



ARAŞTIRMA / ARTICLE

Kentlerin İklim Risklerinin Ölçülmesinde Parametre Bazlı Değerlendirme Modeli

Parameter Based Assessment Model for Measuring Climate Risk of Cities

 Doğan Dursun,  Merve Yavaş

Atatürk Üniversitesi Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, Şehir ve Bölge Planlama Bölümü, Erzurum

ÖZ

Bu çalışmada kentsel düzeyde iklim değişikliğine uyum önlemleri ve stratejileri geliştiren planlıları, tasarımcıları ve karar vericileri desteklemek ve karar süreçlerinde onlara yol göstermek için kent ölçeğinde etkilenebilirlik ve risk değerlendirmesine yönelik bir metodoloji geliştirilmiş ve test edilmiştir. Metodoloji, risk düzeyi belirlemek için 100x100m'lik grid temelli mekânsal bilgileri maruziyet, duyarlılık ve uyum kapasitesi gibi göstergeler olarak tanımlayıp ağırlıklandırarak birleştirmekte ve çok ölçütlü karar verme yöntemiyle risk sonucu üretmektedir. Bu doğrultuda, iklim değişikliği kaynaklı etkilenebilirlik ve risk analizi için kentsel alanlarda öne çıkan iki tehlike olarak sıcak hava dalgası ve şiddetli yağış tehlikelerine göre risk düzeyini etkileyen fiziksel parametreler belirlenmiştir. Bu parametreler yapay yüzey oranı, ağaç varlığı, nüfus yoğunluğu, yapı yoğunluğu, rüzgar ve sokak yönü, kat yüksekliği, yapı dış cephe renkleri, taşkın riski olup olmaması, bina yapım yılı-bina yaşı, çatı türü ve yapı malzemesi olarak risk düzeyini etkilemeleri nedeniyle analizlere dahil edilmiştir. Metodoloji daha sonra Erzurum kentsel dokusu üzerinde test edilmiştir. Sonuçlar, farklı risk değerlerinin farklı kentsel alan tipolojilerine karşılık geldiğini göstermiş ve acil müdahale alanlarını ortaya koymuştur. Göstergeler ve arazi kullanım kategorileri tarafından sağlanan mekânsal anlamda hassas konumsal bilgiler, iklim tehlikelerine karşı uyum sürecini desteklemek için büyük önem taşımaktadır.

Anahtar sözcükler: İklim değişikliği; risk analizi; uyum planı; Erzurum kenti.

ABSTRACT

A methodology for assessing vulnerability and risk at the urban scale was developed and tested in this study. This facilitates the development of climate change adaptation measures and strategies by planners, designers, and decision-makers at the urban level and guides their decision-making processes. The methodology combines spatial information based on a 100x100m grid with indicators such as exposure, vulnerability and adaptive capacity to determine the level of risk by defining and weighting spatial information as indicators and produces a risk result through multi-criteria decision-making. In this scope, physical parameters affecting the risk level were determined according to the heat wave and heavy rainfall hazards, which are the two prominent hazards in urban areas for vulnerability and risk analysis. These parameters were included in the analysis as artificial surface ratio, presence of trees, population density, building density, wind and street direction, storey height, building facade colors, presence of flood risk, building construction year-building age, roof type and building material. The methodology was then tested on the urban fabric of Erzurum. The results show that different risk values correspond to different typologies of urban areas and provide areas for immediate intervention. The sensitive spatial information provided by indicators and land use categories is of great importance to support adaptation to climate hazards.

Keywords: Climate change; risk analysis; adaptation plan; Erzurum.

Geliş tarihi: 16.10.2023 Revizyon tarihi: 26.04.2024
Kabul tarihi: 02.05.2024 Online yayımlanma tarihi: 10.05.2024
İletişim: Merve Yavaş
e-posta: merveyavs@gmail.com



1. Giriş

İklim değişikliği, 21. yüzyılın en karmaşık sorunlarından biri olmakla birlikte, sorunun boyutu küresel olarak kabul edilmekte ve hem akademik hem de siyasi arenada geniş ölçüde tartışılmaktadır. IPCC Küresel Isınma Özel Raporu, 2006–2015 yılları arasında küresel ortalama yüzey sıcaklıklarının, sanayi öncesi döneme kıyasla 0,87°C arttığını ortaya koymaktadır. Endüstrileşme öncesi döneme göre son 10 yılın (2009–2018) küresel ortalama sıcaklık değerleri ise 0,93°C artış göstermiştir (Demirbaş ve Aydın, 2020). Sonraki yıllarda çok az iyileşme görülse de, 2007'de rekor düzeyde minimum buz miktarı ölçülmüştür (Perovich, 2011).

Küresel iklim değişikliğinin etkileri yalnızca aşırı hava olayları ile sınırlı kalmamaktadır. Beklenen kuraklık etkileri sonucu gıda ve suya erişimde sıkıntılar yaşanacağı uzman görüşleri arasında yer almaktadır. Ayrıca bilim adamları, doğrudan insan hayatı ve ekonomik kayıplar açısından en kötü sonuçların şehirlerde ortaya çıkacağını iddia etmektedir. Nitekim aşırı hava olaylarının artan sayısı ve yoğunluğu, yağış modellerindeki değişiklikler, seller, deniz seviyesinin yükselmesi ve sıcak hava dalgaları özellikle kentsel yerleşim yerlerindeki kentsel nüfusu, ekonomik faaliyetleri ve altyapıyı tehdit etmektedir.

Bu bağlamda son yirmi yılda birçok kent yönetimi, politika hedeflerine iklim etkilerini azaltım önlemlerini dahil etmiş veya azaltma stratejilerini benimsemiştir. Ancak dünyada azaltım önlemlerinin yanında yerel düzeyde uyum önlemlerinin planlanması ve uygulanması yavaş ilerlemektedir. Kırgınlık, etkilenebilirlik, hassasiyet veya iklim değişikliğine uyum kavramları, henüz yeterli ilgiyi görememektedir. Dolayısıyla daha az uyum girişimi örneği bulunmaktadır (Reckien vd., 2018). Şehirleri iklim afetlerinden daha az etkilenir (climate proof) hale getirmek için planlanma, tasarım ve yönetim biçimlerinin önemli ölçüde değiştirilmesi gerekmektedir. Bu, hem iklim değişikliği emisyonlarını azaltma hem de kentsel sistemleri iklim değişikliği etkilerine karşı daha dirençli hale getirme, yani uyum stratejilerini oluşturma anlamına gelmektedir (Musco, 2014). Azaltım stratejilerinde kentlerin önemli bir rolü olmasına rağmen (Dodman, 2009), uyum söz konusu olduğunda yerel boyut daha ilgili ve önemli hale gelmektedir.

Kent geometrisi, bina yönelimi, yoğunluk ve arazi kullanım kararları şehirdeki mikro iklimi güçlü bir şekilde etkilediğinden, artan sıcaklıklar ve diğer iklim değişikliği etkileriyle başa çıkmak için bu konular üzerine geliştirilecek planlama ve tasarım çözümleri kaçınılmaz olmaktadır. Ancak süreçteki en büyük zorluk, her zaman ihtiyaç duyulan ayrıntı düzeyinde veri ve bilgilerin mevcut olmayışıdır. Ayrıca yüksek çözünürlüklü ve uzamsal bilginin eksikliği, plancıları ve tasarımcıları uygun uyum önlemleri tanımlamalarına engel olabilmekte ve yerel makamları bu tür önlemleri uygulamaktan caydırabilmektedir (Bulkeley, 2010; Lapola vd., 2019).

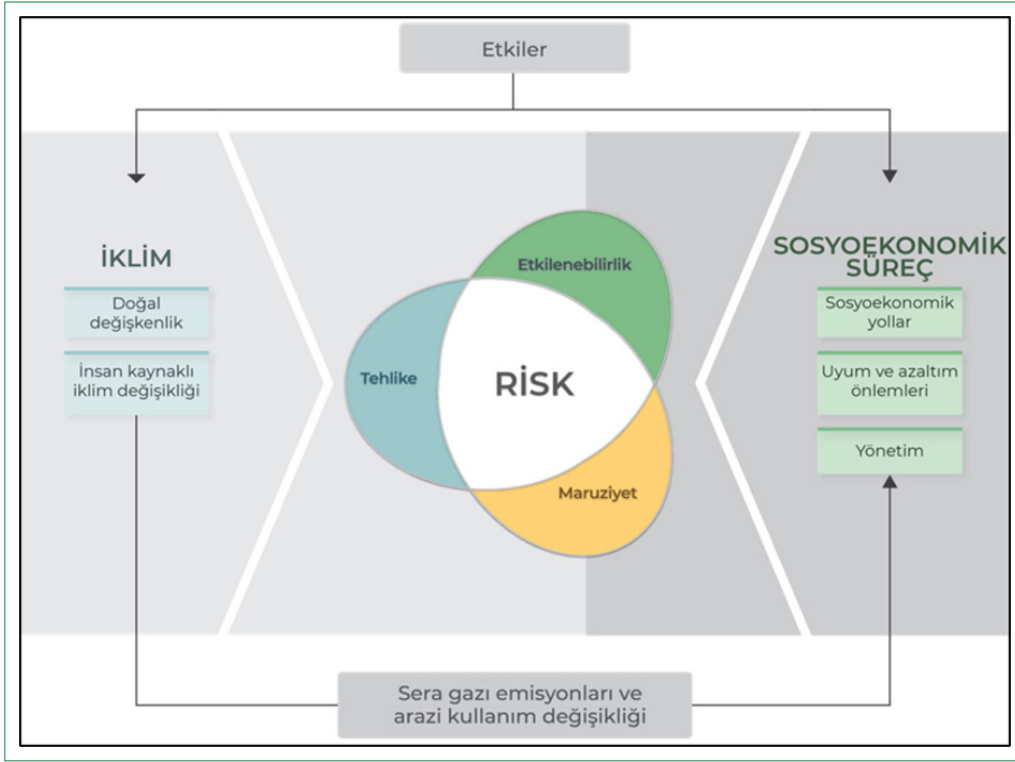
Literatürde, kent ölçeğinde gerçekleştirilen ve iklim değişikliği risklerine karşı farklı düzeyde etkilenebilir olan yerleşimleri karşılaştırmamıza olanak tanıyan araştırmalar bulunmaktadır (Hallegatte vd., 2013, Lapola vd., 2019, Apotsos, 2019). Ancak bu araştırmalar yerel karar vericilere, plancılara ve tasarımcılara kent içinde hangi alanlarda daha acil eylemlere ihtiyaç duyulduğu ve ne tür müdahalelerin gerekli olduğu konusunda çok az rehberlik sağlamaktadır. Yeşil alan miktarı (m²), ağaç varlığı ve sayısı, güneş radyasyonu, su geçirmez yüzeylerin miktarı (kamu ve özel alanlarda) gibi bilgiler mahalle ölçeğinde neredeyse hiç üretilmemektedir. Halbuki iklim değişikliğinin kentsel alanlardaki etkilerine yönelik analizler esas olarak bu etkileri şiddetlendirebilecek yüzey yapısı ve yüzey örtüsünün özellikleriyle ilgilidir. Bu nedenle mekânsal veriler olarak adlandırılacak yüzey örtüsü bilgilerinin üretilmesi ve analizlerin bu verilere dayanması gerekmektedir. Ayrıca iklime duyarlı planlamanın ilk adımlarından biri olarak yenilikçi, paylaşılmış ve entegre bilgi ağı altyapısının kurulması gerekmektedir.

Kentsel risk analizi, iklim değişikliğine yönelik iklim uyum planlamasının bir unsurudur. Bu planlama, şehirlerin yapıları çevrelerindeki fiziksel özelliklerden, sosyo-ekonomik ve demografik özelliklerine kadar birçok faktörü kapsamaktadır. Yapılan çalışmalarda çoğunlukla fiziksel olmayan özelliklere bağlı olarak kentlerde afetlere maruz kalma ve etkilenme düzeyleri tespit edilmektedir. Uyum planlaması ise fiziksel özellikleri de dikkate alarak maruziyeti azaltma, etkilenebilirliği düşürme ve uyum kapasitesini arttırmaya odaklanmaktadır. Bu doğrultuda yapılan çalışmada, kent ölçeğinde etkilenebilirlik ve risk değerlendirmesine yönelik bir metodoloji geliştirilerek, fiziksel anlamda ölçülebilir parametreleri (yüzey örtüsü özellikleri) dikkate alan bir model ile bu boşluğun doldurulması amaçlanmaktadır. Kentlerin iklim dirençliliğini artıran mekânsal özelliklerinin tespiti ve riski artıran kentsel özelliklerin daha doğru belirlenerek öne çıkarılması bu çalışmanın temel hedeflerini oluşturmaktadır. Bu sayede kentlerin yerel özellikleri dikkate alınarak iklim değişikliğine uyum konusunda ilerleme sağlanabilecektir.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Metodolojik Çerçeve

İklim değişikliğinin etkileri ve risk düzeyinin tespitine dair en kapsamlı metodoloji IPCC'nin değerlendirme raporlarında verilmektedir. Ancak dördüncü ve beşinci raporlarda yapılan değişiklikler konunun anlaşılmasını zorlaştırsa da verilen metodolojinin kullanımı yaygınlaşmaktadır (Pachauri ve Reisinger, 2007; Pachauri ve Meyer, 2014). Etkilerin düzeyi iklimdeki değişikliklerin yanında aynı zamanda değişiklikten etkilenen kişinin veya sistemin (kent) etkilenebilirliğine de bağlıdır (IPCC, 2007). Etkilenebilirlik ve risk, iklim değişikliğinin yanı sıra sosyo-ekonomik kalkınma gibi çok çeşitli faktörlerden etkilenmektedir (IPCC, 2012). Çeşitli etkilere bağlı olarak gerçekleşen değişiklikler, kentsel alanda ve üzerinde süregelen



Şekil 1. İklim değişikliği etkileri ve risk (IPCC, 2012, s.4; Field vd. 2012).

IPCC: Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli.

toplumsal işleyişte farklılıklara neden olabilmektedir. Kentsel alanın özellikleri de bu değişen iklim koşullarına bağlı olarak görülecek farklı hasar düzeylerini ortaya koymaktadır. Risk şeklinde görüldüğü gibi tehlike, maruziyet ve etkilenebilirlik bileşenlerinin bir fonksiyonudur (Şekil 1).

Risk, bir varlığın tehlikede olduğunu gösteren kesin olmayan sonuçlara dayalı potansiyel bir durumu ifade etmektedir. İklim riski varlıkların, insanların, kentlerin ve ekosistemin iklim etkilerine maruz kaldığı potansiyel sonuçları temsil etmektedir. Tüm bu sistemler tekil iklim riskine veya birden fazla iklim riskine maruz kalabilmektedir (IPCC, 2014). **Tehlike**, can kaybına, yaralanmaya veya diğer sağlık sorunlarına, mülkün zarar görmesine veya yok olmasına, yapıların, geçim kaynaklarının, hizmet sunumunun, ekosistemlerin ve doğal kaynakların tahrip olmasına neden olabilecek insan kaynaklı veya doğal fiziksel olaylar olarak tanımlanmaktadır (IPCC, 2014). **Maruziyet**, iklim değişikliğinden zarar görebilecek biyolojik türlerin, ekosistemlerin, sosyal ve doğal kaynakların, yapıların veya ekonomik, kültürel ve sosyal varlıkların tamamı olarak tanımlanmaktadır. Maruz kalma, maruz kalan, korunmasız veya risk altında olan bir unsur olarak da tanımlanabilmektedir (IPCC, 2014). **Etkilenebilirlik**, olumsuz etkilenme eğilimi olarak tanımlanmaktadır. Duyarlılığın, zarara yatkınlığın, başa çıkma ve uyum sağlama yeteneğinin bir fonksiyonudur (IPCC, 2014). Duyarlılık ve kapasite, etkilenebilirliğin iki temel unsurudur. **Duyarlılık**, bir tehlikenin

sonuçlarını doğrudan etkileyen faktörler tarafından belirlenirken, sistemin fiziksel, sosyoekonomik ve kültürel özelliklerini de içerebilmektedir. **Kapasite**, toplumun mevcut ve gelecekteki iklim etkilerine karşı hazırlıklılığını ve bu etkilerle baş etme yeteneğini ifade etmektedir. **Uyum kapasitesi**, insanların, kentlerin, sistemlerin, kurumların ve kuruluşların potansiyel zararlara uyum sağlama, fırsatlardan yararlanma veya sonuçlarla başa çıkma yeteneğidir. IPCC'nin 5. Değerlendirme raporunda belirtilen risk analizi çerçevesine göre risk, tehlike, etkilenebilirlik ve maruziyetin bir fonksiyonu olarak tanımlanmaktadır ve Denklem 1 (Das vd.,2020a) ile ifade edilmektedir (IPCC, 2014).

$$R=f(T, M, E) \quad [1]$$

Burada R riski, T tehlikeyi, E etkilenebilirliği ve M maruziyeti göstermektedir (İklime Uyum Projesi, 2023). IPCC metodunda her ne kadar etkilenebilirlik düzeyi için duyarlılık ve kapasite verileri eklense de fiziksel verilere dayalı bir kentsel risk analizi için bu çerçeve yeterli olmaktadır. İklim değişikliği kaynaklı kentsel alanlara dair bir risk hesabı için kullanılan metodoloji aşağıda özet olarak sunulmuştur.

İlk olarak kentsel alanda etkisi olan faktörler analitik bir şekilde belirlenmiştir. İklim riskini kentsel alanda artıran ve azaltan, riski en iyi yansıtan göstergeler belirlendikten sonra veri üretimi konusunda bir yol çizilmiş ve veriler toplanmıştır. Elde

Tablo 1. Risk analizinde kullanılan eşik değerler ve sınıf karşılıkları

Alt eşik ($q>$)	Üst eşik ($q\leq$)	Sınıf
0	0,2	Çok düşük
0,2	0,4	Düşük
0,4	0,6	Orta
0,6	0,8	Yüksek
0,8	1	Çok yüksek

edilen veriler farklı birimlere sahip oldukları veya birimsiz oldukları için önce **normalize** edilip ardından standartlaştırılmışlardır. Böylelikle birbirleriyle karşılaştırılabilir olmaları sağlanmıştır. Standartlaştırma işleminden sonra **ağırlıklandırma işlemine** geçilmiştir. Kentsel alanlar için seçilen göstergeler ağırlıklandırıldıktan sonra kendi ağırlıkları ile çarpılarak risk bileşen değerleri elde edilmiştir.

Ağırlıklandırma yardımıyla elde edilen ve kent özelinde seçilmiş olan değişkenlerinin normalize edilmiş değerleri 5 grupta **sınıflandırılmış** ve kentsel harita üzerinde grid bazlı (100x100m) olarak **renklendirilmiştir**. Bu **sınıflandırma kantillere göre ayrılarak yapılmış** olup, verinin tanımlanan boyutta sınıf aralıklarına bölünmesi anlamına gelmektedir. Bu ayırma işlemi verinin gerçek sayısal değerlerine göre değil, dağılımına dayalı yüzdelikler kullanılarak yapılmaktadır. Veri yüzdeliklere ayrıldıktan sonra sınıflandırılırken eşik sı-

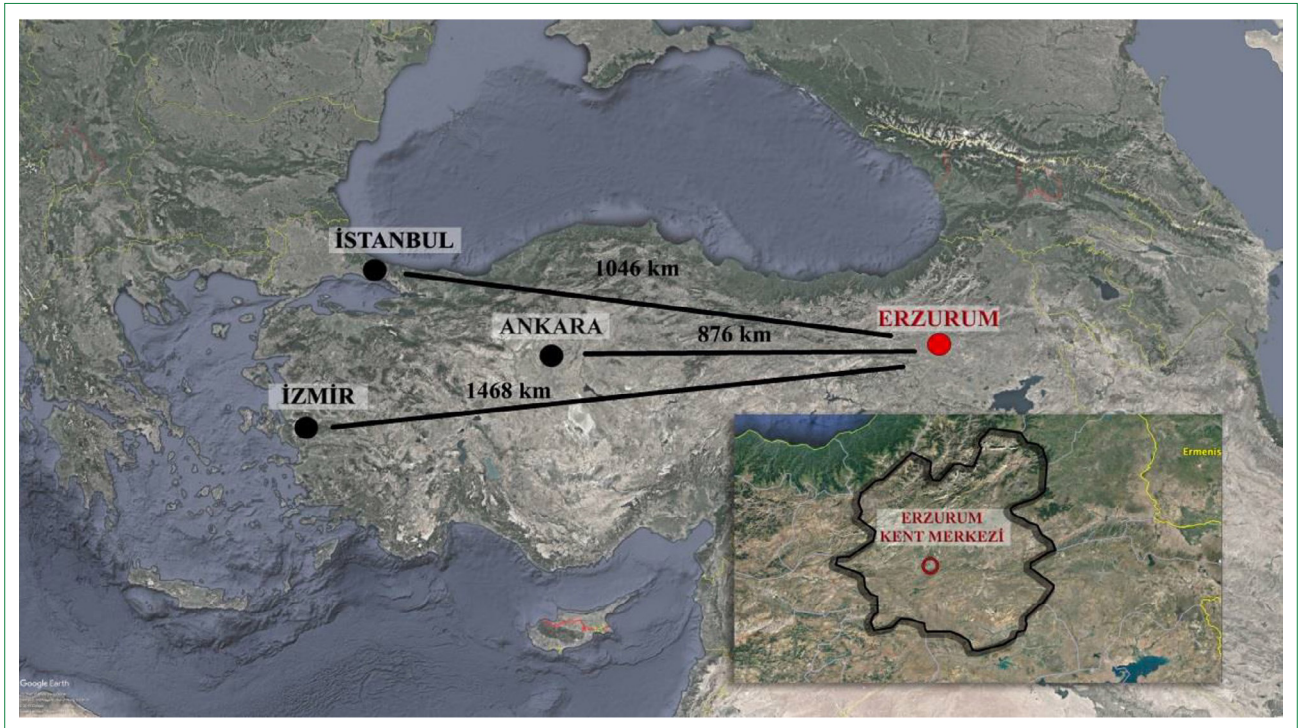
nırlarına düşen değerler kentsel dağılım haritasındaki renge göre bir üst veya bir alt sınıfa taşınabilmektedir. Bu çalışma kapsamında belirlenen yüzdelikler aşağıdaki tabloda gösterilmektedir (Tablo 1).

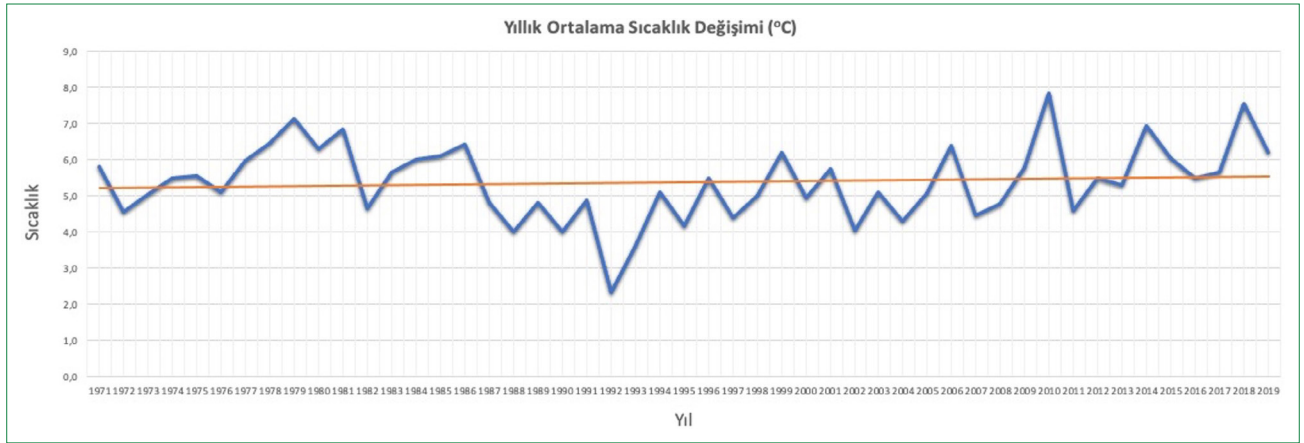
Bu çalışmada sadece fiziksel, ölçülebilir parametrelerle bir risk analizi yapılmak istendiğinden göstergeler maruziyet, duyarlılık ve uyum kapasitesi başlıklarında gruplandırılmamış ancak her birine etkisi olabilecek veriler tanımlanmıştır. Her bir verinin riske etkisi aynı yönlü olarak (artırır veya azaltır) belirlenmiş ve yapılan matematiksel işlemlerde ağırlık oranları düzeyinde toplam risk skoruna etki etmiştir. Belirtilen çerçevede **risk hesabı** yapılmış ve her bir değişkene ait eşik değerlere göre risk haritası üretildiği gibi toplam risk haritası da elde edilmiştir.

2.2. Materyal

Erzurum, Türkiye'nin doğusunda 1800 metre rakımda etrafı dağlarla çevrili bir plato üzerinde kurulmuştur (Şekil 2). Kent, nemli karasal iklim ile sert kışlar, kurak ve serin bir yazaya sahiptir. Ülkenin en soğuk kentlerinden birisidir ve sıcaklık kış aylarında -25°C 'nin altına düşebilmektedir. İlin Yakutiye, Palandöken ve Aziziye ilçelerini kapsayan merkez nüfusu 433.300 kişi olmak üzere, 20 ilçeden oluşan ilin toplam nüfusu ise 749.754 kişidir (TÜİK 2022).

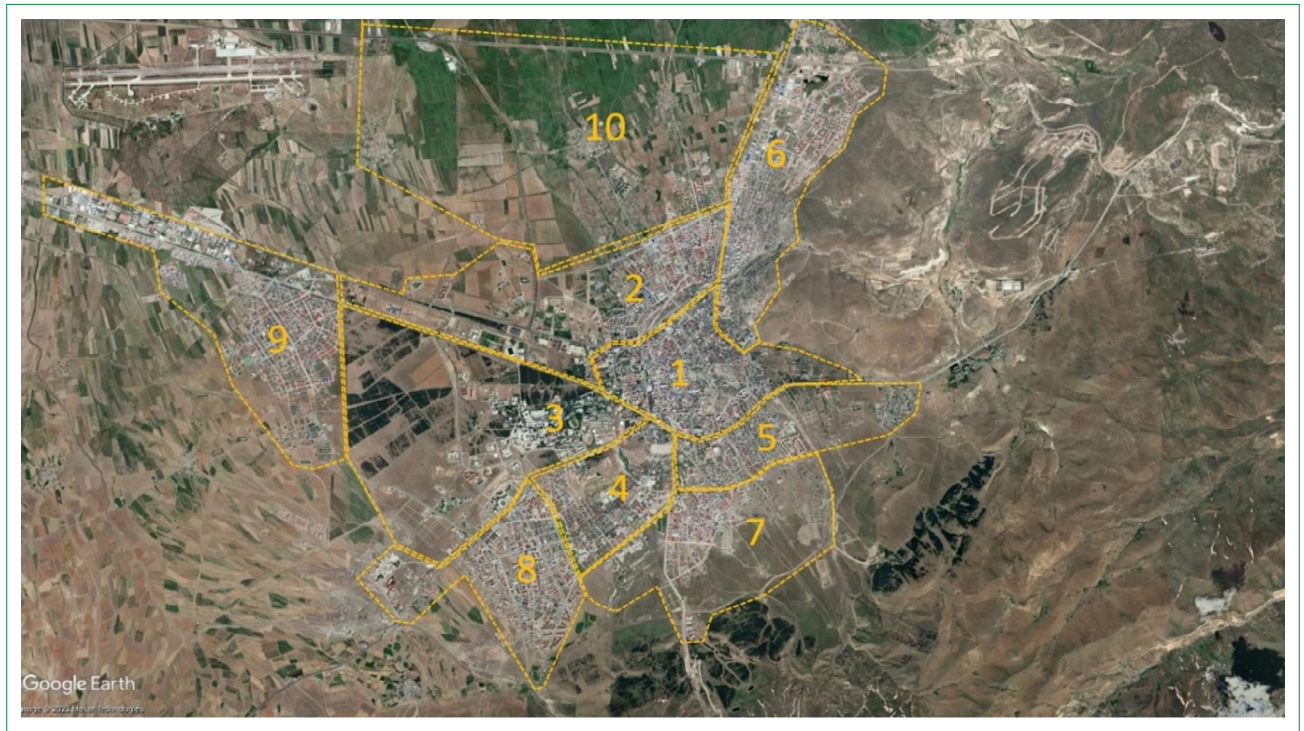
Makale kapsamında çalışma alanı olarak seçilen Erzurum kentine baktığımızda, baskın soğuk iklim koşulları ve buna uyumsuz olarak devam eden kentsel gelişim süreçleri öne çıkmak-

**Şekil 2.** Erzurum ili konumu ve sınırları.



Şekil 3. Erzurum 1971–2019 yılları arasındaki ortalama sıcaklık değişim grafiği (MGM, 2020).

MGM: Meteoroloji Genel Müdürlüğü.

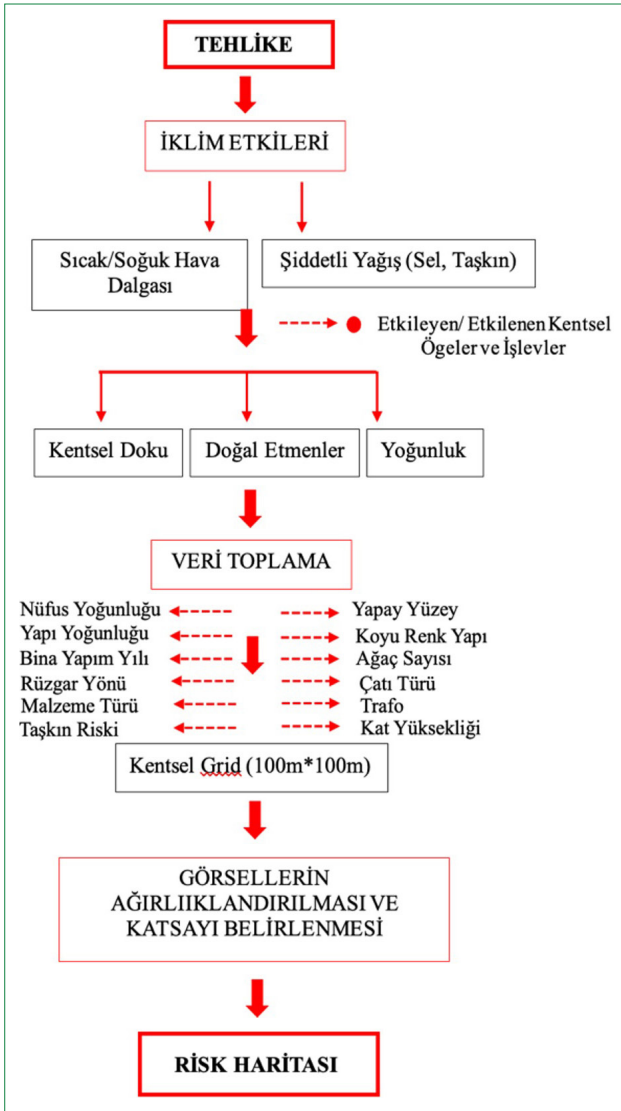


Şekil 4. Erzurum kenti çalışma alanı sınırları.

tadır (Dursun ve Yavaş, 2015, 2016; Dursun vd., 2020; Yavaş 2019; Yavaş ve Yılmaz 2019; Yavaş ve Yılmaz 2020). Kent, iklim tehlikeleri açısından ise soğuk ve sıcak hava dalgalarının ve şiddetli yağışların sık sık yaşanmaya başladığı ve kentsel alanda etkilerinin gözüktüğü bu nedenle özel değerlendirmelerin yapılması gerektiği bir yerleşim haline gelmektedir. Erzurum'da 1971–2019 yılları arasındaki 48 yıllık sürede sıcaklıklarda artma eğilimi görülürken, yağış ve karla örtülü gün sayısında azalma eğilimi tespit edilmiştir (Şekil 3). Genel anlamda gözlenen bu iklimsel değişiklikler, tehlike olarak bakıldığında şiddetli yağış ve rüzgar, sıcak ve soğuk hava dalgası olarak kentsel alanda karşımıza çıkmakta ve verdiği zararı her geçen yıl artır-

maktadır. İklim tehlikelerinin artışı kış turizminin de merkezi olan kentte, çarpık kentleşme ve yanlış arazi kullanım kararları ile birleştiğinde, fiziksel altyapı ve üstyapıya, su kaynaklarına, kentin ekonomisine ve yaşam kalitesine tahmin edilenden çok daha fazla zarar vermektedir ve bu durumun gelecekte daha büyük oranlarda yaşanacağı tahmin edilmektedir. Bu nedenle Erzurum kenti yerleşik alanı için risk analizi yapılması ve sorunlu bölgelerin tespiti önem taşımaktadır.

Çalışma kapsamında gerekli verilerin 100x100m grid detayında üretileceği alan sınırları belirlenmiştir. Erzurum kentinin üç merkezi ilçe alanlarından oluşturulan 10 bölge kapsamında



Şekil 5. Çalışmanın metodolojik çerçevesi.

(1-Kent merkezi, 2-Şükrüpaşa – ETÜ, 3-Atatürk üniversitesi, 4- Yenişehir, 5- Yunus Emre, 6-Sanayi – Hilalkent, 7-Kayakyolu, 8-Yıldızkent, 9-Dadaşkent, 10-İbrahim Hakkı, Fatih Sultan Mehmet, Çiftlik Köy) analizler yapılmıştır (Şekil 4). Öncelikle alanın güncel arazi kullanım (yüzey örtüsü) haritası için gerekli olan fiziksel veriler yerinde yapılan tespit ve ölçümlerle elde edilmiştir. Bu anlamda üretilen bilgiler dünyada kentlerin dijital ikizleri, çok yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri üzerinden de yapılabilmektedir ancak bu altyapı Erzurum kenti için olmadığından daha zor bir yol olan yerinde inceleme ve tespit işlemi ile veri altyapısı oluşturulmuştur.

2.3. Yöntem

Yöntemin özellikle çalışmanın analitik kısmına katkıda bulunması ve stratejilerin geliştirilmesini desteklemesi isten-

miştir. Ayrıca yöntemin herhangi bir iklim tehlikesi ve kent için de tekrarlanabilir olması amaçlanmıştır. Bu kapsamda öncelikle analizi destekleyen veri tabanı görsel olarak kare bir ızgara olarak yansıtılan tek bir haritada düzenlenmiştir. Izgara haritanın her bir birimi, ızgaradaki coğrafi referanslı bir kareye (100x100 m'lik kenarları olan) karşılık gelmiştir. Bilgilerin tek bir haritada toplanması veri yönetimini kolaylaştırmakta ve griddeki her bir karenin içerdiği alan yüzeyiyle ilgili tüm bilgilerin eş zamanlı olarak değerlendirilmesine olanak sağlamaktadır. Kentlerin mekânsal karmaşıklığı ve kentsel dokuyu ayrıntılı olarak analiz etme ihtiyacı, mekânsal analizi gerçekleştirmek için grid sistem kullanmayı tercih etmemize neden olmuştur. Bu analizde mekânsal ızgara desen modelinin kullanılma sebebi, aynı alanların rahatlıkla ölçülebilmesi, matematiksel karşılaştırmasının yapılabilmesi, standartlaştırılmış birimler olması ve karmaşık hesaplamalara imkan tanıma olasılığıdır. Bu hücreler yakındaki veya uzaktaki hücrelerle karşılaştırılabilmekte, böylece kesin sonuçlar sağlamak ve mekânsal raporların okunmasını en üst düzeye çıkarmaktadır. Ayrıca, ızgara desen sonuçların görselleştirilmesinde netlik sağlamaktadır.

Sonraki aşamada taranan literatür kapsamında iklim tehlikeleri ile doğrudan ilişki kurulabilecek mekânsal parametrelerin belirlenmesi için makro ölçekte bir çerçeve çizmek gerekliliği doğmuştur. Bu doğrultuda, kent ikliminde etkilenebilirlik ve risk üzerine belirleyiciliği çok olan sıcak/soğuk hava dalgası ve şiddetli yağış tehlikelerine göre değişkenler seçilmiştir (Şekil 5). Bu değişkenler iklim tehlikelerinin kentsel alandaki etkilerini değiştirebilen kentsel doku, yoğunluk ve doğal etmenler başlıkları altında gruplandırılmıştır.

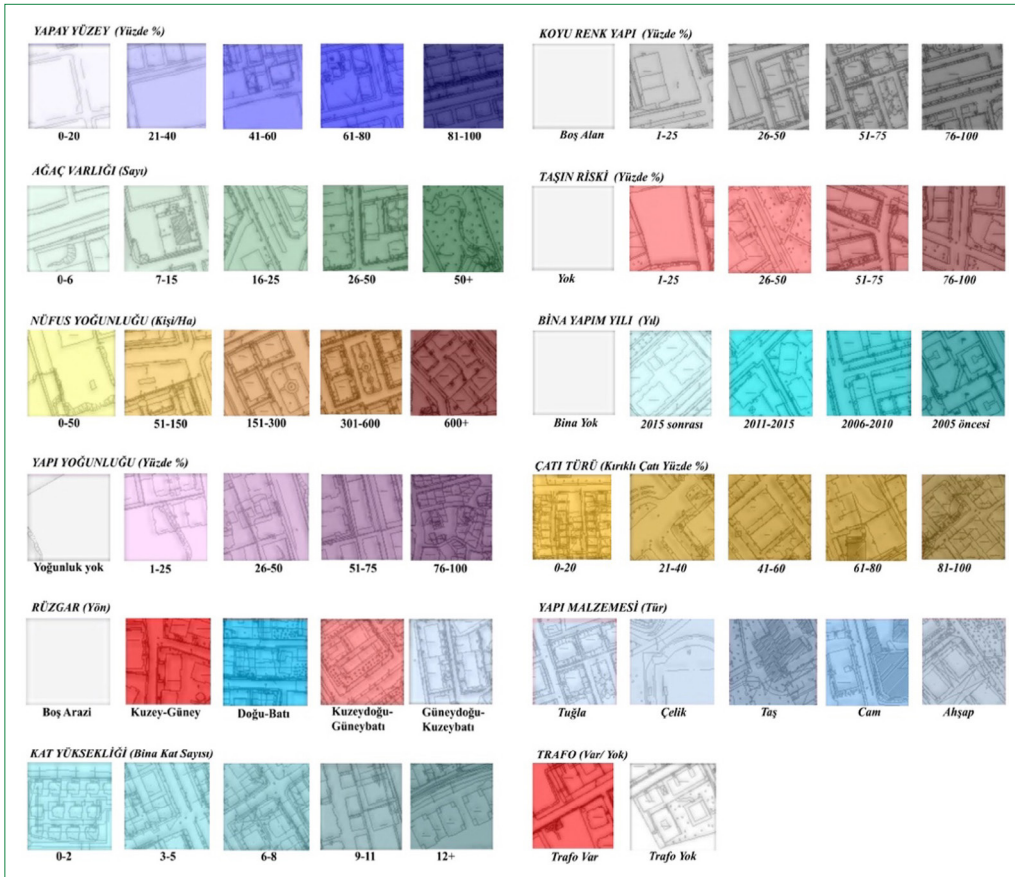
Literatürde, hızlı kentleşme ve kentsel yüzeylerdeki değişikliklerin ortamdaki mikro iklimi de değiştirdiği belirtilmektedir (Oke, 1987; Givoni, 1998; Giridharan vd., 2007). Dünyanın dört bir yanındaki kentler, bu değişimleri yaratan parametreler dolayısıyla istenmeyen iklimsel etkilerle karşı karşıya kalmaktadır. Mevcut yüzey örtüsü ve mekânsal veriler iklim tehlikelerinden etki düzeylerini farklı kent parçalarında farklı düzeyde ortaya çıkarabilmektedir. Bu nedenle 100 metrelik ızgara hücreler düşünülerek arazi çalışması ile üretilebilecek/ölçülebilecek fiziksel veriler belirlenmiş ve bu veriler 12 farklı parametre olarak gruplandırılmıştır.

Belirlenen mekânsal verilerin üretilmesi için bu aşamada titiz bir çalışma yürütülmüştür. Belediyenin mekânsal verilerine ek olarak, uydu verileri kullanılmış ve ayrıca güncel arazi kullanım çalışması yapılmıştır.¹ Hassasiyeti ve uyarlanabilir kapasiteyi ölçmek ve seçilen göstergelerin hesaplanmasının mümkün olması için tüm mekânsal veriler daha sonra grid bir veri tabanına taşınmıştır. Kent, 1ha'lık kareler ile toplamda 11000 parçaya bölünmüştür. Her bir parametreye dair veriler işlendiğinde parametre bazlı risk haritaları üretilmiştir.

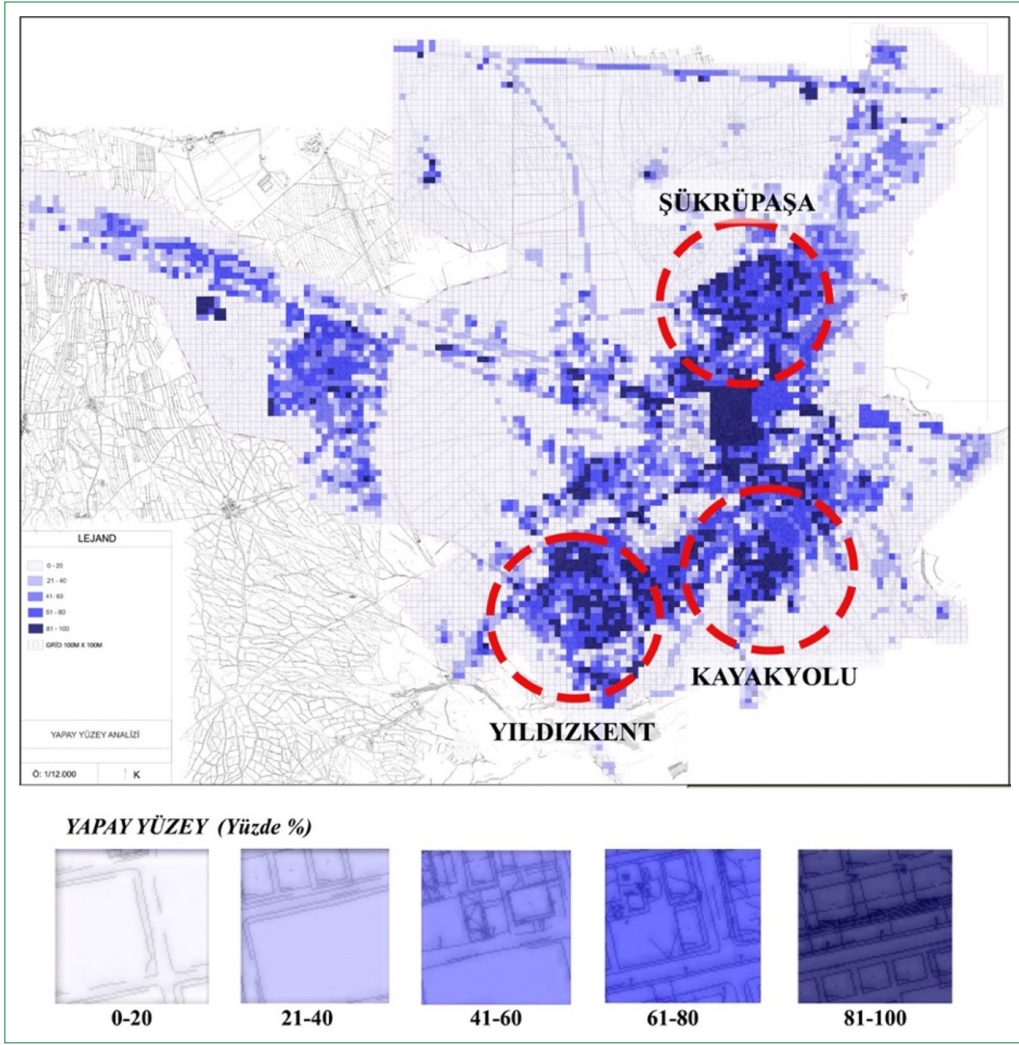
¹ 2021–2022 eğitim yılı dördüncü sınıf öğrencileri tarafından planlama stüdyosu 7 dersi kapsamında yapılmıştır.

PARAMETRELER	GRİD BAZLI ÖLÇÜ BİRİMİ	RENK DAĞILIMI	PUANLAMA (100 ÜZERİNDEN)	AĞIRLIK
1. Yapay Yüzey	Yüzde (%)		0-20 21-40 41-60 61-80 81-100	%15
2. Ağaç Varlığı	Sayı		0-6 7-15 16-25 26-50 50+	%11
3. Nüfus Yoğunluğu	Kişi/Ha		0-50 51-150 151-300 301-600 600+	%10
4. Yapı Yoğunluğu	Yüzde (%)		yok 1-25 26-50 51-75 76-100	%10
5. Rüzgar	Yön		kuzey-güney doğu-g.bati k.doğu-g.doğu k.bati-g.doğu yok	%10
6. Kat Yüksekliği	Bina Kat Sayısı		0-2 3-5 6-8 9-11 12+	%8
7. Koyu Renk Yapı	Yüzde (%)		yok 1-25 26-50 51-75 76-100	%8
8. Taşkın Riski	Yüzde (%)		yok 1-25 26-50 51-75 76-100	%7
9. Bina Yapım Yılı	Yıl		yok 2005 öncesi 2006-2010 2011-2015 2015+	%6
10. Çatı Türü	Kırıklı Çatı Yüzde (%)		0-20 21-40 41-60 61-80 81-100	%6
11. Yapı Malzemesi	Tür		Tuğla Çelik Taş Cam Ahşap	%6
12. Trafo	Var/Yok		Trafo Trafo Yok	%3

Şekil 6. Risk analizi parametreleri, ölçü birimleri, puan aralıkları ve ağırlıkları.



Şekil 7. Parametrelerin kantil aralıkları ve Erzurum kentinden örnek ızgara hücreler.



Şekil 8. Yapay yüzey analizi ve örnek ızgara hücreler.

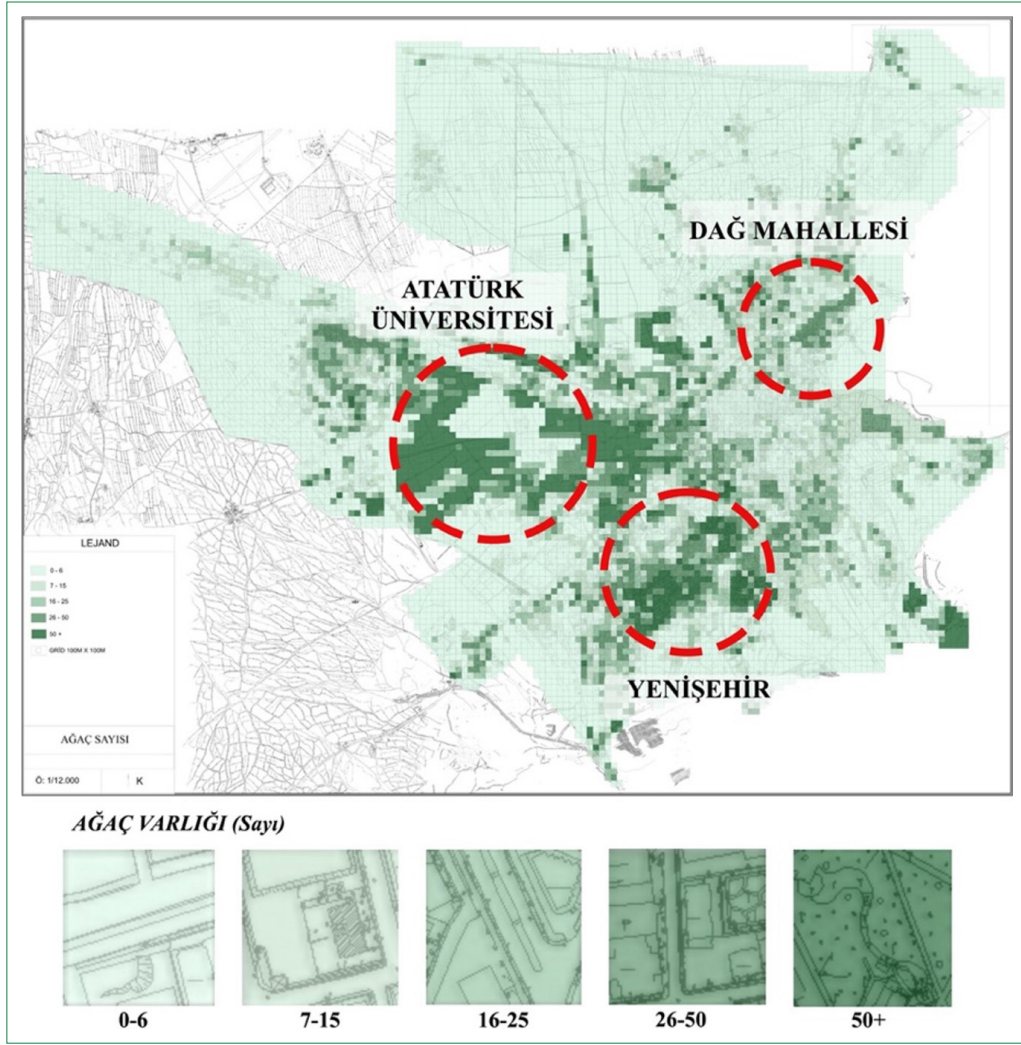
Her bir hücreye denk gelen veri, iklim tehlikesini artırıcı ve azaltıcı etkisine göre kantillere göre ayrılarak sınıflandırılmış ve üretilen beşli renk skalasına göre haritalandırılmıştır.

Tüm ızgara hücreleri belirlenen 12 parametre ışığında verilerle donatıldıktan ve her bir parametre için ayrı ayrı risk haritaları üretildikten sonra toplam riski belirlemek için **Çok Ölçütlü Değerlendirme Modelinden** faydalanılmıştır. Parametreler toplam risk düzeyine etkilerine göre ağırlıklandırılmış ve katsayıları belirlenmiştir. Böylece farklı birimlere sahip parametreler yüz üzerinden tek bir değere dönüşmüş ve her bir ızgara hücrenin toplam risk skoru üretilmiştir.

Parametreler belirlenirken harita üzerinde ve yerinde tespit ve ölçüm yapılabilmesine dikkat edilmiş, yazında iklim riski çalışmalarında kullanılan başlıklar öne çıkarılmıştır. Yapay yüzey (Böhner ve Antoni'c, 2009; Zhang vd., 2019; Stewart vd., 2014; Banerjee vd., 2022; Xu vd., 2019), ağaç varlığı (Norton vd., 2015; Stewart vd., 2014; Böhner ve Antoni'c, 2009; Ba-

nerjee vd., 2022), nüfus yoğunluğu (Dodman, 2009; Ehrlich vd., 2018; Xu vd., 2019; Salim vd., 2012; Johnson vd., 2016), yapı yoğunluğu (Zhang vd., 2019; Banerjee vd., 2022), rüzgar ve sokak yönü (Xiong vd., 2023; Liu vd., 2022; Banerjee vd., 2022), kat yüksekliği (Zhang vd., 2019; Stewart vd., 2014; Banerjee vd., 2022; Valeria vd., 2023), yapı dış cephe renkleri (Norton vd., 2015), taşkın riski olup olmaması (Nunez vd., 2023), bina yapım yılı-bina yaşı (Nunez vd., 2023; D'Ambrosio, 2023; Ronchi, 2020; Valeria vd., 2023), çatı türü ve yapı malzemesi (Horvath ve Palvölgyi, 2011; James ve Manfren, 2021; Norton vd., 2015; Banerjee vd., 2022; Valeria vd., 2023) riski artırıp azaltma etkileri nedeniyle analizlere dahil edilmiştir. Her bir parametre farklı değerlerle ölçülmüştür (Şekil 6, 7).

Çok ölçütlü yaklaşımın temelinde parametrelere ağırlık verilmesi bulunmaktadır. Ağırlıkların nasıl belirleneceği ise çok tartışılan bir konu olsa da, kent planlama gibi çok yönlü bir çalışmanın temeli olan analizlerde ağırlıklı teknikler çok yaygın kullanılmaktadır (Elker, 1997).



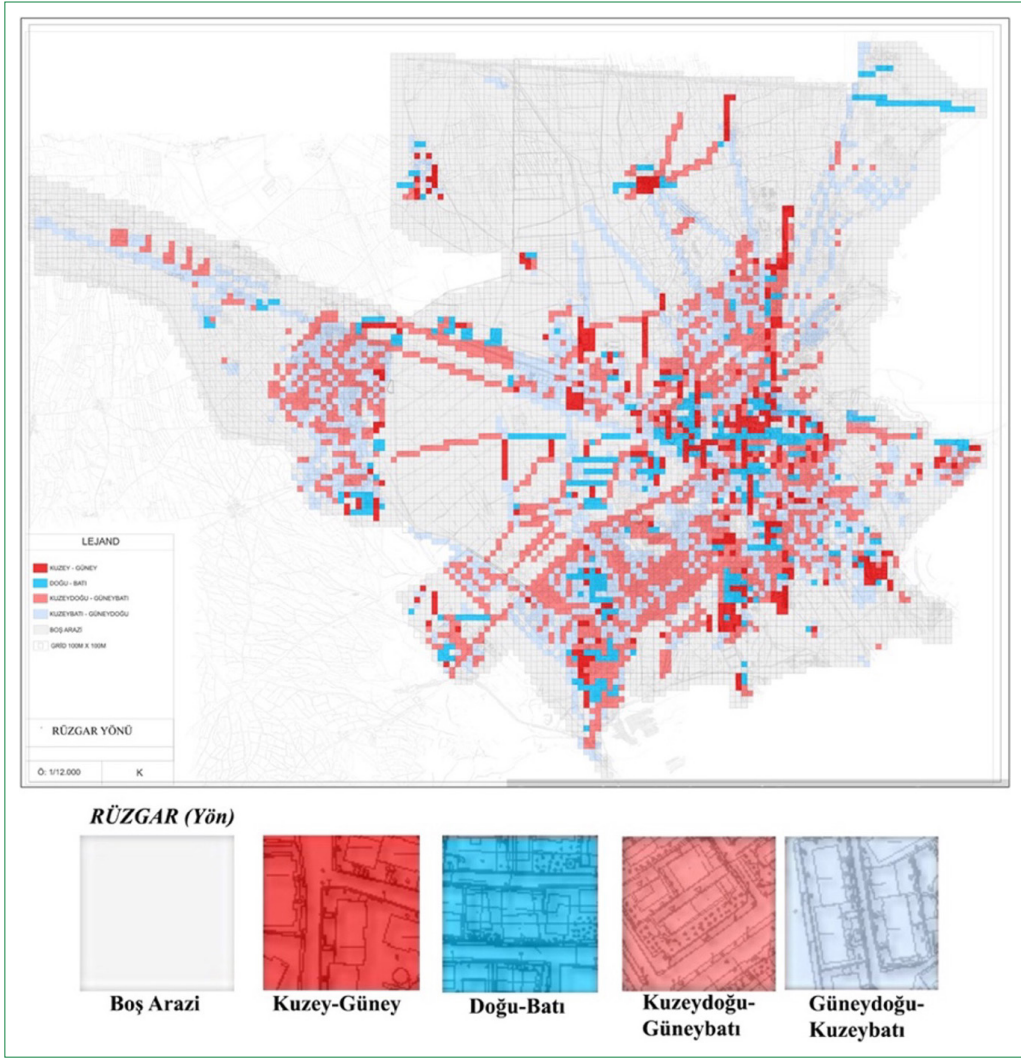
Şekil 9. Ağaç varlığı analizi ve örnek ızgara hücreler.

Kriterler özelliklerine bağlı olarak farklı birimlerde ölçülebilir. Ancak sonuçların karşılaştırılabilir olması için bu parametrelerin ortak bir ölçekte olmaları gerekmektedir. Dolayısıyla ya sonuçlar arasındaki farkların birbirinden doğrusal bir biçimde uzak olduğu varsayılarak bunların ortak bir birime (1 veya 100'e) standardizasyonu yapılır, ya da sonuçlar doğrusal olmayan bir yarar fonksiyonu üzerinde değerlendirilir. Doğrusal standardizasyon (linear standardization) teknikleri içerisinde ağırlıklı toplama (weighted summation) (Janssen, 1992), ideal nokta (Steuer, 1986) ve electre (Roy, 1985) yöntemleri bulunmaktadır. Yarar fonksiyonu içeren teknikler içinde en yaygın olanı çok ölçütlü yarar modeli'dir (multiattribute utility model). Doğrusal tekniklerden daha duyarlı olduğu iddia edilse de hesapları uzun ve zahmetli olduğundan çok kullanılmamaktadır. Zaten çok kriterli değerlendirme denildiğinde akla ilk gelen ve en çok kullanılan yöntem ağırlıklı toplama tekniğidir. Bu teknik planlama konusunda eğitim almış bir kişi tarafından kolaylıkla uygulanabilmekte, ayrıca açık ve anlaşılır yapısı sayesinde karar vericilere de kolaylıkla iletilebilmektedir. Ağır-

lıkları toplama yönteminde ağırlıklar katsayılarla ifade edilir. Bu katsayılar 1, 2, 3 gibi tamsayılar olabilir. Ancak, matematiksel açıdan daha anlamlı ve tercih edilen yaklaşım, hedefler için belirlenmiş katsayıların toplamının 1'e (veya 100'e) eşitlenmesidir (0.40+0.25+0.20+0.15=1.00 gibi) (Elker, 1997). Planlama sürecinde karar vericilerden ağırlıklara kesin değerlerini vermek konusunda ön görüş almak ve değerlendirme yapmak en doğrusudur. Ancak bu makalede bir deneme çalışması yürütüldüğü için ağırlıklara şehir plancısı öğretim üyeleri olan yazarlar tarafından karar verilmiştir. Sonuç olarak, elde edilen değerler beşli kantillere ayrılmış ve parametre bazlı risk analizleri elde edilmiştir. Daha sonra tanımlanan ağırlık değerleri ile standartlaştırma yapılarak yüzlük sistem puanları elde edilmiş ve kent için toplam risk analizi üretilmiştir.

3. Bulgular

Birinci parametre hem şiddetli yağış hem de sıcak/soğuk hava dalgalarında kentsel alandaki etki düzeyini artıran ya-



Şekil 12. Rüzgar yönü analizi ve örnek ızgara hücreler.

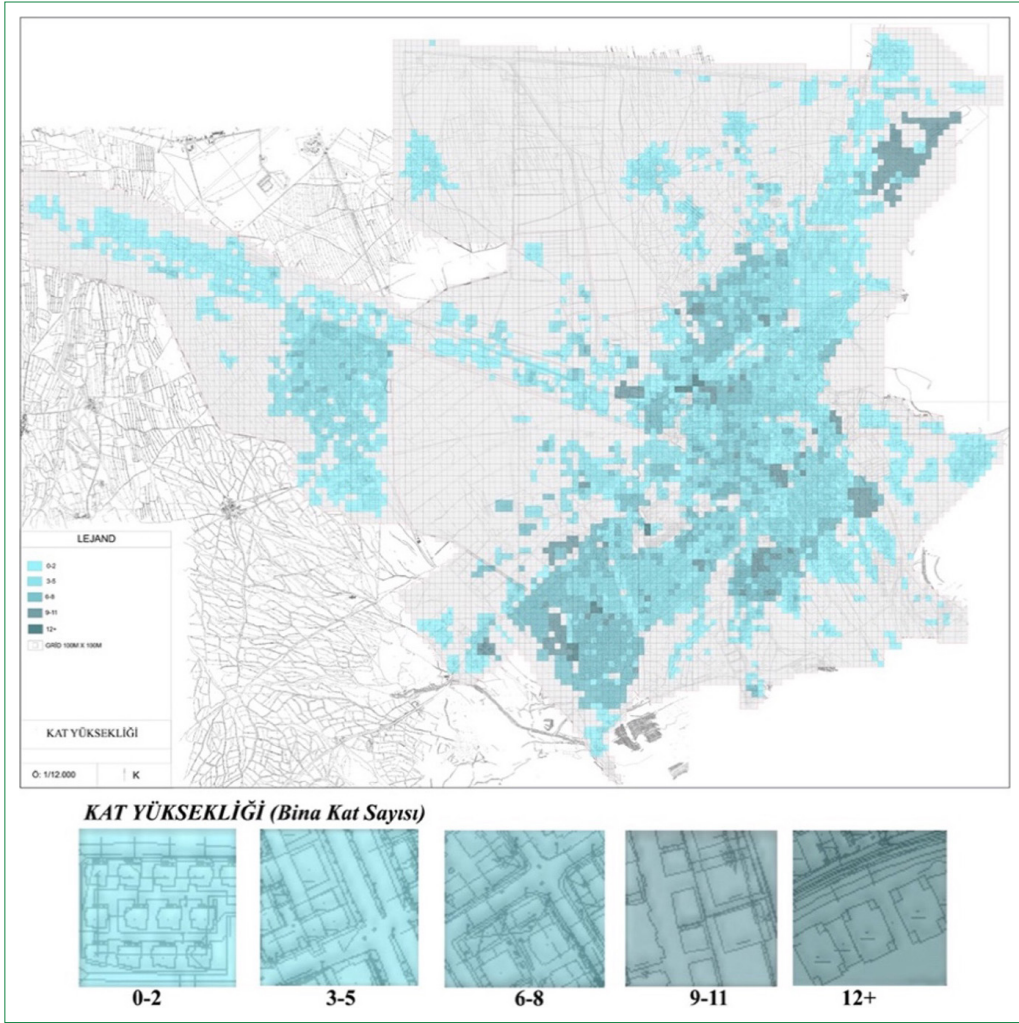
kezindeki dönüşüm alanlarında olduğu anlaşılmıştır. Bu yoğunluklar özellikle 2000 yılı ve sonrası ortaya çıkmıştır. Bir alt gruptaki yoğunluk (300–600) kent genelinde gözlenmektedir. Yıldızkent, Şükrüpaşa, Dadaşkent, ve Kayakyolu'nda daha çok görülen bu yoğunluk iklim riskleri açısından kentin etkilebilirliğini artırmaktadır. Yoğunlukla ilgili dikkat çekici olan durum bir kentsel alanda merkezden dışarı doğru yayıldıkça yoğunluk değerlerinin düşmesi gerekirken, Erzurum örneğinde farklı yönlerde yoğunlukların arttığı ve yaygın kentleşme yönünde bir eğilime girildiği anlaşılmaktadır. İklim riskleri açısından kompakt formdan gün geçtikçe uzaklaşan Erzurum'un risk düzeyinin arttığı söylenebilmektedir.

Yapı yoğunluğu sonraki analiz parametresidir. Yapay yüzey ve nüfus yoğunluğu verisi ile birlikte düşünüldüğünde, kentsel çevrelerin iklim risklerini açıklamakta daha faydalı bir girdi sunmaktadır. Örnek ızgara hücrelerde görüldüğü üzere hücre alanının yüzde yetmiş beş ve üzerini kaplayan yapılar bulunmaktadır (Şekil 11). Bu durum ısıyı yansıtma, su geçirgenliği,

doğal yüzey oluşturma gibi faktörler açısından iklim tehlikelerine bağlı riski ve etkilebilirliği artırmaktadır.

Erzurum'un tamamı için bu veri analiz edildiğinde kent merkezi ile kuzeydoğuya uzanan aks üzerinde en yoğun yapılaşmanın olduğu görülmüştür. Merkezdeki yapı yoğunluğu, kat yüksekliği ve trafik yoğunluğuyla birleşmekte ve oldukça sağlıklı bir kentsel ortam yaratmaktadır. Kuzeydoğu aksında görülen yapı yoğunluğu ise düşük katlı konutlara sahip olduğundan daha farklı bir niteliktedir. Yapı yoğunluğu açısından bu iki bölge dikkate alınmalıdır.

Rüzgar yönleri, kent planlamada hem yaşam kalitesi ve havalandırma hakları hem de iklim riskleri açısından dikkate alınması gereken en önemli parametrelerdendir. Erzurum'da hakim olan soğuk iklimin gündelik yaşam kalitesi üzerindeki etkilerini iyileştirmek için rüzgarın yönetimi büyük önem taşımaktadır. Genel anlamıyla kuzey güney doğrultulu soğuk rüzgarların kentsel alandaki rahatsız edici etkileri dikkate alınarak, iklim tehlikeleri



Şekil 13. Kat yükseklikleri analizi ve örnek ızgara hücreler.

ile birleştirildiğinde kent içerisinde olumsuz nitelikteki bölgeler gözlenebilmektedir. Dört farklı yönde hakim kış ve yaz rüzgarları düşünülerek renklendirme yapılmıştır (Şekil 12). Kırmızı tonlarla gösterilen yönler rüzgar açısından daha olumsuz özelliktedir.

Kent bütününe bakıldığında rüzgar yönü açısından temel bileşeni ulaşım sisteminin belirlediği görülmektedir. Ulaşım sistemine bağlı oluşan yapı adaları ve bu adalar içerisindeki yola paralel olarak gerçekleşen yapılaşma pratikleri rüzgar yönü açısından uyumlu ve uyumsuz alanları ortaya koymaktadır. Kent bütününde rüzgar yönetimi problemlidir. Her bir yerleşim bölgesinde rüzgar açısından olumsuz alanlar bulunmaktadır.

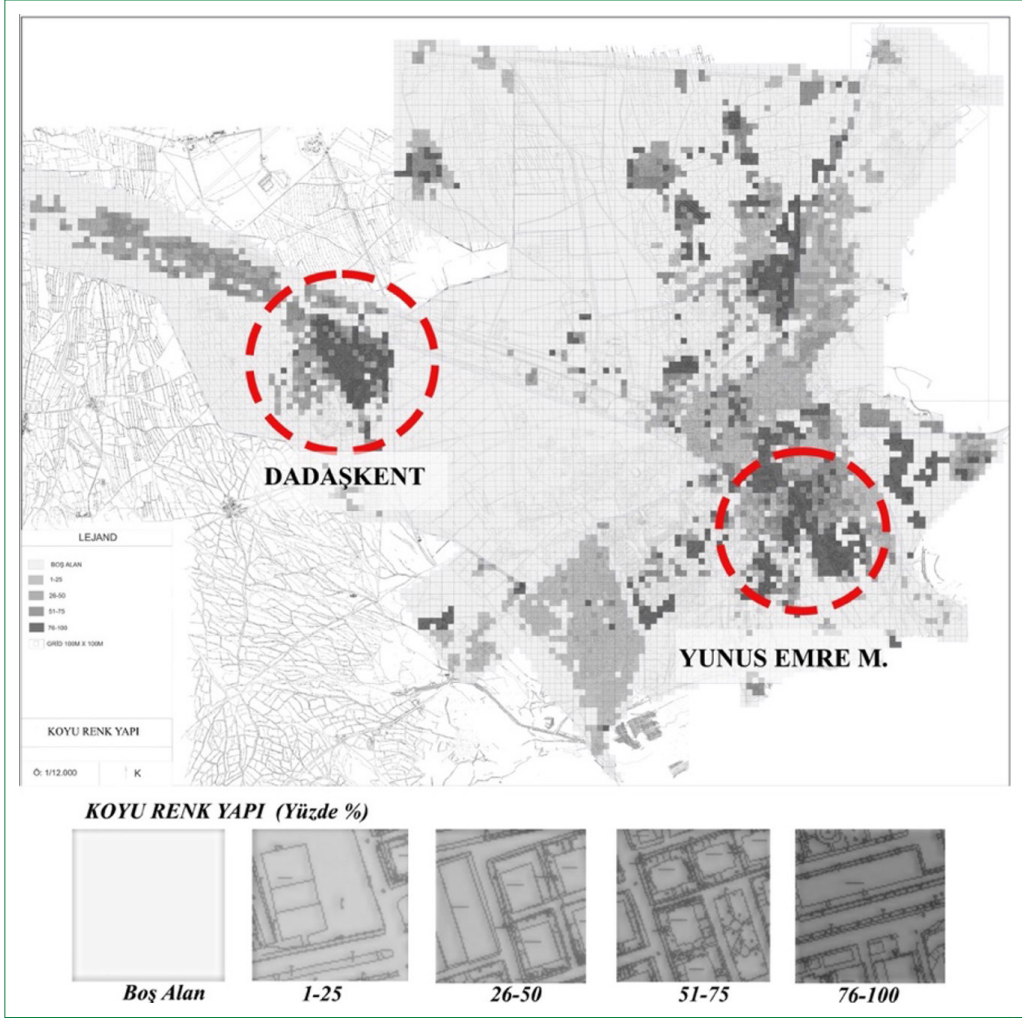
Kat yükseklikleri iklim tehlikeleri ve risk düzeyi için belirleyici bir parametredir. Kentte bir iki katlı yapılardan on beş katlı yapılara kadar farklı yükseklikler gözlenmektedir (Şekil 13). Zaman geçtikçe yüksekliklerin arttığı kentte, hem iklimsel koşullar açısından hava ve ışık haklarını engelleyen yüksek katlı yapılaşma biçimleri ortaya çıkmakta hem de olası iklim

tehlikeleri karşısında etkilenebilirlik artmaktadır. Erzurum da gözlemlenen bir başka husus kat yükseklikleri arttıkça yapı yoğunluğunun ve yapay yüzeyinde aynı bölgelerde artmasıdır; halbuiki iklim duyarlı bir kentsel çevrede artan yüksekliklere bağlı olarak açık alanlar ve doğal yüzeyler artmalıdır.

Erzurum için yükseklik analizi yapıldığında çeper bölgelerde artış olduğu, yeni gelişme alanlarında yüksek katlı yapılaşma tercihlerinin göze çarptığı anlaşılmaktadır. Kent farklı yönlerde yoğunluk artırarak yayılmaktadır.

Yapıların rengi ısıyı absorbe etme ve yayma eğilimleri açısından farklılık arz ettiği için sıcak hava dalgası yaşanması durumunda risk düzeyini değiştirmektedir. Bu nedenle koyu renk yapı analizi yapılmış ve bu tür renge sahip yapıların yoğunlaştığı ızgara hücreler alsanal yoğunluğuna göre gruplanmıştır (Şekil 14).

Koyu renkli yapıların analizi Erzurum'da dönemsel olarak farklılaşma olduğunu ortaya koymaktadır. Son dönem yapılaşma alanlarında açık renklerin tercih edildiği, 1990'lı yıllarda ger-



Şekil 14. Renk analizi ve örnek ızgara hücreler.

ekleşen bölgelerde (Dadaşkent, Yunus Emre Mah.) ise daha koyu renklerin tercih edildiği görülmüştür.

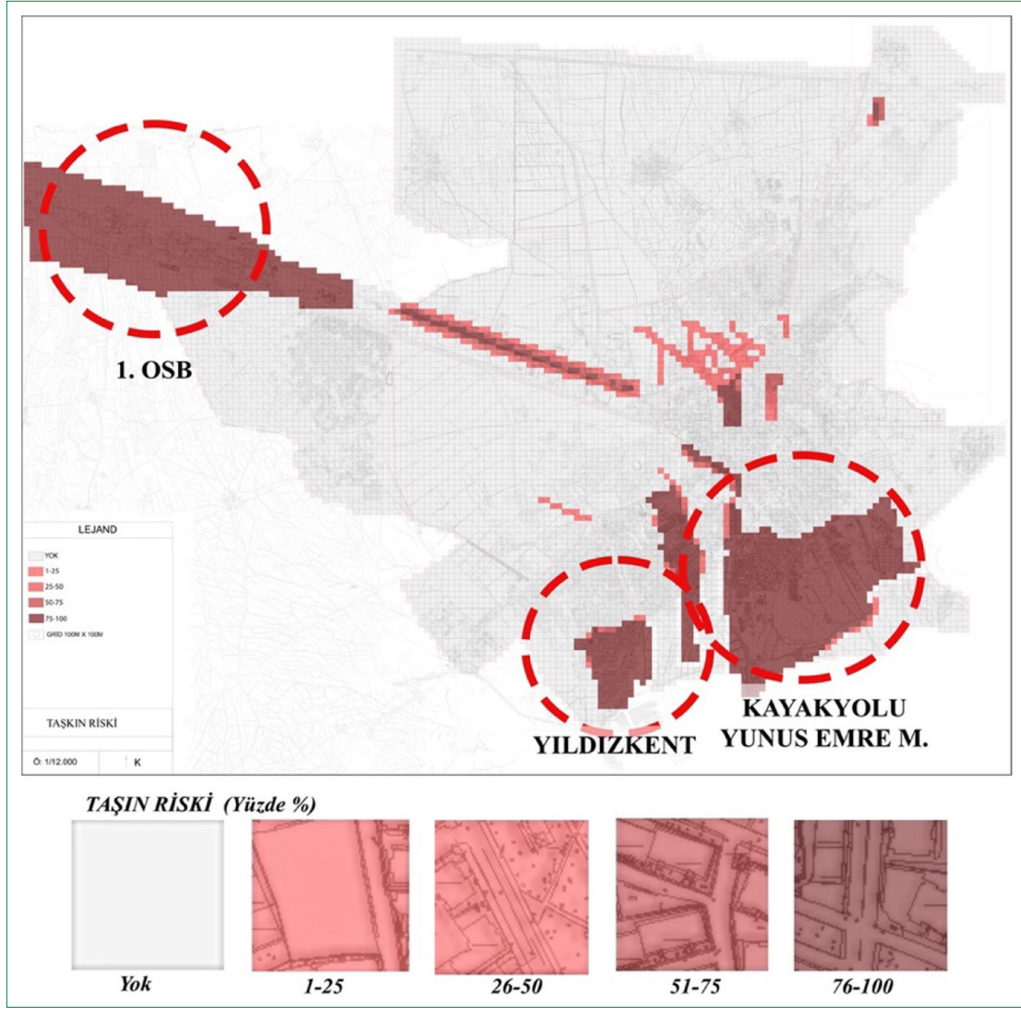
Taşkın riski Şiddetli yağış tehlikesiyle birlikte kentsel alanlarda tespit edilmesi gereken en önemli tehlikelerdendir. Bu kapsamda mevcut taşkın riskli alanları gösteren risk haritalarına ilave olarak kapalı dere hatları dŐnlmŐ ve ızgara hücrelerin içerisinde bu tür bölgelerin denk gelme oranına göre gruplama yapılmıştır (Şekil 15). Tamamıyla taşkın riski altında olan kentsel alanlar olduğu gibi risksiz bölgelerde bulunmaktadır.

Taşkın riski parametresine göre ızgara tabanlı risk haritası retilendiğinde Palandöken dağından baŐlayıp kuzeydeki Erzurum ovasına doğru inen su hatları üzerinde risklerin yođunlaŐtıđını, konut bölgesi olarak Kayakyolu ve Yunus Emre mahallesinin, Boğaz mevkiinden baŐlayarak Yıldızkent'in ve Şükrüpaşa'nın yüksek risk düzeyiyle ne çıktığını görebilmekteyiz. Öte yandan I.OSB alanında yüksek riskli yapısı ile dikkati çekmektedir.

Bina yapım yılı veya bina yaşı bilgisi iklim riskleri için belirleyici olan önemli parametrelerdendir. Son dönemlerde değişen yönetmelikler ve artan denetimler ile yeni yapıların dirençliliği daha fazla olmaktadır. Bu nedenle eski yapıların riski fazla yeni yapıların riski düşük olarak kabul edilmiştir. Veri elde etme zorluklarından dolayı 2005 öncesi tek grupta toplanmıŐ, sonraki dönemler beŐer yıllık gruplara ayrılmıŐtır.

Erzurum için yapılan analiz, kent genelinin 2005 öncesi inşa edilen yapılardan oluŐtuđunu göstermiştir. Kentin tüm bölgelerinde yıllar içerisinde yağ lekeli Şeklinde geniŐlemeler yaŐanmıŐtır (Şekil 16).

atı türü, iklim değişikliği ve ona bağlı olarak yaŐanan tehlikeler açısından önem taşımaktadır. Kar yađıŐları ve soğuk iklim koşulları nedeniyle kırıklı çatı türünün hakim olduğu kentte kırsal yerleşim yerlerinde ve bazı kamu yapılarında düz çatı gözlenmektedir. Kırıklı atı türü Erzurum için daha avantajlı olurken diğer çatı türleri iklim tehlikeleri bakımından daha risklidir. ızgara hücre içerisinde bulunan yapılar



Şekil 15. Taşkın riski analizi ve örnek ızgara hücreler.

çatı türüne göre yüzde olarak oranlandığında beş grupta hücre yapısı olduğu anlaşılmıştır (Şekil 17).

Kentin çatı türüne göre analizi yapıldığında yerleşik alanlar için oldukça homojen bir yapı ortaya çıkmaktadır. Ancak analiz yapılmadan ve bu anlamda veri üretilmeden önce bu tür bir dağılımın çıkacağını tahmin etmek pek mümkün değildir. Kırsal bölgeler ve kent merkezindeki kamu binaların yoğunlaştığı alanların ayrıştığı net olarak gözükmektedir.

Yapı malzemesi iklim risk analizlerinde önemli bir parametredir. Erzurum'da tuğla, çelik, taş, cam ve ahşap yapı örneklerine rastlanabilmektedir (Şekil 18). Tuğla dışında malzeme kullanılan yapılar her ne kadar sınırlı sayıda da olsa, analizde farklılaşan bölgeleri ortaya koyması ve risk düzeyine etki edebilmesi açısından dahil edilmiştir. İklim tehlikeleri ve Erzurum'un hakim iklim koşulları düşünüldüğünde taş, cam ve ahşap yapılar avantaj sağlarken, çelik ve tuğla yapılar olumsuz özelliklere sahiptir.

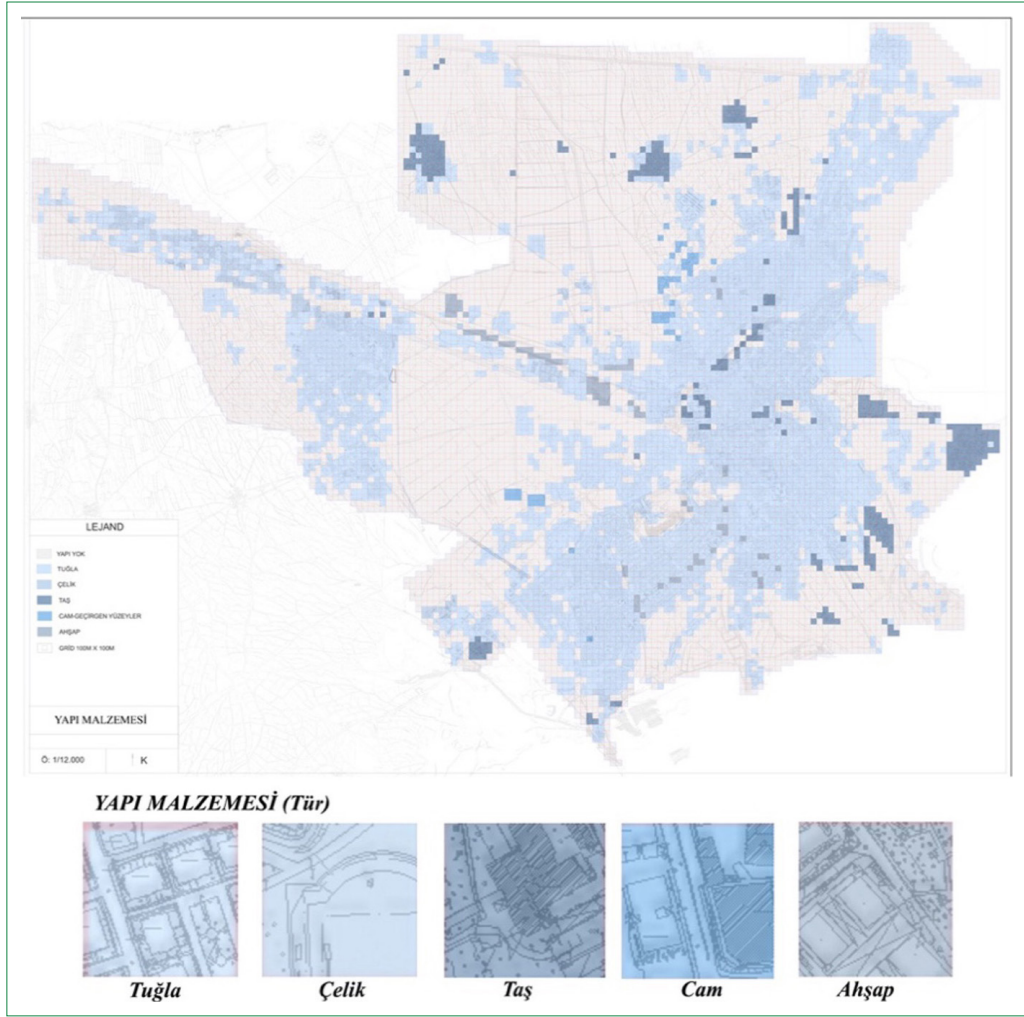
Yapı malzemesine göre risk analizi yapıldığında Cumhuriyet döneminde yapılan devlet kurumlarına ait binalar ile daha önceki

dönemlerden kalma taş yapılar haritada ayrıştırılabilmektedir. Diğer farklılaşan alanlar kırsal yerleşimler ve sanayi alanlarıdır.

Trafolar iklim afetlerine bağlı olarak zarar gören veya aşırı yüklenme sorunu yaşayan teknik altyapı elemanlarıdır. Bu nedenle kentsel alandaki risk düzeyini etkileyen bir parametre olarak değerlendirmeye katılmıştır. Izgara hücreler içinde trafo (enerji nakil birimi) bulunan ve bulunmayanlar olarak renklendirilmiştir (Şekil 19).

Trafo bulunan hücreler kent bütününde homojen olarak dağılmaktadır. Kamusal alanlarda ve OSB alanı çevresinde yoğunlaşan trafolar genellikle açık yeşil alanlara yerleştirilmiştir (Şekil 19).

12 farklı parametre üzerinden yapılan analizler sonrasında verilen ağırlıklar ışığında toplam risk analizi yapılmıştır. Risk analizi sonuçları, Erzurum'un en riskli bölgesinin Lalapaşa mahallesi olduğunu ve sonrasında Muratpaşa mahallesi ile Yunus Emre mahallesinin geldiğini göstermiştir. Bu mahallelerde alan bazlı risk yoğunlaşması ortaya çıkmaktadır. Öte yandan Yıldız-

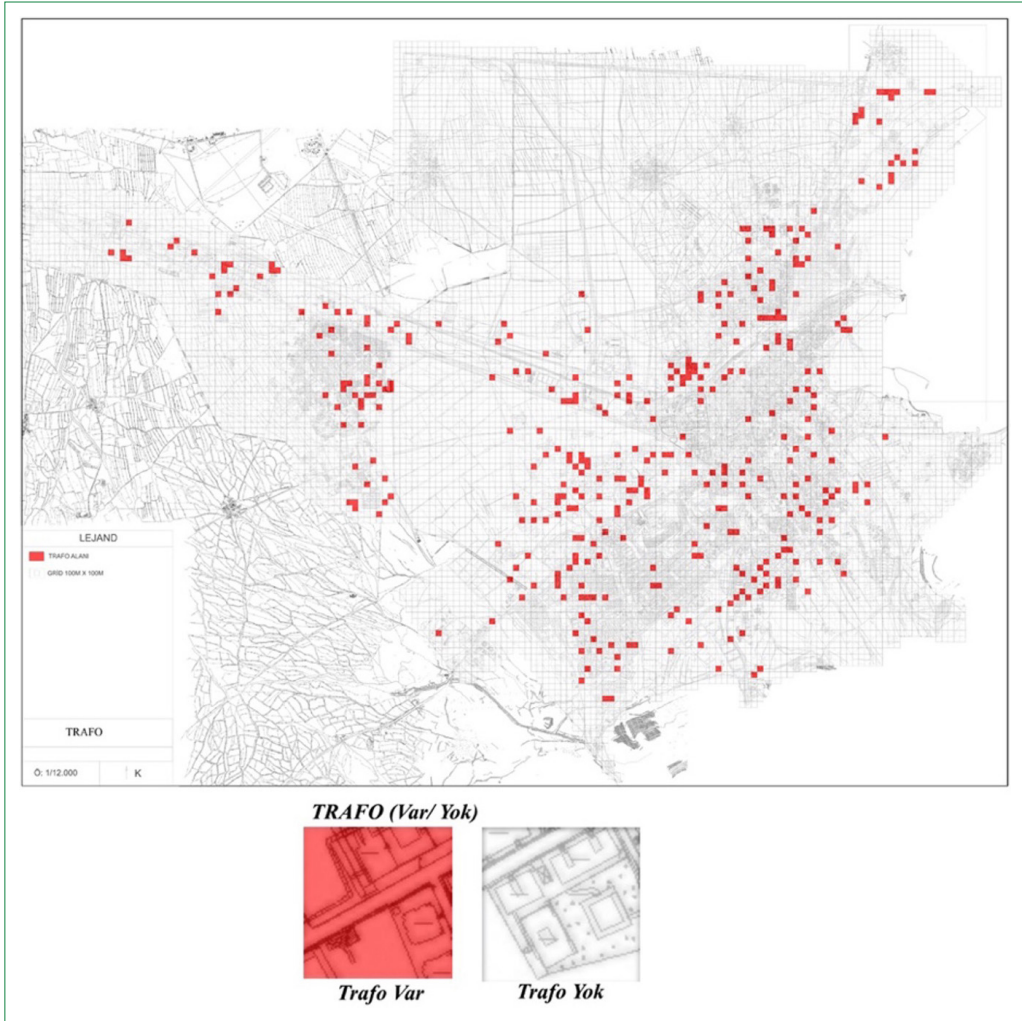


Şekil 18. Yapım malzemesi analizi ve örnek izgara hücreler.

analize dahil ederek yapmaktadır. Uygulanan metodoloji, alansal bilgilerin miktarı ve kalitesini artırarak, uyum eylemleri için nerede ve nasıl yapılması gerektiği konularına yönlendirici kılavuzlar oluşturarak ve uygulama ve izleme için veri altyapısı oluşturarak, planlama sürecine birden fazla alanda katkı sağlamaktadır.

Erzurum için üretilen risk analizi iklim tehlikeleri açısından riskli bölgeleri ortaya koymuştur. Özellikle merkezi bölgede riskli izgara hücrelerin yoğunlaştığı görülmektedir. Bu tür bölgeler ve kentin tüm fiziksel mekânında iklim risklerine karşı **uyum kapasitesini** artırmak için;

- Öncelikle yeni gelişme alanlarında ada parsel düzenlerinde doğal yüzey oranını artırıcı önlemler alınması gerekmektedir. İnşaat ve iskan izni ruhsat süreçlerinde bu hususlara yer verilmelidir.
- Yeni gelişme alanları henüz gelişimini tamamlamamış bölgeler olduğundan var olan boşluklara su toplama alanları, yeşil alanlar ve ekolojik koridorlar gibi düzenlemeler yapılması uygun olacaktır.
- Kent merkezi ise sokak ağaçlandırmaları, kaplama malzemelerinin değişimi ve kentsel dönüşüm projeleri sonucu iyileştirilmelidir.
- Kent içinde ağaç varlığı konusunda imar yönetmelikleri, ruhsat süreçlerinin iyileştirilmelidir. Ayrıca uygulanacak projelerden yüzde bir oran ile ağaçlandırma için bütçe oluşturulması gibi yenilikçi yöntemler uygulanmalıdır. Kamu kurumlarının ve mezarlıkların Erzurum kenti içindeki varlıkları korunmalıdır.
- Koyu renk yapı temelinde yapılan analizler, kentsel alanların gelişim sürecinde renk yönetimi konusunu da dahil etmek gerektiğini ortaya koymaktadır. Bu anlamda belediyelerin birim kurmaları, renk testleri yapmaları/yaptırmaları ve ona göre şartlar getirmeleri gerekmektedir.
- Yapı stoğu genel anlamda eski olan kentte mümkün oldukça yenileme projeleri hazırlanmalı, onun dışında sokak yayalaştırma ve ortak mekana dönüştürme gibi kü-



Şekil 19. Trafo analizi ve örnek ızgara hücreler.

çük dokunuşlara imkan veren iyileştirmeler yapılmalıdır. İklim afetlerine karşı bu bölgelerde sığınma mekanları oluşturulmalıdır.

- Çatı türü açısından Erzurum'da özellikle soğuk hava dalgaları ve buz sarkıtı oluşumu açısından özel çalışma yapılması ve inşaat projelerinde bu konuyla ilgili yenilikçi yaklaşımlar getirilmesi gerekmektedir.

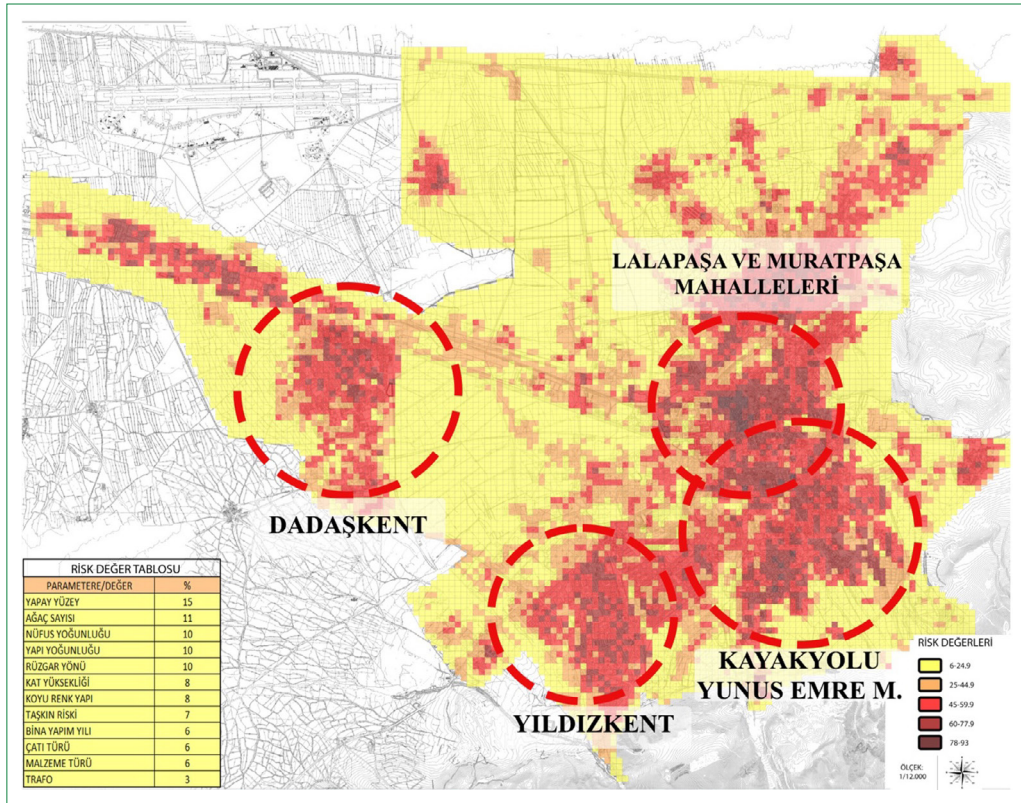
Kentin fiziksel mekanında iklim risklerine karşı **maruziyeti** düşürmek için;

- Nüfus yoğunluğu açısından mahalle bazlı kompakt bir yaşam inşa etmeye odaklanarak ticaret, kültür, eğitim, sağlık ve sosyal tesis gibi kullanımları barındıran merkezi alanlar tasarlanmalıdır.
- Çeper bölgelerde yoğunluk düşük tutulmalıdır. Kent merkezindeki yapı yoğunluğu yüksek bölgede bina yenilemeleri için şartlar tanımlanmalı, akıllı bina, yeşil bina, yeşil çatılı bina gibi çözümlerin uygulanmasına imkan tanınmalıdır.

- Yapı yoğunluğu yüksek bölgelerde kentsel dönüşüm düşülmeli ve doğal yüzeyler oluşturulmalıdır.
- Yeni gelişme alanları için belirlenen mevcut yükseklik ve yapılaşma politikasından vazgeçilmelidir.
- Erzurum'da tüm kentlerimizde gözlenen betonarme yapı tekniği yaygınlaşmıştır. Kentin tarihinde var olan taş yapılar bugün tercih edilmemektedir. Mevcut yapılaşma biçimlerinin hem mevcut iklim koşullarına hem de olası tehlikelere karşı riski artırıcı etkileri bulunduğundan daha yenilikçi ve yerel koşullara özgü bir yapılaşma tarzının belirlenmesi gerekmektedir.

Kentin fiziksel mekanında iklim risklerine karşı **duyarlılığı** azaltmak için;

- Ulaşım kaynaklı yükü düşürmek için yaya bölgeleri oluşturulmalıdır.
- Sokak ağaçlandırması yapılmalıdır.



Şekil 20. Risk analizi.

- Kentin ulaşım planlaması, yeni bölgeler imara açılırken rüzgar yönetimi düşünülerek yapılmalıdır. Soğuk rüzgarlardan korunaklı, sıcak rüzgarları kent içinde yöneten bir sokak yönelimi kurgulanmalıdır.
- Çeper bölgelerde gözlenen yüksek katlı yapılaşma alanlarında, iklim tehlikelerine (yağış-sel, sıcak-soğuk hava dalgası) karşı riski düşürmek için alınabilecek önlemler olarak hava koridorları, su toplama alanları ve ağaçlandırılmış bölgeler öne çıkarılmalıdır.
- Erzurum'da coğrafi özellikler nedeniyle kent içinden geçen eğimli su hatları, taşkın risklerini şiddetli yağışlar durumunda oldukça artırmaktadır. Bu hatlar günümüzde kapalı dere hatları olarak gözlenmektedir. Dere hatlarının yeniden kazanım stratejileri belirlenmeli ve gün yüzüne çıkarılmalıdır. Bu tür düzenlemeler ile planlanacak hatlar hem ekolojik koridor işlevi görecektir hem de fazla suyun bertarafında fayda sağlayacaktır.
- Trafolar kentlerin önemli altyapı elemanlarıdır ve iklim bağlı afetler karşısında etkilenebilirliği artırmaktadır. Bu tür alanların riskler karşısında korunaklı hale getirilmesi büyük önem taşımaktadır. Sıcak ve soğuk hava dalgaları karşısında aşırı yüklenmeye karşı kapasite artırımları ve bakım yapılması, sel risklerine karşıda taşkın korumalı bölgelere taşınması gerekmektedir.

Önerilerden sonra son olarak çalışmanın başında hedeflenen ancak kullanılmayan bazı göstergeler ve bunların neden ele alınmadığını ortaya koymak gerekmektedir. Bu sayede sonraki dönemde konuyla ilgili yapılacak çalışmalar için daha yol gösterici olunabilecektir. İklim değişikliği ve buna bağlı olarak ortaya çıkan tehlikeler karşısında, kentlerin risk düzeyinin belirlenmesinde sadece fiziksel parametrelerin değerlendirilmemesi gerekmektedir. Ekonomik ve sosyal parametrelerin risk analizlerine dahil edilmesi, eylem planları için daha yol göstericidir. Örneğin kentin bir mahallesinde yoğunlaşan yaşlı kırılgan nüfus, kaçak yapılar, yoksul gruplar ve eğitim düzeyi gibi veriler, risk düzeyini doğrudan etkileyen verilerdir ancak ülkemizde mekânsal olarak üretilmesine rağmen paylaşılmayan bu tür veriler risk değerlendirmelerine dahil edilememektedir. İlgili hücre bazında tüm kent için yapılan bu çalışmada her bir hücreye denk gelen alanda yaşayanlara dair ekonomik ve sosyal verilerin risk analizine dahil edilebilmesi, karar vericileri çok daha doğru yönlendirici bir sonuç ortaya koyacaktır.

5. Sonuç

Bu çalışmada, kent ölçeğinde iklim değişikliği ve buna bağlı ortaya çıkan tehlikelere karşı etkilenebilirlik ve risk değerlendirmesine yönelik bir metodoloji geliştirilmiş ve test edilmiştir. 100x100m'lik grid temelli mekânsal bilgiler kullanılarak maruziyet, duyarlılık ve uyum kapasitesi gibi konulara karşılık gelebilecek göstergeler tanımlanarak ağırlıklandırılmış ve çok

ölçütlü karar verme işlemiyle risk sonucu üretilmiştir. Sonuçlar, Lalapaşa mahallesi ile Şükrüpaşa gibi yada Muratpaşa ile Dadaşkent gibi farklı risk değerlerinin farklı kentsel alan tiplerine karşılık geldiğini göstermiştir. Öte yandan hücre bazlı analizler mekânsal anlamda hassas konumsal bilgiler sağlamış ve acil müdahale alanlarını ortaya koymuştur. Bu alanların tespit edilmiş olması iklim tehlikelerine karşı uyum sürecini desteklemek için büyük önem taşımaktadır.

Yapılan işlem bir denemedir ancak bu tür çalışmalar neden yapılamamaktadır sorusunu akla getirmektedir. Personel yetersizliği ve kapasite eksikliği, kullanım kolaylığı olan karar destek araçlarının yoksunluğu ve politika yapıcılarının bu konudaki ilgisizlikleri buna neden olarak gösterilebilir. Mevcut piyasa mekanizması, siyasi yapı ve planlama sisteminin işleyişinde bu tür tespitlerin yapılması dahi istenmemektedir. Bu tür bir sürecin işletilmesinin önünde en büyük engel mevcut mekan üretim dinamikleri olarak gözükmektedir.

Kullanılan yöntem mekânsal anlamda oldukça hassas bilgiler sunabilmektedir. Bu önemli bir avantajdır ancak kentlerin canlı ve her sene değişen yapısı risk düzeyinin tespitini zorlaştırmaktadır. Her yıl yeniden aynı detayda veri toplanması mümkün olmayabilir. Bu sorunun aşımı için kentlerimizin dijital ikizlerinin üretilmesi, bilgisayar yazılımı geliştirilmesi ve yüksek çözünürlüklü uydu ve hava fotoğrafları ile güncellenmesi gerekmektedir. Dolayısıyla bu yöntemin temelinde yatan hassas konumsal bilgilere dayalı daha pratik yöntemlerle devamlılığının sağlanması gerekmektedir. Süreklilik konusu bu yöntemin kısıtlılıkları arasındadır. Her sene aynı işgücünü aynı yoğunlukta değerlendirebilmek mümkün olamayabileceğinden teknoloji kullanımının düşünülmesi önemlidir. Bu sayede yaygınlaştırılması mümkün olacaktır.

Kaynaklar

- Apotsos, A. (2019). Mapping relative social vulnerability in six mostly urban municipalities in South Africa. *Applied Geography*, 105, 86–101.
- Böhner, J., & Antoní, O. (2009). Chapter 8, Land-Surface Parameters Specific to Topo-Climatology. *Developments in Soil Science*, 33, 195–226.
- Bulkeley, H. (2010). Cities and the Governing of Climate Change. *Annual Review of Environment and Resource*, 35, 229–253.
- Das, S., Ghosh, A., Hazra, S., Ghosha, T., Safra de Campos, R., & Samanta, S. (2020a). Linking IPCC AR4 & AR5 frameworks for assessing vulnerability and risk to climate change in the Indian Bengal Delta. *Progress in Disaster Science*, 7, 100110. doi:10.1016/j.pdisas.2
- Demirbaş, M., & Aydın, R. (2020). 21. Yüzyılın en büyük tehdidi: küresel iklim değişikliği. *Ecological Life Sciences*, 15(4), 163-179.
- Dodman, D. (2009). *Urban Density and Climate Change*. United Nations Population Fund (UNFPA) Analytical Review of the Interaction between Urban Growth Trends and Environmental Changes, Revised Draft: <https://www.unclearn.org/wp-content/uploads/library/unfp adresinden alındı>.
- Dodman, D. (2009). Blaming cities for climate change. An analysis of urban greenhouse gas emissions inventories. *Environment Urbanization*, 21, 185–201.
- Dursun, D., Yavaş, M. (2015). Climate-Sensitive Urban Design in Cold Climate Zone: The City of Erzurum, Turkey. *International Review for Spatial Planning and Sustainable Development*, 3(1), 17-38.
- Dursun, D., Yavaş, M. (2016). Urbanization and the Use of Climate Knowledge in Erzurum, Turkey. *Procedia Engineering*, 169. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.10.040>
- Dursun, D., Yavaş, M., Okudan, Y., 2016. Kış Kenti Erzurum için Kentsel Tasarım Rehberi. *International Winter Cities Symposium, Proceedings Book (Electronic Book)*, ISBN No: 978-975-442-811-7, p. 935-972. 10-12 February, Erzurum. Oral Presentation.
- Dursun, D., Yavaş, M., Yılmaz, S. (2020). Microclimate Assessment of Design Proposals for Public Space in Cold Climate Zone: Case of Yakutiye Square. *Megaron*; 15(2):321-331.
- Ehrlich, D., Kemper, T., Pesaresi, M., & Corbane, C. (2018). Built-up area and population density: Two Essential Societal Variables to address climate hazard impact. *Environmental Science Policy*, 90, 73-82.
- Elker, C. (1997). Kent Planlamada Seçenek Tasarımları ve Çok-Ölçütlü Değerlendirme. Yy.
- Field, C., Barros, V., Stocker, T., Dahe, Q., Dokken, D., Ebi, K., Midgley, P. (2012). *Managing the Risk of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation*. IPCC: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/SREX_Full_Report-1.pdf adresinden alındı.
- Giridharan, R., Lau, S. S. Y., Ganesan, S., & Givoni, B. (2007). Urban design factors influencing heat island intensity in high-rise high-density environments of Hong Kong. *Building and Environment*, 42(10), 3669-3684.
- Givoni, B. (1998). Effectiveness of mass and night ventilation in lowering the indoor daytime temperatures. Part I: 1993 experimental periods. *Energy and Buildings*, 28(1), 25-32.
- Hallegatte, S., Green, C., Nicholls, R., & Corfee-Morlot, J. (2013). Future flood losses in major coastal cities. *Nat. Clim. Chang.*, 3, 802–806.
- Horvath, S., & Palvölgyi, T. (2011). Buildings and climate change: Impacts on roofs and vulnerability to wind storms. *Epitoanyag-Journal of Silicate Based and Composite Materials*, 63(3-4), 62-66.
- IPCC. (2007). *IPCC Fourth Assessment Report: Climate Change 2007*. Geneva: Intergovernmental Panel on Climate Change.
- IPCC. (2012). *Managing the Risk of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation*. Geneva: Intergovernmental Panel on Climate Change.
- IPCC. (2014). *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge and New York: Cambridge University Press. <http://www.ipcc.ch/report/ar5/wg2/> adresinden alındı.

- IPCC. (2014). *IPCC Fifth Assessment Report: Climate Change 2014*. Geneva: Intergovernmental Panel on Climate Change.
- İklim Uyum Projesi. (2023). Etkilenebilirlik ve Risk Analizi Metodolojisi ve Öncelikli Sektörlerin Analiz Kapsamının Belirlenmesi.
- James, P., & Manfren, M. (2021). Building resilience of roofing Technologies in a changing climate . Southampton, England.
- Janssen, R. (1992). *Multiobjective decision support for environmental management*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Johnson, K., Depietri, Y., & Breil, M. (2016). Multi-hazard risk assessment of two Hong Kong districts. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 19, 311–323.
- Lapola, D., Braga, D., Di Giulio, G., Torres, R., & Vasconcellos, M. (2019). Heat stress vulnerability and risk at the (super) local scale in six Brazilian capitals . *Climate Change*, 154, 477–492.
- Liu, Y., Yigitcanlar, T., Guaralda, M., Degirmenci, K., Liu, A., & Kane, M. (2022). Leveraging the Opportunities of Wind for Cities through Urban Planning and Design: A PRISMA Review. *Sustainability*, 14(11665).
- Musco, F. (2014). Decarbonizing and climate proof planning: dalla pianificazione alla bassa emissione all'adattamento. In F. Angeli, *Il Clima Cambia le Città: Strategie di Adattamento e Mitigazione Nella Pianificazione Urbanistica*. 21–29. Milano.
- Norton, B., Coutts, A., Livesley, S., Harris, R., Hunter, A., & Williams, N. (2015). Planning for cooler cities: A framework to prioritise green infrastructure to mitigate high temperatures in urban landscapes. *Landscape and Urban Planning*, 134, 127–138.
- Núñez, M., Firtinidou-Stergiou, A., Rago, M., Yee, C., Barontini, A., Ferreira, T., & Oliveira, D. (2023). Flood Risk Assessment in Urban Areas: The Historic City Centre of Aveiro as a Case Study. T. Ferreira, & H. Shi içinde, *Flood Risk in a Climate Change Context*.
- Oke, T.R. (1987). *Boundary Layer Climates*, Taylor & Francis e-Library.
- Pachauri, R., & Reisinger, A. (2007). *Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. IPCC: <https://www.ipcc.ch/report/ar4/syr/> adresinden alındı.
- Pachauri, R., & Meyer, L. (2014). *The Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Geneva.
- Perovich, D. K. (2011). The changing Arctic sea ice cover. *Oceanography*, 24(3), 162-173.
- Reckien, D., Salvia, M., Heidrich, O., Church, J., Pietrapertosa, F., De Gregorio-Hurtado, S., Lorencová, E. (2018). How are cities planning to respond to climate change? Assessment of local climate plans from 885 cities in the EU-28. *Journal of Cleaner Production*, 191, 207–219.
- Ronchi, S., Salata, S., & Arcidiacono, A. (2020). Which urban design parameters provide climate-proof cities. An application of the Urban Cooling InVEST Model in the city of Milan comparing historical planning morphologies. *Sustainable Cities and Society*, 63.
- Roy, B. (1985). *Methodologie multicritère d'aide à la décision*. Paris: Economica.
- Salim, W., Suroso, D., Fitriyanto, M., & Bisri, M. (2012). *Guidelines for Climate Change Risk and Adaptation Assessment and for Mainstreaming into Policy*. Technical Report, Ministry of Environment.
- Steuer, R. (1986). *Multiple criteria optimization: theory, computation and application*. New York: Wiley.
- Stewart, I., Oke, T., & Krayenho, E. (2014). Evaluation of the 'local climate zone' scheme using temperature observations and model simulations. *International Journal of Climatology*, 34, 1062–1080.
- Türkiye İstatistik Kurumu (2022). Nüfus İstatistikleri. <https://nip.tuik.gov.tr/>
- Valeria, D., Di Martino, F., & Tersigni, E. (2023). Towards Climate Resilience of the Built Environment: A GIS-Based Framework for the Assessment of Climate-Proof Design Solutions for Buildings. *Buildings*, 13(7).
- Xiong, J., Li, J., Gao, F., & Zhang, Y. (2023). City Wind Impact on Air Pollution Control for Urban Planning with Different Time-Scale Considerations: A Case Study in Chengdu, China. *Atmosphere*, 14(1068).
- Xu, L., Cui, S., Tang, J., Nguyen, M., Liu, J., & Zhao, Y. (2019). Assessing the adaptive capacity of urban form to climate stress: a case study on an urban heat island. *Environmental Research Letters*, 14.
- Yavaş, M. (2019). İklim Duyarlı Kent Planlama Stratejileri: Erzurum Kenti Örneği. Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Erzurum.
- Yavaş, M., Yılmaz, S. (2019). Soğuk İklim Bölgesinde Kentsel Mikro İklimin Değerlendirilmesi: Erzurum Kentsel Dönüşüm Alanı Örneği. *Artium*, 17 (2), 552-562.
- Yavaş, M., Yılmaz, S. (2020). İklim Duyarlı Kentsel Tasarım İlkeleri: Erzurum Kenti Örneği. *Planlama*, 30 (2), 155-172.
- Zhang, M., Wang, H., Jin, W., & Dijk, M. (2019). Assessing heat wave vulnerability in Beijing and its districts, using a three dimensional model. *International Journal of Global Warm*, 17, 297–314.