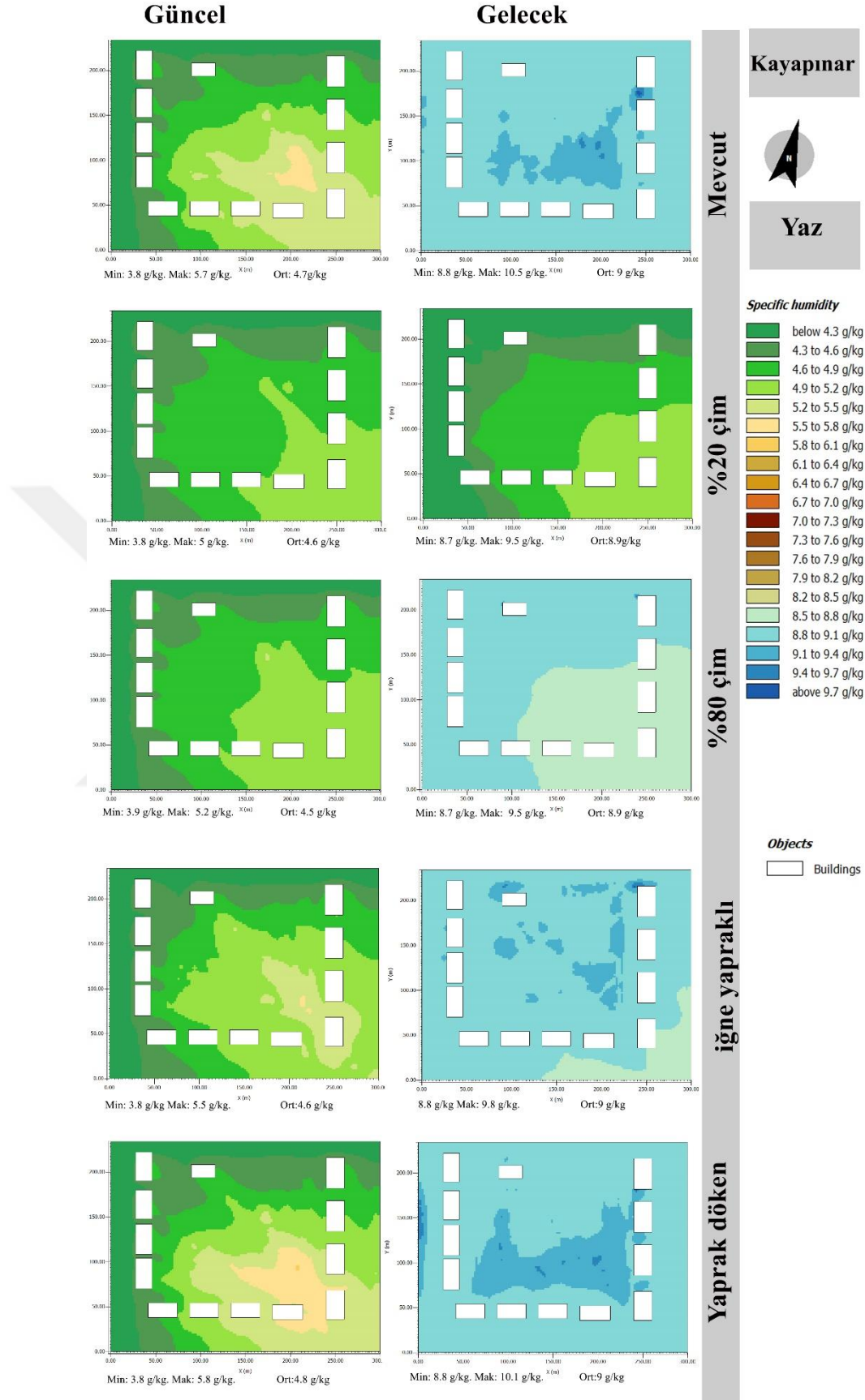
Şekil 4.28. Çalışma alanı güncel (2022) ve gelecek (2050) dönem mevcut durum ve senaryolara ait kış ayı hava sıcaklığı analizleri

Kayapınar bölgesi kış mevsimi için güncel ve gelecek dönem hava sıcaklığı analizlerinde güncel döneme göre gelecek dönemde mevcut durumda minimum değerde sadece 0.1 °C değerinde azalma, maksimum değerde değişim olmadığı. ortalama değerde ise 0.1°C sıcaklık artışı olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Senaryolarda tüm durumlarda ortalama sıcaklık değerinde artış olduğu analiz edilmiştir.

4.5.2. Kayapınar bölgesi biyoklimatik konforun tespiti ve iyileştirilmesine yönelik mevcut durum ve bitkisel tasarım senaryolarına göre nispi nem analizleri

Mevcut durum ve 4 farklı bitki senaryosu için güncel (2022) ve gelecek (2050) dönem yaz mevsimi nispi nem haritalarının oluşturulduğu ve karşılaştırıldığı görsel Şekil 4.29’da yer almaktadır.





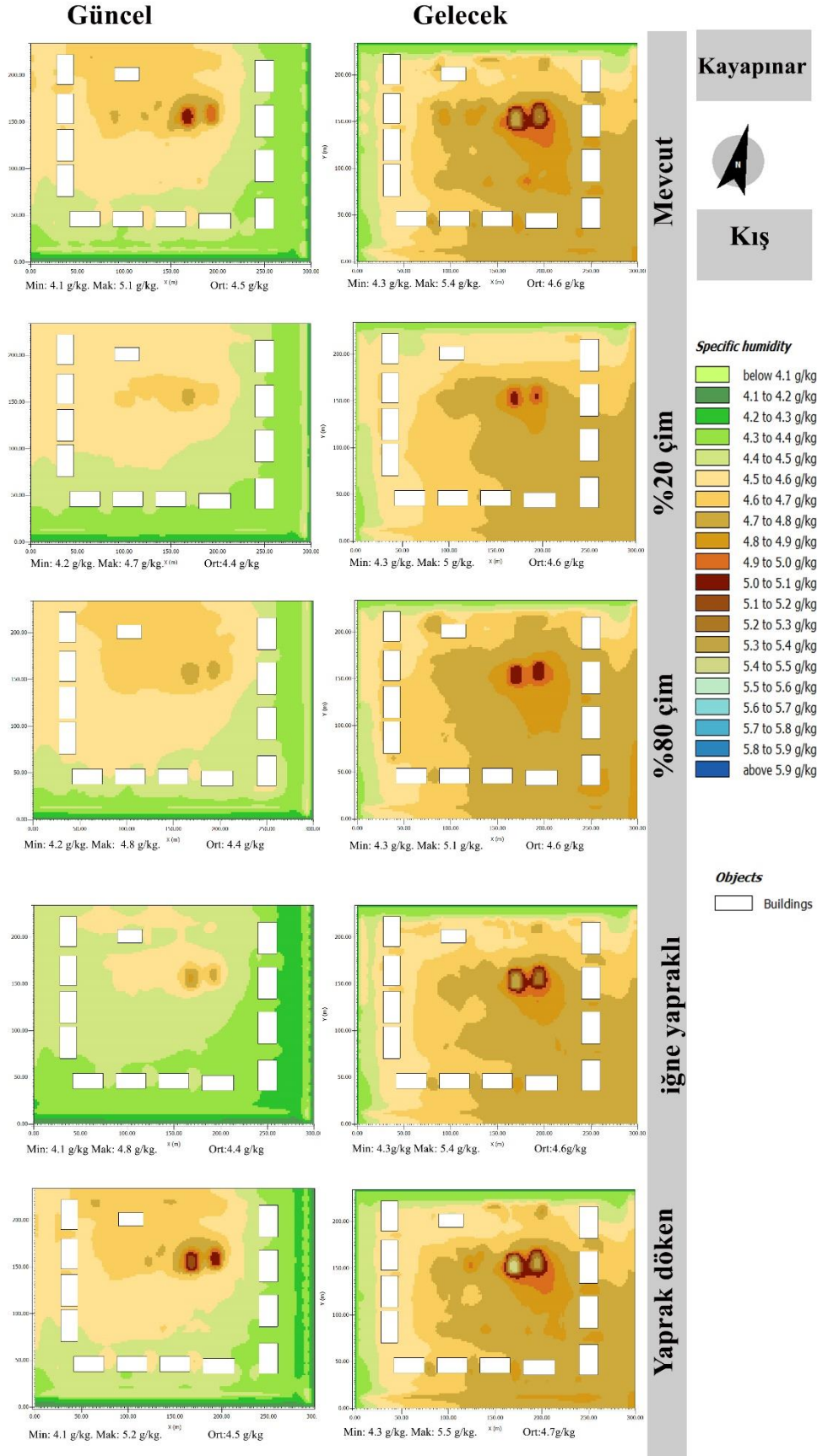
Şekil 4.29. Çalışma alanı güncel (2022) ve gelecek (2050) dönem mevcut durum ve senaryolara ait yaz mevsimi nispi nem miktarı haritaları

Kayapınar bölgesi güncel (2022) durum nispi nem haritaları analiz edildiğinde mevcut durum ve senaryolar dahil tüm durumlarda minimum değerlerin benzerlik gösterdiği, maksimum değerlerde en yüksek değerin senaryo 4’de olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Ortalama değerlerde ise en düşük nem değerinin senaryo 2’de olduğu, en yüksek değerin ise senaryo 4’de olduğu analiz edilmiştir.

Gelecek (2050) dönem nem değerlerine bakıldığında minimum değerlerin yakın sonuçlar verdiği, maksimum senaryo 4’de en yüksek, ortalama değerlerde en yüksek değer mevcut durum, senaryo 3 ve senaryo 4’de görülmüştür. Güncel ve gelecek dönem sonuçları karşılaştırıldığında minimum, maksimum ve ortalama değerlerin tümünde artış yaşandığı sonucuna ulaşılmıştır.

Mevcut durum ve 4 farklı bitki senaryosu için güncel (2022) ve gelecek (2050) dönem kış mevsimi nispi nem haritalarının oluşturulduğu ve karşılaştırıldığı görsel Şekil 4.30’da yer almaktadır.





Şekil 4.30. Çalışma alanı güncel (2022) ve gelecek (2050) dönem mevcut durum ve senaryolara ait kış mevsimi nispi nem miktarı haritaları

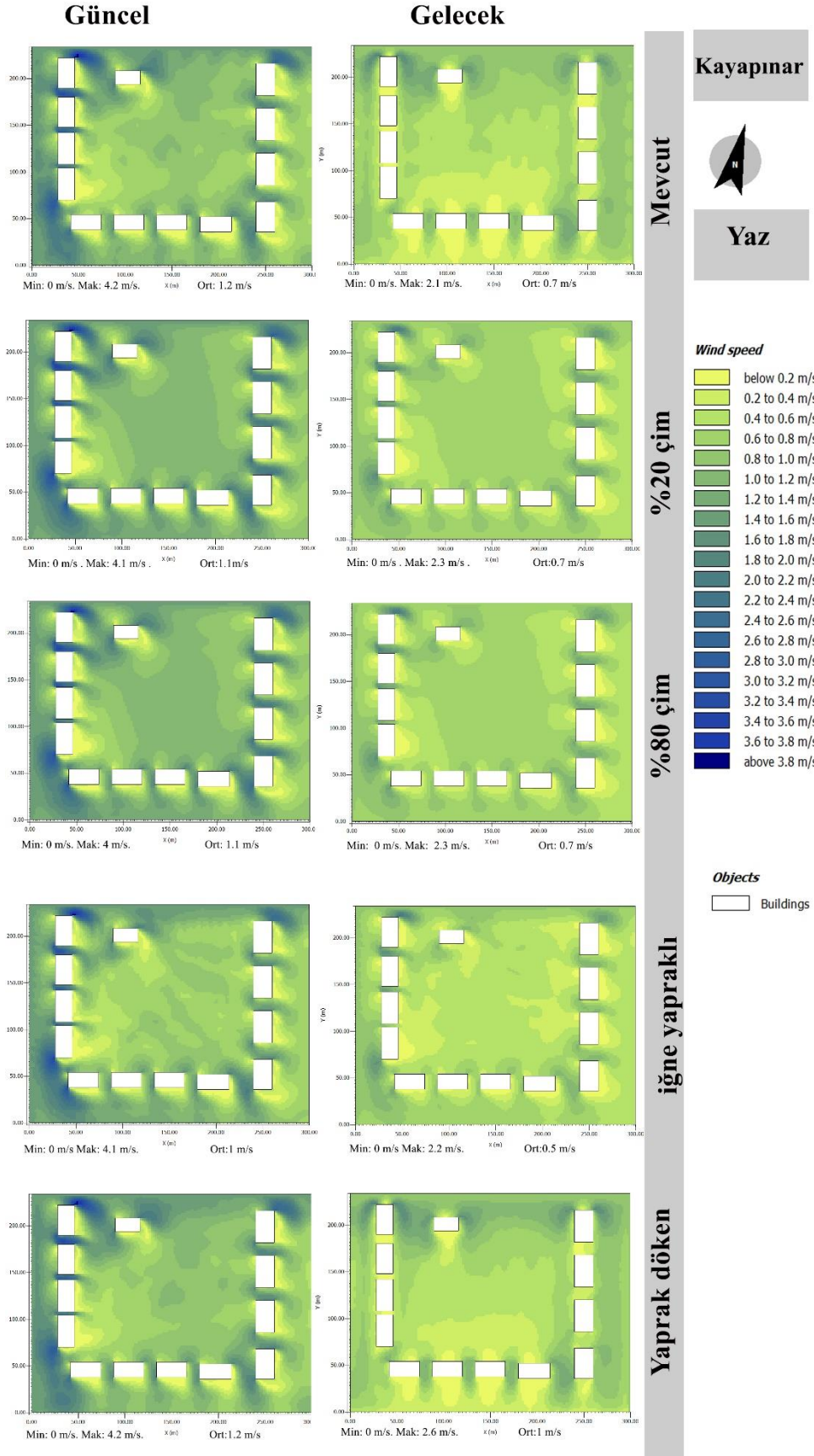
Güncel (2022) durum nem değerlerine bakıldığında minimum değerde 4.1 g/kg nispi nem miktarı ile en düşük değerin mevcut durum. senaryo 3 ve senaryo 4’de olduğu, 4.2 g/kg nispi nem miktarı ile de yüksek değerin senaryo 1 ve senaryo 2’de olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Maksimum değerde ise en düşük nispi nem miktarının 4.7 g/kg ile senaryo 1’de, 5.2 g/kg ile senaryo 4’de olduğu elde edilmiştir. Ortalama değerde en düşük nispi nem miktarının ise 4.4 g/kg ile senaryo 1, senaryo 2 ve senaryo 3’de, 4.5 g/kg ile de mevcut durum ve senaryo 4’de en yüksek değere ulaştığı görülmüştür.

Gelecek (2050) durum nem değerlerine bakıldığında minimum değerde 4.3 g/kg ile tüm durumlarda aynı olduğu. maksimum değerlerde sonuçların yakınlık gösterdiği en düşük değerin 5 g/kg nispi nem miktarı ile mevcut durumda. 5.5 g/kg nispi nem miktarı ile de en yüksek değerin senaryo 4’de olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Ortalama değerlerde de elde edilen sonuçların 4.6 g/kg nispi nem miktarı ile en düşük değerin mevcut durumda senaryo 1, senaryo 2, senaryo 3’de 4.7 g/kg nispi nem miktarı ile de en yüksek değerin senaryo 4’de olduğu analiz edilmiştir.

Güncel ve gelecek kış mevsimi nispi nem miktarları karşılaştırıldığında minimum değerlerin tümünde az miktarda artış olduğu. maksimum değerlerde de tüm durumlarda artma olduğu fakat en yüksek artışın 0.6 g/kg ile senaryo 3’de olduğu analiz edilmiştir. Ortalama değerlerde ise mevcut durumda güncel duruma göre gelecek dönemde 0.1 g/kg artış, senaryolarda ise 0.2 g/kg artış olduğu sonucu alınmıştır.

4.5.3. Kayapınar ilçesi biyoklimatik konforun tespiti ve iyileştirilmesine yönelik mevcut durum ve bitkisel tasarım senaryolarına göre rüzgar hızı analizleri

Mevcut durum ve 4 farklı bitki senaryosu için güncel (2022) ve gelecek (2050) dönem yaz mevsimi rüzgar hızı haritalarının oluşturulduğu ve karşılaştırıldığı görsel Şekil 4.31’de yer almaktadır.



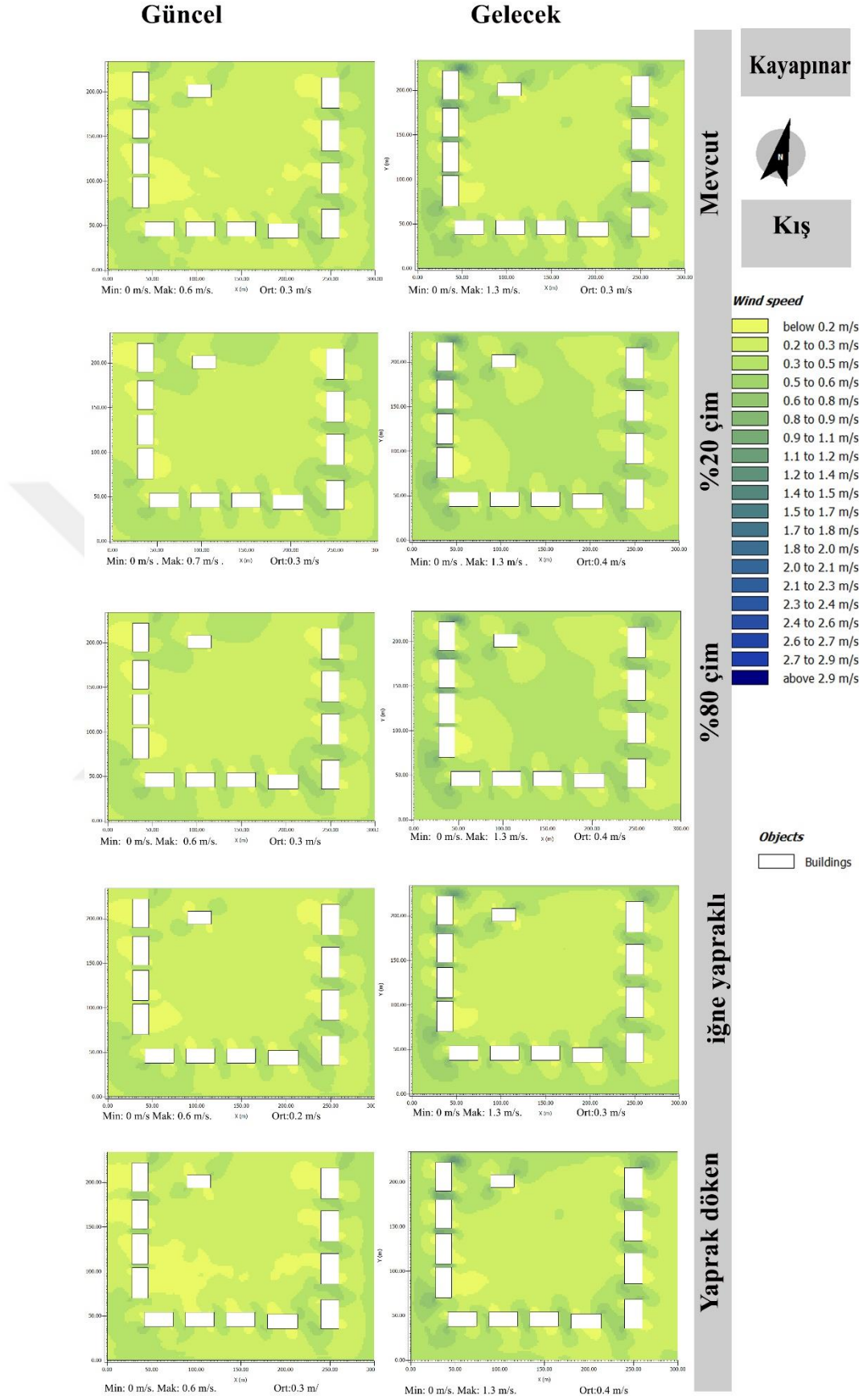
Şekil 4.31. Çalışma alanı güncel (2022) ve gelecek (2050) dönem mevcut durum ve senaryolara ait yaz mevsimi rüzgar hızı haritaları

Güncel (2022) durum rüzgar hızı değerlerine bakıldığında mevcut durum ve tüm senaryolarda minimum değerlerin aynı olduğu sadece maksimum değerlerde en yüksek değerin mevcut durum ve senaryo 4’de, en düşük değerin ise senaryo 2’de olduğu sonucu elde edilmiştir. Ortalama değerlerde de sonuçların yakın değer gösterdiği, en yüksek değerin 1.2 m/ s hız ile mevcut durum ve senaryo 4’de olduğu, en düşük değerin 1 m/s hız ile senaryo 3’de olduğu analiz edilmiştir.

Gelecek (2050) dönem rüzgar hızı değerleri minimum değerlerin mevcut durum ve senaryolar dahi tüm durumlarda aynı çıktığı sonucuna ulaşılmıştır. Maksimum değerlerde mevcut durumda 2.1 m/s hızla en düşük değerin. 2.6 m/s hızla ise en yüksek değerin olduğu sonuca ulaşılmıştır. Ortalama değerlerde en düşük değerin 0.5 m/s hız ile ibreli bitkilerin kullanıldığı senaryo 3’de olduğu, en yüksek değerin ise 1 m/s hız ile yaprak döken bitkilerin kullanıldığı senaryo 4’de olduğu analiz edilmiştir.

Mevcut durum ve 4 farklı bitki senaryosu için güncel (2022) ve gelecek (2050) dönem kış mevsimi rüzgar hızı haritalarının oluşturulduğu ve karşılaştırıldığı görsel Şekil 4.32’de yer almaktadır.





Şekil 4.32. Çalışma alanı güncel (2022) ve gelecek (2050) dönem mevcut durum ve senaryolara ait kış mevsimi rüzgar hızı haritaları

Güncel (2022) dönem kış mevsimi rüzgar hızı analizlerinde mevcut durum ve senaryolarda minimum değerlerin aynı. maksimum değerlerde ise en yüksek sonucun 0.7 m/s değerle senaryo 1’de, 0.6 m/s hız ile en düşük değerin diğer durumlarda analiz edildiği sonucuna ulaşılmıştır. Ortalama değerlerde ise birbirine yakın değerlerde sonuç alındığı en düşük 0.2 m/s hızla senaryo 3’de, en yüksek ise 0.3 m/ s hız değeri mevcut durum ve diğer senaryolarda analiz edilmiştir.

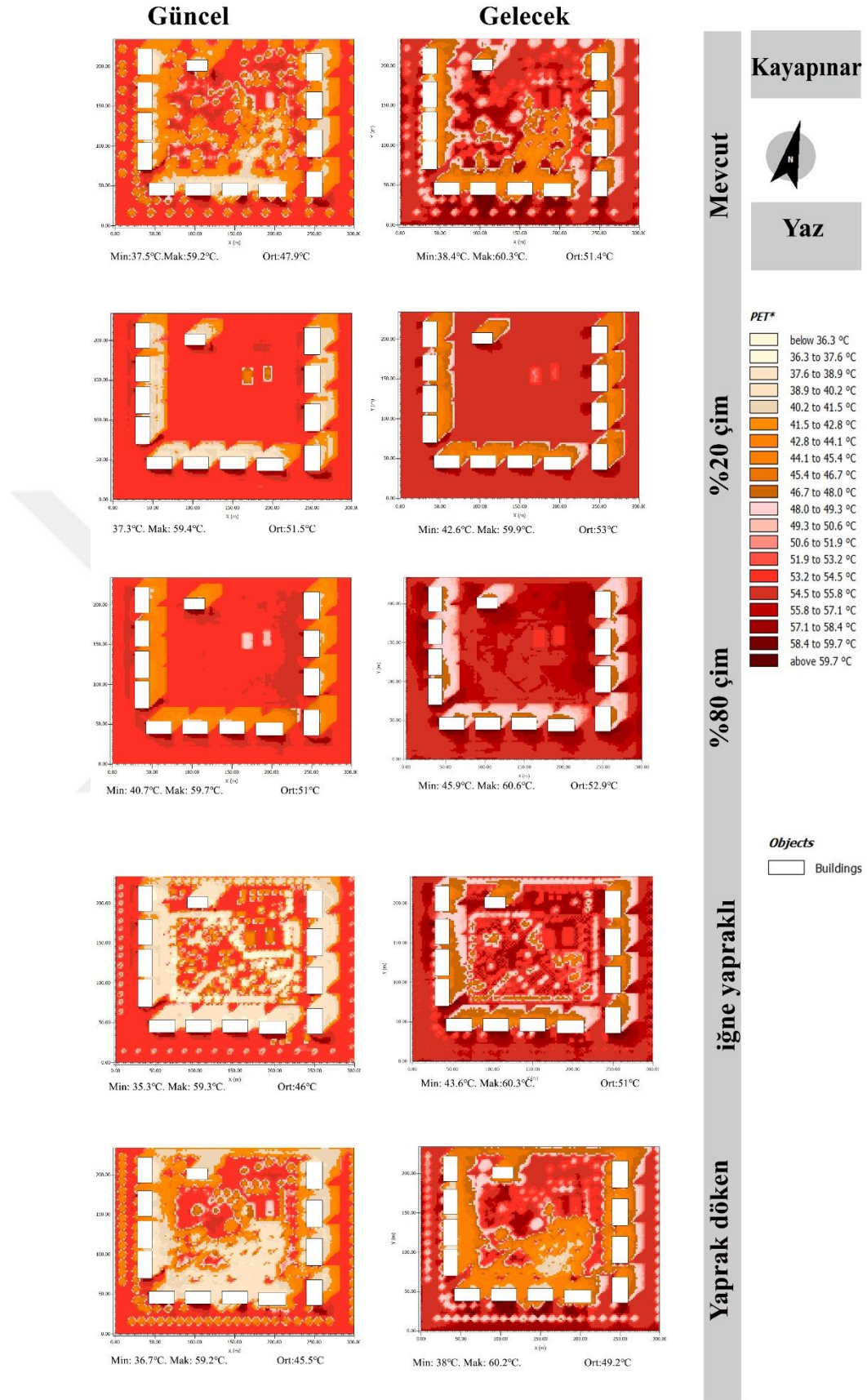
Analiz sonuçları değerlerinde gelecek (2050) dönem rüzgar hızı analizlerinde minimum değerlerin aynı olduğu. maksimum değerlerde 1.3 m/s hızla tüm durumlarda aynı sonuç alınmıştır.

Gelecek ve güncel dönem karşılaştırıldığında minimum değerlerde değişim yaşanmadığı. maksimum değerlerde tümünde artış olduğu ve bu artışın yaklaşık değerlerde olduğu. ortalama rüzgar hızı değerlerinde senaryo 2, senaryo 3 ve senaryo 4’de 0.1 m/s hız artışı olduğu. diğer durumlarda değişim olmadığı analiz edilmiştir.

4.5.4. Kayapınar bölgesi biyoklimatik konforun tespiti ve iyileştirilmesine yönelik mevcut durum ve bitkisel tasarım senaryolarına göre FES analizleri

Kayapınar bölgesi çalışma alanı güncel (2022) mevcut durum ve senaryoların FES değerlerine ait yaz mevsimi için yapılan analizlerine bakıldığında; mevcut durumda minimum sıcaklık 37.5°C, maksimum sıcaklık 59.2°C, ortalama sıcaklık 47.9°C çıkmıştır. Senaryo1’ de minimum sıcaklık 37.3°C, maksimum sıcaklık 59.4°C, ortalama sıcaklık 51.5°C, Senaryo2’de minimum sıcaklık 40.7°C, maksimum sıcaklık 59.7°C, ortalama sıcaklık 51°C, Senaryo3’de minimum sıcaklık 35.3°C, maksimum sıcaklık 59.3°C, ortalama sıcaklık 46°C, Senaryo 4’de ise minimum sıcaklık 36.7°C, maksimum sıcaklık ise 59.2°C, ortalama sıcaklık 45.5°C çıkmıştır (Şekil 4.33).

Kayapınar bölgesi çalışma alanı gelecek dönem (2050) mevcut durum ve senaryoların FES değerlerine ait yaz mevsimi için yapılan analizlerine bakıldığında; mevcut durumda minimum sıcaklık 38.4°C, maksimum sıcaklık 60.3°C, ortalama sıcaklık 51.4°C çıkmıştır. Senaryo 1’de minimum sıcaklık 42.6°C, maksimum sıcaklık 59.9°C, ortalama sıcaklık 53°C, senaryo 2’de minimum sıcaklık 45.9°C, maksimum sıcaklık ise 60.6°C, ortalama sıcaklık 52.9°C, senaryo 3’de minimum sıcaklık 43.6°C, maksimum sıcaklık 60.3°C, ortalama sıcaklık 51°C, senaryo 4’de ise minimum sıcaklık 38°C, maksimum sıcaklık ise 60.2°C, ortalama sıcaklık 49.2°C sonucuna ulaşılmıştır (Şekil 4.33). Mevcut durum ve senaryolar arasındaki değerlendirmelerde mevcut duruma göre minimum değerde senaryo 1’de 0.2°C, senaryo 3’de 2.2°C, senaryo 4’de 0.8 °C azalma. senaryo 2’de ise 3.2°C artma olduğu analiz edilmiştir. Maksimum değerlerde ise mevcut duruma göre senaryo 4’de değişim olmadığı. senaryo 1’de 0.2°C, senaryo 2’de ise 0.5°C, senaryo 3’de 0.1°C artma olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Ortalama değerlerde mevcut duruma göre senaryo 3’de 1.9°C, senaryo 4’de 2.4°C azalma, senaryo 1’de 3.6°C, senaryo 2’de 3.1°C artış olduğu elde edilmiştir.



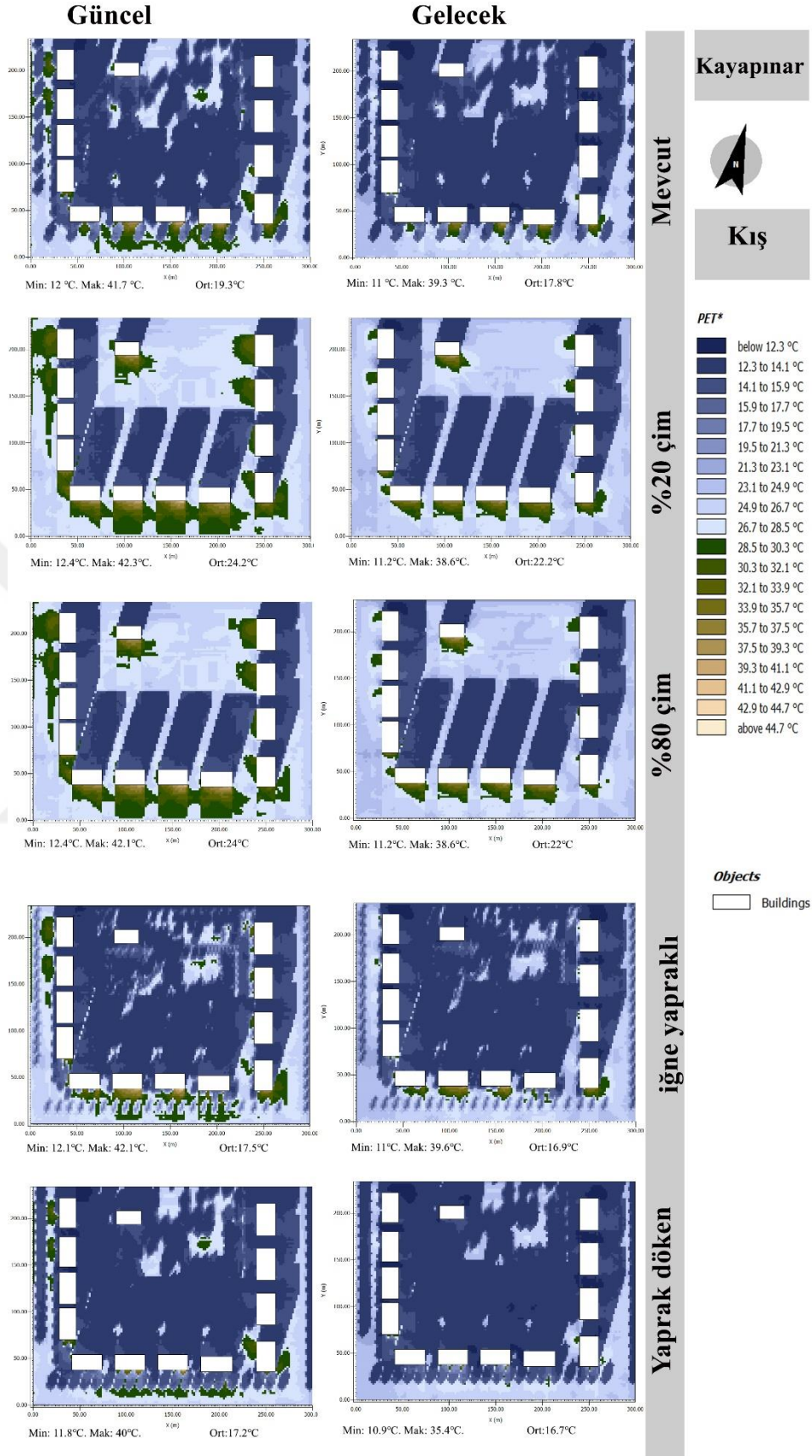
Şekil 4.33. Çalışma alanı güncel (2022) ve gelecek (2050) dönem mevcut durum ve senaryolara ait yaz ayı FES analizleri

Çalışma alanı için güncel durum ve gelecek dönem için değerlendirmeler yapıldığında mevcut durumda 2022 yılına oranla 2050 yılı için yaz mevsiminde minimum değerinde 0.9°C, maksimum değerinde 1.1°C, ortalama sıcaklık değerinde ise 3.5°C artış yaşandığı gözlemlenmiştir. Ortalama sıcaklıkta en düşük değer güncel durumda 45.5°C sıcaklık ile senaryo 4’de, 49.2 °C sıcaklık ile de gelecek dönemde de senaryo 4’de elde edilmiştir. Ortalama sıcaklıkta en yüksek değer ise güncel durumda 51.5°C sıcaklık ile senaryo 1’de, gelecek dönemde ise 53°C ile benzer şekilde senaryo 1’de analiz edilmiştir.

Kayapınar bölgesi çalışma alanı güncel (2022) mevcut durum ve senaryoların FES değerlerine ait kış mevsimi için yapılan analizlerine bakıldığında; mevcut durumda minimum sıcaklık 11.7 °C, maksimum sıcaklık 40.9°C, ortalama sıcaklık 16.4°C çıkmıştır. Senaryo 1’ de minimum sıcaklık 11°C, maksimum sıcaklık 39.6°C, ortalama sıcaklık 21°C, senaryo 2’de minimum sıcaklık 11°C, maksimum sıcaklık ise 38.9°C, ortalama sıcaklık 20.8°C, senaryo 3’de minimum sıcaklık 9.9°C, maksimum sıcaklık 38.9°C, ortalama sıcaklık 13.2°C, senaryo 4’de ise minimum sıcaklık 11.1°C, maksimum sıcaklık ise 39.2°C, ortalama sıcaklık 29.5°C çıkmıştır (Şekil 4.34).

Mevcut durum ve senaryolar değerlendirildiğinde mevcut duruma göre minimum ve maksimum değerlerde senaryolarda senaryo 4 haricinde artış olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Ortalama değerlerde ise mevcut duruma göre en yüksek artış 4.9 °C ile senaryo 1’de, en yüksek azalma ise 2.1°C ile senaryo 4’de olduğu analiz edilmiştir.

Kayapınar bölgesi çalışma alanı gelecek (2050) dönem mevcut durum ve senaryoların FES değerlerine ait kış mevsimi için yapılan analizlerine bakıldığında; mevcut durumda minimum sıcaklık 11 °C, maksimum sıcaklık 39.3°C, ortalama sıcaklık 17.8°C çıkmıştır. Senaryo 1 ve senaryo 2’de minimum sıcaklık 11.2°C, senaryo 1 ve senaryo 2’de maksimum sıcaklık 38.6°C. senaryo 1’de ortalama sıcaklık 22.2°C, senaryo 2’de ortalama sıcaklık 22°C olarak analiz edilmiştir. Senaryo 3’de minimum sıcaklık 11°C, maksimum sıcaklık 39.6°C, ortalama sıcaklık 16.9°C, senaryo 4’de ise minimum sıcaklık 10.9°C, maksimum sıcaklık 35.4°C, ortalama sıcaklık ise 16.7°C sonuçları elde edilmiştir (Şekil 4.34).

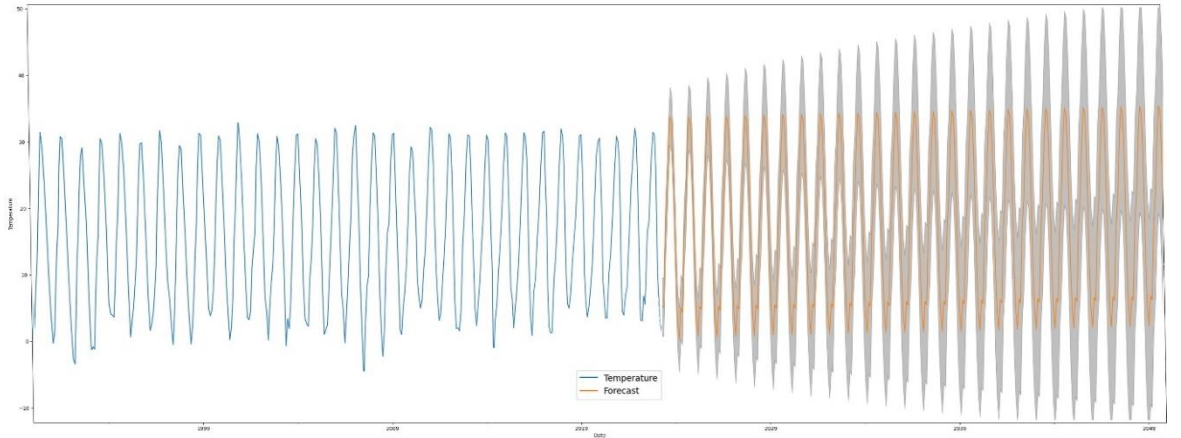


Şekil 4.34. Çalışma alanı güncel (2022) ve gelecek (2050) dönem mevcut durum ve senaryolara ait kış ayı FES analizleri

Çalışma alanı için güncel durum ve gelecek dönem için değerlendirmeler yapıldığında 2022 yılına oranla 2050 yılı için kış mevsiminde FES değerleri için mevcut durumda minimum değerde 1°C azalma, maksimum değerde 2.4°C azalma, ortalama değerde ise 1.5 °C azalma olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Senaryolar değerlendirildiğinde ise güncel duruma göre gelecek durumda minimum, maksimum ve ortalama değerlerin tümünde azalma olduğu analiz edilmiştir. Fakat minimum değerde 1.2°C azalma ile senaryo 1 ve senaryo 2’de, maksimum değerde 4.6°C azalma ile senaryo 4’de, ortalama değerde ise 2°C azalma ile senaryo 3 ve senaryo 4’de olduğu elde edilmiştir.

4.6. Tartışma

Çalışma alanının kültürel ve geleneksel dokusunu yansıtan Sur bölgesindeki analiz sonuçlarına göre yaz mevsimi için güncel ortalama değeri 33.7°C olarak belirlenmiştir. Analiz sonuçlarına göre 2050 yılında ortalama sıcaklığın 35.7°C olacağı tahmin edilmektedir (Şekil 4.35).



Şekil 4.35. Model 2050 ortalama sıcaklık göstergesi

Mevcut durumda sıcaklığın 2050 yılında 2°C artması beklenen bir durumdur. IPCC raporlarına göre küresel sıcaklığın sanayi devrimi öncesine göre günümüzde 1°C arttığını belirtilmektedir. Nitekim küresel ısınma ve kentleşmeye bağlı olarak çoğu bilimsel çalışma 2050 yılına kadar hava sıcaklığında 1-2 °C arası artış olacağını vurgulamaktadır (**Rogelj ve ark., 2016; Yerlikaya ve ark., 2020**). ENVI-met analizlerine göre Sur bölgesindeki çalışma alanı için üretilmiş olan senaryolarda mevcut durum da hava sıcaklığı ortalaması 41°C olarak belirlenmiştir. Sırasıyla 1. senaryoda (%20 çim) olan durumda 41.2°C, 2. senaryoda (% 80 çim) 41.1°C, 3. senaryoda (ibreli bitki ağırlıklı) 41 °C ve senaryo 4’de (geniş yapraklı bitki) 40.1°C olarak belirlenmiştir. Analiz sonuçlarına göre; hava sıcaklığında en yüksek performansı geniş yapraklı bitkilerle yapılan peyzaj plantasyonu sağlamıştır. Geniş yapraklı bitkilerin özellikle yaz aylarında soğutma etkisi diğer çim ve ibreli bitkilere göre daha fazladır (**Li ve Zheng, 2023**). Geniş yapraklı bitkiler yaprak yüzeyi bakımından daha büyük bir yapıya sahip olduklarından dolayı;

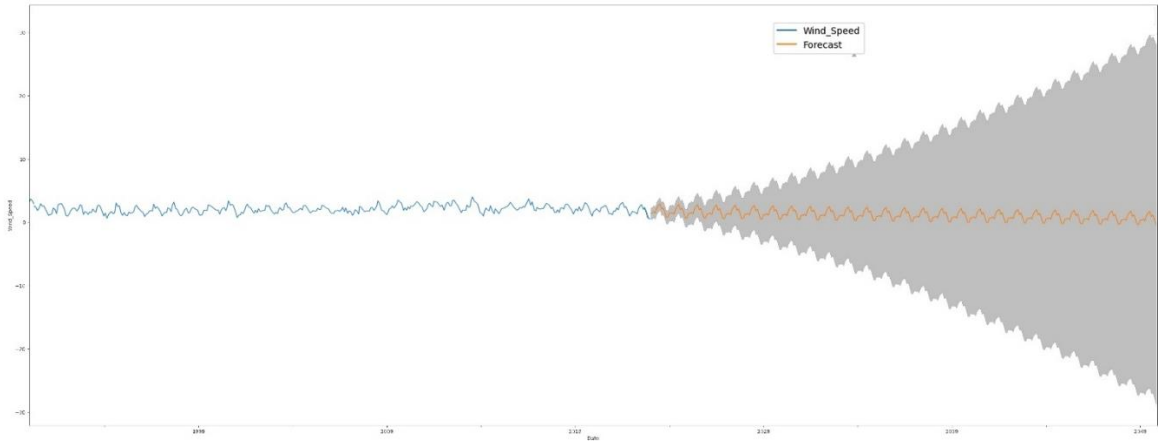
- Albedo etkisiyle güneş ışınlarının belirli bir miktarını yansıtarak ısı emilimini azaltır

- Geniş yapraklı bitkiler rüzgar hızını keserek ortamın nemini stabil durumda tutarak özellikle Diyarbakır gibi yaz aylarında sıcak ve kurak iklim özelliği gösteren yerlerde nemli ve serin bir alan oluşturur.

- Geniş yapraklı bitkiler daha büyük taç yapılarına sahip olduklarından dolayı ortamda daha fazla gölgeleme etkisi oluşturarak sıcaklığı düşürürler

Sur bölgesindeki çalışma alanında peyzaj plantasyon çalışmasında tek bir geniş yapraklı tür kullanılmamıştır. ENVI-met bitki kataloğunda var olan bitkilerden bölgede yetişen türler seçilmiştir. Bu bağlamda 5 farklı bitki belirlenerek kompozisyon oluşturulmuştur. Nitekim farklı geniş yapraklı bitkilerden oluşan toplulukların hava sıcaklığını düşürmede daha etkili olduğu bilimsel çalışmalarda da desteklenmektedir (**Peters ve Mcfadden, 2010**). Aynı zamanda kış ayındaki 2050'deki hava sıcaklığı sonuçları ile yapılan Envi-met analizlerinde de mevcut durumda olduğu gibi en yüksek performansı 4. Senaryo sağlamıştır. Fakat 4. senaryoda mevcut durumda 40.1 °C ölçülen hava sıcaklığı 2050 yılında çalışma alanı için 41.5°C olarak analiz edilmiştir. Aradaki sıcaklık farklılığının yukarıda belirtilen küresel ısınma ve kentleşmeden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Sur bölgesindeki önemli değişikliklerden biriside ortalama rüzgar hızının azalmasıdır. Mevcut durumda yaz ayında ortalama 1.4 m/s olan rüzgar hızı kış ayında 0.7 m/s olarak ölçülmüştür. Geleceğe yönelik analiz sonucunda ise yaz ayında 0.2 m/s kış mevsiminde ise rüzgar hızında değişim analiz edilmemiştir (Şekil 4.36).

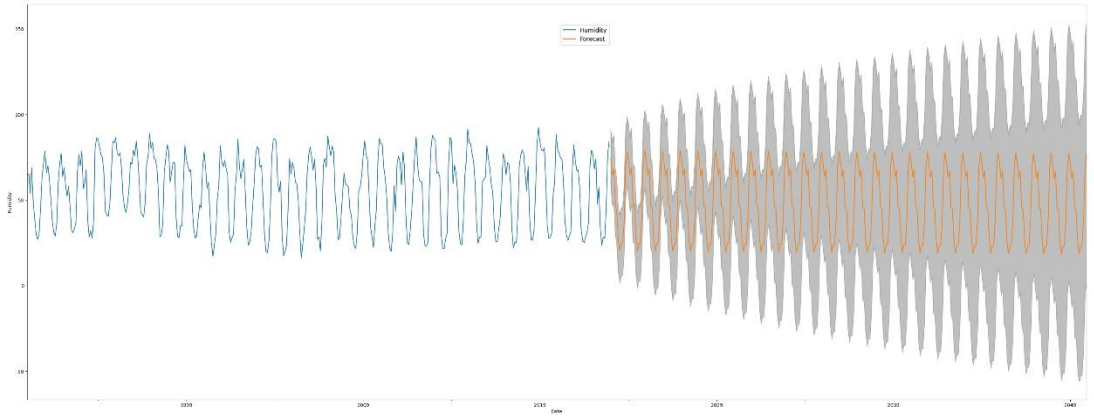


Şekil 4.36. Modelin analizlerine göre 2050 ortalama rüzgar hızı göstergesi

Sur bölgesi Diyarbakır kentinin güneyinde yer alan bir ilçedir. Diyarbakır ilinin yaz aylarında hakim rüzgar yönü güney ve güneybatı yönündedir. Kentin gelişim alanları yoğunlukla hakim rüzgar yönünde bulunana Bağcılar ve yakın çevresindeki bölgelerdir. Hakim rüzgar yönünün yapı stokları ile engellenmesi gelecekte Sur bölgesi için ortalama rüzgar hızının düşmesine neden olacaktır. Nitekim SARIMAX modeli ile yapılmış olan analizde de destekleyen sonuçlara ulaşılmıştır. Benzer şekilde kentsel yapılaşmanın kent içinde rüzgar hızını düşüreceğini destekleyen literatürler

bulunmaktadır (Grimmond ve Oke., 1999; Jiang ve Weng., 2017; Oke 1987; Vautard ve ark., 2010). ENVI-met parogramında yapılan senaryolara göre; yaz ve kış aylarında rüzgar hızındaki en büyük düşüş senaryo 4 de gerçekleşmiştir. Senaryo 4 yukarıda belirtildiği gibi geniş yapraklı ve boylu peyzaj plantasyonundan oluşmaktadır. Geniş yapraklı ağaçlar bulundukları ortamda ortalama rüzgar hızını %20-25 oranında düşürmektedir (Heisler ve Dewalle, 1988). Nitekim analiz sonucuna göre rüzgar hızı 0.8 m/s'den 0.6 m/s'ye düşmüştür.

Sur bölgesindeki çalışma sahasında nem oranlarında da mevcut ve geleceğe yönelik model analizinde de değişimler gözlenmiştir. Özellikle yaz mevsiminde nem oranında 4.6 g/kg artış gözlenirken kış mevsiminde ise 6.9 g/kg azalış gözlemlenmiştir. (Şekil 4.37). Yaz mevsiminde nem oranının artmasının en büyük nedenlerinden biri rüzgar hızındaki düşüştür. Rüzgar hızının yapılaşma ve kent geometrisi yüzünden 2050 yılında azalması nemin bölgeden uzaklaşmasını engellemesindendir. Oke (1987) yapmış olduğu çalışmada bu durumu açıklamıştır. Bu durumun tam aksine kış aylarında nem oranındaki düşüşün başlıca nedeni ise rüzgar hızının 2050 yılında stabil kalması ve yağış rejiminde olan azalmadan kaynaklanmaktadır. Nitekim ülkemiz için yapılmış olan yağış projeksiyonlarında özellikle güneydoğu Anadolu bölgesinde gelecekte yağış rejiminin azalacağı belirtilmektedir (Özfıdaner ve Topaloğlu, 2020; Türkes ve ark., 2007).



Şekil 4.37. Model 2050 yılı ortalama nem göstergesi

Sıcaklık, nem ve rüzgar hızı FES'i etkileyen iklim elemanıdır. Nitekim bu durumu çoğu bilimsel çalışmada desteklemektedir (Chen ve Matzarakis, 2018; Davtalab ve ark., 2020; Karakuş ve ark., 2024; Mansi ve ark., 2021; Matzarakis ve Amelung, 2008). Mevcut ve gelecekteki model analizlerine göre iklim elemanlarında değişim gözlenmiştir. İklim elemanlarındaki değişim FES değerlerindeki değişime de neden olmuştur. ENVI-met programında yapılan analizlere göre mevcut durumda en yüksek performansı yaz ayında senaryo 4 üretirken kış ayında senaryolarda çok fazla bir değişim olmamıştır. Benzer şekilde 2050 analizlerine göre yaz ayında en yüksek performansı yine senaryo 4 üretmiştir. Kış ayların da ise mevcut durumla benzer bir şekilde çok fazla bir değişim olmamıştır.

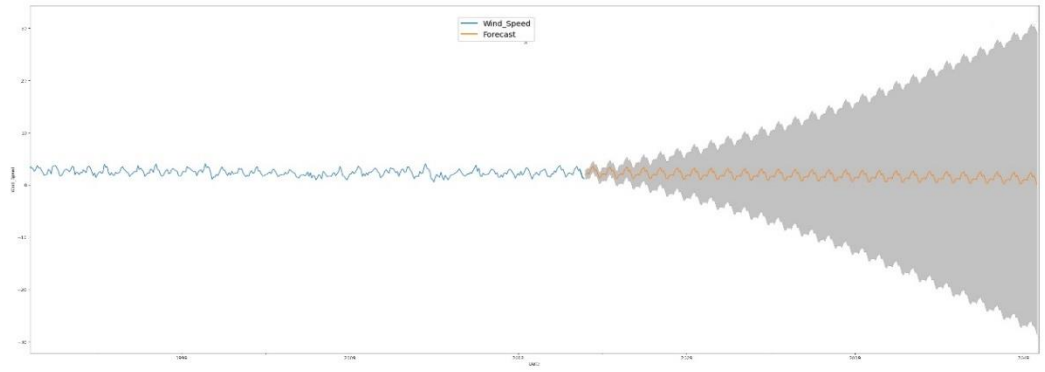
Çalışmada yer seçiminde kullanılan alanlardan bir diğeri ise Bağlar ilçesine ait bölgedir. Bu ilçedeki çalışma alanı da Sur bölgesindeki gibi gelecekte sıcaklık artışı belirlenmiştir. Çalışılan modelin öngörülerine göre bu bölgedeki sıcaklık artışı Sur bölgesinden 2.6 °C daha fazla sıcaklık artışı olacağı tahin edilmektedir (Şekil 4.36).

Bağlar bölgesindeki çalışma alanı mevcut durumu itibariyle bitkisel açıdan zengin olmakla birlikte bitkisel açıdan zayıf bir yapıya sahip olan Sur bölgesinden 0.6 °C lik daha fazla sıcaklık artışı olacağı tahmin edilmektedir. Bu bölgedeki sıcaklık artışındaki en büyük nedenlerden birisi ise çarpık yapılaşmadır. Çarpık yapılaşma kent içerisinde sıcaklık artışını etkilemektedir (**Oke, 1982; Santamouris, 2015**). Mevcut durum yaz ayları sıcaklık analizlerine göre 4 senaryoda bir birine yakın performans sergilemiştir. Envi-met analizlerine göre 4 senaryoda da maksimum ve minumum sıcaklık farkı 0.9°C olarak belirlenmiştir. Bunun başlıca sebeplerinden biri ise çalışma alanının mezarlık ver yakın çevresinde olmasından kaynaklanmaktadır. Mezarlık ve yakın çevresi bitki örtüsünün korunduğu ve geliştirildiği yerlerdir (**Alp, 2016; Güzel, 2023**). Mevut durumuyla bitkisel açıdan zengin olan bu bölgede gelecek model öngörülerine göre rüzgar hızında 0.5 m/s azalma tespit edilmiştir (Şekil 4.36).

Çarpık kentleşme ve kent geometrisi ve yapı stokları rüzgar koridorlarının önünü kesmekte ve bu durum ise ortalama rüzgar hızının düşmesini tetiklemektedir. Rüzgâr hızının düşmesi Sur bölgesinde olduğu gibi bu bölgede de nemin artmasına neden olmuştur. (Şekil 4.36).

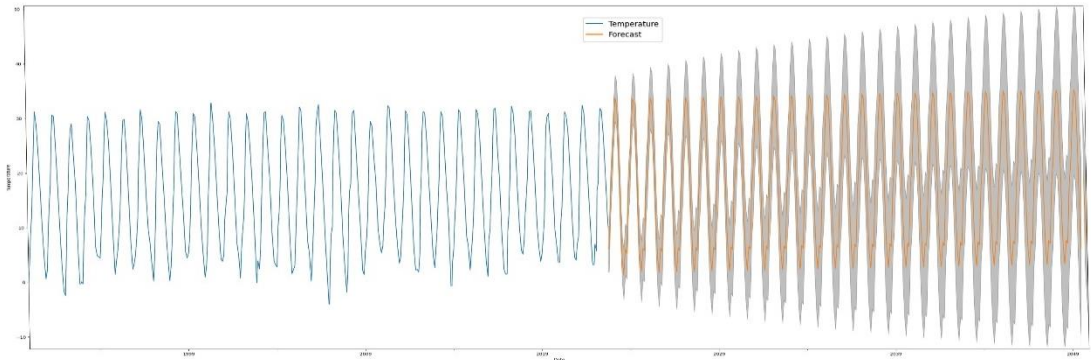
Modelin öngördüğü 2050 verilerine göre Bağlar bölgesindeki çalışma alanında yaz aylarında en yüksek performansı senaryo 4 gerçekleştirmiştir. Mevcut durumu ile bitkisel materyal yönünden diğer çalışma alanlarından zengin olan bu bölge. 2050 yılında en yüksek konfor performansını sergileyen alan olmuştur. Nitekim bitkilerin insan konforunu doğrudan etkilediğini gösteren çalışmalar bu durumu desteklemektedir (**Antoniadis ve ark., 2018; Coutts ve ark., 2016; De Abreu-Harbich ve ark., 2015; Gomez ve ark., 2001; Ren ve ark., 2022**). Bağlar bölgesi kış ayındaki göstergelere göre FES değerleri açısından konfor aralığına en yakın alan olarak tespit edilmiştir..

Doğru planlama ve strateji ile yapılmış modern kentsel dokular küresel iklim değişikliğinin kentler üzerine yaptığı baskıları göz önüne alırsak avantajlı duruma gelebilmektedir (**Baş ve Partigöç, 2023; Nahi ve Singery, 2015**). Çalışma alanlarından biri olan ve modern ketsel dokuyu bünyesinden barındıran Kayapınar çalışma alanı 2022 yılı verilerine göre en fazla rüzgar alan bölgelerden biridir (Şekil 4.38). Sarımax modeli analiz sonuçlarına göre de 2050 yılında modern kayapınar dokusunun mevcut durumda rüzgar esintisinin en yoğun alan olduğu öngörülmektedir (Şekil 4.38).



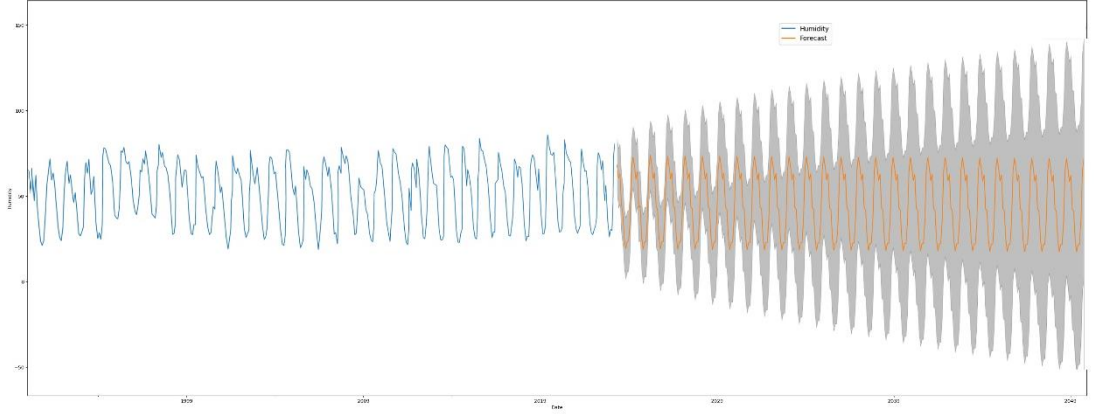
Şekil 4.38. Modelin 2050 sonuçlarına göre ortalama rüzgar hızı göstergesi

Yaz aylarında rüzgar esintisinin fazla olduğu modern doku mevcut durumda konfor bakımından en iyi performansı senaryo 4 sergilemesine rağmen çalışma alanları içerisinde Sur bölgesinden sonra insanın en çok aşırı sıcaklık stresine maruz kaldığı yerdir. Bunun başlıca sebeplerinden biri ise yaz ayında güney ve güney doğu istikametinden esen hakim rüzgar özellikle yaz aylarında sıcak ve kuru havayı rüzgar koridorlarının açık olduğu modern dokuya taşımasından kaynaklanmaktadır. Nitekim rüzgârın sıcak havayı taşıdığı ve kent mikro iklimi üzerinde etkilerini gösteren literatürler mevcuttur (**Grimmond ve Oke, 1999; Oke, 1982**). 2050 analiz sonucu ile güncel durum değerlendirildiğinde Kayapınar çalışma alanında 3.9°C sıcaklık artışı belirlenmiştir.(Şekil 4.39.).



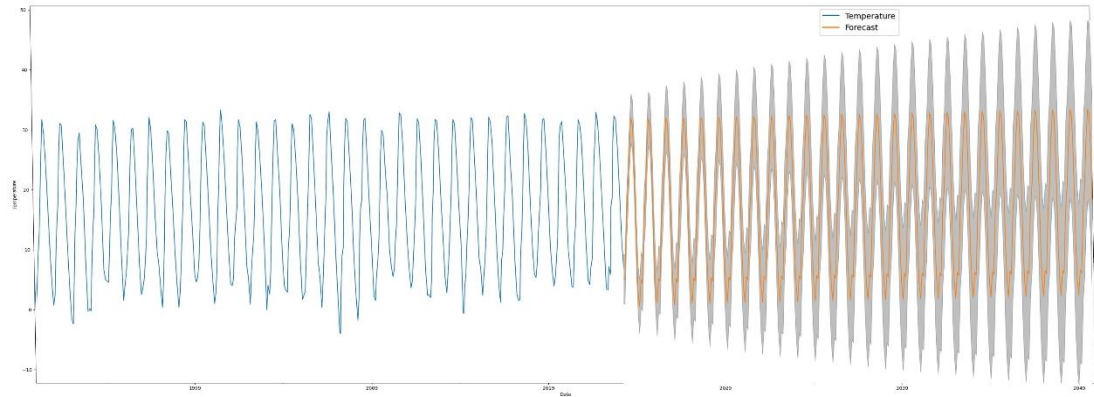
Şekil 4.39. Modelin analizlerine göre 2050 ortalama sıcaklık göstergesi

Hakim rüzgar yönü yaz ve kış aylarında farklılık gösterebilmektedir. Bu farklılıklar hava ısısını taşıyabildiği gibi nem taşınımında yapmaktadır (**Oke, 1982**). Özellikle Diyarbakır kenti yaz aylarında ve kış ayarında hakim rüzgar yönünden değişim gösterebilmektedir (**MGM 2022**). Özellikle rüzgar koridorlarının açık olduğu modern doku yerleşimlerinde hakim rüzgar yaz aylarında nemli havayı getirirken kış aylarında ise havanın kurumasına sebebiyet vermektedir. Nitekim model analizlerine gelecekte göre; Kayapınar çalışma alanında yaz ayında nem miktarında 1 g/kg artış kış ayında ise 1.4 g/kg azalış belirlenmiştir (Şekil 4.40).



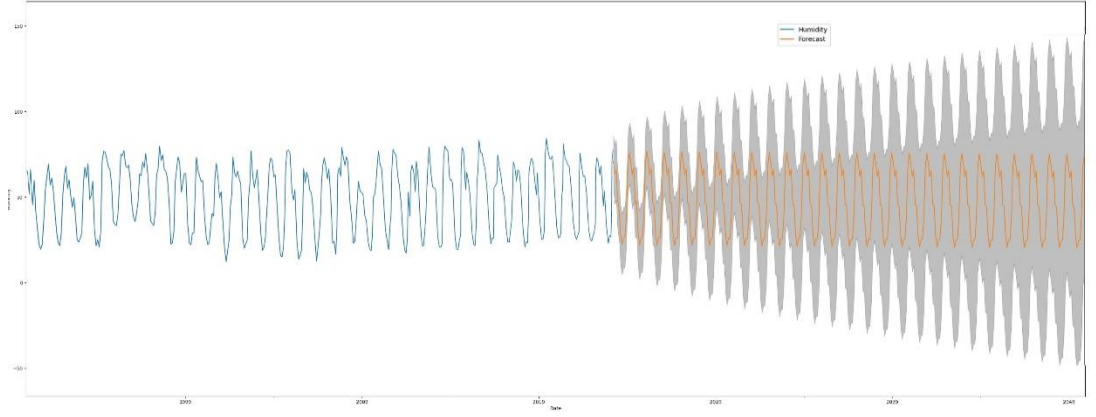
Şekil 4.40. Modelin 2050 sonuçlarına göre ortalama nem göstergesi

Yenişehir ilçesine ait çalışma alanı modern doku ve geleneksel dokunun iç içe girdiği bir bölgedir. Bu tip alanlar genellikle modern doku ile geleneksel doku arasında iklim değerlerine sahip olabilmektedir (**Lassandro ve ark., 2024**). Modelin öngörülerine göre bu çalışma alanında günlük ortalama hava sıcaklığında yaz mevsimi için 0.5°C artış belirlenirken. günlük ortalama hava sıcaklığında kış mevsimi için 3°C artış belirlenmiştir. (Şekil 4.41)



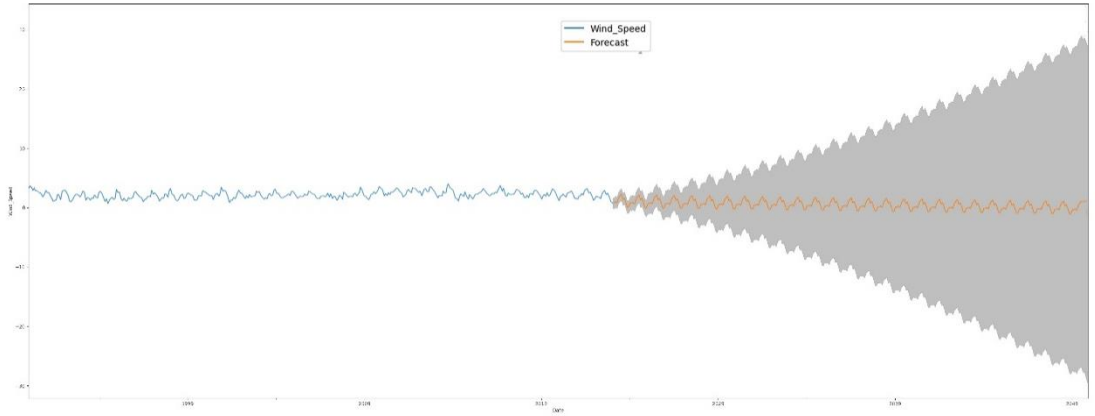
Şekil 4.41. Model 2050 sonuçlarına göre ortalama sıcaklık göstergesi

Model öngörülerine göre günlük ortalama nem miktarında yaz mevsimi için 4.5 g/kg artış. Günlük ortalama nem miktarında kış mevsimi için 12.3 g/kg azalış belirlenmiştir (Şekil 4.42).



Şekil 4.42. Modelin analizlerine göre 2050 ortalama nem göstergesi

Yenişehir ilçesindeki çalışma alanında modelin öngörülerine göre 2050 yılında günlük ortalama rüzgar hızında yaz mevsimi için 0.6 m/s azalma, kış mevsimi için 0.1 m/s artma belirlenmiştir (Şekil 4.43).



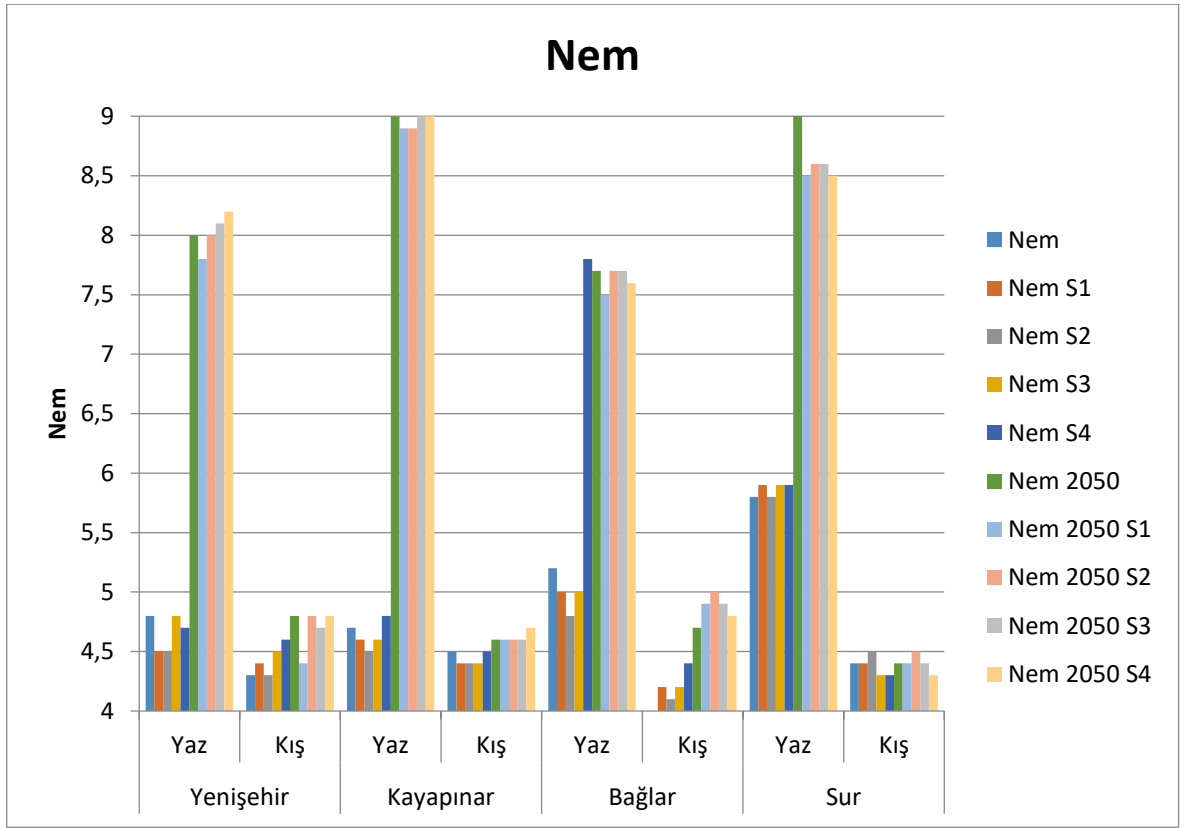
Şekil 4.43. Modelin 2050 sonuçlarına göre ortalama rüzgar göstergesi

İklim elemanları FES değerini etkileyen unsurlardır. Yenişehir ilçesi sınırları içerisindeki çalışma alanı bakımından senaryolar incelendiğinde mevcut ve gelecek yaz aylarında FES bakımından en yüksek performansı senaryo 4 gerçekleştirmiştir. Kış aylarında ise en yüksek performans senaryo 4 de gerçekleşirken en düşük performans senaryo 1 de belirlenmiştir. Gelecekte ise en yüksek performansı senaryo 2 sağlarken en düşük performansı çalışma alanında senaryo 3 sağlamıştır. Diğer alanlardan farklı olarak bu alanda senaryoların birbirinden farklı olmasının en büyük nedenlerinden biri karışık kent dokusu. değişen hakim rüzgar yönü olduğundan kaynaklanmaktadır.

4.6.1. Nem Analizlerinin Değerlendirilmesi

Hava nemi, bireylerin aşırı sıcak veya soğuk yaşamadığı ve dış etkenlerden olumsuz etkilenmediği durum olarak tanımlanırken insan biyoklimatik konforunu değerlendirmede kullanılan parametrelerden biridir. Termal konfor, hava sıcaklığı, nem ve hava akış hızı gibi çeşitli mikro iklim özelliklerinden etkilenir. Araştırmalar, ideal bağıl nem aralığının genellikle %45 ile %55 arasında olduğunu, %70'in üzerindeki seviyelerin terlemeyi engelleyebileceğini ve rahatsızlığa neden olabileceğini göstermektedir (Liu, 2024; Chen ve ark., 2013). Bu fizyolojik tepki, buharlaşmalı soğutma yoluyla vücudun sıcaklık düzenleme kapasitesini etkilediği için nemin termal konfor değerlendirmelerindeki önemini vurgulamaktadır (Jing ve ark., 2012). Nem ve termal konfor arasındaki ilişki karmaşıktır ve çevresel koşullara göre dalgalanır. Sıcak ve nemli bölgelerde, sıcaklık ve nemi birleştiren bir gösterge olan rahatsızlık endeksi özellikle alakalı hale gelir. Araştırmalar, yüksek nemin algılanan sıcaklığı önemli ölçüde değiştirebileceğini ve bunun sonucunda artan sıcaklık hissine neden olabileceğini göstermektedir (Shaibu ve Utang, 2013; Li ve ark., 2018a). Ayrıca, bireylerin farklı nem seviyelerine uyum sağlaması konfor eşiklerini etkileyebilir ve bu da insanların kurak ortamlara kıyasla nemli ortamlarda daha yüksek sıcaklıklara dayanabileceğini göstermektedir (Li ve ark., 2018a; Li ve ark., 2018b). Bu çok yönlülük, mekanik soğutma sistemlerine olan bağımlılığı en aza indirirken konforu artıran ortamlar oluşturmak için önemlidir.

Peyzaj mimarlığı uygulamaları ve teknikler yüksek nemin biyoklimatik konfor üzerindeki etkilerini hafifletebilmektedir. Mimari ve peyzaj mimari tasarım konseptleri, doğal havalandırmayı optimize ederek iç ve dış mekan nem seviyelerini azaltan bina yönelimlerini, açıklıkları ve malzemeleri teşvik eder (Bestara, 2022; Omar ve ark., 2020). Bu tür metodolojiler, yüksek nemli alanlarda çok önemlidir çünkü klima ile bağlantılı enerji harcamasını azaltırken konforlu bir iç mekan atmosferinin korunmasını kolaylaştırır (Lu, 2023). Ayrıca, yeşil alanların ve kentsel parkların dahil edilmesi, yerel mikro iklimleri yönetebilir, kentsel ortamlarda nem seviyelerini ve genel termal konforu artırabilir (Kuang, 2020). Çalışmadaki mevcut zaman ve geleceğe ait senaryolar incelendiği zaman; (Şekil 4.44)



Şekil 4.44. Çalışmaya ait güncel ve geleceğe ait nem durumunu gösteren grafik

Şekil 4.44'e göre nem seviyeleri yaz ve kış mevsimleri arasında dalgalanma göstermektedir. Kış değerleri, Sur için bazı koşullar haricinde genellikle yaz değerlerinden daha düşüktür. Yenişehir ve Kayapınar, senaryolar ve yıllar arasında nemde orta düzeyde bir değişim görülmektedir. Bağlar bir veya daha fazla senaryo altında yaz neminde belirgin bir artış yaşamaktadır. Sur, Bağlar ile karşılaştırılabilir eğilimler göstermektedir. ancak belirli koşullar altında marjinal olarak daha yüksek değerler göstermektedir.

2050 için tahmin edilen veriler, iklim değişikliğinin veya diğer değişkenlerin etkisini gösterebilecek küçük değişiklikler olsa da, genellikle mevcut eğilimlerle örtüşmektedir.

"Senaryo 3" ve "Senaryo 4" gibi belirli örnekler, artan değişkenlik göstermektedir. Belirli ilçelerde ve durumlarda artan değişkenlik, iklim adaptasyon stratejilerine ihtiyaç olduğunu gösterebilir.

Mevsimsel yüksek değerler, özellikle Bağlar ve Sur gibi alanlarda su yönetimi ve insan konforu ile ilgili zorluklarını gösterebilir.

4.6.2. Sıcaklık Analizlerinin Değerlendirilmesi

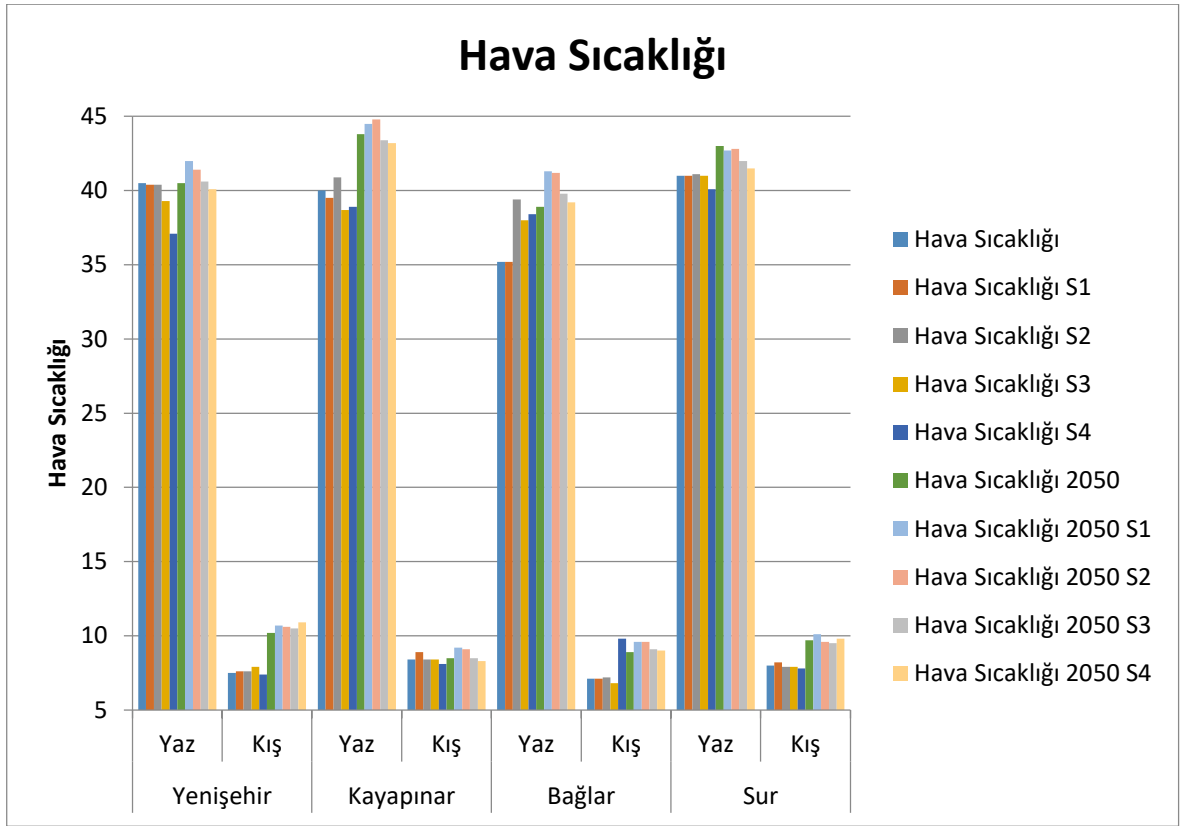
Hava sıcaklığı, nem, hava akışı ve bireysel fizyolojik reaksiyonlar gibi birden fazla çevresel unsurun karmaşık bir etkileşimi olan insan biyoklimatik konforunu değerlendirmede esastır. Termal konfor kavramı yalnızca hava sıcaklığına bağlı değildir; bunun yerine daha geniş bir iklim faktörü

yelpazesini içerir. Uluslararası Standardizasyon Örgütü (ISO), termal konforun hava sıcaklığı, nem, hava akışı hızı, giysi türü, aktivite seviyesi ve bireysel metabolik hızlardan etkilendiğini belirtmektedir (**Arini, 2024**). Termal konforun karmaşık yapısı, özellikle sürekli yüksek sıcaklıklarla karakterize edilen tropikal ortamlarda, bağıl nem ve rüzgar hızının insan konforu üzerindeki önemli etkisini vurgulayan araştırmalarda gösterilmiştir (**Shaibu ve Utang, 2013; Kim ve ark., 2021**).

Çalışmalar, sıcaklık algısının atmosferik koşullardan derinden etkilendiğini göstermektedir; burada hava sıcaklığı, nem ve güneş radyasyonu insan konforunu belirlemede temel faktörlerdir (**Shaibu ve Utang, 2013; Kim ve ark., 2021**). Liu, termal konforun, konfor seviyelerini tahmin etmek için hava sıcaklığını, nemi ve ek değişkenleri içeren tahmini ortalama (PMV) gibi endekslerle değerlendirildiğini ileri sürmektedir (**Liu, 2024**). Bulgular, bu değişkenler olumlu bir şekilde dengelendiğinde ideal termal koşullara ulaşıldığını ve dolayısıyla genel konforu ve refahı iyileştirdiğini göstermektedir (**Chang ve ark., 2016; Leephakpreeda, 2012**).

Termal konforun fizyolojik faktörleri, dalgalanan sıcaklıklara karşı bireysel tepkileri anlamak için çok önemlidir. Metabolik hız ve giysi yalıtımı, termal konfor algılarını önemli ölçüde etkiler (**Leephakpreeda, 2012; Yao, 2024**). Yüksek sıcaklık durumlarında, özellikle aşırı dış sıcaklıklara sahip tropikal bölgelerde, konforu korumak için genellikle klima sistemleri gereklidir (**Pau ve Pao, 2013**). İç ve dış sıcaklıklar arasındaki korelasyon esastır; araştırmalar, iç mekan konfor sıcaklıklarının aylık ortalama dış mekan hava sıcaklıklarıyla uyumlu olduğunu ve mevsimsel dalgalanmaların konfor değerlendirmelerine dahil edilmesi gerektiğini göstermektedir (**Sudprasert ve Maruyama, 2022; Yang ve ark., 2011**).

Sonuç olarak, hava sıcaklığı insan termal konforunun önemli bir belirleyicisidir, ancak nem, hava akışı ve bireysel fizyolojik reaksiyonlar gibi diğer iklimsel değişkenlerle birlikte değerlendirilmelidir çünkü bu etkileşimi anlamak, iç ve dış mekanlarda verimli termal konfor çözümleri oluşturmak gereklidir. Şekil 4.45 incelendiği zaman;



Şekil 4.45. Çalışmaya ait güncel ve geleceğe ait hava sıcaklığı durumunu gösteren grafik

Çalışmada kullanılan 4 senaryo da 2050 yılına kadar temel mevcut duruma kıyasla artan hava sıcaklıkları öngörmektedir. Senaryo 3 ve senaryo 4: Bu senaryoları, diğer senaryolara kıyasla sınırlı ısınmayı öneren hem yaz hem de kış sıcaklıklarında orta düzeyde bir artış göstermektedir. Senaryo 1 ve senaryo 2: senaryoları, özellikle en yüksek değerlerin senaryo 3 ve senaryo 4'ü aştığı yaz aylarında daha belirgin sıcaklık artışları öngörülmektedir. Bu senaryolarda daha şiddetli bir ısınma eğilimi olduğunu göstermektedir. Tüm senaryolarda, mevsimsel sıcaklık değişim desenleri Yenişehir, Kayapınar, Bağlar ve Sur için tutarlı kaldığını ve bu bölgelerin öngörülen değişikliklerden eşit şekilde etkilendiğini göstermektedir.

Yaz sıcaklıkları özellikle senaryo 1 ve senaryo 2'de en belirgin artışları görüyor ve aşırı sıcaklık olayları için bir potansiyel olduğunu vurgulamaktadır. Kış sıcaklıkları senaryolar arasında daha az sert değişimlerle daha küçük artışlar göstermektedir.

Senaryo 3 ve senaryo 4'e göre azaltma çabalarının sıcaklık artışlarını dengelemeye yardımcı olabileceği yönetilebilir bir ısınmayı göstermektedir.

İyileştirilmiş kentsel planlama ve iklime dayanıklı altyapıya orta düzeyde yatırımlar gibi uyum stratejileri yeterli olabilir. Şiddetli Senaryolar (senaryo 1 ve senaryo 2) için; yaz sıcaklıklarındaki ani artış, halk sağlığını, su kaynaklarını ve tarımı etkileyen sıcak hava dalgaları riskinin arttığını göstermektedir. Sera gazı emisyonlarında agresif azaltmalar ve yaygın iklim uyum politikaları gibi acil azaltma önlemleri kritik olacaktır.

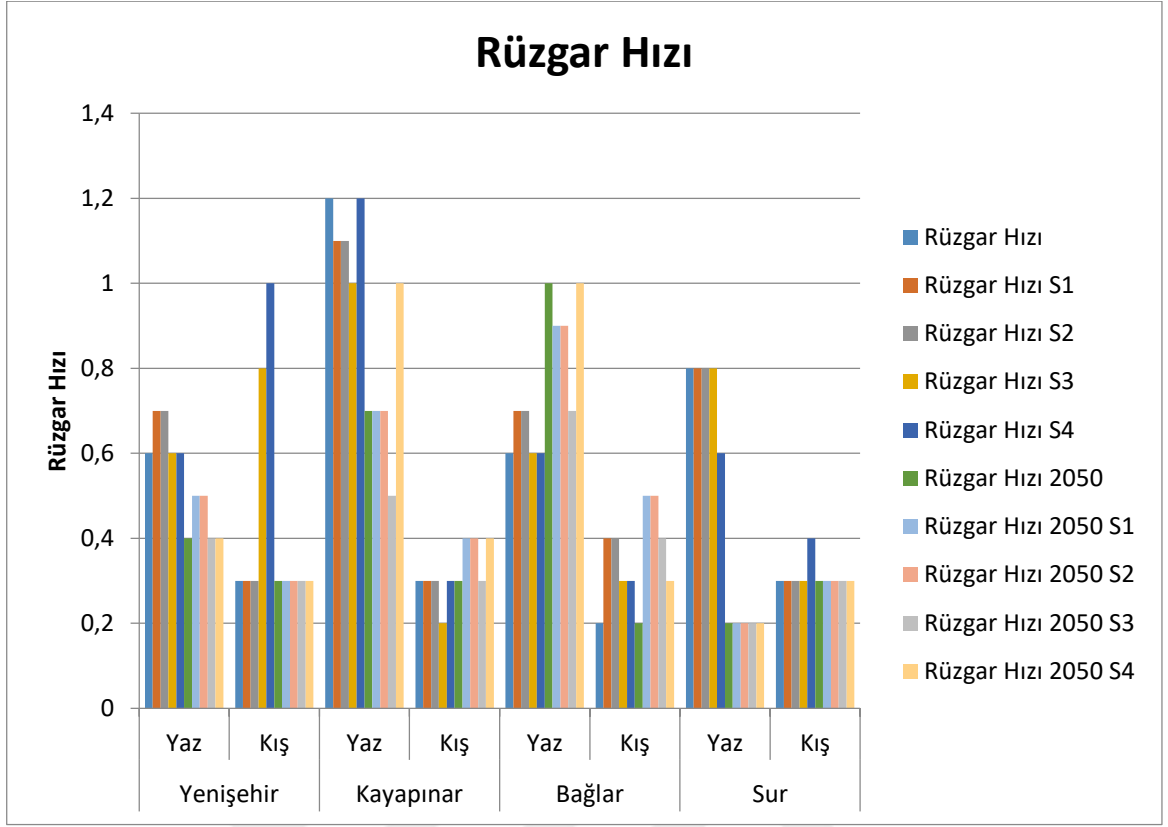
Şekil 4.45, iklim değişikliğinin Yenişehir, Kayapınar, Bağlar ve Sur'daki mevsimsel sıcaklıklar üzerindeki artan etkisini vurgulamaktadır. Dört senaryodan senaryo 1 ve senaryo 2'nin en şiddetli etkileri gösterdiği 2050 yılına kadar değişen derecelerde ısınmayı göstermektedir. Bu projeksiyonlar, özellikle yaz aylarında gelecekteki sıcaklık artışlarının olumsuz etkilerini en aza indirmek için hedefli azaltma ve uyum stratejilerine olan ihtiyacı vurgulamaktadır.

4.6.3. Rüzgar Analizlerinin Değerlendirilmesi

İnsan vücudunun sıcaklık koşullarına verdiği fizyolojik tepki, vücut ile çevresi arasındaki ısı alışverişi için çok önemli olan rüzgar hızından büyük ölçüde etkilenir (**Chen ve ark., 2019; Wu ve ark., 2017**). Çalışmalar, artan rüzgar hızlarının buharlaşmayı artırarak ve soğutmayı teşvik ederek ve özellikle sıcak ve nemli ortamlarda algılanan sıcaklığı düşürerek termal konforu iyileştirebileceğini göstermektedir (**Lin, 2023**). Araştırmalar, yaz aylarında optimum termal konfor için yaklaşık 0.9 ila 1.3 m/s'lik minimum rüzgar hızının gerekli olduğunu göstermektedir (**Lin, 2023**). Buna karşılık, özellikle kentsel ortamlarda düşük rüzgar hızları, özellikle yüksek sıcaklıklar ve nemle birleştiğinde ısı stresini artırarak insanın termal stresini olumsuz etkilediğini belirtmektedir (**Infusino ve ark., 2021; Çetin, 2015**).

Ayrıca, rüzgar hızının biyoklimatik konfor üzerindeki etkisi tutarsızdır; kırsal ve kentsel durumlara göre dalgalanır. Kentsel ortamlarda, kent gelişiminin rüzgar desenlerini değiştirdiği ve buna bağlı olarak azalan rüzgar hızları neticesinde insan konforunu olumsuz etkilediği ortaya çıkmıştır (**Karakuş ve Demiroğlu, 2021; Li ve ark., 2023a**). Buna karşılık, kırsal bölgeler sıklıkla konfor seviyelerini iyileştiren doğal rüzgar akımlarından yararlanmaktadır (**Li ve ark., 2023b**). Rüzgar hızının Evrensel Termal İklim Endeksi (UTCI) ve Fizyolojik Eşdeğer Sıcaklık (FES) gibi konfor endekslerine dahil edilmesi, toplam termal konforu değerlendirmedeki önemini vurgulamaktadır (**Bröde ve ark., 2011; Moustris ve ark., 2018**).

Sonuç olarak, rüzgar hızı biyoklimatik konforun önemli bir unsurudur ve kişilerin sıcaklık ve nem algılarını etkilemektedir. Sonuçlarını kavramak, çeşitli iklim koşullarında insan konforunu ve sağlığını iyileştirmeye odaklanan kentsel planlama ve çevre tasarımı için çok önemlidir (**Perez ve ark., 2017; Reiter, 2010**).



Şekil 4.46. Çalışmaya ait güncel ve geleceğe ait rüzgar durumunu gösteren grafik

Diyarbakır kent merkezi ve buna bağlı 4 ilçeden elde edilmiş güncel ve geleceğe ait rüzgar verileri incelendiği zaman (Şekil 4.46);

Şekil 4.46, Diyarbakır ilçelerindeki mevcut ve öngörülen rüzgar hızı eğilimleri hakkında değerli bilgiler sağlar. Orta senaryolar (senaryo 1 ve senaryo 2) istikrarı önerirken, yüksek emisyonlu senaryolar (senaryo 3 ve senaryo 4) rüzgar dinamiklerinde potansiyel olarak önemli değişiklikler olduğunu göstermektedir. Bu bulgular, gelecekteki belirsizlikleri ele almak için enerji planlaması, kentsel gelişim ve iklim 2022 yılında rüzgar hızı ilçeler arasında önemli mekansal farklılıklar göstermektedir:

Kayapınar, bölgesel coğrafi ve iklimsel faktörler nedeniyle yazın en yüksek rüzgar hızlarını göstermektedir. Yenişehir ve Sur, genel olarak daha düşük rüzgar hızları sergilemektedir. Bu durum ise; alanlardaki rüzgar enerjisi potansiyelinin azaldığını göstermektedir. Mevsimsel farklılıklara bakıldığında, yaz rüzgar hızları, özellikle Kayapınar ve Bağlar'da çoğu ilçede kış rüzgar hızlarından genellikle daha yüksektir. Bu desen, daha sıcak aylarda termal konveksiyon süreçlerine ve atmosferik dolaşım değişikliklerine atfedilebilir.

2050 senaryosuna göre; 4 senaryo (senaryo 1, senaryo 2, senaryo 3 ve senaryo 4), gelecekteki iklim modellemesindeki belirsizliği vurgulayarak rüzgar hızlarının değişen projeksiyonlarını göstermektedir:

Senaryo 1 ve senaryo 2'ye göre; mevcut rüzgar hızlarından minimal değişiklikleri tasvir ederek istikrarlı atmosfer koşullarını göstermektedir. Mevsimsel desenler tutarlılığını korumaktadır ve yaz aylarında kış aylarına kıyasla daha yüksek rüzgar hızları görülmektedir. Senaryo3 ve senaryo 4'e göre; ilçeler ve mevsimler arasında rüzgar hızında daha keskin yüksek ve düşük ile daha belirgin dalgalanmalar göstermektedir. Bağlar ve Kayapınar, senaryo 3 ve senaryo 4 altında yaz aylarında rüzgar hızında daha belirgin artışlar göstermektedir ve bu da bu bölgelerin yüksek emisyonlu yörüngeler altında yoğunlaşan atmosferik dolaşım nedeniyle daha güçlü rüzgarlar yaşayabileceğini göstermektedir.

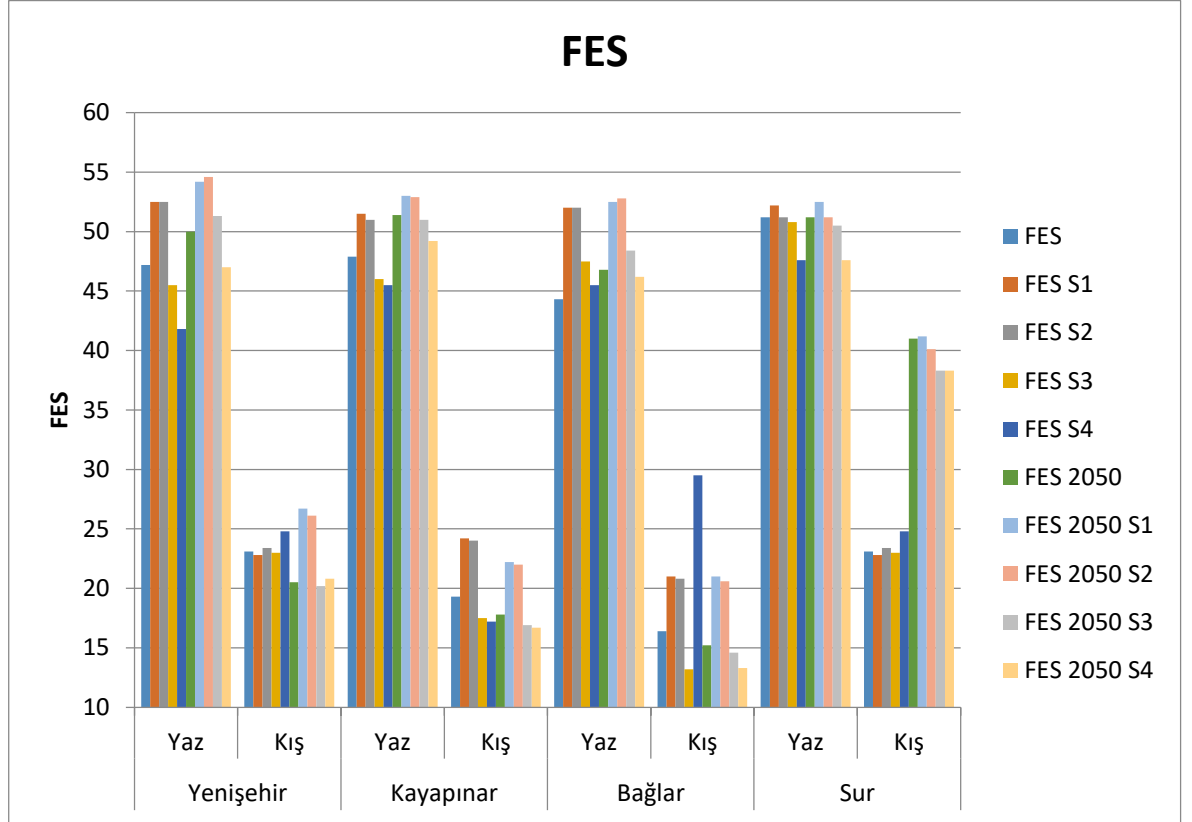
4.6.4. FES Değerleri Analizlerinin Değerlendirilmesi

FES, çeşitli durumlarda insan termal konforunu değerlendirmek için kullanılan önemli bir termal göstergedir. Rüzgar ve güneş radyasyonundan uzak, kontrollü bir iç ortamda, insan vücudunun ısı dengesinin dengede olduğu hava sıcaklığı, karmaşık dış koşullar altında deneyimlenen genel sıcaklığı (iç ve cilt) yansıtır (**Paris ve ark., 2022; Matzarakis ve Nastos, 2013**). PET kavramı, metabolik hız, giyim yalıtımı ve çevresel koşullar gibi değişkenleri insan termal reaksiyonlarını modellemek için birleştiren Bireyler için Münih Enerji Dengesi Modeli'ne (MEMI) dayanmaktadır (**Yu ve ark., 2013; Nouri ve ark., 2018**). Mikro ölçekli mekânsal FES analizlerinde ENVI-met yazılımı ile Rayman yazılımı arasındaki FES sonuçlarında bazı tutarsız durumlar bulunabilmektedir. Bu durumun başlıca sebebi ise;

ENVI-met, çeşitli atmosferik, fizyolojik ve çevresel süreçleri yüksek mekansal ve zamansal çözünürlükte entegre eden bir 3B mikro iklim simülasyon modelidir. Sokak ve kentsel düzeylerde güneş radyasyonu, rüzgar, türbülans ve bitki örtüsünün etkileşimi gibi çok çeşitli faktörleri dikkate almaktadır (**Bruse ve Fleer, 1998**). Bu kapsamlı yaklaşım, özellikle binalar ve bitki örtüsü arasında yüksek derecede gölgeleme veya karmaşık etkileşimler olduğunda daha yüksek PET değerlerine yol açabilen daha dinamik ve yerel termal koşullarla sonuçlanabilmektedir (**Gal ve ark., 2016**). RayMan, genellikle dış mekanlarda insan termal konforunun daha basit tek boyut simülasyonları için kullanılmaktadır. Esas olarak insan vücudu ile çevre arasındaki radyatif, konvektif ve buharlaştırıcı ısı alışverişleriyle ilgilenir (**Matzarakis ve ark., 2007b**). RayMan, Envi-met gibi ayrıntılı 3 boyutlu çevresel etkileşimleri dikkate alamadığından, ısı alışverişi süreçlerini basitleştirdiği için FES değerleri genellikle daha düşük sonuç vermektedir (**Bruse ve Fleer, 1998**). RayMan genellikle daha idealize edilmiş rüzgar koşullarını dikkate alır ve yerel termal konforu etkileyebilecek rüzgar akışındaki ince taneli değişiklikleri yakalayamayabilir, böylece rüzgarla ilgili soğutma potansiyelini hafife almaktadır ve sonuç olarak daha düşük FES değerleri üretmektedir.

FES, hava sıcaklığı, nem, rüzgar hızı ve ortalama radyant sıcaklık gibi birçok çevresel faktörü birleştirerek termal konforun kapsamlı bir değerlendirmesini sunma kapasitesi açısından önemlidir (**Emmanuel ve ark., 2007; Zeng ve Dong, 2014**). PET, mikro iklimsel dalgalanmaların insan konfor seviyelerini büyük ölçüde etkileyebilmesi nedeniyle kentsel araştırmalarda özellikle

önemlidir (Lucchese ve Andreasi, 2017; Daneshvar ve ark., 2013). Araştırmalar, FES'in birçok kentsel şekil ve iklimde dış mekan termal konforunu etkili bir şekilde değerlendirebileceğini göstererek, kentsel planlama ve tasarımdaki önemini vurgulamaktadır (Taleghani ve ark., 2015; Arrar ve ark., 2022). Özellikle Diyarbakır gibi sıcak iklim özelliği gösteren kentlerde kent morfolojisi ve kentsel yeşil alt yapı sistemleri sıcaklık, nem ve rüzgar gibi iklim elemanlarını etkilediğinden dolayı FES doğrudan etkilenmektedir. Nitekim Şekil 4.47'e göre;



Şekil 4.47. Çalışmaya ait güncel ve geleceğe ait FES durumunu gösteren grafik

Diyarbakır kentimdeki FES değerleri, tüm ilçelerde yaz aylarında en yüksek seviyededir ve en yüksek değerler 45 ile 55 arasında değişmektedir. Bu değerler, bölgedeki termal rahatsızlık ve potansiyel ısı stresi koşullarını göstermektedir. Kış aylarında ise; FES değerleri, termal olarak daha konforlu veya hatta serin bir ortamı öneren önemli ölçüde 20-30 civarına düşmektedir. FES değerleri aynı sezonda ilçeler arasında nispeten tekdüzedir ve hiçbir ilçe önemli ölçüde farklı bir termal profil göstermemektedir. Bu homojenlik, kompakt kentsel yerleşim düzeni ve Diyarbakır şehir merkezindeki benzer iklimsel maruziyetten kaynaklanmaktadır. 2050 projeksiyona bakıldığında zaman 4 senaryoda, düşük emisyonlu (senaryo 3 ve senaryo 4) ile yüksek emisyonlu (senaryo 1 ve senaryo 2) arasında değişen farklı iklim yörüngelerini temsil eder:

Senaryo 3 ve senaryo 4 altındaki gelecekteki FES projeksiyonları, 2022'ye kıyasla yaz ve kış değerlerinde hafif bir artış göstermektedir. Genel termal rahatsızlık kışın yönetilebilir düzeyde kalmaktadır fakat yaz aylarında ısı stresi riski hafifçe yoğunlaşmaktadır. Senaryo1 ve senaryo2 senaryolarında FES değerleri, özellikle yaz aylarında daha keskin bir artış göstererek tüm ilçelerde 55'e kadar ulaşmaktadır. Bu tür artışlar, aşırı sıcaklık koşulları riskinin arttığını ve halk sağlığı ve kentsel yaşanabilirlik için ciddi zorluklar oluşturduğunu göstermektedir.

Yaz mevsiminde tüm senaryolarda FES'te öngörülen artış, yaz aylarında ısı stresinin kötüleştiğini göstermektedir. Kış aylarında ise; FES kışın nispeten düşük kalırken, hafif artışlar geleneksel olarak daha soğuk aylarda potansiyel olarak azalmış termal konforla daha sıcak kışları göstermektedir.

Özellikle senaryo 1 ve senaryo 2'de yaz aylarında yüksek FES değerleri tehlikeli sıcaklık koşullarını göstermektedir. Bu, özellikle yaşlılar ve çocuklar gibi savunmasız nüfuslar için ısıyla ilişkili hastalık vakalarının artmasına yol açabilmektedir. Kış değerleri ise; Daha sıcak kışlar, ısıtma için enerji talebini azaltabilir ancak mevsimsel normları ve biyolojik ritimleri bozmaktadır.

Yenişehir ve Kayapınar gibi kentsel alanlar, artan bitki örtüsü, yansıtıcı yapı malzemeleri ve iyileştirilmiş kentsel havalandırma gibi ısı azaltma önlemlerinden faydalanabilmektedir. İlçeler genelindeki nispeten tekdüze FES eğilimleri, şehir genelindeki politikaların ilçeye özgü müdahalelere ihtiyaç duymadan termal rahatsızlığı etkili bir şekilde ele alabileceğini göstermektedir.

Yaz aylarında daha yüksek FES değerleri, soğutma için enerji talebini artırabilir, gelecekteki talebi karşılamak için sürdürülebilir enerji çözümlerine yatırım yapılmasını gerektirmektedir.

FES analizi, Diyarbakır ilçeleri genelinde termal konforda önemli mevsimsel ve zamansal değişimler ortaya koymaktadır. Mevcut koşullar yaz aylarında zaten zorluklar sunarken senaryo 1 ve senaryo 2'deki gelecekteki projeksiyonlar, iklim adaptasyon stratejilerine acil ihtiyaç olduğunu vurgulamaktadır. Kentsel planlamalara, halk sağlığı politikaları ve sürdürülebilir enerji çözümlerini entegre ederek bu zorlukların üstesinden gelinebilir ve gelecekteki termal strese karşı daha dayanıklı şehirler planlanabilir.

5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Bu çalışma, Diyarbakır ili özelinde 2022 ve 2050 yıllarına ilişkin mevcut iklim verileri ve farklı peyzaj senaryoları çerçevesinde iklim değişikliğinin kentsel iklim mikroklima üzerindeki etkilerini değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Analizler, mevcut durum ile birlikte çim alanların farklı yoğunluklarda (%20 ve %80) yer aldığı Senaryo 1, senaryo 2 senaryoları ile iğne yapraklı (Senaryo 3) ve geniş yapraklı (Senaryo 4) bitki örtüsü senaryolarını kapsamaktadır. Yaz ve kış mevsimleri dikkate alınarak yapılan karşılaştırmalar, gelecek iklim koşullarına adaptasyon açısından peyzaj düzenlemelerinin kritik rol oynadığını ortaya koymuştur.

Çizelge 5.1. Çalışma alanlarına ait çıktı sonuçları

2022 yılı									
	İklim Elemanları	Yenişehir		Kayapınar		Bağlar		Sur	
		Yaz	Kış	Yaz	Kış	Yaz	Kış	Yaz	Kış
Mevcut durum	Nem	4.8	4.3	4.7	4.5	5.2	4	5.8	4.4
	Rüzgar hızı	0.6	0.3	1.2	0.3	0.6	0.2	0.8	0.3
	Hava sıcaklığı	40.5	7.5	40	8.4	35.2	7.1	41	8
	FES	47.2	23.1	47.9	19.3	44.3	16.4	51.2	23.1
Senaryo 1	Nem	4.5	4.4	4.6	4.4	5	4.2	5.9	4.4
	Rüzgar hızı	0.7	0.3	1.1	0.3	0.7	0.4	0.8	0.3
	Hava sıcaklığı	40.4	7.6	39.5	8.9	35.2	7.1	41	8.2
	FES	52.5	22.8	51.5	24.2	52	21	52.2	22.8
Senaryo 2	Nem	4.5	4.3	4.5	4.4	4.8	4.1	5.8	4.5
	Rüzgar hızı	0.7	0.3	1.1	0.3	0.7	0.4	0.8	0.3
	Hava sıcaklığı	40.4	7.6	40.9	8.4	39.4	7.2	41.1	7.9
	FES	52.5	23.4	51	24	52	20.8	51.2	23.4
Senaryo 3	Nem	4.8	4.5	4.6	4.4	5	4.2	5.9	4.3
	Rüzgar hızı	0.6	0.8	1	0.2	0.6	0.3	0.8	0.3
	Hava sıcaklığı	39.3	7.9	38.7	8.4	38	6.8	41	7.9
	FES	45.5	23	46	17.5	47.5	13.2	50.8	23
Senaryo 4	Nem	4.7	4.6	4.8	4.5	7.8	4.4	5.9	4.3
	Rüzgar hızı	0.6	1	1.2	0.3	0.6	0.3	0.6	0.4
	Hava sıcaklığı	37.1	7.4	38.9	8.1	38.4	9.8	40.1	7.8
	FES	41.8	24.8	45.5	17.2	45.5	29.5	47.6	24.8
2050 yılı									
Mevcut durum ve senaryolar	İklim elemanları	Yenişehir		Kayapınar		Bağlar		Sur	
		Yaz	Kış	Yaz	Kış	Yaz	Kış	Yaz	Kış
Mevcut durum	Nem	8	4.8	9	4.6	7.7	4.7	9	4.4
	Rüzgar hızı	0.4	0.3	0.7	0.3	1	0.2	0.2	0.3
	Hava sıcaklığı	40.5	10.2	43.8	8.5	38.9	8.9	43	9.7
	FES	50	20.5	51.4	17.8	46.8	15.2	51.2	41
Senaryo 1	Nem	7.8	4.4	8.9	4.6	7.5	4.9	8.5	4.4
	Rüzgar hızı	0.5	0.3	0.7	0.4	0.9	0.5	0.2	0.3
	Hava sıcaklığı	42	10.7	44.5	9.2	41.3	9.6	42.7	10.1
	FES	54.2	26.7	53	22.2	52.5	21	52.5	41.2
Senaryo 2	Nem	8	4.8	8.9	4.6	7.7	5	8.6	4.5
	Rüzgar hızı	0.5	0.3	0.7	0.4	0.9	0.5	0.2	0.3
	Hava sıcaklığı	41.4	10.6	44.8	9.1	41.2	9.6	42.8	9.6
	FES	54.6	26.1	52.9	22	52.8	20.6	51.2	40.1
Senaryo 3	Nem	8.1	4.7	9	4.6	7.7	4.9	8.6	4.4
	Rüzgar hızı	0.4	0.3	0.5	0.3	0.7	0.4	0.2	0.3
	Hava sıcaklığı	40.6	10.5	43.4	8.5	39.8	9.1	42	9.5
	FES	51.3	20.2	51	16.9	48.4	14.6	50.5	38.3
Senaryo 4	Nem	8.2	4.8	9	4.7	7.6	4.8	8.5	4.3
	Rüzgar hızı	0.4	0.3	1	0.4	1	0.3	0.2	0.3
	Hava sıcaklığı	40.1	10.9	43.2	8.3	39.2	9	41.5	9.8
	FES	47	20.8	49.2	16.7	46.2	13.3	47.6	38.3

Çalışma alanı olan Diyarbakır ili (Sur, Yenişehir, Bağlar ve Kayapınar ilçeleri) ait 4 farklı bölgedeki Çizelge 5.1' deki veriler incelendiğinde; yazları aşırı sıcak ve düşük nem oranlarıyla karakterize bir iklim yapısına sahiptir. 2022 yılına kıyasla 2050 yılı projeksiyonlarında sıcaklık artışı ve nemde hafif bir artış öngörülmektedir.

2022 ve 2050 yılları arasındaki veriler, Diyarbakır'da yaz mevsiminde ortalama hava sıcaklıklarının ciddi oranda artacağını göstermektedir. Özellikle 2050 yılında yaz sıcaklıklarının 40–44 °C arasında seyrettiği ve hissedilen sıcaklık (FES) değerlerinde belirgin bir yükselme olduğu tespit edilmiştir. Kış sıcaklıklarında ise sınırlı bir artış görülmektedir.

Çalışmayı senaryolar bazında değerlendirilmesi gerekirse; 2022'ye kıyasla 2050'de nem oranlarında artış (%4,3–5,8'den %7,7–9'a çıkış) gözlenmektedir. Hava sıcaklığı mevcut senaryoda dahi belirgin şekilde artış göstermiştir (yaklaşık 3-5°C artış), FES değerleri önemli düzeyde yükseliş göstermiştir; bu durum insan biyoklimatik konforunun düşeceğini göstermektedir. Nitekim özellikle, yükselen FES değerleri, ortalama radyant sıcaklığın yüksek olduğu bir ortamı yansıtmaktadır. Bu yüksek radyant yük, vücudun radyasyon ve konveksiyon yoluyla ısı kaybını sağlama kapasitesini sınırlamakta ve bunun sonucunda vücut içinde ısı birikimi meydana gelmektedir. **Taleghani ve ark., 2016**, ortalama radyant sıcaklığı yükselten yansıyan radyasyondaki artışların, FES'te önemli bir artışa yol açabileceğini ve dolayısıyla yayaların termal konforunu azaltabileceğini göstermiştir. Benzer şekilde, **Zhang ve ark., 2022**; termal konforu, çevresel koşullar vücudun termal dengesini koruyan koşulların dışına çıktığında kötüleşen öznel bir tepki olarak tanımlamıştır; bu durum FES arttıkça belirginleşmektedir. Senaryo 1'de FES değerlerinde artış görülmektedir (2022'de bile mevcut duruma göre FES daha yüksek). 2050 yılında çim alanın sınırlı artışı bile sıcaklık hissini artırmaktadır. Senaryo 2'de senaryosunda özellikle Bağlar ve Sur ilçelerinde ısı adası etkisini azaltmada sınırlı başarı sağlamaktadır. Ancak %80 çim bile FES üzerinde negatif etki yapabilmekte; aşırı buharlaşma ve su ihtiyacı nedeniyle beklenen olumlu etki görülmemektedir. Senaryo 3'de senaryosunda 2022 ve 2050 yıllarında hem sıcaklık hem de FES değerlerinde görece olarak daha düşük artış sağlanmıştır. İğne yapraklı bitkiler gölgeleme ve buharlaşmalı soğutma sağlıyor ancak mutlak sıcaklık düşüşü sınırlı kalmaktadır.

İğne yapraklı bitkiler, genellikle yaprak yapısı ve formlarından dolayı geniş yapraklı bitkilere kıyasla daha az biyoiklimsel konfor sağlar. Geniş yapraklı ağaçlar, genellikle gölgelemeyi artıran ve yaya seviyesinde güneş kazanımını azaltan daha büyük, daha yoğun ve daha yatay olarak uzanan gölgelikler üretmektedir. Bu geniş gölge, ortalama radyant sıcaklıkları ve yüzey sıcaklıklarını düşürerek dış mekan termal konforunu iyileştirmektedir. Buna karşılık, iğne yapraklı ağaçlar iğne benzeri yapraklar ve daha fazla güneş radyasyonu penetrasyonuna izin veren daha dikey yönelimli, daha seyrek taç yapılarıyla karakterize edilmektedir. Diğer değişle, bu daha az etkili gölgeleme ve daha düşük buharlaşma transpirasyon kaynaklı soğuma oranlarıyla sonuçlanmakta, bu da yüksek yerel sıcaklıklara ve azalmış biyoiklimsel konfora yol açmaktadır (**Li ve Song, 2019; Weerakoon ve Perera, 2021**) .

Geniş yapraklı ağaçların sağladığı mikro iklimsel faydalar, transpirasyon yoluyla gizli ısı kaybını artıran daha yüksek yaprak alanı endeksleri ve stoma iletkenlikleri ile daha da güçlendirilir. Bu tür süreçler, ısı stresini azaltmanın kritik olduğu kentsel ortamlarda etkili soğutmaya katkıda bulunmaktadır. Kentsel mikro iklim çalışmaları, genellikle geniş yapraklıların hakim olduğu açık yeşil alanlarda bulunan çok katmanlı, yoğun bir glgeliğe sahip bitki örtüsünün, yalnızca hava sıcaklığını değil aynı zamanda termal stresin süresini ve yoğunluğunu da azaltarak termal konforu önemli ölçüde artırılabileceğini göstermiştir (**Meliouh ve ark., 2024**). Çalışma alanlarında senaryo 4'ler geniş yapraklı bitkilerden oluşmaktadır. Bu durum ise özellikle senaryo 4'lerin yaz aylarında hava sıcaklığında ve FES değerlerinde en belirgin bir iyileştirme yaptığı analiz sonularında ortaya çıkmıştır. Geniş yapraklı ağaçlar daha fazla gölge sağladığından, sıcaklık artışlarını ve biyoklimatik stres seviyelerini azaltmada en etkili m olmuştur.

Çalışma bölgeler bazında değerlendirilmesi gerekirse; Kayapınar ve Sur bölgelerinde sıcaklık artışı en belirgin bir şekilde gözlenmiştir. Özellikle Kayapınar'da 2050 yılında sıcaklıkta 3.8°C artış ve buna paralel olarak FES değerinde 3.5°C puanlık bir artış beklenmektedir. Bu iki belgede nem artışı (%4-5'ten %7-9'a) olmasına rağmen aşırı sıcaklık artışı nedeniyle konfor üzerindeki pozitif etkisi sınırlı kalmaktadır. Özetle Kayapınar: 2050 projeksiyonunda en yüksek sıcaklık değerlerine ulaşmaktadır (zellikle senaryo 1 ve senaryo 2'de). Sur bölgesindeki çalışma alanı nem oranı düşük kalmaya devam etmektedir; tarihi doku nedeniyle bu bölgede herhangi bitkisel uygulama yapmak mümkün olmamaktadır. Bu durum ise mikroklima yönetimini zorlaştırmaktadır. Yenişehir ve Bağlar, im senaryoları su tüketimi ve sıcaklık açısından risk oluştırmaktadır. Bu bölgelerde mikro klima yönetimi açısından en uygun müdahale tasarım kriterleri ve ekolojik parametreler göz önünde bulundurularak açık yeşil alan miktarı arttırılmalıdır.

Mevimsel olarak değerlendirilmesi gerekirse; izelge 5.12'deki veriler incelendiğinde Yaz aylarında tüm ilçelerde sıcaklıklar oldukça yüksektir. Bu durum, kentsel ısı adası (KSA) etkisinin yoğunlaşmasına ve insan sağlığı üzerinde olumsuz etkilere yol açabilmektedir. Özellikle yaşlılar, çocuklar ve kronik rahatsızlığı olanlar için sıcaklık stresi riski artmaktadır. Yaz aylarında nem değerleri nispeten düşüktür ve düşük nem, yüksek sıcaklıkla birleştiğinde buharlaşmayı arttırmakta ve bitki örtüsünün su ihtiyaını yükseltmesine sebep vermektedir (**Dolman, 2005; Zhang ve ark., 2017**). FES değerleri yaz aylarında yüksektir ve bu durum, insan konforu açısından olumsuz koşulları göstermekle beraber, dışarıda geçirilen zamanı sınırlamaktadır. Kış aylarında sıcaklıklar nispeten ılımandır, ancak yine de bazı senaryolarda (rneğin, senaryo 2'de) sıcaklıklar düşüktür. Kış aylarında nem değerleri yaza göre daha yüksektir. Yüksek nem, soğuk havanın etkisini arttırabilmekte ve insan konforunu olumsuz etkileyebilmektedir. Kış aylarında rüzgar hızı genellikle düşüktür. Düşük rüzgar hızı, hava sirkülasyonunu azaltabilir ve kirleticilerin birikmesine neden olabilmektedir.

İklimsel verilere göre değerlendirilmesi gerekirse; izelge 5.1'de özellikle nem 2022 verilerinde, ilçeler arasında ve senaryolara göre belirgin farklılıklar göstermemektedir. 2050

projeksiyonlarında, genel olarak nem değerlerinde artış öngörülmektedir. Rüzgar hızı değerleri genellikle düşüktür ve senaryolar arasında büyük farklılıklar gözlenmemektedir. 2050 projeksiyonlarında bazı senaryolarda (senaryo 4) rüzgar hızında hafif artışlar görülmektedir. Geniş yapraklı bitkilerin rüzgarı kesme etkisinin daha az olması bu duruma neden olabilmektedir. Nitekim literatürlerde bu durumu desteklemektedir (Miller ve ark., 2012; Wu ve ark., 2016; Vogel, 2009). Hava sıcaklığı bakımından yaz sıcaklıkları, tüm ilçelerde ve senaryolarda kış sıcaklıklarından belirgin şekilde yüksektir. 2050 projeksiyonlarında, genel olarak hava sıcaklıklarında artış öngörülmektedir. Bu artış, küresel iklim değişikliğinin yerel etkilerini yansıtmaktadır. Senaryolar arasında, %80 çim alan (senaryo 2) ve iğne yapraklı bitki (senaryo 3) senaryolarında yaz sıcaklıklarının daha yüksek olduğu görülmektedir. Çim alanların ve iğne yapraklı bitkilerin ısıyı daha fazla tutma eğilimi bu duruma katkıda bulunabilmektedir. FES değerleri, insan konforu açısından önemli ipuçları vermektedir. Yüksek FES değerleri, sıcaklık stresi riskini artırabilmektedir. 2050 projeksiyonlarında, FES değerlerinde genel bir artış öngörülmektedir. Bu durum, artan hava sıcaklıkları ile ilişkilidir ve insan sağlığı üzerinde olumsuz etkileri yaşanabilmektedir. Senaryolar arasında, %20 çim alan (senaryo 1) senaryosunda FES değerlerinin nispeten daha düşük olduğu görülmektedir. Çim alanların buharlaşma yoluyla serinletici etkisi bu durumu açıklamaktadır.

Genel olarak iklim değişikliğinin etkisiyle, Diyarbakır'da yer alan 4 farklı dokuya sahip çalışma alanlarında 2050 yılında sıcaklık ve nemde artış beklenmektedir. Farklı bitki örtüsü senaryoları, yerel iklim elemanlarını farklı şekillerde etkilemektedir. Örneğin, geniş yapraklı bitkiler rüzgâr hızını artırırken, iğne yapraklı bitkiler nemi artırabilir. İnsan konforu açısından, artan FES değerleri sıcaklık stresi riskini artırmaktadır. Bu durum, özellikle yaşlılar, çocuklar ve kronik rahatsızlığı olanlar için önemli sağlık problemlerine yol açabilmektedir.

Öneriler;

İklim değişikliği etkilerinin artmasıyla birlikte Diyarbakır gibi sıcak ve yarı kurak bölgelerde kentsel ikliminin iyileştirilmesi, insan sağlığı ve yaşam kalitesi açısından büyük önem taşımaktadır. Yapılan analizlerde, özellikle geniş yapraklı ağaçlardan oluşan peyzaj düzenlemelerinin, kentsel alanlarda sıcaklık azaltımı ve termal konforun sağlanmasında diğer tüm stratejilere kıyasla daha etkili olduğu açıkça görülmüştür.

Çim alanların artırılması, kısmi yüzey sıcaklık düşüşü sağlamakla birlikte, aşırı su tüketimi ve nem artışı nedeniyle iklim adaptasyonu açısından uzun vadede sürdürülebilir bir çözüm sunmamaktadır. İğne yapraklı türler, özellikle düşük bakım ihtiyaçları açısından avantaj sağlasa da geniş yapraklı türler kadar güçlü bir gölgeleme ve serinletme etkisi oluşturmamaktadır.

Düşük rüzgar hızları, kent içinde doğal havalandırmanın yetersiz kalmasına neden olmakta ve ısı adası etkisini güçlendirmektedir. Bu nedenle, peyzaj tasarımlarında rüzgar koridorları ve açık yeşil alanların planlaması da kritik öneme sahiptir.

Yerel yönetimler, ekolojik sağlığı, sosyal etkileşimleri ve kent sakinlerinin refahını teşvik etmek için elzem olan kentsel yeşil alanların geliştirilmesinde ve iyileştirilmesinde kritik bir rol oynamaktadır. Kentsel yeşil alanlar, kentsel ortamlardaki genel yaşam kalitesine katkıda bulunan parklar, bahçeler ve doğal rezervler dahil olmak üzere çok çeşitli alanları kapsar. Kirlilik ve ısı gibi kentsel zorlukları hafifletmeye yardımcı olurken aynı zamanda rekreasyon ve toplum katılımı için alanlar sağlarlar.

Yerel yönetimlerin kentsel yeşil alanlara katkıda bulunduğu birincil mekanizmalardan biri, bu alanlara kamu erişimini teşvik eden politikaların planlanması ve uygulanmasıdır. **Chen ve Hu 2015'e** göre, yerel yönetimler bu tür girişimleri finanse etmek kendi envanterlerinde bulunan arazileri satışa çıkarttıkları zaman, arazi tabanlı kentleşme kamusal yeşil alanlarda artışa yol açabilmektedir. Ancak, yerel yönetimlerin kentsel yeşil alanları kiralayarak kısa vadeli ekonomik kazanımlara öncelik verme riski vardır ve bu da kamu yararını tehlikeye atabilmektedir. Bu nedenle denge, kalkınma ve sürdürülebilirlik arasındaki etkileşimi yönlendirmesi gereken yerel yönetim stratejilerinde yatmaktadır.

Sosyoekonomik faktörler ile kentsel yeşil alanlar arasındaki ilişki yerel politikaları büyük ölçüde şekillendirebilmektedir. Oregon, Portland'daki çalışmalar, daha iyi sosyoekonomik koşullara sahip alanların yeşil alanlara daha fazla erişime sahip olma eğiliminde olduğunu göstermektedir ve bu da yerel yönetimlerin kentsel planlamada eşitlik sorunlarını ele alma ihtiyacını vurgulamaktadır (**Nesbitt ve Meitner, 2016**). Kentsel alanlar hızla dönüşüm geçirirken, düşük gelirli mahallelerde yeterli yeşil alan sağlanması zorunlu hale gelmektedir. Bu tür alanlara yönelik hedefli yatırımlar, toplumsal dayanıklılığı ve çevresel adaleti teşvik ederken toplumsal uyumu artırabilmektedir (**Qian ve ark., 2015**).

Yerel yönetimlerin ayrıca kentsel yeşil alanların niceliklendirilmesi ve haritalanmasında da sorumluluğu vardır. **Qian ve ark. (2015)**, kentsel yeşil alanların yüksek çözünürlüklü verilerle haritalanmasının, sağladıkları ekosistem hizmetlerine ilişkin kritik içgörüler ortaya çıkarabileceğini belirtmektedir. Bu veri odaklı yaklaşım, kentsel plancıların ve yerel yönetimlerin iyileştirmeye ihtiyaç duyan alanlara öncelik vermesini ve kaynakların toplum yararını en üst düzeye çıkarmak için etkili bir şekilde tahsis edilmesini sağlar.

Stratejik yönetim ve yenilikçi kentsel planlama çözümleri kentsel yeşil alanların etkinliğini artırabilmektedir. **Ma ve ark. (2024)**, yeşil alan bakımını ve erişilebilirliğini optimize etmek için sokak yeşil altyapısını yaya akışlarıyla senkronize etmenin faydalarını göstermektedir. Haftasonları yayaların yoğun olduğu alanlara uyum sağlayan mobil yeşillikler gibi esnek yeşil alan çözümlerinin entegre edilmesi, yerel yönetimlerin kentsel yeşil alanları dinamik bir şekilde iyileştirme potansiyelini göstermektedir.

Yerel yönetimler, kentsel yeşil alanlarla ilişkili zihinsel ve fiziksel sağlık faydalarını giderek daha fazla fark etmektedir. Yeşil alanların kullanımı, özellikle yaşlılar gibi kırılgan nüfuslar için psikolojik refahı önemli ölçüde etkilediğini göstermektedir (**Mou ve ark., 2024**). Yerel yönetimler

tarafından etkili kentsel yeşil alan yönetimi, COVID-19 salgını sırasında kanıtlandığı gibi, yaşlılar arasındaki fiziksel aktivite seviyelerindeki olası düşüşleri hafifletmektedir (Yang ve ark., 2021). Bu, yalnızca bireysel sağlık sonuçlarını iyileştirmekle kalmaz, aynı zamanda daha geniş halk sağlığı hedeflerine de katkıda bulunmaktadır.

Ayrıca, kentsel yeşil alanlar iklim değişikliği gibi çevresel zorlukların ele alınmasında ayrılmaz bir parçadır. Yerel yönetimler, yeşil altyapıyı kentsel peyzaja entegre etmek için doğa temelli çözümler uygulayabilir. Örneğin, kentsel ısı adalarını azaltmak için yeşil alanlardan yararlanmak, vurgulanan bir stratejidir ve hızlı kentleşme karşısında çevre kalitesi için yeşil altyapının önemini vurgulamaktadır (Yusuf ve ark., 2023). Bu stratejiler, daha geniş sürdürülebilirlik hedefleriyle uyumludur ve yerel yönetimin kentsel ekolojik yönetimdeki çok yönlü rolünü sergilemektedir.

Ek olarak, yerel yönetimler, kentsel yeşil alan oluşturma çabalarını desteklemek için bir mekanizma olarak toplum katılımını kullanabilmektedir. Yerel halkla iş birliği programları, kentsel yeşil alanların başarılı bir şekilde oluşturulmasını ve bakımını artırabilmektedir. Bu kaynakların başarılı bir şekilde yönetilmesi genellikle toplum ihtiyaçlarının anlaşılmasını ve vatandaş katılımının teşvik edilmesini içermekte, bu durum **Ajewole ve ark. (2019)**'nın, kentsel parkların sürdürülebilir yönetimine yönelik hane halkı tutumlarını tartıştığı çalışmada görülmektedir. Bu ortak alanlara yönelik sahiplik ve sorumluluk duygusunu beslemek için aktif katılım önem taşımaktadır.

Ekolojik bir bakış açısından, yerel yönetimlerin rolü, yeşil altyapıların dikkatli tasarımı yoluyla biyolojik çeşitliliği korumaya kadar uzanmaktadır.

Aynı zamanda yerel yönetimler ve toplumsal kuruluşlar koordineli bir şekilde hareket ederek;

- ✓ Kentsel alanlarda "yeşil altyapı" yaklaşımını benimsemelidir. Yeşil altyapı, ekosistem hizmetlerinin sağlanması için tasarlanmış ve yönetilen yeşil alanlar ağıdır. Bu yaklaşım, farklı bitki türlerini içeren karma kullanımlı yeşil alanlar oluşturmayı ve kentsel alanlara biyoçeşitliliği entegre etmeyi hedefler.
- ✓ Yerel iklim koşullarına uygun ve kuraklığa dayanıklı bitki türleri seçilmelidir. Literatürde, yerel bitki türlerinin kullanılması, ekolojik sürdürülebilirlik ve kentin kimliğinin korunması açısından önerilmektedir. Diyarbakır'a özgü bitki türlerinin kullanılması, kentin biyoçeşitliliğine katkı sağlayabilir ve su kaynakları üzerinde baskıyı azaltabilir.
- ✓ Ağaçlandırma çalışmalarında, geniş yapraklı ve gölge sağlayan ağaç türleri tercih edilmelidir. Ağaçlar, aynı zamanda hava kalitesini iyileştirir ve karbon tutulumu sağlayarak iklim değişikliğiyle mücadeleye katkıda bulunur.

- ✓ Kentsel tasarım kararları, iklimlendirme üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Diyarbakır'da, hava akışını engelleyen yoğun yapılaşma yerine, hava sirkülasyonunu destekleyen bir planlama yaklaşımı benimsenmelidir.
- ✓ Çatı ve cephelerde yansıtıcı malzemeler kullanılarak güneş ışınlarının emilimi azaltılmalıdır.
- ✓ Su kaynaklarının sürdürülebilir kullanımı için su duyarlı kentsel tasarım yaklaşımı benimsenmelidir. Yağmur suyu hasadı, gri su geri dönüşümü ve geçirgen yüzeylerin kullanımı gibi uygulamaları içermektedir. Bu yaklaşım, su kaynakları üzerindeki baskıyı azaltır, sel riskini önler ve kentsel alanlarda yeşil alanların sulanmasını destekler.
- ✓ İklim değişikliğinin etkileri ve adaptasyon stratejileri konusunda toplumsal farkındalık, eğitim programları, kampanyalar ve bilgilendirme materyalleri aracılığıyla artırılmalıdır.





KAYNAKLAR

- Abdi, B., Hami, A, ve Zarehaghi, D., 2020. Impact of small-scale tree planting patterns on outdoor cooling and thermal comfort. *Sustainable Cities and Society*, 56, 102085.
- Acero, J.A., Herranz-Pascual, K., 2015. A comparison of thermal comfort conditions in four urban spaces by means of measurements and modelling techniques. *Building and Environment*, 93:245–257.
- Adebayo, W., Akin, O., ve Olofin, E., 2022. Modeling the relationship between the land use/land cover change and land surface temperature in ibadan, oyo state, Nigeria, *SCRI*, 6(2).
- Adıgüzel, F., Çetin, M., Kaya, E., Şimsek, M., Güngör, S., ve Bozdoğan, Sert, E., 2020. Defining suitable areas for bioclimatic comfort for landscape planning and landscape management in Hatay. Turkey, *Theor.Appl. Climatol*, 139(3-4): 1493-1503.
- Adıgüzel, F., Bozdoğan Sert, E., Dinç, Y., Çetin, M., Güngör, S., Yuka, P., Sertkaya Doğan, O., Kaya, E., Karakaya, K., ve Vural, E., 2021. Determining the relationships between climatic elements and thermal comfort and tourism activities using the tourism climate index for urban planning: a case study of Izmir Province: Tourism climate index for urban planning, *Theoretical and Applied Climatology*.
- Adıgüzel, F., Sert, E, B., ve Çetin, M., 2022. Kentsel alanda kullanılan zemin malzemelerinden kaynaklanan yüzey sıcaklığı artışının önlenmesinde ağaçların etkisinin belirlenmesi, *Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 27(1):18-26.
- Afshar, N. K., Karimian, Z., Doostan, R., Nokhandan, M, H., 2018. Influence of planting designs on winter thermal comfort in an urban park. *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management*, 26(3): 232-240.
- Ajewole, O., Adebo, G., ve Fadipe. B., 2019. Household attitudes towards sustainable management of urban green spaces and parks in lagos state. nigeria. *Advances in Social Sciences Research Journal*. 6(8). 58-66.
- Akgün, M., ve Barlik, N., 2023. Makine Öğrenmesi Algoritmaları Kullanılarak Hava Kalitesi İndeksinin Tahmini. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*. (51): 97-107.
- Alchapar, N,L., Correa, E.N., 2016. The use of reflective materials as a strategy for urban cooling in an arid “OASIS” city, *Sustainable Cities and Society*, 27:1–14.
- Alkan, A., Adıgüzel, F., ve Kaya, E., 2017. Batman kentinde kentsel ısınmanın azaltılmasında yeşil alanların önemi. *İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Dergisi*, 34: 63-76.
- Alp, Ş., 2016. Biyolojik zenginliğimizin önemli bir sığınağı köy mezarlıkları. *Yuzuncu University Journal of Agricultural Sciences*, 26(1):118-125.
- Altunkasa, F., 1987. Çukurova bölgesinde biyoklimatik veriler kullanılarak açık ve yeşil alan sistemlerinin belirlenmesi ilkeleri üzerinde bir araştırma. *Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Adana*.

- Altunkasa, C., ve Uslu, C., 2020. Use of outdoor microclimate simulation maps for a planting design to improve thermal comfort. *Sustainable Cities and Society*, 57: 102-137.
- Andreou, E., 2011. The Investigation of the Factors that Shape the Microclimate in Urban Gorges. The Example of the Traditional and Newly Built Settlements of TINOS. Ph.D. Thesis. Aristotle University of Thessaloniki. Thessaloniki, Yunanistan.
- Anonim1:https://samsunhem.meb.k12.tr/meb_iys_dosyalar/55/18/970092/dosyalar/2022_09/14195424_71-UZMANLIK-NOTLARI-MODUL-6-2.pdf (Son erişim tarihi:10.07.2024).
- Anonim2:<https://tr.411answers.com/a/hava-sicakligi-nedir.html> (Son erişim tarihi:05.05.2024)
- Anonim3:[https://tr.wikipedia.org/wiki/Diyarbak%C4%B1r_\(il\)](https://tr.wikipedia.org/wiki/Diyarbak%C4%B1r_(il)) (Son erişim tarihi:31.11.2023).
- Antoniadis, D., Katsoulas, N., Kittas. C., 2018. Simulation of schoolyard's microclimate and human thermal comfort under Mediterranean climate conditions: effects of trees and green structures. *International journal of biometeorology* 62:2025-2036.
- Arini, A., 2024. Thermal comfort and the influence of dress culture analysis based on temperature humidity index in pontianak. *Iop Conference Series Earth and Environmental Science*, 1314(1), 012054.
- Arrar, F., Kaoula, D., Matallah, M., Abdessemed-Foufa, A., Taleghani, M., & Attia, S., 2022. Quantification of outdoor thermal comfort levels under sea breeze in the historical city fabric: the case of algiers casbah. *Atmosphere*, 13(4), 575.
- Atalay, İ., 2015. Ekosistem Ekolojisi ve Coğrafyası. META Basım Matbacılık Hizmetleri. İzmir.
- Auliciems, A., ve Szokolay, S. V., 2007. Thermal Comfort. Design Tools and Techniques note 3 Passive and Low Energy Architecture International (PLEA) in association with Department of Architecture. The University of Queensland Brisbane 4072.
- Aydın, S. G., ve Aydoğdu, G., 2022. Makine öğrenmesi algoritmaları kullanılarak Türkiye ve AB ülkelerinin CO2 emisyonlarının tahmini. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (37): 42-46.
- Balli, H. O., Tsui, W. H. K., ve Balli, F., 2019. Modelling the volatility of international visitor arrivals to New Zealand. *Journal of Air Transport Management*, 75:204-214.
- Basmadjian, R., Shaafieyoun, A., ve Julka. S., 2021. Day-ahead forecasting of the percentage of renewables based on time-series statistical methods: *Energies*, 14(21): 7443.
- Baş, E., Partigöç, N. S., 2023. İklim Değişikliğine Karşı Dirençli Kentler: Kentsel Isı Adası Etkisi Bağlamında Bir İnceleme, *Resilience* 7(1):183-198.
- Belding, H., S., ve Hatch, T. F., 1955. Index for evaluating heat stress in terms of resulting physiological strain. *Heating. Piping. Air Conditioning* 27, 129-142.
- Benrazavi, R. S., Dola, K. B., Ujang, N., ve Benrazavi, N. S., 2016. Effect of pavement materials on surface temperatures in tropical environment. *Sustainable Cities and Society*, 22: 94-103.
- Berardi, U., ve Wang, Y., 2016. The effect of a denser city over the urban microclimate: The case of Toronto. *Sustainability*, 8(8): 822.

- Bestara, A., 2022. Bioclimatic architecture as a design approach for high school in gedebage, bandung city.
- Bezirkan, M., 2022. Trabzon kenti'ndeki farklı rekreatif alan kullanımlarının termal konfor açısından incelenmesi / The uses of different recreational areas in the city of Trabzon the analysis of thermal comfort. Yüksek Lisans Tezi. Karadeniz Teknik Üniversitesi. Trabzon.
- Bilen, B., 2022. Diyarbakır Suriçi Kentsel Yenileme Projesinin. Kent Morfolojisi ve Kent Kimliği Açısından Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Birdal, A. C., Engin. K., Erşen. G. & Türk. T. (2018). Monitoring climate changes by geographical information systems: a case study of Izmir city. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*. 4(1): 45-55.
- Bishop, C. M., 2006. Pattern recognition and machine learning. Springer google schola, 2. 1122-1128.
- Blazejczyk, K., 1994. New climatological- and -physiological model of the human heat balance outdoor (MENEX) and its applications in bioclimatological studies in different scales, *Zeszyty IGiPZ PAN* 28:27-58
- Bleta, A., Nastos, P. T., ve Matzarakis, A., 2014. Assessment of bioclimatic conditions on Crete Island. Greece. *Regional Environmental Change*, 14: 1967-1981
- Bluestein, M., ve Osczevski. R., 2002. Wind chill and the development of frostbite in the face. 15th Conference on Biometeorology and Aerobiology. MO. Amer. Meteor. Soc.. Kansas City, 168-171.
- Brown, R.D., ve Gillespie, T.J., 1995. Microclimate Landscape Design: Creating Thermal Comfort and Energy Efficiency. John Wiley & Sons. New York.
- Bröde, P., Fiala, D., Błażejczyk, K., Holmér, I., Jendritzky, G., Kampmann, B., ve Havenith, G. 2011. Deriving the operational procedure for the universal thermal climate index (utci). *International Journal of Biometeorology*, 56(3), 481-494.
- Bruse, M., ve Fleer. H., 1998. Simulating surface-plant-air interactions inside urban environments with a three dimensional numerical model. *Environmental Modelling and Software*, 13(3-4):373-384.
- Bulgan. E., ve Yılmaz, S., 2017. Farklı kent dokularının yaz aylarında biyoklimatik konfora etkisi: Erzurum örneği. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 7(4): 235-242.
- Bulğan, E., 2014. Erzurum Kentinde Farklı Kent Dokularının Yaz Aylarında Biyoklimatik Konforunun Hesaplanması. Yüksek Lisans Tezi. Atatürk Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı Ana Bilim Dalı. Erzurum.
- Canan, F., 2017. Kent Geometrisine Bağlı Olarak Kentsel Isı Adası Etkisinin Belirlenmesi: Konya Örneği. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 32(3). 69-80.
- Carfan, A. C., Galvani, E., ve Nery, J. T., 2012. Study of thermal comfort in the City of Sao Paulo using ENVI-met model. *Investigaciones geograficas*, (78): 34-47.

- Chander, G., Markham, B., 2003. Revised Landsat-5 TM radiometric calibration procedures and postcalibration dynamic ranges. *Ieee Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 41(11):2674-2677.
- Chang, J., Kuan, Y., Lan, C., Li, H., Hsu, Y., Chen, C., ve Chen, C., 2016. Effectiveness and discussion of ventilation design with automatic revolving window. *Matec Web of Conferences*, 44, 01083.
- Chen, R., Sung, W., Chang, H., ve Chi, Y., 2013. Applying outdoor environment to develop health, comfort, and energy saving in the office in hot-humid climate. *The Scientific World Journal*, 2013(1).
- Chen, S., Shi, J., Li, X., Cui, M., ve Su, L., 2019. Human comfort instrument design based on embedded. *Journal of Geoscience and Environment Protection*, 07(06), 115-124.
- Chen, W., ve Hu, F., 2015. Producing nature for public: land-based urbanization and provision of public green spaces in china. *Applied Geography*. 58. 32-40. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2015.01.007>
- Chen., Y. C., ve Matzarakis, A., 2017. Modified physiologically equivalent temperaturebasics and applications for western European climate. *Theoretical and Applied Climatology*.1–15.
- Chen, Y.-C., Matzarakis, A., 2018. Modified physiologically equivalent temperature—Basics and applications for western European climate. *Theoretical and applied climatology* 132:1275-1289.
- Cifuentes, J., Marulanda, G., Bello, A., ve Reneses, J., 2020. Air temperature forecasting using machine learning techniques: a review. *Energies*, 13(16): 4215.
- Cortes, A., Rejuso, A, J., Santos, J.,A., ve Blanco, A., 2022. Evaluating mitigation strategies for urban heat island in Mandaue City using ENVI-met. *Journal of Urban Management*, 11(1): 97-106.
- Coşkun Hepcan, Ç., 2019. Kentlerde iklim değişikliği ile mücadele için yeşil altyapı çözümleri. *İklim Değişikliği Eğitim Modülleri Serisi. İklim Değişikliği Alanında Ortak Çabaların Desteklenmesi Projesi* . Ankara.
- Coşkun, H., 2022. Kayseri ili hava kirliliği parametrelerinin özelleştirilmiş makine öğrenmesi metodu ile tahmini. *Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi, Kayseri*.
- Coşkun, M., 2003. Coğrafya öğretiminde nem konusundaki kavram yanlışlıkları ve giderilmesine yönelik öneriler. *Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 23(3).
- Coutts, A. M., White, E. C., Tapper, N. J., Beringer, J., ve Livesley, S. J., 2016. Temperature and human thermal comfort effects of street trees across three contrasting street canyon environments, *Theoretical and applied climatology* 124:55-68.
- Çalışkan, O., Türkoğlu. N., ve Matzarakis. A, 2013. The effects of elevation on thermal bioclimatic conditions in Uludağ (Turkey), *Atmósfera*, 26(1). 45-57.

- Çalışkan, O., ve Türkoğlu, N., 2014. Ankara’da termal konfor koşulların eğilimi ve şehirleşmenin termal konfor koşulları üzerine etkisi. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 12(2):119-132.
- Çelik, M., 2022. Avlu bahçelerinin termal konforunun envî-met ile belirlenmesi; Diyarbakır örneği. Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi, Erzurum.
- Çetin, M., Topay, M., Kaya. L., ve Yılmaz, B., 2010. Biyoiklimsel konforun peyzaj planlama sürecindeki etkinliği: Kütahya örneği. *Turkish Journal of Forestry*. 11(1): 83-95.
- Çetin, M., 2015. Determining the bioclimatic comfort in Kastamonu City. *Environmental monitoring and assessment*, 187: 1-10.
- Çetin, M., 2016. Peyzaj planlamada biyoklimatik konfor alanların belirlenmesi: Cide kıyı şeridi örneği. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 4(9). 800-804.
- Çetin. M., Adıgüzel, F., Güngör. S., Kaya, E., ve Sancar, M.C., 2019. Evaluation of thermal climatic region areas in terms of building density in urban management and planning for Burdur. Turkey. *Air Quality. Atmosphere and Health*, 12: 1103-1112.
- Çetin, M., 2020. The Changing of Important Factors in The Landscape Planning Occur Due to Global Climate Change in Temperature, Rain and Climate Types: A Case Study of Mersin City. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 8(12), 2695-2701.
- Çetin, M., Sevik, H., Koç. I., ve Çetin, I. Z., 2023. The change in biocomfort zones in the area of Muğla province in near future due to the global climate change scenarios. *Journal of thermal biology*. 112. 103434.
- Çilek, M.Ü., 2021. Kamusal Yeşil Alanlar İle Isıl Konfor Arasındaki İlişkilerin Modellenmesi: Adana Kenti Örneği. Doktora Tezi. Çukurova Üniversitesi. Adana.
- Dağlı, D., 2021. Diyarbakır Kenti ve Çevresinde Arazi Kullanımı/Arazi Örtüsü Değişimi ve Kentsel Büyümenin Modellenmesi. Doktora tezi, Fırat Üniversitesi, Elazığ.
- Dale, V. H., 1997. The Relationship Between Land-Use Change and Climate Change. *Ecological Applications*, 7(3):753-769.
- Daneshvar, M., Bagherzadeh, A., ve Tavousi, T., 2013. Assessment of bioclimatic comfort conditions based on physiologically equivalent temperature (pet) using the rayman model in iran. *Open Geosciences*, 5(1).
- Davtalab. J., Deyhimi, S. P., Dessi, V., Hafezi. M. R., ve Adib, M., 2020. The impact of green space structure on physiological equivalent temperature index in open space. *Urban Climate* 31:100574.
- De Abreu-Harbach, L., V., Labaki, L. C., ve Matzarakis, A., 2015. Effect of tree planting design and tree species on human thermal comfort in the tropics, *Landscape and Urban Planning*. 138:99-109.
- Demir, A., 2009. Küresel iklim değişikliğinin biyolojik çeşitlilik ve ekosistem kaynakları üzerine etkisi. *Ankara Üniversitesi Çevrebilimleri Dergisi*, 1(2):37-54.

- Demircan, M., 2022. Iğdırın iklimi ve İklim Değişikliği. Doğal ve Beşeri Bilimler Açısından Iğdır, 77-113.
- Ding, F., ve Xu, H.-q., 2008. Comparison of three algorithms for retrieving land surface temperature from Landsat TM thermal infrared band. *Journal of Fujian Normal University (natural science edition)*, 24(1):91-96.
- Dolman, A., 2005. Actual evaporation. <https://doi.org/10.1002/0470848944.hsa048>.
- Durak, Ş., 2014. Tarihi Çevrelerde Sürdürülebilir Turizm Planlaması: Diyarbakır Tarihi Sur İç Bölgesi Örneği. Yüksek Lisans Tezi. Dicle Üniversitesi, Diyarbakır.
- Ege Plan, 2013. Suriçi Bölgesine Ait Master Plan ve Uygulama Rehberi Hazırlanması İş. Diyarbakır: T.C Çevre ve Şehircilik Bakanlığı.
- Elamin, N., ve Fukushige, M., 2018. Modeling and forecasting hourly electricity demand by SARIMAX with interactions: *Energy*. 165:257-268.
- Emmanuel, R., Rosenlund, H., ve Johansson, E. 2007. Urban shading—a design option for the tropics? a study in colombo, sri lanka. *International Journal of Climatology*, 27(14), 1995-2004.
- Envi-met, 2024. <https://envi-met.com/microclimate-simulation-software>. (Son erişim tarihi:01/08/2024)
- Erol, O., 1993. Türkiye'nin doğal yöre ve çevreleri. *Ege Coğrafya Dergisi*. 7(1).
- Ertem Mutlu, B., 2023. Farklı Kentsel Yeşil Alan Sistem Senaryolarının Dış Mekan Termal Konfor Açısından Değerlendirilmesi. Doktora Tezi. Atatürk Üniversitesi. Erzurum.
- Esri, 2020. ArcGIS Version 10.8. Environmental Systems Research Institute Redlands. CA. USA.
- Fanger, P. O. ,1970. Thermal comfort. Analysis and applications in environmental engineering.
- Fathi, M. M., Awadallah, A. G., Abdelbaki, A. M., ve Haggag, M., 2019. A new Budyko framework extension using time series SARIMAX model. *Journal of hydrology*, 570: 827-838.
- Gal-Chen, T., ve Somerville, R. C., 1975. Numerical solution of the Navier-Stokes equations with topography. *Journal of Computational Physics*, 17(3). 276-310
- Gál, T., Skarbit, N., and Unger, J., 2016: Urban heat island patterns and their dynamics based on an urban climate measurement network. *Hun. Geo. Bull.* 65, 105–116.
- Gagge, A.. P., Fobelets, A.. P. ve Berglund, L. G.. 1986. A standard predictive index of human response of the thermal environment. *ASHRAE Trans.* 92. 709–731.
- Ghaffarianhoseini, Amirhosein, Berardi, U., ve Ghaffarianhoseini, Ali., 2015. Thermal performance characteristics of unshaded courtyards in hot and humid climates. *Building and Environment*, 87: 154–168.
- Givoni, B., 1963. Estimation of the Effect of Climate on Man: Development of a New Thermal Index. Ph.D. thesis. Technion-Israel Institute of Technology. Hebrew.
- Gómez, F., Tamarit, N., Jabaloyes, J., 2001. Green zones. bioclimatics studies and human comfort in the future development of urban planning. *Landscape and urban planning* 55(3):151-161.

- Gölcük, A., 2010. Kentsel planlama sürecinde kent formundaki değişimlerin Diyarbakır kenti örneğinde araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Adana.
- Grimmond, C., ve Oke, T. R., 1999. Aerodynamic properties of urban areas derived from analysis of surface form. *Journal of Applied Meteorology and Climatology* 38(9):1262-1292.
- Guo. G., Zhou, X., Wu, Z., Xiao, R., ve Chen. Y., 2016. Characterizing the impact of urban morphology heterogeneity on land surface temperature in Guangzhou. China. *Environmental Modelling & Software*, 84:427-439.
- Gültepe, Y., 2019. Makine öğrenmesi algoritmaları ile hava kirliliği tahmini üzerine karşılaştırmalı bir değerlendirme. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (16): 8-15.
- Güzel, E. G., 2023. Kentsel Habitat Ağaçları: Ordu Kent Mezarlıkları Örneği. *Fen Bilimleri Enstitüsü*.
- Halifeoğlu, F., ve Assenat, M. 2022. The western maksurah of the great mosque of diyarbakir, research and excavation. *Türk Doğa Ve Fen Dergisi*, 11(4), 18-22.
- Heisler, G. M., Dewalle, D. R., 1988. 2. Effects of windbreak structure on wind flow. *Agriculture. ecosystems & environment* 22:41-69.
- Höppe, P., 1999. The physiological equivalent temperature—a universal index for the biometeorological assessment of the thermal environment. *International journal of Biometeorology*. 43: 71-75.
- Huttner, S., 2012. Further development and application of the 3D microclimate simulation ENVI-met. Mainz: Johannes Gutenberg-Universität in Mainz. im Promotionsfach Geographieam Fachbereich Chemie. Pharmazie und Geowissenschaftender. Doktora tezi. 137 s.
- Infusino, E., Caloiero, T., Fusto, F., Calderaro, G., Brutto, A., & Tagarelli, G. (2021). Characterization of the 2017 summer heat waves and their effects on the population of an area of southern Italy. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(3), 970.
- IPCC, 2001. <https://www.ipcc.ch/report/ar3/wg1/>. (03.01.2024).
- IPCC, 2007. <https://www.ipcc.ch/report/ar4/syr/> (01.01.2024).
- IPCC, 2013. IPCC Fifth Assessment Report: Climate Change 2013. <http://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/>. (05.01.2024).
- IPCC, 2018. <https://www.ipcc.ch/reports/>. (03.06.2024).
- IPCC, 2024. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>. (01.10.2024).
- Irmak, M. A., Yilmaz. S., Mutlu. E., ve Yilmaz. H., 2020. Analysis of different urban spaces on thermal comfort in cold regions: A case from Erzurum. *Theoretical and Applied Climatology*. 141: 1593-1609.
- ISO/TR, 11079. 1993. Evaluation of Cold Environments e Determination of Required Clothing Insulation (IREQ). International Organization for Standardization. Geneva.

- İlik, M., 2020. Diyarbakır Kentinin Mekansal Gelişim Süreci Bağlamında Çarpık Kentleşme Ve Gecekondulaşma Sorunu. Yüksek lisans tezi. Dicle Üniversitesi. Diyarbakır.
- Jamei, E., ve Rajagopalan, P., 2017. Urban development and pedestrian thermal comfort in Melbourne. *Solar Energy*. 144:681-698.
- Jendritzky, G., de Dear. R. ve Havenith, G., 2012. UTCI—why another thermal index?. *Int. J. Biometeorol*, 56. 3. 421–428.
- Jendritzky, G., Havenith, G., Weihs, P., ve Batchvarova, E., 2009. Towards a Universal Thermal Climate Index UTCI for Assessing the Thermal Environment of the Human Being. Final Report COST Action 730. Freiburg.
- Jendritzky, G., Sönning, W., ve Swantes, H., J., 1979. Ein objektives Bewertungsverfahren zur Beschreibung des thermischen Milieus in der Stadt- und Landschaftsplanung ("Klima-Michel-Modell"). *Beiträge d. Akad. f. Raumforschung und Landesplanung*. Hannover, Bd. 28.
- Jiang, Y., Weng, Q., 2017. Estimation of hourly and daily evapotranspiration and soil moisture using downscaled LST over various urban surfaces. *GIScience & Remote Sensing* 54(1):95-117.
- Jiang, Z., Huete, A., Chen, J., Chen, Y., Li, J., Yan, G., ve Zhang, X., 2006. Analysis of NDVI and scaled difference vegetation index retrievals of vegetation fraction. *Remote sensing of Environment*, 101(3): p. 366-378.
- Jing, S., Li, B., Ming, T., ve Liu, H. 2012. Impact of relative humidity on thermal comfort in a warm environment. *Indoor and Built Environment*, 22(4), 598-607.
- Karabulut, M. A., ve Topçu, E., 2022. Derin öğrenme tekniği kullanılarak kars ilinin hava sıcaklık tahmini. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 10(4): 1174-1181.
- Karakus, C. ve Demiroğlu, D., 2021. A study of the relationship between bioclimatic comfort zones and land use: the case of sivas province (Turkey).
- Karakuş, N., 2010. *Yutak Alanların İklim Değişikliği Üzerine Etkilerinin Türkiye Örneğinde Araştırılması*. Yüksek Lisans Tezi. Çukurova Üniversitesi, Adana, 163s.
- Karakuş, N., Selim, S., Selim, C., Olgun, R., Koç, A., Ardahanlıoğlu, Z, R., Şenyiğit Doğan, S., ve Ertöy, N., 2024. Evaluation of Thermal Comfort Conditions in the Working Environments of Seasonal Agricultural Workers in Csa Koppen Climate Type, *Sustainability* 16(20):8903.
- Kejanlı, D. T., ve Dinçer, İ., 2011. Diyarbakır Kale Kenti'nde koruma ve planlama sorunları. *Conservation and Planning Problems in Diyarbakır Castle City*, 95-108.
- Kestane, Ö., ve Ülgen, K., 2013. İzmir ili için biyoklimatik konfor bölgelerinin belirlenmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Teknik Bilimler Dergisi*. 5 (3):18-25.
- Kızılcıca, B., 2021. Kentsel Mikro İklim Modelleme Araçlarının Değerlendirilmesi. *Türkiye Arazi Yönetimi Dergisi*, 3(2), 79-86.
- Kim, H., Gu, D., ve Kim, H.Y., 2018. Effects of Urban Heat Island Mitigation in Various Climate Zones in the United States. *Sustain. Cities Soc*, 41: 841–852.

- Kim, Y., Shin, Y., ve Cho, H. 2021. Influencing factors on thermal comfort and biosignals of occupant-a review. *Journal of Mechanical Science and Technology*, 35(9), 4201-4224.
- Koç, A., 2019. Yalova kent merkezinin biyo-klimatik konfor yönüyle değerlendirilmesi. 4th International Scientific Research Congress (14 – 17 February 2019 / Yalova).
- Koç, A., Caf, A., Koç, C., ve Kejanli, D. T., 2022. Examining the temporal and spatial distribution of potential urban heat island formations. *Environmental Science and Pollution Research*. 1-14.
- Koç, Y., 2013. Urban Form and Residential Energy Use: A Review of Design Principles and Research Findings. *J. Plan. Lit.* 28:327–351.
- Koç, İ., 2021. Küresel iklim değişikliğinin Bolu’da bazı iklim parametreleri ve iklim tiplerine etkisi. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*. 23(2):706-719.
- Koç, A., Yilmaz, S., Irmak, M. A., ve Matzarakis, A., 2015. The role of trees in urban thermal comfort and SkyView factor. *Proceedings of the ICUC9. Meteo France. Toulouse. France*
- Kovacs, A., ve Nemeth, A., 2012. Tendencies and differences in human thermal comfort in distinct urban areas in Budapest. Hungary. *Acta Climatologica et Chorologica*. 46:115-124.
- Kouklis, G. R., ve Yiannakou, A., 2021. The Contribution of Urban Morphology to the Formation of the Microclimate in Compact Urban Cores: A Study in the City Center of Thessaloniki. *Urban Science*, 5(2): 37.
- Kuang, W. 2020. Seasonal variation in air temperature and relative humidity on building areas and in green spaces in beijing, china. *Chinese Geographical Science*, 30(1), 75-88.
- Kusumastuty, K. D., Poerbo, H. W., ve Koerniawan, M. D., 2018. Climate-sensitive urban design through Envi-Met simulation: Case study in Kemayoran. Jakarta. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 129.
- Kyle, WJ., 1994 The human bioclimate of Hong Kong. In Brazdil R.Kolář M (ed) *Proceedings of the Contemporary ClimatologyConference*. Brno. pp 345–350.
- Lassandro, P., Zaccaro, S. A., ve Di Turi, S., 2024. Mitigation and Adaptation Strategies for Different Urban Fabrics to Face Increasingly Hot Summer Days Due to Climate Change. *Sustainability* 16(5):2210.
- Leephakpreeda, T. 2012. Implementation of adaptive indoor comfort temperature control via embedded system for air-conditioning unit. *Journal of Mechanical Science and Technology*, 26(1), 259-268.
- Lehoczky, A., Sobrino. J.A., Skokovic, D., ve Aguilar, E., 2017. The urban heat island effect in the city of Valencia: a case study for hot summer days. *Urban Sci*, 1(9): 1-18.
- Li, B., Du, C., Ming, T., Hong, L., Essah, E., ve Yao, R., 2018a. A modified method of evaluating the impact of air humidity on human acceptable air temperatures in hot-humid environments. *Energy and Buildings*, 158, 393-405.

- Li, C., Liu, H., Li, B., ve Sheng, A., 2018b. Seasonal effect of humidity on human comfort in a hot summer/cold winter zone in china. *Indoor and Built Environment*, 28(2), 264-277.
- Liao, J., Tan, X, Li. J., 2021. Evaluating the vertical cooling performances of urban vegetation scenarios in a residential environment. *Journal of Building Engineering*, 39. 102313.
- Liu, L., ve Zhang, Y., 2011. Urban heat island analysis using the Landsat TM data and ASTER data: A case study in Hong Kong. *Remote sensing*, 3(7), 1535-1552.
- Liu, Z., 2024. Research on the heating effect of a convection radiator based on a human thermophysiological model. *Buildings*, 14(1), 199.
- Li, Y., and Song, Y., 2019. Optimization of vegetation arrangement to improve microclimate and thermal comfort in an urban park. *International Review for Spatial Planning and Sustainable Development*, 7(1), 18-30.
- Li. Z., ve Zheng, H., 2023b. Cooling and humidification effects of coniferous and broad-leaved plant communities in urban park. *Building and Environment* 245:110892
- Li, W., Chao, L., Si, P., Zhang, H., ve Li, Q. 2023a. Comparisons of the urbanization effect on heat stress changes in guangdong during different periods. *Remote Sensing*, 15(11), 2750.
- Lin, C. 2023. Investigation on the perception of microclimatic factors by the elderly in humid and hot areas: the case of guangzhou, china. *Atmosphere*, 14(10), 1570.
- Liu, J., 2024. Research on the evaluation methods of microclimatic impacts of traditional residential architectural layouts in shenyang. *IJNRES*, 2(3), 72-79.
- Lim, C.L., Byrne, C., ve Lee, J. K.W., 2008. Human Thermoregulation and Measurement of Body Temperature in Exercise and Clinical Settings. Review Article. *Annals Academy of Medicine Singapore*. 37 (4):347-353.
- Lin, T.P., ve Matzarakis, A., 2008. Tourism climateand thermal comfort in Sun Moon Lake. Taiwan.*International Journal of Biometeorology*. 52:281–290.
- Liu, S., Middel. A., Fang, X., ve Wu, R., 2024. ENVI-met model performance evaluation for courtyard simulations in hot-humid climates. *Urban Climate* 55:101909.
- Lucchese, J., and Andreasi, W., 2017. Designing thermally pleasant open areas: the influence of microclimatic conditions on comfort and adaptation in midwest brazil. *Journal of Sustainable Development*, 10(4), 11.
- Lu, T., 2023. Performance comparison of indoor humidity modeling: a novel hybrid model vs. the simplified calculation model by en iso 13788. *Journal of Physics Conference Series*, 2654(1), 012052.
- Ma, Q., Zhang. J., ve Li, Y., 2024. Advanced integration of urban street greenery and pedestrian flow: a multidimensional analysis in chengdu's central urban district. *Isprs International Journal of Geo-Information*. 13(7). 254. <https://doi.org/10.3390/ijgi13070254>
- Mahesh, B., 2020. Machine learning algorithms-a review. *International Journal of Science and Research (IJSR)*. 9(1):381-386.

- Mansi, S. A., Barone, G., Forzano, C., Pigliautile, I., Ferrara, M., Pisello, A. L., ve Arnesano, M., 2021. Measuring human physiological indices for thermal comfort assessment through wearable devices: A review. *Measurement* 183:109872.
- Matzarakis, A., Rutz, F., Mayer, H., 2007b. Modelling Radiation fluxes in simple and complex environments – Application of the RayMan model. *International Journal of Biometeorology* 51, 323-33
- Matzarakis, A., ve Mayer, H. 1991. The extreme heat wave in Athens in July 1987 from the point of view of human biometeorology. *Atmospheric Environment. Part B. Urban Atmosphere*, 25(2), 203-211.
- Matzarakis, A., ve Nastos, P., 2013. Analysis of tourism potential for crete island, greece. *Global Nest Journal*, 13(2), 14-149.
- Matzarakis, A., Georgiadis, T., ve Rossi, F., 2007a. Thermal bioclimate analysis for Europe and Italy. *Nuovo Cimento-C*, 30(6), 623-632.
- Matzarakis, A., ve Amelung, B., 2008. Physiologically equivalent temperature as indicator for impacts of climate change on thermal comfort of humans. In: Thomson, M.C., Garcia-Herrera, R. and Beniston, M. (eds). *Seasonal Forecasts. Climatic Change and Human Health. Advances in Global Change Research*. Springer Sciences and Business Media. Berlin. 30: 161–172.
- Mayer, H., Höppe, P., 1987. Thermal comfort of man in different urban environments. *Theor Appl Clim* 38:43–49.
- Mayer, H., Kuppe, S., Holst, J., Imbery, F., ve Matzarakis, A., 2009. Human thermal comfort below the canopy of street trees on a typical Central European summer day . H. Mayer and A. Matzarakis (eds.) *5th Japanese-German Meeting on Urban Climatology*. Ber. Meteor. Inst. Univ. Freiburg Nr. 18. 211-219.
- Matzarakis, A., Mayer, H., ve Iziomon, M., 1999. Applications of a universal thermal index: physiological equivalent temperature. *IntJ Biometeorol*.
- MEA, 2005., *Millennium Ecosystem Assessment Ecosystem and Human Well-being: Biodiversity Synthesis*. Washington.
- MGM., 2022. <https://diyarbakir.mgm.gov.tr/> (Son erişim tarihi: 05.03.2023).
- MGM., 2024. <https://diyarbakir.mgm.gov.tr/> (Son erişim tarihi: 05.01.2024).
- Meliouh, F., Ghanemi, F., Hamel, K., Nasri, M., & Makhloufi, S. (2024). Greening the arid: the impact of urban vegetation on the outdoor thermal comfort in hot and dry city. *South Florida Journal of Development*, 5(12).
- Mellit, A., Pavan, A. M., ve Benghanem, M., 2013. Least squares support vector machine for short-term prediction of meteorological time series. *Theoretical and applied climatology*. 111: 297-307.

- Metin, A. E., Çağlak, S., ve Toy, S., 2024. Bioclimatic comfort difference with the effect of urbanisation: the case of Uşak city. Turkey. *Theoretical and Applied Climatology*, 1-16.
- Mieczkowski, Z., 1985. The tourism climatic index: a method of evaluating world climates for tourism. *Canadian Geographic*. 29. 3. 220–233.
- Miller, L., Santhanakrishnan, A., Jones, S., Hamlet, C., Mertens, K., & Zhu, L. (2012). Reconfiguration and the reduction of vortex-induced vibrations in broad leaves. *Journal of Experimental Biology*, 215(15), 2716-2727.
- Mirici, M. E., ve Berberoğlu, S., 2020. Küresel İklim Değişikliği Çerçevesinde Doğu Akdeniz Bölgesi Ekosistem Hizmetlerinin Karbon Temelli Modellenmesi Ç.Ü Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 39-10.
- Moradi, M., ve Görür Tamer, N., 2017. Bursa Örneğinde Kentsel Büyümenin Yerel İklim Değişikliği Üzerine Etkisi. *Planlama*. 27(1):26-37.
- Moustris, K., Tsiros, I., Tseliou, A., ve Nastos, P., 2018. Development and application of artificial neural network models to estimate values of a complex human thermal comfort index associated with urban heat and cool island patterns using air temperature data from a standard meteorological station. *International Journal of Biometeorology*, 62(7), 1265-1274.
- Murakami, K., Shimoda, S., Kominami, Y., Nemoto, M., ve Inoue, S., 2021. Prediction of municipality-level winter wheat yield based on meteorological data using machine learning in Hokkaido. Japan. *Plos one*, 16(10). e0258677.
- Mutlu, E., 2022. Bayburt kenti dış mekan termal konforunun tespiti ve iyileştirilmesi. Doktora Tezi. Atatürk Üniversitesi. Erzurum.
- Nahi, N., ve Singery, M., 2015. Investigating the effect of climatic factors on the spatial structure of old texture of Yazd city: a specimen of a sustainable urban texture. in: *Renewable Energy in the Service of Mankind Vol I: Selected Topics from the World Renewable Energy Congress WREC 2014*. Springer, 701-709.
- Nematchoua, M. K., Orosa, J. A., ve Afaifia, M., 2022. Prediction of daily global solar radiation and air temperature using six machine learning algorithms; a case of 27 European countries. *Ecological Informatics*. 69, 101643.
- Nesbitt, L. and Meitner, M., 2016. Exploring relationships between socioeconomic background and urban greenery in portland. or. *Forests*, 7(8). 162. <https://doi.org/10.3390/f7080162>.
- Nouri, A., Charalampopoulos, I., ve Matzarakis, A., 2018. Beyond singular climatic variables—identifying the dynamics of wholesome thermo-physiological factors for existing/future human thermal comfort during hot dry mediterranean summers. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(11), 2362.
- Ochoa. J. M., Roset. J., Serra. R., 1998. Vegetation influences on the human thermal comfort in outdoor spaces.

- Oğuz, K., ve Pekin, M. A., 2022. Makine Öğrenme Algoritmaları ile PM10 Konsantrasyon Tahmini. *Journal of Advanced Research in Natural and Applied Sciences*, 8(2):201-213.
- Oke, T., 1987. *Boundary Layer Climates*. Methuen & Co. Ltd. London.
- Oke, T. R., 1982. The energetic basis of the urban heat island. *Quarterly journal of the royal meteorological society*, 108(455):1-24.
- Olgay, V., 1973. *Design with Climate. Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism*. Princeton University Pres. Princeton. 190s.
- Omar, A., David, D., Vergnault, E., Virgone, J., Idriss, A., 2020. A new set of indicators to evaluate the bioclimatic performance of air conditioned buildings in a hot and humid climate. *Journal of Building Engineering*,
- Özfidaner, M., Topaloğlu, F., 2020. Standart yağış indeksi yöntemi ile güneydoğu anadolu bölgesinde kuraklık analizi. *Toprak Su Dergisi* 9(2):130-136.
- Öztürk, K., 2002. Küresel iklim değişikliği ve Türkiye'ye olası etkileri. *Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 22(1). 47-65.
- Öztürk, M., ve Çelik, R., 2006. Diyarbakır Ovasının Yeraltı Su Seviye Haritalarının Coğrafik Bilgi Sistemi (CBS) ile Tespiti. *TMMOB 2. Su Politikaları Kongresi*, 125-135.
- Öztürk, M., ve Altuntepe, N., 2008. Türkiye'de Kentsel Alanlara Göç Edenlerin Kent Ve Çalışma Hayatına Uyum Durumları: Bir Alan Araştırması. *Yaşar Üniversitesi E-Dergisi*. 3(11).
- Pal, S., ve Ziaul, S.K., 2017. Detection of land use and land cover change and land surface temperature in English Bazar urban centre. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 20(1): 125-145.
- Pantavou, K. G., Lykoudis, S. P., ve Nikolopoulos, G. K., 2016. Milder form of heat-related symptoms and thermal sensation: a study in a Mediterranean climate. *International journal of biometeorology*, 60:917-929.
- Paris, M., Sansen, M., Bosc, S., Devillers, P., 2022. Simulation tools for the architectural design of middle-density housing estates. *Sustainability*, 14(17), 10696.
- Pau, J. and Pao, W., 2013. A unified adaptive fanger's model for thermal comfort in tropical countries. *Applied Mechanics and Materials*, 393, 799-808.
- Pérez, R. S. J. J. L., Pérez, L., Barras, R. M. G., Pecci, J., ve Palacios, M., 2017. Impact of Climate Change on Thermal and Wind Comfort over Madrid, Milan and London.
- Peters, E. B., ve McFadden, J. P., 2010. Influence of seasonality and vegetation type on suburban microclimates. *Urban Ecosystems* 13:443-460.
- Pickup, J., ve de Dear, R. J., 2000. An outdoor thermal comfort index (OUT_SET*) part I - the model and its assumptions. In: de Dear. R.J., Kalma. J.D., Oke. T.R., Auliciems. A. (Eds.). *Selected Papers From the ICB-ICUC'99 Conference*. Sydney. WCASP-50 WMO/TD No. 1026. World Meteorological Organization. Geneva.

- Qian, Y., Zhou, W., Yu, W., ve Pickett, S., 2015. Quantifying spatiotemporal pattern of urban greenspace: new insights from high resolution data. *Landscape Ecology*. 30(7). 1165-1173. <https://doi.org/10.1007/s10980-015-0195-3>
- Rahman, M. A., Hartmann, C., Moser-Reischl, A., von Strachwitz, M. F., Paeth, H., Pretzsch, H., ve Rötzer, T., 2020. Tree cooling effects and human thermal comfort under contrasting species and sites. *Agricultural and Forest Meteorology*, 287:107947.
- Ren, Z., Zhao, H., Fu, Y., Xiao, L., ve Dong, Y., 2022. Effects of urban street trees on human thermal comfort and physiological indices: a case study in Changchun city. China. *Journal of Forestry Research* 33(3):911-922.
- Rogelj, J., Den Elzen, M., Höhne, N., Fransen, T., Fekete, H., Winkler, H., Schaeffer, R., Sha, F., Riahi, K., ve Meinshausen, M., 2016. Paris Agreement climate proposals need a boost to keep warming well below 2 C. *Nature* 534(7609):631-639.
- Reiter, S., 2010. Assessing wind comfort in urban planning. *Environment and Planning B Planning and Design*, 37(5), 857-873.
- Santamouris, M., 2015. Analyzing the heat island magnitude and characteristics in one hundred Asian and Australian cities and regions. *Science of the Total Environment*, 512:582-598.
- Sami, K., 2017. Diyarbakir tarihi suriçi: kentsel, mekânsal ve toplumsal yaşamda renkleri yok olan kültürel miras. *Journal of International Social Research*, 10(53), 390-400
- Sancar, M. C., ve Güngör, Ş., 2022. Isı İndeksi'ne göre Antalya ili biyoklimatik konfor özelliklerinin analizi, *International Journal of Eurasia Social Sciences*.48.
- Salcedo-Sanz, S., Deo, R. C., Carro-Calvo, L., ve Saavedra-Moreno, B., 2016. Monthly prediction of air temperature in Australia and New Zealand with machine learning algorithms. *Theoretical and applied climatology*, 125. 13-25.
- Selçuk, S. F., 2023. Uluslararası iklim değişikliği anlaşmaları ve Türkiye'nin tutumu. *Ulusal Çevre Bilimleri Araştırma Dergisi*, 6(1), 9-19.
- Shaibu, V. and Utang, P. 2013. Human comfort and the microclimatic drivers across different land use types in port harcourt metropolis, nigeria. *Ethiopian Journal of Environmental Studies and Management*, 6(6), 737.
- Shahidan, M. F., Jones, P. J., Gwilliam, J., ve Salleh, E., 2012. An evaluation of outdoor and building environment cooling achieved through combination modification of trees with ground materials. *Building and Environment*, 58. 245-257.
- Sharm, M. R., ve Sharafat, A., 1986. Tropical summer index e a study of thermal comfort of Indian subjects. *Building and Environment*, 21. 1. 11-24.
- Sharmin, T., Steemers, K., ve Matzarakis, A., 2017. Microclimatic modelling in assessing the impact of urban geometry on urban thermal environment. *Sustainable Cities and Society*, 34. 293-308. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2017.07.006>

- Siple, P., A., ve Passel, C. F., 1945. Measurements of dry atmospheric cooling in subfreezing temperatures. *Proceedings of the American Philosophical Society*, 89. 1. 177-199.
- Srivanit, M., ve Hokao, K., 2013. Evaluating the cooling effects of greening for improving the outdoor thermal environment at an institutional campus in the summer. *Building and environment*, 66. 158-172.
- Staiger, H., Bucher, K., ve Jendritzky, G., 1997. Gefühlte Temperatur. Die physiologisch gerechte Bewertung von Wärmebelastung und Kältestress beim Aufenthalt im Freien in der Maßzahl Grad Celsius. *Annalen der Meteorologie*. 33. 100-107.
- Steadman, R. G., 1979. Indices of windchill of clothed persons. *Journal of Applied Meteorology*, 10. 4. 674-683.
- Steadman, R. G., 1984. A universal scale of apparent temperature. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*. 23(12). 1674-1687.
- Stone, B., Vargo, J., ve Habeeb, D., 2013. Managing Climate Change In Cities: Will Climate Action Plans Work. *Landscape and Urban Planning*. 107(3): 263– 271.
- Sudprasert, S., ve Maruyama, S., 2022. Evaluation of human thermal comfort and microbial analysis in an evaporative cooling room. *Journal of Architectural/Planning Research and Studies (Jars)*, 19(2), 93-104.
- Şahin, F., Kara, M. K., Koç, A., ve Şahin., G., 2020. Multi-criteria decision-making using GIS-AHP for air pollution problem in Iğdir Province/Turkey. *Environmental Science and Pollution Research*. 27. 36215-36230.
- Şensoy, S., Türkoğlu, N., Çiçek, İ., ve Matzarakis, A., 2020. Antalya'nın termal konfor özellikleri. iklim model verileri kullanılarak gelecek projeksiyonları ve turizme etkileri. *Coğrafi Bilimler Dergisi*. 18(2): 124-160.
- Taleghani, M., Kleerekoper, L., Tenpierik, M., ve Van Den Dobbelen, A., 2015. Outdoor thermal comfort within five different urban forms in the Netherlands. *Building and environment*, 83, 65-78.
- Taleghani, M., Sailor, D. ve Ban-Weiss, G. ,2016. Los Angeles mahallesindeki yaya termal konforu üzerinde ısı azaltma stratejilerinin etkilerini tahmin etmek için mikrometeorolojik simülasyonlar. *Çevresel Araştırma Mektupları*, 11(2), 024003.
- Tarback, E.J., ve Lutgens, F.K., 1997. *Earth Science (Eight Edition)*. Prentice Hall Upper Saddle River, New Jersey.
- Tinz, B., ve Jendritzky, G., 2003. Europa-und Weltkarten der gefühlten Temperatur. *Beitr. zur Klima- und Meeresforsch.* 113-123.
- Toy, S., Yilmaz, S., ve Yilmaz, H., 2007. Determination of bioclimatic comfort in three different land uses in the city of Erzurum. Turkey. *Building and Environment*. 42(3):1315-1318.
- Toy, S., 2010. *Biyoklimatik konfor değerleri bakımından Doğu Anadolu bölgesi rekreasyonel alanlarının incelenmesi*. Doktora tezi. Atatürk Üniversitesi, Erzurum. 218s.

- Toy, S., ve Yılmaz, S., 2009. Peyzaj tasarımında biyoklimatik konfor ve yaşam mekanları için önemi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 40(1): 133-139.
- Toy, S., ve Eren, Z., 2023. Suggestions for the Parametrization of Urban Characteristics to Increase The Climate–Resilience of Cities in Türkiye.
- Toy, S., Kejanlı, D. T., Koç, A., ve Koç, C., 2023. Temporal distribution of human thermal comfort conditions in and around Diyarbakır city.Turkey. *GeoJournal*, 88(4):4389-4402.
- Tsoka, S., Tsikaloudaki, K., ve Theodosiou, T., 2017. Urban space’s morphology and microclimatic analysis: A study for a typical urban district in the Mediterranean city of Thessaloniki. Greece. *Energy and Buildings*, 156: 96-108.
- TÜİK, 2024 .<https://data.tuik.gov.tr/> (Son erişim tarihi:05.05.2024).
- Türke., M., Koç, T., ve Sarış, F., 2007. Türkiye’nin yağış toplamı ve yoğunluğu dizilerindeki değişikliklerin ve eğilimlerin zamansal ve alansal çözümlemesi. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 5(1):57-73
- Türkeş, M., 1997. ‘Hava ve iklim kavramları üzerine’. *TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi*. 355:36-37. Ankara.
- Türkeş, M., 2012. Türkiye’de gözlenen ve öngörülen iklim değişikliği. kuraklık ve çölleşme. *Ankara Üniversitesi Çevrebilimleri Dergisi*. 4(2). 1-32.
- Unger, J., 1999. Urban–rural air humidity differences in Szeged. Hungary. *International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society*. 19(13):1509-1515.
- UN-Habitat., 2011. Cities and climate change. Global report on human settlements.
- UN-Habitat., 2012. State of the world's cities 2012/2013: Prosperity of cities.
- United Nations., 2014. World urbanization prospects: the 2014 revision—highlights. United Nations. New York.
- UN-Habitat., 2015. Habitat III issue paper 22—informal settlements. New York: UN Habitat.
- United Nations., 2020. <https://unstats.un.org/sdgs/report/2020/> (Son erişim Tarihi:02.01.2024)
- United Nations Department of Economic and Social Affairs. Population Division., 2021. Global Population Growth and Sustainable Development. UN DESA/POP/2021/TR/NO. 2.
- USGS, 2016. Landsat 8 (L8) data users handbook, Department of the Interior US Geological Survey, L8DS-1574.
- Van Drunen, M. A., Lasage, R., ve Dorland, C., 2005. Climate change in developing countries. Dept. of Spatial Analysis and Decision Support.
- Van der Knaap, Y. A., Bakker, M. M., Alam. S. J., Witte. J.-P. M., Aerts. R., Van Ek. R., ve Van Bodegom. P. M., 2018. Projected vegetation changes are amplified by the combination of climate change. socio-economic changes and hydrological climate adaptation measures. – *Land Use Policy*, 72: 547-562.

- Vatani, M., Kiani, K., Mahdavinejad, M., Georgescu, M., 2024. Evaluating the effects of different tree species on enhancing outdoor thermal comfort in a post-industrial landscape. *Environmental Research Letters*, 19(6). 064051.
- Vautard, R., Cattiaux, J., Yiou, P., Thépaut, J.-N., ve Ciais, P., 2010. Northern Hemisphere atmospheric stilling partly attributed to an increase in surface roughness. *Nature geoscience* 3(11):756-761.
- Vogel, S., 2009. Leaves in the lowest and highest winds: temperature, force and shape. *New Phytologist*, 183(1), 13-26.
- Vurarak, Y., Çıkman, A., Bilgili, M. E., ve Gözübüyük, Z., 2019. Toprak İşlemede Yeni Yaklaşımlar: Albedo Etkisi. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*. 15(3):83-90.
- United Nations, 2010. *World Urbanization Prospects The 2009 Revision*. New York.
- UN-Habitat., 2011. “Cities And Climate Change: Policy Directions”. *Global Report on Human Settlements*. London. Washington. DC: Earthscan.
- UN-Habitat., 2012. *Urban Patterns for a Green Economy: Working with Nature*. United Nations Human Settlements Programme. Nairobi.
- UN-Habitat., 2015. “Climate Change Strategy (2014-2019)”. United Nations Human Settlements Programme. Nairobi.
- USGS, 2016. *Landsat 8 (L8) data users handbook*. Department of the Interior US Geological Survey. *LSDS-1574*.
- Yaglou, C., P., ve Minard, D., 1957. Control of heat casualties at military training centers. *AMA Archives of Internal Medicine*. 16. 4. 302–316.
- Yağmur, E. Ç. 2022. Atmosferik Partikül Maddelerin Makine Öğrenmesi İle Tahmini: Beşiktaş. İstanbul Örneği. *Konya Journal of Engineering Sciences*. 10(4): 807-826.
- Yakut, M. E., ve Ceylan, M. A., 2019. Diyarbakır Suriçi Kentsel Dönüşüm Projesinin Nüfus ve Yerleşmeye Etkilerine Coğrafi Bir Bakış. *Journal of International Social Research*, 12(63).
- Yakut, M. E., 2020. *Şehir Coğrafyası Açısından Diyarbakır*. Doktora tezi. Marmara Üniversitesi. İstanbul.
- Yalçın, G., Demircan, M., Ulupınar, Y., ve Bulut, E., 2005. *Klimatoloji- 1*. DMİ Yayınları, Ankara.
- Yaldız, G., ve Şekeroğlu, N., 2013. Küresel iklim değişikliğinde tıbbi ve aromatik bitkilerin önemi. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, (1): 85-88.
- Yang, F., Lau, S. S., ve Qian, F., 2011. Thermal comfort effects of urban design strategies in high-rise urban environments in a sub-tropical climate. *Architectural Science Review*. 54(4): 285-304.
- Yang, W., Lin, Y., Li, C. Q., 2018. Effects of landscape design on urban microclimate and thermal comfort in tropical climate. *Advances in Meteorology*. 2018(1). 2809649.
- Yang, X., Sun, D., Zhou, X., Cai, L., ve Ying, J., 2011. Indoor thermal comfort and its effect on building energy consumption. *Applied Mechanics and Materials*, 71-78, 3516-3519.

- Yao, H., 2024. Intelligent air conditioning control system based on human infrared thermal imaging., 78.
- Yerlikaya, B. A., Ömezli, S., ve Aydoğan, N., 2020. Climate change forecasting and modeling for the year of 2050. *Environment. Climate, plant and vegetation growth*:109-122.
- Yıldırım, U., 2019. Space, loss and resistance: a haunted pool-map in south-eastern turkey. *Anthropological Theory*, 19(4), 440-469. <https://doi.org/10.1177/1463499618783130>
- Yılmaz, S., Mutlu, E., ve Yılmaz., H. 2018. Alternative scenarios for ecological urbanizations using ENVI-met model. *Environmental Science and Pollution Research*. 25. 26307-26321.
- Yılmaz. S., Külekçi, E. A., Mutlu, B. E., ve Sezen, I., 2021. Analysis of winter thermal comfort conditions: street scenarios using ENVI-met model. *Environmental Science and Pollution Research*. 28. 63837-63859.
- Yılmaz, S., Yıldız, N. D., ve Avdan, U., 2013. Ekolojik kentsel planlamada Rayman modeli ve termal bant kullanılarak biyoklimatik konforun hesaplanması. *Sunuş Yazıları*. 53.
- Yılmaz, N., ve Saban, F. D., 2023. Kentsel Köşelerin Morfolojik Özelliklerinin Kentin Sosyal Kullanımına Etkisi. *Türkiye Kentsel Morfoloji Ağı*. 349-358.
- Yılmaz, T., Şavklı, F., ve Yıldırım, E., 2013. İklima Bağlı Tasarım Olanaklarının Sıcak İklim Koşullarında İrdelenmesi. *Antalya Cumhuriyet Meydanı Örneği. Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*. (1). 42-45.
- Yiğit Uzunali, Ş., 2023. Farklı Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ile Büyük Menderes Nehri Havzası'nın Tarımsal Alan Kullanım Uygunluğunun Değerlendirilmesi. *Doktora Tezi. Çukurova Üniversitesi. Adana*.
- Yusuf, M., Kurniasih, D., ve Saputra, A., 2023. Governing green open space in indonesia: barriers and opportunities to enhancing enviromental quality. *Otoritas Jurnal Ilmu Pemerintahan*, 13(3). 424-439.
- Yu, Y., Tan, J., Wang, H., ve Lin, C. 2013. The effect of relative humidity on physiological equivalent temperature in hot environment. *Advanced Materials Research*, 779-780, 1266-1271.
- Yücekaya, M., Aklıbaşında, M., Günaydın, A. S., 2022. Suyun İklimsel Etkisinin ENVI-Met Simülasyonu ile Analizi. *Online Journal of Art & Design*, 10(4).
- Zanter, K., 2016. Landsat 8 (L8) data users handbook. *Landsat Science Official Website*.
- Zeng, Y., and Dong, L., 2014. Thermal human biometeorological conditions and subjective thermal sensation in pedestrian streets in chengdu, china. *International Journal of Biometeorology*, 59(1), 99-108.
- Zhang, L., Cheng, L., ve Brutsaert, W., 2017. Estimation of land surface evaporation using a generalized nonlinear complementary relationship. *Journal of Geophysical Research Atmospheres*, 122(3), 1475-1487.

- Zhang, L., Liu, H., Wei, D., Liu, F., Li, Y., Li, H., ve Shi, L. 2022. Geleneksel linpan yerleşimlerinde mekansal bileşenlerin dış mekan termal konforu üzerindeki etkileri. *Uluslararası Çevre Araştırmaları ve Halk Sağlığı Dergisi*, 19(11), 6421.
- Zhang, L., Wei, D., Hou, Y., Du, J., Liu, Z. A., Zhan, G., ve Shi, L., 2020. Outdoor thermal comfort of urban park—a case study. *Sustainability*. 12(5). 1961.
- Zeren Çetin, I., ve Sevik, H., 2020. Investigation of the relationship between bioclimatic comfort and land use by using GIS and RS techniques in Trabzon. *Environmental monitoring and assessment*, 192. 1-14.
- Wang, D., Gryshova, I., Kyzym, M., Salashenko, T., Khaustova, V., ve Shcherbata, M., 2022. Electricity price instability over time: Time series analysis and forecasting. *Sustainability*, 14(15):9081.
- Weerakoon, L. and Perera, N., 2021. Vegetation cover effects on outdoor thermal comfort around high-rise developments; a case study of havelock city, colombo, sri lanka. *Faru Journal*, 8(1), 46-56.
- Winslow, C. E., Herrington, L. P., ve Gagge, A. P., 1937. Physiological reactions of the human body to varying environmental temperatures. *American Journal of Physiology-Legacy Content*, 120(1). 1-22.
- Wu, J., Gao, X., Giorgi, F., ve Chen, D. 2017. Changes of effective temperature and cold/hot days in late decades over china based on a high resolution gridded observation dataset. *International Journal of Climatology*, 37(S1), 788-800.
- Wu, T., Zhang, P., Zhang, L., Wang, G., ve Yu, M., 2016. Morphological response of eight quercus species to simulated wind load. *Plos One*, 11(9), e0163613.



ÖZGEÇMİŞ

Sülem ŞENYİĞİT DOĞAN, lisans öğrenimini Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Peyzaj Mimarlığı Bölümünde 2012 yılında tamamladı. 2019 yılında ise Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalında tezli yüksek lisans eğitiminden mezun oldu. 2019 yılında Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Peyzaj Mimarlığı Anabilim dalında doktora programına başladı. 2022 yılından bu yana Dicle Üniversitesi Park ve Bahçe Bitkileri bölümünde Öğr. Gör. olarak çalışmaktadır.

