

KENTSEL DİRENÇLİLİK

AFETLER, İKLİM VE MEKÂNSAL STRATEJİLER

NURBANU ÖZKARTAL
ÇİSEM SEYHAN

KENTSEL DİRENÇLİLİK: AFETLER, İKLİM VE MEKÂNSAL STRATEJİLER

EDİTÖRLER

Dr. Öğr. Üyesi Nurbanu ÖZKARTAL

Yüksek Şehir Plancısı Çisem SEYHAN

EDİTÖRLER

Prof. Dr. Çiğdem Belgin DİKMEN

Prof. Dr. Ebru ÇUBUKÇU

Doç. Dr. Arzu ALTUNTAŞ

Doç. Dr. Yelda MERT

Dr. Öğr. Üyesi Nur Selcen KARAASLAN

Dr. Öğr. Üyesi Nuray ÖZKARACA ÖZALP

Dr. Berfin KARABAKAN GÖKHAN

Dr. Dicle ÖZAVCI

Öğr. Gör. Dr. Elif ÇAM

Öğr. Gör. Dr. Şule Sinem SÜRDEM

Öğr. Gör. Elif TAŞDEMİR

Öğr. Gör. Leman ÜSTÜNDAĞ

Ar. Gör. Esra ŞIRKI

Ar. Gör. Yusuf EMİNOĞLU

Yüksek Şehir Plancısı Çisem SEYHAN



All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, distributed or transmitted in any form or by any means, including photocopying, recording or other electronic or mechanical methods, without the prior written permission of the publisher, except in the case of brief quotations embodied in critical reviews and certain other noncommercial uses permitted by copyright law.

Institution of Economic Development and Social Researches Publications®

(The Licence Number of Publicator: 2014/31220)

TÜRKİYE TR: +90 342 606 06 75

USA: +1 631 685 0 853

E mail: iksadyayinevi@gmail.com

www.iksadyayinevi.com

It is responsibility of the author to abide by the publishing ethics rules. The first degree responsibility of the works in the book belongs to the authors.

Iksad Publications – 2025©

ISBN: 978-625-378-483-6

Cover Design: Nürhan ÖZKARTAL

December / 2025

Ankara / Türkiye

Size = 16x24 cm

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....1

BÖLÜM 1

SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK VE DİRENÇLİLİK EKSENİNDE İKLİM DOSTU KENTLER

Öğr. Gör. Elif TAŞDEMİRİ

Prof. Dr. Çiğdem BELGİN DİKMEN.....3

CHAPTER 2

SOCIAL RESILIENCE IN URBAN SYSTEMS: CONCEPTUAL FOUNDATIONS, MEASUREMENT APPROACHES, AND THE TURKISH EXPERIENCE (1999–2023)

Research Assistant Esra ŞIRKI.....31

CHAPTER 3

DISASTERS AND URBAN ECONOMIC VULNERABILITIES: A CONCEPTUAL REVIEW FROM A RESILIENCE PERSPECTIVE

Dr. Berfin KARABAKAN GÖKHAN

Associate Professor Yelda MERT.....65

BÖLÜM 4

TÜRKİYE’DE KENTSEL DİRENÇLİLİK KAPSAMINDA GERÇEKLEŞTİRİLEN LİSANSÜSTÜ TEZLERİN BİBLİYOMETRİK ANALİZİ

Dr. Öğr. Üyesi Nuray ÖZKARACA ÖZALP.....79

BÖLÜM 5

DEPREM VE İKLİM DİRENÇLİLİĞİ KESİŞİMİNDE GELİŞEN ARAŞTIRMA EĞİLİMLERİ: 2015–2025 ARASI BİBLİYOMETRİK BİR ANALİZ

Çisem SEYHAN

Prof. Dr. Ebru ÇUBUKÇU.....97

CHAPTER 6

INCREASING URBAN RESILIENCE WITH DATA-DRIVEN LANDSCAPE STRATEGIES: REMOTE SENSING AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE APPROACHES

Assoc. Prof. Dr. Arzu ALTUNTAŞ.....121

CHAPTER 7

CLOUD-NATIVE MONITORING OF FOREST CHANGE IN BURSA (1990–2020): RISK MAPPING AND EXPLAINABLE DRIVERS

Yusuf EMİNOĞLU.....149

BÖLÜM 8

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ FARKINDALIĞINI ARTIRMADA GÖRSEL BİR İLETİŞİM ARACI OLARAK GRAFİK TASARIM

Öğr. Gör. Leman ÜSTÜNDAĞ.....181

BÖLÜM 9

AFET SONRASI KENTSEL DİRENÇLİLİK İÇİN MEKÂNSAL STRATEJİLER: ALEJANDRO ARAVENA PROJELERİ

Öğr. Gör. Dr. Şule Sinem SÜRDEM

Dr. Öğr. Üyesi Nur Selcen KARAASLAN.....195

BÖLÜM 10

AFET SONRASI MİMARLIKTA MALZEMENİN YENİDEN KULLANIMI: SHIGERU BAN VE KAĞIT EVLER

Öğr. Gör. Dr. Şule Sinem SÜRDEM

Öğr. Gör. Dr. Elif ÇAM.....227

CHAPTER 11

FIRE RESISTANCE IN ARCHITECTURAL BUILDING MATERIALS

Dr. Dicle ÖZAVCI.....251

CHAPTER 12

FIRE RESISTANCE IN NEW PREFABRICATED BUILDING MATERIALS

Dr. Dicle ÖZAVCI.....269

ÖNSÖZ

21. yüzyıl kentleri etkileyen risklerin hem çeşit hem de şiddet bakımından hızla arttığı bir dönemdir. İklim değişikliğinin etkileri; kuraklık, aşırı yağış, sel ve taşkınlar, sıcak hava dalgaları, orman yangınları ve kıyı taşkınları gibi afetlerin sıklığını ve yıkıcılığını artırarak mekânsal sistemler üzerinde geri döndürülemez etkiler yaratmaktadır. Türkiye gibi çoklu afet riskleriyle karşı karşıya olan ülkelerde ise bu durum, kentsel planlama ve tasarım disiplinlerinin stratejik sorumluluğunu daha da derinleştirmektedir. Kentlerin sosyal, ekolojik, ekonomik ve mekânsal bileşenlerinin kırılganlığını görünür kılan her afet, daha dirençli, kapsayıcı ve adil yerleşimler kurma ihtiyacını güçlü bir biçimde hatırlatmaktadır.

Bu bağlamda **kentsel dirençlilik**, yalnızca fiziksel yapıların güçlendirilmesi ya da afet sonrası toparlanma süreçleri değil; aynı zamanda risklerin önceden öngörülmesi, etkilerin azaltılması, topluluk dayanışmasının güçlendirilmesi, ekosistem hizmetlerinin korunması ve mekânsal adaletin sağlanması gibi çok boyutlu stratejileri kapsamaktadır. Dirençlilik, kentleri beklenmedik şoklara karşı ayakta tutmakla kalmayıp, dönüşümün ve yenilenmenin motoru olabilecek bir kavramsal çerçeve olarak da değerlendirilmektedir. Bu nedenle afet ve iklim kriziyle mücadele süreçlerinde peyzaj mimarlığı, mimarlık, şehir ve bölge planlama, çevre mühendisliği, sosyoloji ve ekonomi gibi çok sayıda disiplinin ortak katkısına ihtiyaç vardır.

Kentleşme hızının yüksek, topografyanın kırılgan, sosyal eşitsizliklerin belirgin olduğu coğrafyalarda afetler, yalnızca fiziksel yıkım değil aynı zamanda toplumsal travma, ekonomik durgunluk ve kimlik kaybı gibi etkilerle de derinleşmektedir. Bu nedenle mekânsal stratejilerin başarısı, sadece yapıyı çevre üzerinden değil, **toplumsal dayanıklılık, kültürel süreklilik ve ekolojik bütünlük** üzerinden de değerlendirilmelidir. Dirençli bir kentin inşası, planlama ile tasarımın, bilim ile uygulamanın, yerel bilgi ile akademik uzmanlığın buluştuğu bir zemin gerektirir.

Bu kitap, işte bu ortak zemini güçlendirmek amacıyla hazırlanmıştır. **“Kentsel Dirençlilik: Afetler, İklim ve Mekânsal Stratejiler”**, çok disiplinli bir yaklaşım içinde hem kuramsal tartışmaları hem de uygulama örneklerini bir araya getirerek kapsamlı bir kaynak sunmayı amaçlamaktadır. Kitapta yer alan bölümler; uzaktan algılama ve yapay zekâ uygulamalarından peyzaj onarımı ve ekolojik restorasyona, mimari malzeme yeniliklerinden afet sonrası konut

üretimi yaklaşımlarına, sosyal ve ekonomik dayanıklılık tartışmalarından bibliyometrik değerlendirmelere kadar geniş bir perspektif sunmaktadır. Teoriden uygulamaya uzanan bu bütüncül yapı, dirençli kent kavramının çok katmanlı yapısını görünür kılmayı hedeflemektedir.

Bölümler, kavramsal çerçeve ve kuramsal tartışmalarla başlayan, ulusal ve bilimsel değerlendirmelerle devam eden, mekânsal stratejiler ve tasarım uygulamaları ile derinleşen ve malzeme ölçeğine kadar indirgenen bir kurgu ile düzenlenmiştir. Bu sıralama, okuyucuya hem sistematik bir okuma kolaylığı sağlamakta hem de farklı disiplinlerde üretilen bilginin birbirini tamamlayan niteliğini ortaya koymaktadır. İnanıyoruz ki bu disiplinlerarası yaklaşım, afet sonrası yeniden inşa süreçlerinde daha yaratıcı, yenilikçi ve kapsayıcı çözümlerin geliştirilmesine katkı sunacaktır.

Bu kitabın hazırlanmasına katkı sunan tüm değerli akademisyenlere ve araştırmacılara teşekkür ederiz. Ürettikleri çalışmalar, yalnızca akademik literatüre katkı yapmakla kalmayıp, aynı zamanda daha adil, yaşanabilir ve dirençli kentlerin inşası için önemli bir referans oluşturmaktadır. Ayrıca bu kitabın oluşum sürecini destekleyen İksad Uluslararası Yayınevi'ne ve tüm çalışma ekibine teşekkür ederiz.

Dirençli, sürdürülebilir ve adil kentleri birlikte kurmak dileğiyle...

Dr. Öğr. Üyesi Nurbanu ÖZKARTAL
Yüksek Şehir Plancısı Çisem SEYHAN

BÖLÜM 1

SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK VE DİRENÇLİLİK EKSENİNDE İKLİM DOSTU KENTLER

Öğr. Gör. Elif TAŞDEMİR¹

Prof. Dr. Çiğdem BELGİN DİKMEN²

DOI: <https://www.doi.org/10.5281/zenodo.18066538>

¹ Siirt Üniversitesi, Tasarım Meslek Yüksekokulu, İç Mekan Tasarımı Bölümü, Siirt, Türkiye. elif.tasdemir@siirt.edu.tr, Orcid ID:0009-0007-1891-9057

² Yozgat Bozok Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Yozgat, Türkiye. cbelgin.dikmen@bozok.edu.tr, Orcid ID:0000-0001-5975-1552

1. GİRİŞ

Günümüzde iklim değişikliği, kentlerin sürdürülebilir geleceğini tehdit eden en önemli küresel sorunlardan biri olarak öne çıkmaktadır. Artan sera gazı salımları, enerji tüketimi, hızlı kentleşme ve doğal kaynakların aşırı kullanımı, kentsel ekosistemlerin taşıma kapasitesini zorlamakta ve kentlerin çevresel, ekonomik ve sosyal açıdan kırılganlığını artırmaktadır. Bu durum, kent planlama disiplininde geleneksel büyüme odaklı yaklaşımların sorgulanmasına ve daha bütüncül, ekolojik temelli stratejilerin geliştirilmesine zemin hazırlamıştır.

Bu bağlamda sürdürülebilirlik ve dirençlilik kavramları, kentsel dönüşüm politikalarının ana eksenini oluşturur hale gelmiştir. Sürdürülebilirlik, doğal kaynakların dengeli kullanımı, çevresel koruma ve kuşaklar arası adalet ilkeleri üzerine kuruluyken; dirençlilik, kentlerin şoklara ve krizlere karşı dayanma, uyum sağlama ve yeniden yapılanma kapasitesini ifade etmektedir. Son yıllarda bu iki kavramın kesişiminde şekillenen iklim dostu kent yaklaşımı, hem çevresel sürdürülebilirliği hem de sistematik dirençliliği birlikte ele alan çağdaş bir kentsel paradigma olarak ortaya çıkmıştır.

Küresel ölçekte Paris Anlaşması (2015) ve Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları (SKA) gibi politika belgeleri, yerel yönetimlerin ve kentlerin bu dönüşümdeki rolünü açık biçimde tanımlamaktadır. İklim dostu kent kavramı da bu çerçevede ortaya çıkmış; düşük karbonlu, enerji verimli, doğa temelli çözümlerle şekillenen ve toplumsal adalet ekseninde inşa edilen yeni bir kent modeli olarak kentsel gündemde yerini almıştır. Türkiye’de de son yıllarda geliştirilen İklim Değişikliğine Uyum Stratejisi ve Eylem Planı (2024) ve yerel ölçekte hazırlanan Sürdürülebilir Enerji ve İklim Eylem Planları bu yönelimleri destekleyen önemli adımlar olmuştur.

Çalışma sürdürülebilirlik ve dirençlilik kavramları arasındaki kuramsal ilişkiyi irdelerken, bu iki eksenle geliştirilen iklim dostu kent yaklaşımını çözümleyici bir perspektifle ele almaktadır. Bu çalışma iklim değişikliğine karşı duyarlı, sosyal adalet temelli ve uzun vadeli sürdürülebilirlik hedefleriyle uyumlu kentsel stratejilerin geliştirilmesine katkı sunmayı amaçlamaktadır. Bu kapsam, sürdürülebilirlik ve dirençlilik kavramsal

düzeyde literatürde incelenmiş olup iklim dostu kent uygulamaları küresel ve yerel ölçekte örneklerle değerlendirmiştir.

2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE

Sürdürülebilirlik, çevresel, ekonomik ve toplumsal boyutlarıyla uzun vadeli dengeyi hedeflerken; dirençlilik, kentlerin beklenmedik şok ve streslere karşı uyum, dönüşüm ve yeniden yapılanma kapasitesini ifade etmektedir. Bu iki kavramın kesişiminde yer alan iklim dostu kent yaklaşımı, enerji verimliliği, düşük karbon salımı, doğa temelli çözümler ve toplumsal katılım ilkelerini bütüncül biçimde ele alarak kentlerin hem sürdürülebilir hem de dirençli olmasını amaçlamaktadır.

2.1. Sürdürülebilirlik

Sürdürülebilirlik kavramı, günümüzde küresel ve yerel düzeyde çevresel, ekonomik ve toplumsal politikaların temelini oluşturmaktadır. Bu kavramın tarihsel gelişimi, özellikle sanayi devrimiyle birlikte hız kazanan çevresel tahribatın fark edilmesiyle ilişkilidir. 18. ve 19. yüzyıllarda sanayileşme sürecinin ardından teknolojik ilerlemeler, hızlı nüfus artışı ve kentleşme çevresel dengenin bozulmasına yol açmıştır (Sırkıntı, 2012). Bu dönemde, doğal kaynakların sınırsız olduğu varsayımıyla yürütülen insan merkezli kalkınma anlayışı, doğanın kendini yenileme kapasitesini zorlamış ve çevresel krizlerin temelini atmıştır (Yazar, 2006).

20. yüzyılın ortalarına kadar sürdürülebilirlik daha çok çevresel koruma perspektifinden değerlendirilirken, özellikle 1960'lardan itibaren çevre bilincinin artmasıyla kavram toplumsal ve politik bir hareket haline gelmiştir. Aynı yıl Stockholm Konferansı sonucunda yayımlanan bildiride, insanların sağlıklı bir çevrede yaşama hakkı temel ilke olarak kabul edilmiştir (BM Stockholm, 1972)

Sürdürülebilirlik kavramının küresel anlamda kavramsallaşması, 1987 yılında yayımlanan Brundtland Raporu ile olmuştur. Our Common Future başlıklı bu raporda sürdürülebilir kalkınma, *'Bugünün ihtiyaçlarını, gelecek kuşakların kendi ihtiyaçlarını karşılama olanaklarını tehlikeye atmadan karşılayan kalkınma'* olarak tanımlanmıştır (WCED, 1987). Bu tanım, ekonomik büyüme, çevresel koruma ve toplumsal adalet arasındaki dengeyi esas almış ve kavramı küresel politika gündemine taşımıştır.

Brundtland Raporu'nun ardından 1992 Rio Zirvesi, yerel yönetimlerin sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmadaki rolünü vurgulamıştır. Yerel yönetimler, sürdürülebilir gelişme hedeflerinin uygulanmasında stratejik bir konuma sahiptir (BM,1992). Bu bağlamda yerel düzeyde geliştirilen politikalar, küresel ölçekte sürdürülebilirlik hedeflerinin başarılmasına doğrudan katkı sağlamaktadır. Ayrıca, kriz durumlarına yalnızca tepki vermek yerine, dirençli bir yaklaşım benimsemek, toplumların uzun vadede sürdürülebilirliğini güçlendirmektedir (Walker vd., 2002; Malhotra, 1999).

Sürdürülebilirlik kavramı çevresel, ekonomik ve sosyal dinamikleri de içine alan üç temel bileşene dayanmaktadır (Hart & Milstein, 1999).

Bu bağlamda ekonomik sürdürülebilirlik, gelir dağılımında adaleti, yenilenebilir kaynakların kullanımını ve uzun vadeli ekonomik istikrarı amaçlamaktadır.

Çevresel sürdürülebilirlik, doğal kaynakların korunmasını, ekosistemlerin çeşitliliğini ve atıkların azaltılmasını öngörmektedir (Keskin, 2012; Tosun, 2017).

Sosyal sürdürülebilirlik ise insan hakları, eğitim, sağlık, toplumsal eşitlik ve katılım gibi değerler üzerine kuruludur (Şahin & Kutlu, 2014).

Bu üçlü yapı, sürdürülebilirliğin kalıcılığını sağlamak için çevre merkezli karar mekanizmalarının geliştirilmesi, teknolojik yeniliklerin desteklenmesi ve ekonomik yapıların dönüştürülmesi gerekliliğini ortaya koymaktadır (Tekeli, 1999).

Kentleşme ve sürdürülebilirlik arasındaki ilişki, özellikle 21. yüzyılda giderek önem kazanmıştır. Kentleşmenin ve kentli nüfusunun hızla arttığı günümüzde sürdürülebilirlik, kentsel planlamanın vazgeçilmez bir unsuru haline gelmiştir. Kentler çevresel baskıların ve sosyal eşitsizliklerin en yoğun yaşandığı alanlardır (Wilson, 2016). Bu alanlar için sürdürülebilir kent planlaması, yalnızca ekolojik dengeyi değil, aynı zamanda yaşam kalitesi, ekonomik fırsatlar ve sosyal kapsayıcılığı da gözetmelidir. Bu nedenle kentsel planlamada sürdürülebilirlik anlayışı, çevre dostu çözümler üretmeyi kadar yaşam kalitesini artırmayı, sosyal adaleti güçlendirmeyi ve uzun vadeli dirençliliği de hedeflemektedir (Davoudi, 2012; Wilson, 2016; Kassam, 2023).

Günümüzde sürdürülebilir toplumlar, kaynakların verimli kullanımını, ekolojik dengenin korunmasını ve gelecek kuşaklara yaşanabilir bir dünya

bırakmayı temel hedef olarak benimsemektedir. Bu nedenle sürdürülebilirlik, küresel ölçekte bir sorumluluk alanı olmanın yanı sıra, yerel düzeyde eyleme dönüşmesi gereken bir zorunluluk olarak görülmektedir.

2.2. Dirençlilik

Kentler, ekonomik faaliyetlerin merkezinde yer almakla birlikte, iklim değişikliği, kaynakların tükenmesi, afetler, toplumsal huzursuzluklar ve sağlık krizleri gibi çok boyutlu tehditlerle karşı karşıyadır (Chelleri, Schuetze & Salvati, 2015). Bu durum, kentlerin iklim değişikliğine uyum sağlama ve etkilerini azaltma yönünde kapsamlı stratejiler geliştirmelerini zorunlu kılmaktadır.

Kentlerin karşı karşıya olduğu bu karmaşık sorunlara çözüm üretmek amacıyla geliştirilen dirençlilik çerçeveleri, afetlerin etkilerini azaltmayı, iklim değişikliğine hazırlık yapmayı ve hızlı şekilde toparlanmayı amaçlamaktadır (Santos & Leitmann, 2016).

Dirençlilik kavramı, farklı disiplinlerde farklı anlam katmanlarıyla ele alınmış olsa da özünde sistemlerin değişim ve belirsizlik karşısında varlıklarını sürdürebilme kapasitelerini ifade etmektedir. Holling (1973) dirençliliği, ekosistemlerin dışsal şoklar karşısında denge durumlarını koruma veya yeniden kazanma yeteneği olarak tanımlamıştır. Holling'in dirençliliği statik bir dayanıklılık değil, dinamik bir adaptasyon biçimi olarak ele alan yaklaşımı, daha sonra toplumsal ve mekânsal sistemlerin karmaşık doğasına uyarlanarak kavramın çok boyutlu bir yapıya evrilmesine zemin hazırlamıştır. Bu anlamda dirençlilik, sistemin esnekliği, öğrenme kapasitesi ve yeniden yapılanabilme potansiyeli ile ilişkilendirilmektedir (Folke, 2006).

Ekolojik sistemlerde ortaya çıkan dirençlilik fikri, zamanla sosyal bilimler, ekonomi, coğrafya ve kent planlama gibi alanlara da aktarılmıştır. Özellikle 1990'lardan itibaren, sosyal-ekolojik sistemler kavramının yükselmesiyle birlikte, dirençlilik sadece doğal süreçlerle değil, insan davranışları, kurumlar ve toplumsal etkileşimlerle de ilişkilendirilmeye başlanmıştır (Adger, 2000). Bu dönüşüm, dirençliliğin yalnızca sistemlerin fiziksel dayanıklılığı değil, aynı zamanda sosyal adaptasyon ve dönüşüm kapasitesi olarak da görülmesini sağlamıştır. Davoudi (2012), Dirençliliği köprü kavram olarak nitelendirmekte ve farklı disiplinleri bir araya getirerek

hem sürdürülebilirlik hem de değişim yönetimi açısından yeni bir düşünme biçimi ortaya koymaktadır (Davoudi, 2012),

Dirençlilik kavramı ekolojik bağlamdan toplumsal ve mekânsal bağlama doğru genişlerken, özellikle kentsel sistemler bu tartışmanın merkezine yerleşmiştir. Ekolojik, ekonomik, sosyal ve politik alt sistemlerin bir arada işlediği karmaşık yapılar olarak kentler, dirençlilik ilkesinin somutlaştığı en belirgin alanlardır (Pickett vd.,2004; Batty, 2008). Dirençlilik, aynı zamanda risk yönetimi ve kentsel planlama disiplinleriyle iç içe geçmiş bir kavramdır. Bu çerçevede, bir kentin krizlere, afetlere, ekonomik dalgalanmalara veya toplumsal dönüşümlere karşı uyum sağlayarak varlığını sürdürebilme yeteneği olarak tanımlanmaktadır (Vale & Campanella, 2005). Ancak bu kavram, yalnızca mühendislik temelli fiziksel bir dayanıklılık anlayışına indirgenemez aynı zamanda sosyal, kültürel ve yönetişimsel boyutlar içermektedir (Godschalk, 2003). Dirençli kentler, krizlere yalnızca tepki vermekle kalmayan, bu krizleri dönüşüm fırsatına çeviren, kapsayıcı, öğrenen ve yenilikçi sistemlerdir. Kentsel dirençlilik, geleceğin kentlerini şekillendirecek temel ilkelere biri olarak, yalnızca sürdürülebilirlik politikalar kadar mekânsal adalet, sosyal dayanışma ve kolektif hafıza kavramlarının da taşıyıcısı olacağı söylenebilir.

Kentsel dirençlilik

Kentsel dirençlilik, dayanıklılıktan farklı olarak, statik bir direnmeyi değil, dönüşerek var olma yeteneğini temsil etmektedir. Pelling (2011), dirençliliği bir geri dönüş kapasitesi olmanın yanı sıra bir dönüştürücü kapasitesi olarak tanımlamaktadır. Orhan, (2016) ise dirençliliğin, yalnızca krizlerden sonra eski duruma dönmeyi değil, geleceğe daha dayanıklı bir biçimde yeniden yapılanmayı da kapsadığını ifade etmektedir (Orhan, 2016). Bu görüşe göre dirençli bir kent, kriz öncesi durumuna dönmek yerine, krizden ders çıkararak daha güçlü, daha kapsayıcı ve daha adil bir yapıya dönüşebilir. Kentin yeniden yapılanma süreci, yalnızca fiziksel altyapının onarımıyla değil, toplumsal ilişkilerin, yönetim mekanizmalarının ve mekânsal örgütlenmenin yeniden inşasıyla mümkündür (Vale & Campanella, 2005).

Bu kapsamda Lefebvre'nin (2003) kentsel devrim ve kentsellik kavrayışı, kentsel dirençlilik tartışmalarına önemli bir kuramsal derinlik

kazandırmaktadır. Lefebvre'ye göre kent, sadece fiziksel bir varlık değil, sürekli yeniden üretilen bir toplumsal süreçtir. Dolayısıyla kentsel dirençlilik de yalnızca altyapısal sağlamlıkla değil, mekânsal üretim ilişkilerinin sürekliliği ile ilgilidir. Lefebvre'nin bu yaklaşımı, kentlerin dirençliliğini anlamada toplumsal ilişkilerin, gündelik yaşam pratiklerinin ve mekânın politik ekonomisinin göz ardı edilemeyeceğini ortaya koymaktadır. Bu bağlamda kentsel dirençlilik, bir var olma biçiminden çok, bir oluş süreci olarak görülmelidir.

Kentsel dirençliliğin farklı boyutları, sistem teorisi perspektifinden üç düzeyde incelenebilir: mühendislik dirençliliği, ekolojik dirençlilik ve sosyal dirençlilik (Gunderson & Holling, 2002). Mühendislik dirençliliği, sistemin şoktan sonra hızla eski hâline dönebilme kapasitesini tanımlarken, ekolojik dirençlilik sistemin birden fazla denge durumuna geçebilme esnekliğini vurgulamaktadır. Sosyal dirençlilik ise bireylerin ve toplulukların kriz durumlarında dayanışma, öğrenme ve uyum sağlama yeteneklerini öne çıkarmaktadır (Adger, 2000). Kentsel bağlamda bu üç düzey, birbirine bağlı bir ağ gibi işlemektedir. Bundan hareketle dirençli bir kent, yalnızca altyapısal sistemleri kadar, sosyal bağların ve kurumsal yapıların da dayanıklılığını gerektireceği söylenebilir (Godschalk, 2003).

Godschalk (2003), dirençli kentleri karmaşık uyumlu sistemler olarak tanımlamakta ve bu sistemlerin sürdürülebilirlik için planlama, öğrenme ve iş birliği kapasitelerine ihtiyaç duyduğunu vurgulamaktadır. Bu yaklaşım, dirençliliği kriz sonrası bir toparlanma aracı olmanın ötesinde önleyici bir planlama ilkesi olarak konumlandırmaktadır. Benzer biçimde Campanella (2006)' da New Orleans örneğinden hareketle kentsel dirençliliğin fiziksel yeniden yapılanmadan ziyade, topluluk temelli dayanışma ve sosyal sermaye aracılığıyla gerçekleştiğini ortaya koymaktadır.

Kentlerin dirençliliği aynı zamanda sosyal adalet ve mekânsal eşitsizlik konularıyla da ilişkilidir. Toplumsal kırılganlıkların azaltılmadığı durumlarda gerçek bir dirençlilikten söz etmek mümkün değildir (Adger, 2000; Pelling, 2011). Bu nedenle kentsel dirençlilik, yalnızca teknik bir kapasite değil, aynı zamanda katılımcı yönetim, eşitlikçi planlama ve kapsayıcı politika süreçlerinin bir bileşimi olduğu görülmektedir (Meerow, Newell & Stults, 2016). Toplumun krizlere verdiği tepki, bireysel dayanıklılıktan çok, kolektif öğrenme ve güven ilişkilerine dayandırılmakta, bu da dirençliliği sosyal

sermaye ve topluluk kapasitesi kavramlarıyla yakından ilişkilendirmektedir (Ahern, 2011).

Dirençlilik ve kentsel dirençlilik kavramları, çağdaş kentleşme ve planlama düşüncesinde tamamlayıcı iki düzeyde yer almaktadır. Dirençlilik, sistemlerin genel olarak belirsizlik ve değişim karşısında esnekliğini ve sürekliliğini ifade ederken, kentsel dirençlilik bu genel kavramı somutlaştırarak kentin sosyo-mekânsal örgüsünde yeniden üretir.

2.3. Dirençlilik ve Sürdürülebilirlik İlişkisi

İklim değişikliği, ekolojik bozulma, ekonomik dalgalanmalar ve toplumsal eşitsizlikler gibi küresel ölçekli sorunlar karşısında Dirençlilik ve Sürdürülebilirlik kavramları, kuramsal tartışmalarda ve politika üretiminde temel referans noktaları olarak kullanılmaktadır. Bununla birlikte, her iki kavramın anlamı da zaman içerisinde dönüşmüş; özellikle 20. yüzyılın son çeyreğinden itibaren, birbirleriyle kesişen ama aynı zamanda farklı yönlere işaret eden bir düşünsel evrim geçirmiştir. Dirençlilik, başlangıçta ekolojik sistemlerin bozulmalara karşı gösterdiği uyum kapasitesini ifade ederken (Holling, 1973), sürdürülebilirlik daha çok kalkınma, çevre yönetimi ve kaynak kullanımı bağlamında ortaya çıkmıştır (WCED, 1987). Ancak 21. yüzyıla gelindiğinde bu iki kavram, birbirini tamamlayan bir anlayış içinde, sistemlerin yalnızca mevcut durumlarını korumakla kalmayıp, değişime ve belirsizliğe uyum sağlayabilme yetilerini vurgulayan bir perspektifte birleşmiştir (Folke, 2006; Walker & Salt, 2006).

Dirençlilik ve sürdürülebilirlik kavramları arasındaki ilişki, özellikle 2000’li yıllardan itibaren akademik literatürde daha sistematik biçimde tartışılmaya başlanmıştır. Bir yandan, sürdürülebilirlik uzun vadeli dengeyi ve kaynakların korunmasını hedeflerken; diğer yandan dirençlilik, değişken ve belirsiz ortamlarda sistemlerin sürekliliğini sağlayan dinamik kapasiteye odaklanmaktadır (Folke, 2016). Başka bir ifadeyle, sürdürülebilirlik devamlılık ile ilgilenirken, dirençlilik uyum ve dönüşüm kavramlarını merkeze almaktadır. Bu nedenle, iki kavram arasındaki fark, statik denge ile dinamik denge arasındaki epistemolojik ayrım üzerinden okunabilir (Davoudi, 2012). Dirençlilik, bir sistemin belirli bir denge durumuna geri dönmesini değil, değişim süreçleri içinde yeni denge biçimleri geliştirmesini içermektedir. Dolayısıyla, sürdürülebilirliği sağlayan şey yalnızca koruma

değil, aynı zamanda öğrenme, yenilik ve dönüşüm yetisi olduğu görülmektedir (Walker & Salt, 2006).

Literatürde, dirençliliğin sürdürülebilirliğin bir önkoşulu olup olmadığı ya da her iki kavramın birbirine alternatif mi, yoksa tamamlayıcısı mı olduğu konusunda tartışmalar bulunmaktadır (Redman, 2014). Bazı araştırmacılar, sürdürülebilirliği bir amaç ve dirençliliği bu amaca ulaşmak için gerekli bir araç olarak görürken (Folke, 2006), bazıları her iki kavramın farklı normatif temellere dayandığını savunur (Davoudi, 2012). Özellikle iklim değişikliği ve doğal afetler gibi belirsizliklerin arttığı günümüzde, dirençlilik yaklaşımı sürdürülebilirlik politikalarının uygulanabilirliğini güçlendiren bir çerçeve sunmaktadır (Meerow & Newell, 2015).

Dirençlilik olmadan sürdürülebilirlik kırılgan hale gelir; sürdürülebilirlik olmadan dirençlilik ise yönsüz bir adaptasyona dönüşebilir. Başka bir deyişle, dirençlilik değişime yanıt verme kapasitesiyken, sürdürülebilirlik değişimin yönünü belirleyen çerçevedir. Bu ikili ilişki, günümüzde özellikle kentsel planlama, çevre yönetimi ve afet risk azaltma politikalarında kritik bir önem taşımaktadır. Ayrıca dirençlilik ve sürdürülebilirlik arasındaki ilişkiyi anlamak, yalnızca kavramsal bir tartışma değil, aynı zamanda uygulamaya dönük stratejilerin geliştirilmesi açısından da önemlidir. Örneğin, ekosistem yönetiminde dirençlilik, sistemin dışsal baskılara rağmen kendini yenileyebilme kapasitesine vurgu yapar; bu, sürdürülebilirliğin uzun vadeli hedefleriyle uyumludur (Folke vd., 2002).

Günümüzde hem akademik hem de politika düzeyinde, dirençlilik ve sürdürülebilirliğin birlikte ele alınması gerekliliği geniş kabul görmektedir. Çünkü karmaşık küresel sistemler, doğrusal olmayan, öngörülemez süreçlerle şekillenmektedir (Folke, 2006). Bu nedenle, sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmak için statik denge modellerinden ziyade, dinamik, öğrenmeye açık ve çok katmanlı dirençlilik stratejileri benimsenmelidir (Davoudi, 2012).

İklim değişikliği, pandemi, ekonomik krizler ve siyasi istikrarsızlık gibi öngörülemez olaylar, planlamanın ötesine geçen bir esneklik gerektirir. Bu nedenle, dirençlilik yaklaşımı sürdürülebilirliğin belirsizliklere karşı kendini yeniden düzenleyebilme kapasitesini geliştirmesine olanak tanımaktadır (Walker & Salt, 2006).

Ekolojik sistemlerde olduğu gibi, sosyal sistemlerde de yenilenme dönemleri toplumsal yeniliklerin, yeni kurumların ve alternatif pratiklerin

ortaya çıkmasına olanak tanımaktadır. Bu süreç, dayanıklılığın yalnızca bir direnme değil, aynı zamanda bir yeniden doğuş kapasitesi olduğunu göstermektedir (Walker & Salt, 2006).

Sosyal ağlar, kolektif öğrenme ve karşılıklı güven ilişkileri, toplumların krizlere karşı tepki verme kapasitesini güçlendirir. Sosyal dirençliliğin güçlü olduğu toplumlarda, bireyler yalnızca kendi çıkarlarını değil, kolektif refahı da gözetir; bu da dayanıklılığın ahlaki bir boyuta sahip olduğunu gösterir (Norris vd., 2008). Bu nedenle sosyal dirençlilik, sürdürülebilirliğin sosyal boyutuyla örtüşür; çünkü her ikisi de toplumsal adalet, kapsayıcılık ve katılım ilkelerine dayanır (Agyeman, 2005). Dirençliliğin sürdürülebilirlik ile örtüştüğü bir diğer nokta ise ekonomik çerçevedir. Ekonomik dirençlilik, yalnızca krizden sonra toparlanma kapasitesi değil, aynı zamanda çeşitlilik, yerel üretim ağları, dayanışma ekonomileri ve adil paylaşım mekanizmalarıyla ifade eder (Rose, 2007). Dirençli bir ekonomi, tek bir üretim biçimine ya da enerji kaynağına bağımlı olmayan, yenilik kapasitesi yüksek ve yerel dayanışma ağlarıyla desteklenen bir ekonomidir. Bu da sürdürülebilir kalkınma ilkeleriyle uyum içindedir. Çünkü sürdürülebilirlik, uzun vadede kaynak verimliliği kadar sistemsel dayanıklılığı da gerektirir.

Çevresel dirençlilik ise ekosistemlerin taşıma kapasitesi, biyolojik çeşitlilik ve doğal döngülerin devamlılığı ile ilgilidir. Doğal kaynak yönetiminde tek yönlü kontrol politikalarından ziyade, katılımcı, yerel bilgiye dayalı ve esnek yönetim modelleri geliştirilmiştir. Bu modeller çevresel dirençliliği artırarak sürdürülebilirliğin ekolojik temelini güçlendirmekte (Walker vd., 2004) ve bu durum çevresel sürdürülebilirlik ve çevresel dirençlilik arasındaki bağlantıyı kurulmasını sağlamaktadır.

Günümüzde dirençlilik ve sürdürülebilirlik kavramları, iklim değişikliğiyle mücadele politikalarında iç içe geçmiştir. Paris Anlaşması (2015) ve Birleşmiş Milletler'in Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları (SKA) çerçevesinde, iklim dirençliliği kavramı sürdürülebilir kalkınmanın ayrılmaz bir parçası haline gelmiştir. Özellikle 13. Amaç olan İklim Eylemi ve 11. Amaç olan Sürdürülebilir Şehirler ve Topluluklar, dirençlilikle sürdürülebilirliği bir arada ele almaktadır. Bu bağlamda dirençliliğin afet sonrası toparlanma kadar, önleyici bir strateji olarak değerlendirilmektedir. Adaptasyon politikaları, enerji dönüşümü, su yönetimi ve tarımsal çeşitlilik gibi alanlarda dirençlilik, sürdürülebilirliğin uygulanabilirliğini artıran bir

anahtar kavramdır (Folke, 2016). Bu iki kavramın kesiştiği en önemli mekânlardır. Hızlı kentleşme, nüfus artışı ve altyapı yetersizlikleri, kentleri hem çevresel hem de sosyal olarak kırılgan hale getirmiştir. Kentsel dirençlilik kavramı, şehirlerin afetlere, iklim değişikliğine ve ekonomik krizlere karşı dayanıklılığını artırmayı hedeflemektedir (Meerow & Newell, 2015). Ancak kentsel dirençlilik yalnızca fiziksel altyapı ile değil, sosyal ağlar, yerel yönetim kapasitesi ve kültürel bağlılık gibi unsurlarla da ilgili olduğu görülmektedir. Bu nedenle, dirençli şehirler aynı zamanda sürdürülebilir şehirlerdir çünkü uzun vadeli dayanıklılık, yalnızca mühendislik çözümleriyle değil, sosyal uyum ve adalet temelinde inşa edilen dirençli kentlerin aynı zamanda sürdürülebilir kentler olduğu söylenebilir (Davoudi, 2012).

Ancak dirençlilik ve sürdürülebilirlik kavramlarının birbirini tamamlamakla birlikte farklı düzlemlerde işleyen ve karıştırılmaması gereken kavramlar olduğu söylenebilir. Günümüzde çevresel krizler, ekonomik dalgalanmalar ve toplumsal eşitsizlikler giderek karmaşık hale gelirken, sürdürülebilirlik politikalarının başarıya ulaşması, dirençlilik ilkelerinin kurumsallaşmasına bağlıdır. Dirençli bir toplum, sürdürülebilir bir geleceğin ön koşuludur (Folke, 2016) ve dolayısıyla, dirençlilik ve sürdürülebilirlik kavramları arasında oluşturulan bağ yalnızca akademik bir tartışma değil, çağımızın en temel yaşamsal gerekliliklerinden biridir. Bu bağ insanlığın çevresel sınırlar içinde refahını sürdürmesi, adil kaynak paylaşımı sağlaması ve gelecek kuşaklara yaşanabilir bir dünya bırakması açısından vazgeçilmezdir.

3. İKLİM DOSTU KENT YAKLAŞIMI

İklim dostu kent, çevresel sürdürülebilirliği temel alan, enerji tüketimini azaltan, doğal kaynakların korunmasını gözetken ve iklim değişikliğinin olumsuz etkilerine karşı dayanıklılığını artıran kent modeli olarak tanımlanmaktadır (Gül, Küçük Bayraktar & Çetintürk, 2023). Bu kent modeli, yalnızca karbon salımını düşürmeyi amaçlayan teknik bir düzenleme olmayıp, sosyal, ekonomik ve ekolojik bileşenleri bütüncül biçimde ele alan bir planlama anlayışını temsil etmektedir. İklim dostu kent anlayışı, sürdürülebilir kent kavramının bir devamı olmakla birlikte, iklim krizi bağlamında daha somut hedefler ve göstergeler üzerine inşa edilmiştir. Bu

yaklaşımın temelinde, insan yerleşimlerinin doğa ile uyumlu biçimde yeniden kurgulanması, kent ekosisteminin enerji döngüsünden su yönetimine, atık sistemlerinden yeşil alan planlamasına kadar tüm bileşenlerinde düşük karbonlu bir yapının benimsenmesi yer almaktadır (Bogenç, 2023).

İklim dostu kent, sera gazı emisyonlarının azaltılması, enerji verimliliğinin artırılması, çevresel bozulmanın önlenmesi ve iklim değişikliğine karşı dayanıklılığın güçlendirilmesi hedeflerini bütüncül biçimde içeren bir kentsel gelişim modelidir. Bu yaklaşımın temelinde, yalnızca teknik önlemlerle sınırlı kalmayıp, toplumsal katılım, adalet ve yönetim süreçlerini de kapsayan yapıların oluşturulmasını içermektedir (MIVAU, 2011).

Azaltım Yaklaşımı, kentin sera gazı emisyonlarını minimize etmeye yönelik politikaları içermekte ve yenilenebilir enerji kullanımı, enerji verimli bina stokunun geliştirilmesi, toplu taşıma ve bisiklet gibi sürdürülebilir ulaşım biçimlerinin teşvik edilmesi, atık yönetiminin döngüsel ekonomi prensiplerine göre yeniden düzenlenmesi anlamına gelmektedir (Çetintürk, 2021).

Uyum Yaklaşımı, iklim değişikliğinin kaçınılmaz etkilerine karşı kentin fiziksel ve sosyal yapısının dayanıklılığını artırmayı amaçlamaktadır. Örneğin aşırı sıcaklıklara karşı gölgeleme ve yeşil alan politikaları, sel riskine karşı geçirgen yüzeylerin artırılması, su yönetiminde doğal drenaj sistemlerinin kullanımı gibi eylemler bu kapsamda değerlendirilmektedir (T.C. ÇŞİDB, 2024).

Katılımcı Yönetişim ve Sosyal Adalet, iklim dostu kent yaklaşımı, yalnızca teknik çözümler kadar, karar süreçlerinde kapsayıcılığı da gerektirmekte halkın, yerel yönetimlerin, özel sektörün ve sivil toplum kuruluşlarının eşgüdümlü biçimde hareket etmesi gerektiğine vurgu yapmaktadır (İklim için Kentler Ağı, 2019). Ayrıca bu süreçte sosyal eşitsizliklerin derinleşmemesi, dönüşümün adil biçimde gerçekleşmesi önemlidir (Wachsmuth & Angelo, 2018).

Bu çerçevede iklim dostu kent, yalnızca çevreyle uyumlu bir fiziksel çevre kurmakla kalmaz toplumsal bilinç, yaşam kalitesi ve adil kaynak paylaşımını da güçlendiren bir yönetim sistemi kurmaktadır. İklim dostu kent kavramı, küresel ölçekte yürütülen iklim politikalarının kent düzeyinde uygulanabilir hale gelmesiyle önem kazanmıştır. Özellikle Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları (SKA) içinde yer alan Amaç 11. Sürdürülebilir Şehirler ve Topluluklar, şehirlerin güvenli, kapsayıcı, dayanıklı

ve sürdürülebilir olmasını hedeflemektedir (United Nations, 2015). Bu hedef, kentsel gelişmenin yalnızca ekonomik büyümeyi değil, çevresel dayanıklılığı da esas almasını zorunlu kılmaktadır. Buna ek olarak Paris Anlaşması (2015) 7. ve 11. maddeleri, yerel aktörlerin iklim uyum ve kapasite geliştirme süreçlerinde aktif rol oynaması gerektiğini vurgulamaktadır (UNFCCC, 2015). Bu bağlamda, dünya genelinde kentlerin bir araya gelerek oluşturduğu C40 Cities Climate Leadership Group ve Global Covenant of Mayors for Climate & Energy gibi ağlar, şehirlerin küresel iklim politikalarına katkı sunmasını sağlamaktadır (C40 Cities, 2023). Kentlerin kendi karbon ayak izlerini ölçmelerini, azaltım hedefleri belirlemelerini ve bu hedefleri uluslararası taahhütlerle uyumlu hale getirmelerini amaçlayan bu ağlar sayesinde kentler, ulusal hükümetlerin uygulayıcısı ve aynı zamanda küresel ölçekte iklim diplomasisinin etkin aktörleri haline gelmiştir (WRI, 2023). Benzer biçimde UN-Habitat'ın Guiding Principles for City Climate Action Planning (2015) dokümanı, kentlerin iklim eylemlerini bilimsel temellere dayandırarak, adil, kapsayıcı ve ölçülebilir biçimde yürütmelerini önerir. Her iki belge de, iklim eyleminin yerel yönetimlerin temel görevlerinden biri haline gelmesi gerektiğini vurgulamaktadır.

Küresel literatürde iklim dostu kentlerin teknolojik dönüşümle birlikte sosyal adalet ekseninde yeniden kurgulanması gerektiği sıklıkla vurgulanmakta ve kentsel eşitsizliklerle mücadele etmeyen bir iklim politikası yaklaşımının uzun vadede başarısız olacağı ifade edilmektedir. Bu nedenle, iklim dostu kentler enerji verimliliği, yeşil ulaşım ve düşük karbon teknolojileri kapsayıcılık ve adalet politikalarını da içermelidir. Dolayısıyla küresel politika belgeleri, iklim dostu kentin yalnızca çevre koruma girişimi olmadığını ekonomik, sosyal ve mekânsal dönüşümün bütünlük oluşturduğu bir yönetim modeli olduğunu göstermektedir.

Türkiye’de ise iklim dostu kent yaklaşımı, son yıllarda hem ulusal politika belgelerinde hem de yerel yönetim düzeyinde giderek daha fazla önem kazanmaktadır. Bu alandaki en güncel ve kapsamlı belge, İklim Değişikliğine Uyum Stratejisi ve Eylem Planı’dır (T.C. ÇŞİDB, 2024). Türkiye’nin iklim değişikliğine uyum kapasitesini artırmak için yerel düzeyde uygulanabilecek stratejileri belirleyen bu belge kentsel su yönetimi, yeşil altyapı sistemleri, afet riskine duyarlı planlama ve düşük karbonlu ulaşım ön plana çıkmaktadır.

Bir diğer belge, Ulusal İklim Değişikliği Stratejisi (2010-2023)'dir. Yerel yönetimlerin sera gazı azaltım planları hazırlamasını teşvik eder. Yeni dönemde ise İklim Kanunu ve 2053 Net Sıfır Karbon Hedefi, Türkiye'nin Paris Anlaşması taahhütlerini güçlendirmektedir (Yalçın, 2024). Ayrıca, İklim için Kentler Ağı (2019) tarafından hazırlanan Yerel Yönetimlerde İklim Eylem Planı Rehberi, belediyelere sera gazı envanteri oluşturma, azaltım ve uyum hedefleri belirleme konusunda metodolojik destek sunar. Bu rehber, Türkiye'de birçok büyükşehrin iklim eylem planlarını (örneğin İstanbul, İzmir, Eskişehir, Konya) hazırlamasında yol gösterici olmuştur.

İstanbul İklim Değişikliği Eylem Planı (İBB, 2022), enerji, ulaşım, yeşil alan, atık ve su yönetimi başlıklarında toplam 96 eylem önerisini kapsamaktadır. Plan, hem sera gazı emisyonlarının azaltılmasına hem de kentin iklim değişikliğine karşı direnç kazanmasına yönelik bütünsel stratejiler sunmaktadır. Ayrıca planın hazırlanma süreci, C40 Cities ağı ve Global Covenant of Mayors ile koordineli yürütülmüştür, bu da Türkiye'deki yerel yönetimlerin küresel iklim yönetimiyle giderek daha fazla bütünleştiğini göstermektedir.

4. SÜRDÜRÜLEBİLİR KENTSEL DİRENÇLİLİK STRATEJİLERİ

İklim değişikliği, çevresel bozulma, nüfus artışı ve doğal afetler gibi çok boyutlu risklerle karşı karşıyadır. Bu nedenle kentlerin sürdürülebilir geleceği, yalnızca ekonomik büyüme veya fiziksel planlamayla değil, dirençlilik kavramı etrafında şekillenen çok katmanlı bir stratejik yaklaşımı zorunlu kılmaktadır.

İklim değişikliğinin giderek artan etkileri, özellikle yoğun kentleşmiş alanlarda daha belirgin hale gelmektedir. Kentsel ısı adası etkisi, su kaynaklarının tükenmesi, sel risklerinin artması ve biyolojik çeşitliliğin azalması gibi süreçler, kentlerin hem doğal hem de sosyal ekosistemlerinde ciddi bozulmalara neden olmaktadır. Bu bağlamda, kentlerin dirençliliğini artırmaya yönelik stratejiler, sadece altyapı güçlendirmesi veya risk azaltımı odaklı değil aynı zamanda ekolojik sistemlerin onarımı, toplumsal farkındalık ve katılımcı yönetim ilkeleriyle bütünsel olmalıdır. Dolayısıyla, dirençli kentlerin inşasında amaç afetlere karşı savunmanın yanı sıra dönüştürücü bir sürdürülebilirlik vizyonu geliştirmek olmalıdır.

4.1. Doğa Temelli Çözümler

Doğa temelli çözümler, iklim değişikliğinin olumsuz etkilerine karşı doğanın kendi işleyişinden öğrenen, ekosistem hizmetlerini koruyan ve sürdürülebilir kentsel gelişimi destekleyen bir yaklaşım sunmaktadır (European Commission, 2016). Bu yaklaşım, doğayı pasif bir unsur olarak görmeyen ve kent sistemlerinin aktif bir bileşeni olarak kabul eden bu yaklaşım kapsamında yeşil çatılar, geçirgen yüzeyler, yağmur bahçeleri, kent ormanları, ıslah edilmiş suyolları ve yeşil koridorlar gibi uygulamalar su döngüsünü desteklemekte ve kent mikro iklimini iyileştirmektedir. Bu uygulamaların bitki örtüsünün gölgeleme ve buharlaşma yoluyla hava sıcaklığını düşürerek kentsel ısı adası etkisini azalttığı da gösterilmiştir (Bonan, 1997).

Doğa temelli çözümler, kentlerin fiziksel ve toplumsal yapısına katkı sağlamaktadır. Halkın katılımıyla yürütülen ekolojik restorasyon projeleri, kentlilerde doğa farkındalığını artırmakta, ortak yaşam kültürünü güçlendirmekte ve böylelikle dirençlilik altyapı düzeyinde değil toplumsal bilinç ve davranış biçimleri düzeyinde de inşa edilebilmektedir.

4.2. Mavi-Yeşil Altyapı Sistemleri

Doğa temelli çözümlerin kent ölçeğinde somutlaşmış biçimlerinden biri mavi-yeşil altyapı sistemleridir. Mavi altyapı, su kaynakları ve drenaj sistemlerini; yeşil altyapı ise parklar, korular, ekolojik koridorlar ve bitki örtüsünü kapsar. Bu iki sistemin entegrasyonu, ekosistem tabanlı planlama anlayışının merkezinde yer almaktadır (Almaaitah vd., 2021). Mavi-yeşil altyapı, kentsel su döngüsünü desteklerken aynı zamanda doğal habitatların sürekliliğini sağlamaktadır. Bu sistemlerin önemi, iklim değişikliğiyle birlikte artan aşırı yağış ve sel risklerinin yönetiminde daha da belirgin hale gelmiştir. Doğal suyollarının kent planlamasında yeniden tanımlanması, geçirgen yüzeylerin artırılması ve yeşil tampon bölgelerin oluşturulması, kentsel dayanıklılığı güçlendiren temel uygulamalardır. Ayrıca mavi-yeşil altyapı, ısı adası etkisini azaltmak, hava kalitesini iyileştirmek ve biyoçeşitliliği desteklemek gibi çok yönlü ekolojik hizmetler üretmektedir.

Mavi-yeşil altyapı sistemleri kentlerin doğayla uyumlu bir biçimde gelişmesini sağlayan, doğa temelli uyumun mekânsal yansıması olarak

değerlendirilebilir. Bu sistemler fiziksel dayanıklılığı artırmakta ve kentlerin estetik ve ekolojik değerlerini de zenginleştirmektedir.

4.3. Sürdürülebilir Ulaşım Stratejileri

Ulaşım sektörü, hem sera gazı emisyonlarının temel kaynaklarından biri hem de iklim değişikliğinin etkilerinden en fazla etkilenen alanlardan biridir. Artan sıcaklık dalgaları, sağanak yağışlar ve deniz seviyesindeki yükselmeler, ulaşım altyapısını doğrudan tehdit etmektedir (Gonçalves & Ribeiro, 2020). Bu nedenle, kentsel ulaşım sistemlerinin dirençli hale getirilmesi, iklim değişikliğine uyumun vazgeçilmez bir bileşenidir.

Sürdürülebilir ulaşım stratejileri, enerji verimliliğini artırırken aynı zamanda karbon salımını azaltmayı hedeflemektedir. Toplu taşıma sistemlerinin geliştirilmesi, bisiklet ve yaya ulaşımının teşvik edilmesi, düşük emisyonlu araç teknolojilerinin yaygınlaştırılması bu çabanın temel unsurlarıdır. Altyapı sistemlerinin iklim koşullarına dayanıklılığının artırılması için mühendislik temelli çözümler geliştirilmesi bu sorunlar ile baş etmekte bir çözüm niteliği taşıyabilmektedir (Dobney vd.,2010).

Ulaşım yatırımlarının mekânsal planlama süreçleriyle uyum sağlayacak nitelikte olması, hem altyapısal hem de toplumsal dirençliliğin gelişimi açısından kritik önem taşımaktadır (Eisenack vd., 2011). Böylelikle kentlerin daha az enerji tüketen, daha temiz hava sağlayan ve afetlere karşı daha esnek ulaşım ağlarına sahip olabilmesi mümkün olacaktır.

4.4. Yenilikçi Teknolojiler ve Akıllı Şehir Yaklaşımları

Teknolojik yenilikler, kentsel dirençlilik stratejilerinin dinamik bileşenlerinden biridir. Dijitalleşme, veri analitiği ve yapay zekâ uygulamaları, afet yönetimi ve iklim uyumu politikalarına yeni bir boyut kazandırmıştır. Akıllı şehir teknolojileri, nesnelerin interneti, uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleri (CBS) gibi araçlarla hem önleyici hem de müdahaleci yaklaşımları desteklemektedir.

Erken uyarı sistemleri afet risklerine karşı zamanında bilgi akışı sağlayarak kayıpları azaltmaktadır. Bu teknolojiler, veri temelli yönetim mekanizmalarının güçlenmesini sağlamakta, karar verme süreçlerinde bilimsel öngörü kapasitesini artırmakta ve sensör ağları aracılığıyla çevresel değişkenlerin anlık olarak izlenmesi, su taşkınları, hava kirliliği veya aşırı

sıcaklık gibi risklerin önceden tahmin edilmesini mümkün kılmaktadır. Ayrıca yapay zeka destekli kent yönetim sistemleri, enerji verimliliği, su yönetimi ve ulaşım akışı gibi alanlarda kaynakların daha etkin kullanılmasına olanak vermektedir.

4.5. Afet Sonrası Yeniden Yapılanma

Afetler, toplulukların normal işleyişini bozan, fiziksel, sosyal, ekonomik ve çevresel kayıplara yol açan olaylar olarak tanımlanmaktadır (UNISDR, 2009).

Kentsel afet dirençliliği, afetlerin kent sistemleri üzerindeki etkilerini en aza indirmek, adaptasyon kapasitelerini artırmak ve kentsel iyileşme süreçlerini hızlandırmak için uygulanan kapsamlı yaklaşımları ifade etmektedir (Leichenko, 2011).

Afetler sonrası kentlerin yeniden yapılanması, fiziksel yapının güçlendirilmesini kadar sosyal ve mekânsal adaletin sağlanmasını içeren bütüncül bir yaklaşımı zorunlu kılmaktadır. Bu çerçevede esnek konut tipolojileri, afet sonrası planlamada merkezi bir rol oynamaktadır. Konutlar, dayanıklı malzeme ve yapı teknikleri ile inşa edilerek deprem, sel, fırtına gibi afetlere karşı güvenli bir yaşam alanı sunmaktadır. Ayrıca, ekonomik açıdan erişilebilir ve sosyal olarak kapsayıcı olmaları, yerel toplulukların afet sonrası yaşamını sürdürülebilir bir biçimde sürdürmesini desteklemektedir.

Afet sonrası yeniden yapılanma sürecinde, yerel kimlik ve kültürel değerlerin korunması, toplulukların aidiyet duygusunu sürdürmesini sağlar. Esnek konut tipolojileri, bu bağlamda hem dayanıklı hem de toplumsal ihtiyaçları karşılayan bir yapı yaklaşımı sunar. Ayrıca, sürdürülebilir malzeme kullanımı ve enerji verimliliği gibi çevresel faktörler, uzun vadede kentlerin dirençli ve yaşanabilir olmasını desteklemektedir.

5. İKLİM DOSTU KENT YAKLAŞIMLARI

İklim dirençli kentler, iklim değişikliğinin fiziksel, sosyal ve ekonomik etkilerine karşı önlem alarak hem sürdürülebilirlik hem de toplumsal dayanıklılık kapasitesini artırmayı hedeflemektedir. Bu tür kentlerde, enerji verimliliği, yeşil altyapı, su yönetimi ve düşük karbonlu ulaşım sistemleri gibi önlemler bütüncül bir şekilde uygulanmaktadır.

Kopenhag, Danimarka

Kopenhag, toplumun tüm kesimlerinin ve yerel yönetimlerin karar süreçlerine aktif katılımını sağlayan yaklaşımıyla dirençli ve sürdürülebilir kent planlamasının öncü örneklerinden biridir. 2009 tarihli Kopenhag 2030 İklim Planı, ulaşım, konut, sağlık ve eğitim gibi alanlarda risk analizlerini içeren kapsamlı bir yol haritası sunmuştur. Ancak 2011’de yaşanan büyük sel felaketi, mevcut planların eksikliklerini ortaya koymuş ve aynı yıl Kopenhag İklim Uyum Planı hazırlanmıştır (Çolakoğlu,2018). Bu plan, afetler karşısında esnek müdahale mekanizmaları kurmayı, deniz seviyesinden yüksek yapılar inşa etmeyi, altyapı sistemlerini güçlendirmeyi ve erken uyarı sistemlerini devreye sokmayı hedeflemiştir.

Sel riskine karşı yağmur suyu depolama alanları, yeşil altyapı sistemleri ve yağmur erken uyarı sistemleri oluşturulmuştur. 2017 yılındaki yeni uygulamalarla yeşil alanların artırılması, yüzey sularının kanalizasyona ulaşmadan doğal depolama alanlarında biriktirilmesi ve %30 enerji tasarrufu sağlayacak ısıtma sistemlerinin kurulması planlanmıştır (Duman & Bilgili, 2022). Ulaşımda ise karayolu trafiğini azaltma, bisiklet otobanları oluşturma ve toplu taşımayı güçlendirme hedefleriyle sera gazı salımının düşürülmesi amaçlanmıştır (Xu,. Vd., 2021). Bu bütüncül yaklaşım, kenti Avrupa’da iklim dostu kentsel dönüşümün öncü örneklerinden biri haline getirmiştir (Monsson,2015).

Rotterdam, Hollanda

Kentin konumu, Hollanda’nın genelinde görülen düşük rakımlı kıyı alanlarına ait risk profili ile birleştiğinde, Rotterdam’ı iklim değişikliğine uyum stratejilerinin uygulanmasında kritik bir örnek haline getirmektedir (Aerts vd., 2014). Rotterdam, suya karşı değil, suyla birlikte yaşam anlayışını benimsemiş bir kentsel planlama yaklaşımı geliştirmiştir. Kent, iklim değişikliği bağlamında ortaya çıkan sel ve taşkın risklerini minimize etmek için mavi-yeşil altyapı sistemleri uygulamaktadır. Bu sistemler; geçici su rezervuarları, yağmur suyu toplama havuzları, göletler, park alanlarında su depolama alanları ve sel tahliye kanalları gibi bileşenlerden oluşmaktadır (Van de Ven vd., 2017). Bu strateji, kentin yalnızca altyapısal dayanıklılığını artırmakla kalmayıp, aynı zamanda kentsel peyzajda ekolojik ve sosyal faydalar yaratmaktadır. Örneğin, park alanlarında toplanan yağmur suyu hem

taşkın riskini azaltmakta hem de kentsel yeşil alanların sulanmasında kullanılmaktadır.

Rotterdam, iklim adaptasyonu konusunda yenilikçi teknolojileri de kullanmaktadır. Bunlar arasında, sel suyu depolama tankları, yükseltilmiş sokak ve yol sistemleri, taşkın bariyerleri ve sürdürülebilir drenaj sistemleri bulunmaktadır. Ayrıca, kentsel planlama kararları, mevcut ve gelecekteki iklim verileri göz önünde bulundurularak esnek bir şekilde güncellenmektedir. Bu strateji, Rotterdam'ın iklim değişikliğine karşı uzun vadeli dayanıklılık sağlama yaklaşımını güçlendirmektedir (Aerts vd., 2014; Van de Ven vd., 2017).

Vancouver, Kanada

Vancouver hem deniz seviyesinin yükselmesi hem de artan yağış ve sıcaklık dalgaları gibi iklim risklerini yönetmek amacıyla kapsamlı stratejiler geliştirmiştir (Juhola & Westerhoff, 2011). 2011'de başlatılan Greenest City 2020 Action Plan'ı karbon salımının azaltılması, enerji verimliliğinin artırılması, yeşil altyapının yaygınlaştırılması ve toplumsal farkındalığın yükseltilmesini hedeflemektedir (Greenest City 2020 Action Plan). Ayrıca şehir merkezinde otomobil kullanımını azaltmak için toplu taşıma ve bisiklet yolları altyapısı güçlendirilmiş, sürdürülebilir ulaşım odaklı bir planlama yaklaşımı benimsenmiştir (Juhola & Westerhoff, 2011). Şehirde yağmur suyu toplama havuzları, yağmur bahçeleri ve yeşil çatılar yaygın olarak kullanılmaktadır (Greenest City 2020 Action Plan). Şehir, yenilenebilir enerji kaynaklarını artırmakta, binalarda enerji verimliliğini teşvik etmekte ve toplu ısıtma sistemleri ile enerji tüketimini optimize etmektedir (Greenest City 2020 Action Plan). Bu stratejiler hem karbon ayak izini azaltmakta hem de iklim değişikliğine uyum kapasitesini güçlendirmektedir (Juhola & Westerhoff, 2011).

Bursa

Bursa Büyükşehir Belediyesi (BBB), iklim değişikliği ile mücadele ve sera gazı azaltımı konusunda çeşitli önlemler uygulamaktadır. Bu kapsamda, tarımsal sulamada güneş enerjisi sistemlerinin kurulması ve tarım ile hayvansal atıklardan enerji üretimi gibi uygulamalar, kentin enerji verimliliğini artırarak karbon salımlarını azaltmayı hedeflemektedir. Buna ek

olarak, BBB, yalnızca azaltım politikalarıyla sınırlı kalmayarak, kentin iklim değişikliğine bağlı afetlere karşı direncini artırmayı amaçlayan uyum stratejileri de geliştirmiştir. Bursa, bu kapsamda ulusal düzeyde iklim değişikliğine uyum stratejileri geliştiren önemli şehirlerden biri olmuştur. Kentte belirlenen uyum hedefleri arasında kentsel ısı adası etkilerinin azaltılması, kent içi su alanlarının korunması, halk sağlığının iyileştirilmesi ve yeşil alanların artırılması öncelikli başlıklar olarak öne çıkmaktadır. Bu stratejik yaklaşım, Bursa'nın hem çevresel sürdürülebilirlik hem de kentsel dayanıklılık kapasitesini artırmasını sağlamaktadır (BBB Enerji ve iklim Değişikliği Uyum Planı, 2017).

Kocaeli

Kocaeli Büyükşehir Belediyesi, iklim değişikliği ile mücadelede sistematik bir yaklaşım benimseyerek, kenti iklim dostu ve model bir kent haline getirmeyi hedeflemektedir (REC, 2018). Bu doğrultuda belediye, hem enerji yönetimi hem de arazi kullanımı alanlarında bir dizi stratejik önlem geliştirmiştir. Kocaeli'de enerji tüketimini azaltmak amacıyla binaların enerji kimlik belgelerinin tamamlanması, ısı yalıtımı ve yeşil çatı uygulamaları, bölgesel ısıtma/soğutma sistemleri ve akıllı bina teknolojilerinin teşvik edilmesi gibi önlemler uygulanmaktadır (Demir Enerji, 2017).

Bunun yanı sıra, çatılarda güneş panellerinin yaygınlaştırılması ve sanayi bölgelerinde titreşimden elektrik üretimi gibi yenilikçi uygulamalar da enerji üretiminde düşük karbonlu çözümlere katkı sağlamaktadır (REC, 2018).

Kocaeli'de yeni orman alanları oluşturarak karbon yutaklarının artırılması, iklim değişikliğine karşı uzun vadeli direnç stratejilerinin önemli bir parçasıdır. Ayrıca arazi toplulaştırması ve kimyasal gübre kullanımının azaltılması gibi uygulamalar, tarımsal verimliliği artırırken çevresel sürdürülebilirliği desteklemektedir (Demir Enerji, 2017).

İstanbul

İstanbul, Türkiye'nin en yoğun nüfuslu ve ekonomik açıdan en dinamik kenti olarak, iklim değişikliğinin etkilerine en açık şehirlerden biridir. Özellikle aşırı yağışlar, ani seller, sıcak hava dalgaları, deniz seviyesi yükselmesi ve hava kirliliği gibi riskler, kentin çevresel sürdürülebilirliğini ve yaşam kalitesini doğrudan etkilemektedir (İBB, 2020). İstanbul Büyükşehir

Belediyesi (İBB) tarafından hazırlanan İstanbul İklim Uyum Planı (2018), kentin iklim değişikliğine karşı dayanıklılığını artırmayı amaçlayan ilk stratejik belgedir. Plan kapsamında özellikle sel, taşkın ve ısı adası etkisine karşı direnç geliştirilmesi öne çıkmaktadır (İBB, 2018). Bu çerçevede, yağış rejimindeki değişikliklere uyum sağlamak amacıyla yağmur suyu yönetimi, geçirgen yüzeylerin artırılması, yeşil altyapı uygulamaları ve doğal drenaj sistemlerinin korunması gibi hedefler belirlenmiştir.

İstanbul, 2015 yılında C40 Cities ağına katılarak karbon emisyonlarını azaltma yönünde uluslararası taahhütlerde bulunmuştur. Bu doğrultuda hazırlanan Sürdürülebilir Enerji ve İklim Eylem Planı (SECAP) kapsamında, 2030 yılına kadar sera gazı salımlarının %33 oranında azaltılması hedeflenmiştir (İBB, 2021).

Kentte toplu ulaşım yatırımlarının güçlendirilmesi, elektrikli otobüs hatları, bisiklet yolları ve akıllı ulaşım sistemleri gibi düşük karbonlu çözümler geliştirilmektedir. Ayrıca kamu binalarında enerji verimliliği artırılmış, güneş panelleri ve yenilenebilir enerji pilot projeleri başlatılmıştır. Kentin iklimsel dayanıklılığını artırmak amacıyla yeşil alanların korunması ve artırılması hedeflenmiştir (Yedekçi Arslan, 2019).

6. TARTIŞMA VE SONUÇ

Sürdürülebilirlik ve dirençlilik kavramları, kentsel planlama ve tasarım alanında birbirini tamamlayan fakat farklı vurgu alanlarına sahip iki temel çerçeve sunmaktadır. Sürdürülebilirlik, çevresel koruma, ekonomik denge ve toplumsal eşitlik arasında uzun vadeli bir istikrar kurmayı hedeflerken; dirençlilik, bu dengenin krizler karşısında korunabilmesini ve gerektiğinde dönüştürerek yeniden inşa edilebilmesini sağlamaktadır. Dolayısıyla sürdürülebilir bir kentin aynı zamanda dirençli olması, dirençli bir kentin ise sürdürülebilirliği gözetmesi gerekmektedir. Bu iki yaklaşımın kesişiminde, iklim dostu kent anlayışı ortaya çıkmakta ve çağdaş kentsel yönetişimin temel eksenlerinden birini oluşturmaktadır.

Mimarlık ve şehircilik disiplinleri açısından bu iki kavram, mekânın üretim biçimini dönüştürücü bir potansiyele sahiptir. Lefebvre'nin (2003) vurguladığı gibi, kent yalnızca fiziksel bir yapı değil, toplumsal ilişkilerle sürekli yeniden üretilen bir süreçtir. Bu nedenle, mimarlık disiplini

sürdürülebilirlik ve dirençlilik arasındaki köprü rolünü üstlenerek, doğa temelli çözümleri, sosyal adaleti ve kültürel sürekliliği birlikte düşünen bütüncül bir yaklaşım geliştirmelidir.

Türkiye örneğinde, Bursa, Kocaeli ve İstanbul gibi büyükşehirlerde hazırlanan iklim eylem planları, bu dönüşümün önemli adımlarıdır. Ancak bu planların başarıya ulaşması, teknik uygulamalar kadar yerel toplulukların katılımına, kurumlar arası iş birliğine ve veriye dayalı yönetim modellerine bağlıdır. Özellikle afet sonrası yeniden yapılanma, mavi-yeşil altyapı sistemleri, sürdürülebilir ulaşım stratejileri ve akıllı şehir teknolojileri gibi uygulamalar, kentlerin çevresel ve toplumsal dirençliliğini güçlendiren çok boyutlu araçlar olarak öne çıkmaktadır.

Sonuç olarak, iklim dostu kentlerin inşası, yalnızca çevre politikalarının değil, sosyal adalet, mekânsal eşitlik ve toplumsal refah ilkelerinin de bütünleşik biçimde ele alınmasını gerektirmektedir. Geleceğin kentleri, kaynaklarını korurken değişime uyum sağlayabilen, teknolojiyi insan odaklı kullanan ve kolektif öğrenmeyi teşvik eden sistemler üzerine kurulmalıdır. Bu dönüşüm, sürdürülebilirlikten dirençliliğe, dirençlilikten ise daha kapsayıcı bir kentsel gelecek vizyonuna doğru uzanan bütüncül bir stratejiyle mümkün olabileceği görülmektedir.

KAYNAKÇA

- Adger, W. N. (2000). Social and ecological resilience: Are they related? *Progress in Human Geography*.
- Aerts, J. C. J. H., Botzen, W. J. W., Emanuel, K., Lin, N., de Moel, H., & Michel-Kerjan, E. (2014). Evaluating flood resilience strategies for coastal megacities. *Science*, 344(6183), 473–475.
- Agyeman, J. (2005). *Sustainable communities and the challenge of environmental justice*. NYU Press.
- Ahern, J. (2011). From fail-safe to safe-to-fail: Sustainability and resilience in the new urban world. *Landscape and Urban Planning*.
- Almaaitah, T., Appleby, M., Rosenblat, H., Drake, J., & Joksimović, D. (2021). The potential of blue-green infrastructure as a climate change adaptation strategy: A systematic literature review. *Blue-Green Systems*, 3(1), 223-248.
- Batty, M. (2008). The size, scale, and shape of cities. *Science*.
- Birleşmiş Milletler. (1972). *Declaration of the United Nations Conference on the Human Environment*.
- Birleşmiş Milletler. (1992). *United Nations Conference on Environment and Development (Rio de Janeiro, “Earth Summit”)*.
- Bonan, G. B. (1997). Effects of land use on the climate of the United States. *Climatic Change*, 37(4), 449-486.
- Brundtland, G. (Ed.). (1987). *Our Common Future: Report of the World Commission on Environment and Development (WCED)*. Oxford University Press.
- Bursa Büyükşehir Belediyesi (BBB). (2017). *Bursa Sürdürülebilir Enerji ve İklim Değişikliği Uyum Planı (BUSECAP)*.
- Campanella, T. (2006). *Urban resilience and the recovery of New Orleans. Technology in Society*.
- Chelleri, L., Schütze, T., & Salvati, L. (2015). Integrating resilience with urban sustainability in neglected neighbourhoods: Challenges and opportunities of transitioning to decentralized water management in Mexico City. *Habitat International*, 48, 122-130.
- City of Vancouver. (2020). *Greenest City 2020 Action Plan*.

- Çolakoğlu, E. (2018). Bloomberg döneminde New York'ta iklim değişikliği ve kentleşme: Etkiler ve uygulamalar. Hacettepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, 36(2), 1-20.
- Davoudi, S. (2012). Resilience: A bridging concept or a dead end? Planning Theory & Practice.
- Demir Enerji Danışmanlık. (2017). İklim Değişikliği Eylem Planı. Kahramanmaraş Büyükşehir Belediyesi.
- Dobney, K., Baker, C., Chapman, L., & Quinn, A. (2010). The future cost to the United Kingdom's railway network of heat-related delays and buckles caused by the predicted increase in high summer temperatures owing to climate change. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part F: Journal of Rail and Rapid Transit, 224(1), 25–34.
- Duman, Y., & Bilgili, A. (2022). Kentlerin iklim değişikliği üzerine etkisi: İklim değişikliği ile mücadelede kentlerin önemi ve başarılı uygulama örnekleri. İçinde Kartepe Zirvesi Dirençli Şehirler ve Şehrin Dönüşümü Dirençli Şehirler İçin Vizyoner Yönetim, (8), 119-136).
- Eisenack, K., Stecker, R., Reckien, D., & Hoffmann, E. (2011). Adaptation to climate change in the transport sector: A review (PIK Report 122). Potsdam Institute for Climate Impact Research.
- Elkington, J. (1997). Cannibals with forks: The triple bottom line of 21st century business. Capstone Publishing.
- European Commission. (2016). Working Document: Action Plan for Disaster Risk Management
- Folke, C. (2006). Resilience: The emergence of a perspective for social–ecological systems analyses. Global Environmental Change.
- Folke, C. (2016). Resilience (Republished). Ecology and Society, 21(4), 44.
- Folke, C., Carpenter, S., Elmqvist, T., Gunderson, L., Holling, C. S., Walker, B., Bengtsson, J., Berkes, F., Colding, J., Danell, K., Falkenmark, M., Gordon, L., Kaspersen, R., Kautsky, N., Kinzig, A., Levin, S., Mäler, K.-G., Moberg, F., Ohlsson, L., ... Svedin, U. (2002). Resilience and Sustainable Development: Building adaptive capacity in a world in transformation (Scientific paper background on resilience for the process of The World Summit on Sustainable Development on behalf of The Environmental Advisory Council). Retrieved from

- Godschalk, D. R. (2003). Urban hazard mitigation: Creating resilient cities. *Natural Hazards Review*.
- Gonçalves, L. A. P. J., & Ribeiro, P. J. G. (2020). Resilience of urban transportation systems: Concept, characteristics, and methods. *Journal of Transport Geography*, 85, Article 102727.
- Gunderson, L. H., & Holling, C. S. (2002). Panarchy: Understanding transformations in human and natural systems.
- Hart, S., & Milstein, M. (1999). Global sustainability and the creative destruction of industries. *Sloan Management Review*, 41(1), 23–33.
- Holling, C. S. (1973). Resilience and stability of ecological systems. *Annual Review of Ecology and Systematics*.
- İBB (İstanbul Büyükşehir Belediyesi). (2018). İstanbul İklim Uyum Planı. İstanbul Büyükşehir Belediyesi.
- İBB (İstanbul Büyükşehir Belediyesi). (2020). İstanbul Çevre ve Sürdürülebilirlik Raporu. İstanbul Büyükşehir Belediyesi.
- İBB (İstanbul Büyükşehir Belediyesi). (2021). Sürdürülebilir Enerji ve İklim Eylem Planı (SECAP). İstanbul Büyükşehir Belediyesi.
- Juhola, S., & Westerhoff, L. (2011). Challenges of adaptation to climate change across multiple scales: A case study of Vancouver, Canada. *Environmental Science & Policy*, 14(2), 144–155.
- Kassam, Z. (2023). Sustainability: Standards create change faster. Retrieved from <https://www.iso.org/news/sustainability.html>
- Keskin, B. E. (2012). Sürdürülebilir kent kavramına farklı bir bakış: yavaş şehirler (cittaslow). *PARADOKS Ekonomi, Sosyoloji ve Politika Dergisi*, 8(1), 81-99.
- Lefebvre, H. (2003). *The Urban Revolution*. University of Minnesota Press.
- Leichenko, R. (2011). Climate change and urban resilience. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 3(3), 164-168.
- Malhotra, Y. (1999, Mart). Towards a Knowledge Ecology for Organisational White Waters. *Knowledge Management*, 18-21.
- Meadows, D. H., Meadows, D. L., Randers, J., & Behrens, W. W. (1972). *The Limits to Growth: A Report for the Club of Rome's Project on the Predicament of Mankind*. Universe Books.

- Meerow, S., & Newell, J. P. (2015). Resilience and complexity: A conceptual framework for urban climate adaptation. *Landscape and Urban Planning*, 139, 1–10.
- Meerow, S., Newell, J. P., & Stults, M. (2016). Defining urban resilience: A review. *Landscape and Urban Planning*.
- Monsson, C. (2015). Resilience in the city-core and its hinterland: The case of Copenhagen. *Local Economy: The Journal of the Local Economy Policy Unit*, 30, 191-214.
- Norris, F. H., Stevens, S. P., Pfefferbaum, B., Wyche, K. F., & Pfefferbaum, R. L. (2008). Community resilience as a metaphor, theory, set of capacities, and strategy for disaster readiness. *American Journal of Community Psychology*, 41(1–2), 127–150.
- Pelling, M. (2011). *Adaptation to climate change: From resilience to transformation*. Routledge.
- Pickett, S. T. A., Cadenasso, M. L., & Grove, J. M. (2004). Resilient cities: Meaning, models, and metaphor for integrating the ecological, socio-economic, and planning realms. *Landscape and Urban Planning*.
- REC/ Bölgesel Çevre Merkezi Türkiye. (2018). Kocaeli İklim Değişikliği Eylem Planı. Kocaeli Büyükşehir Belediyesi.
- Redman, C. L. (2014). *Human impact on ancient environments*. University of Arizona Press.
- Rose, A. (2007). Economic resilience to natural and man-made disasters: Multidisciplinary origins and contextual dimensions. *Environmental Hazards*, 7(4), 383-398.
- Santos, V. J., & Leitmann, J. (2016). *Investing in urban resilience: Protecting and promoting development in a changing world*. World Bank Group.
- Sırkıntı, H. (2012). Sürdürülebilirlik kapsamında yeşil yapım uygulamaları ve LEED sertifika sistemine öneriler [Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü].
- Şahin, İ., & Kutlu, S. Z. (2014). Cittaslow: sürdürülebilir kalkınma ekseninde bir değerlendirme. *Journal Of Tourism and Gastronomy Studies*, 2(1), 55-63.
- Tekeli, İ. (1999). Sürdürülebilirlik kavramı üzerine irdelemeler. İçinde – (Ed.), Prof. Dr. Cevat Geray’a armağan (ss. 729-746). Mülkiyeliler Birliği Yayınları.

- Tosun, K. E. (2017). Sürdürülebilirlik bağlamında ekolojik kent söylemi. *AİBÜ Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 17(4), 169-189.
- Vale, L. J., & Campanella, T. J. (2005). *The Resilient City: How Modern Cities Recover from Disaster*. Oxford University Press.
- Van de Ven, F., Goossen, M., & Van den Bergh, J. (2017). Rotterdam: Climate adaptation and flood risk management. *Journal of Urban Planning and Development*, 143(2).
- Walker, B., Carpenter, S., Anderies, J. M., Abel, N., Cumming, G. S., Janssen, M., & Pritchard, R. (2002). Resilience management in social-ecological systems: A working hypothesis for a participatory approach. *Ecology and Society*, 6(1), Art. 14.
- Walker, B., Holling, C. S., Carpenter, S. R., & Kinzig, A. (2004). Resilience, adaptability and transformability in social-ecological systems. *Ecology and Society*, 9(2).
- Walker, B., & Salt, D. (2006). *Resilience Thinking: Sustaining ecosystems and people in a changing world*. Island Press.
- WCED (World Commission on Environment and Development). (1987). *Our common future*. Oxford University Press.
- Xu, H., Liu, L., & Ding, P. (2021). Building climate resilient city through multiple scale cooperative planning: Experiences from Copenhagen. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1203.
- Yazar, K. H. (2006). *Sürdürülebilir kentsel gelişme çerçevesinde orta ölçekli kentlere dönük kent planlama yöntem önerisi [Doktora Tezi]*. Ankara.
- Yedekçi Arslan, S. (2019). Kentlerde yeşil altyapı ve iklim adaptasyonu: İstanbul örneği. *Sürdürülebilir Şehirler Dergisi*, 5(1), 77–95.

CHAPTER 2

SOCIAL RESILIENCE IN URBAN SYSTEMS: CONCEPTUAL FOUNDATIONS, MEASUREMENT APPROACHES, AND THE TURKISH EXPERIENCE (1999–2023)

Research Assistant Esra ŞIRKI¹

DOI: <https://www.doi.org/10.5281/zenodo.18066667>

¹ Siirt University, Faculty of Fine Arts and Design, Department of Urban and Regional Planning, Siirt, Turkey. esra.yavic@siirt.edu.tr , Orcid ID: 0000-0001-7914-4821

INTRODUCTION

The concept of urban resilience initially emerged under the influence of engineering and ecological disciplines, focusing on the continuity and recovery speed of physical systems. In recent years, however, it has evolved into a more holistic framework that places social processes at its center. This transformation, while acknowledging the importance of infrastructure and institutional capacity, highlights that the ability of cities to withstand and recover from shocks is fundamentally determined by communities' capacities to build trust, cooperate, adapt, and transform. In other words, social resilience should be understood not as a complementary but as a constitutive dimension of urban resilience.

This chapter aims to position social resilience within the field of urban resilience across conceptual, methodological, and practical dimensions. First, social resilience is defined as a capacity that operates in mutual interdependence with physical and institutional layers, enabling not merely a “return” to pre-crisis conditions but a transformative leap toward a more equitable and inclusive order in the aftermath of crises. Second, the chapter synthesizes the international literature on social resilience—particularly debates on indicators, methodologies, governance, and equity—into a coherent analytical framework. Finally, through the lens of the Turkish experience—including diverse risk contexts such as earthquakes, forest fires, and public-health crises—the chapter examines how social capacity is generated through specific institutional arrangements and spatial configurations, as well as where it encounters structural bottlenecks.

The decisive role of social resilience is critical for two main reasons. First, during crises, outcomes are shaped less by the mere availability of resources than by how rapidly those resources can be mobilized; this, in turn, depends on the accumulation of social capital grounded in trust, reciprocity, and a culture of collective organization. Second, post-crisis decisions determine the long-term trajectory of urban development: while non-inclusive interventions may institutionalize inequalities, participatory processes enhance community capacity and strengthen the legitimacy of governance. Within this framework, social resilience functions as a “connective tissue” linking the physical and institutional layers of urban systems.

The Turkish context provides a tangible illustration of this argument. During the 1999 Marmara earthquake, spontaneous solidarity practices revealed the critical role of neighborhood-level networks when official capacities proved insufficient. In the following years, neighborhood-based volunteer programs and local civil initiatives demonstrated that preparedness can be sustained not only through technical protocols but also through proximity-based organizations embedded in everyday life. The 2023 Kahramanmaraş earthquakes further confirmed that when centralized coordination fails to integrate with local flexibility, major disruptions emerge—whereas grassroots initiatives led by women, youth, and migrant communities play a strategic role both in the immediate response and in long-term recovery.

Accordingly, this chapter revolves around three key questions: (i) Conceptually, how should social resilience be framed within urban resilience, and what does the distinction between “bouncing back” and “bouncing forward” imply for planning and governance? (ii) Methodologically, through which indicators and mixed-method approaches (such as participatory GIS, network analysis, narrative-based methods, and longitudinal monitoring) can social resilience be reliably measured? (iii) Practically and politically, what does the Turkish experience reveal about the institutional arrangements, financial mechanisms, and neighborhood-level tools through which social capacity can be sustained?

The chapter is structured as follows: Section 2 develops the theoretical framework of social resilience, tracing its historical evolution and its intersection with social, physical, and institutional layers as well as with equity and power dynamics. Section 3 discusses methodological approaches to measuring social resilience, outlining how it can be operationalized in practice through indicator matrices, participatory GIS, storytelling, and network analysis. Section 4 focuses on the governance dimension, examining the institutional manifestations of equity and participatory capacity at the local scale, including the roles of volunteer networks, women’s and youth initiatives, and civil society in resilience policies in Türkiye. Section 5 provides a longitudinal analysis of the Turkish experience, exploring how community-based and institutional aspects of social resilience have evolved across major earthquakes—Marmara (1999), Van (2011), İzmir (2020), and Kahramanmaraş (2023). Finally, Section 6 presents the overall conclusions and policy

recommendations, emphasizing key steps such as the institutionalization of local capacity, neighborhood-level continuity, inclusive governance, social justice enhancement, and the integration of digital solidarity into institutional frameworks.

1. THEORETICAL FRAMEWORK

1.1. The Evolution of the Resilience Concept

Resilience is defined as a system's capacity to maintain its functions in the face of external shocks or stresses, to absorb disturbances, and to reorganize itself when necessary through adaptive processes. Initially, this capacity was approached within ecological and engineering frameworks that emphasized maintaining functionality and recovery after disturbances (Holling, 1973). However, in the field of urban studies, the concept has expanded to encompass social processes as well (Davoudi, 2012; Meerow, Newell, & Stults, 2015).

The ecological tradition highlights the system's ability to persist and adapt (Holling, 1973), whereas the engineering tradition focuses on rapid recovery and the reestablishment of performance levels (Manyena, 2006). In contrast, urban social sciences conceptualize resilience in relation to learning, collective action, participation, and transformative change (Goldstein, Wessells, Lejano, & Butler, 2015; Coaffee et al., 2018).

Accordingly, resilience is understood not merely as a physical property but as a capacity co-produced through the interaction of social, institutional, and spatial layers (Romero-Lankao, Gnatz, Wilhelmi, & Hayden, 2016). This evolution shifts the analytical focus from "bouncing back" toward "adaptation" and ultimately "bouncing forward," requiring that success be evaluated not only by the speed of recovery but also by the capacity to transition toward a more equitable, participatory, and institutionally learning-oriented order (Davoudi, 2012; Meerow, Newell, & Stults, 2015).

Figure 1. The Evolution of Resilience Approaches (Source: Compiled by the author (Holling, 1973; Manyena, 2006; Davoudi, 2012; Meerow et al., 2015))

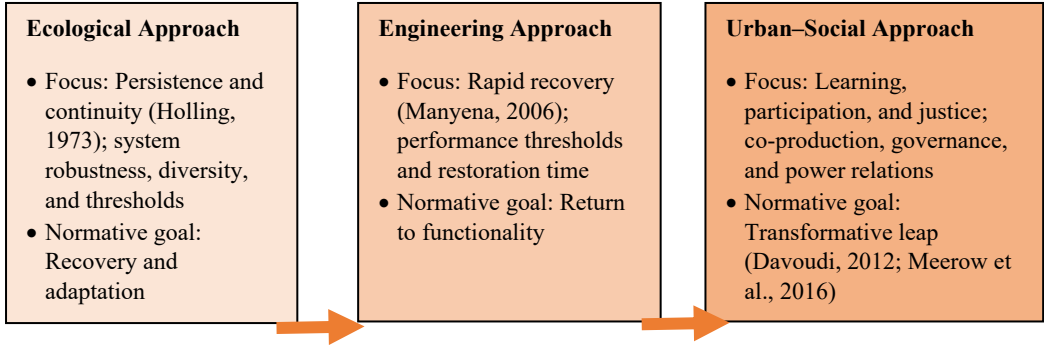


Figure 2 illustrates that the concept of resilience has expanded in content and evolved toward higher normative goals over time. In its initial stage, the ecological approach defines resilience as the effort of systems to persist despite external shocks and to maintain balance without exceeding critical thresholds (Holling, 1973). The subsequent engineering approach measures how quickly and to what level of performance a system can recover after disruption; at this stage, success is assessed by the speed of repair and the time required to restore functionality (Manyena, 2006). The contemporary urban-social approach, however, aims not only for the restoration of infrastructure but also for a transition toward a new order grounded in learning, participation, and justice (Davoudi, 2012; Meerow, Newell, & Stults, 2015). Thus, the focus of resilience evolves from bouncing back to adaptation and ultimately to bouncing forward.

This evolution also transforms the criteria of success. During the bouncing back phase, the key question is “How quickly did we recover?”; in adaptation, it becomes “Has the likelihood of similar losses decreased?”; and in bouncing forward, it shifts to “For whom, how, and toward what kind of new order?” Progress at this level is indicated by simultaneous improvements in equity indicators (such as access to services and reduced exposure to risk), the institutionalization of participation (representation and accountability), and institutional learning (the consolidation of new rules and tools).

For instance, post-disaster repair alone represents bouncing back; retrofitting and redesign reflect adaptation; while reconfiguring decisions on transport, housing, and public space through participatory processes that reduce

access inequalities embodies bouncing forward. In short, both theory and practice demonstrate a left-to-right expansion in content and a bottom-to-top elevation in normative goals: resilience has shifted from a technical objective of recovery to a transformative framework encompassing social justice and governance dimensions.

1.2. Social Resilience: Definition and Components

Social resilience is defined as the capacity of communities to remain cohesive in the face of shocks, to sustain their core functions, to adapt through learning, and, when necessary, to transform their institutional and spatial arrangements (Adger, 2000; Cutter et al., 2008; Norris et al., 2008). This capacity operates through four fundamental components:

- (i) social capital and trust (Aldrich, 2012),
- (ii) collective action and participation (Goldstein et al., 2015),
- (iii) equity and inclusiveness (Meerow & Newell, 2016), and
- (iv) social learning and innovation (Goldstein et al., 2015).

These components shape the entire continuum of resilience from the immediate mobilization in the first hours of a crisis to the long-term processes of recovery and adaptation (Eakin et al., 2017).

Table 1. Components and Functions of Social Resilience (Source: Compiled by the author (Aldrich, 2012; Goldstein et al., 2015; Meerow & Newell, 2016; Eakin et al., 2017).

Component	Brief Definition	Function During Crisis	Policy Outcome
Social Capital	Trust, reciprocity, network density	Rapid mobilization and increased resource circulation	Reduced coordination costs
Participation	Meaningful involvement in decision-making processes	Enhanced legitimacy and sense of ownership	Lower resistance to implementation
Equity	Distributive, procedural, and recognitional justice	Reduced vulnerability and risk concentration	Strengthened trust and social cohesion
Learning Innovation	/ Knowledge sharing, trial-and-error, co-production	Accelerated adaptation and innovation	Institutional capacity becomes sustainable

Table 1 systematically illustrates the four key components of social resilience—social capital, participation, equity, and learning/innovation—along with their functions across different phases of a crisis and their expected policy outcomes. These components reinforce one another; however, when one remains weak, it becomes the weakest link that determines the overall performance of the resilience chain.

i) Social Capital (Trust–Reciprocity–Network Density)

Social capital refers to the strength of trust, reciprocity, and solidarity relations among individuals and institutions. During crises, these networks enable the rapid circulation of information, equipment, and human resources, thereby increasing the immediate response capacity in the first hours. As a result, coordination costs decrease, and less time and fewer resources are required to achieve the same outcomes.

Example: Neighborhood WhatsApp groups, volunteer platforms, and established networks of local NGOs can swiftly organize non-search-and-rescue support such as shelter, food, and childcare or eldercare.

Measurable indicators: Neighborhood trust score; number of regular collective events; number of volunteer registrations and total active volunteer hours.

ii) Participation (Meaningful Involvement in Decision-Making)

Participation refers to the meaningful inclusion of residents in the cycle of need identification, prioritization, implementation, and monitoring. As participation gains depth and quality, legitimacy and a sense of ownership increase, leading to fewer objections and faster implementation of decisions. Consequently, resistance to implementation decreases.

Example: Determining temporary post-disaster housing areas through neighborhood meetings and focus groups that include vulnerable populations such as women, children, migrants, and the elderly.

Measurable indicators: Number of neighborhood meetings and participation rates; citizen submissions in budgeting/planning processes; average response time to public feedback.

iii) Equity (Distributive–Procedural–Recognitional Justice)

Equity encompasses the fair distribution of resources and risks, equal access to decision-making processes, and the recognition of identities and vulnerabilities. When this dimension is embedded in policy and practice,

vulnerability and risk concentration decrease, while trust and social cohesion across society are strengthened.

Example: Creating new micro-parks and pedestrian corridors in neighborhoods with limited access to assembly areas; allocating housing and services based on criteria such as income and caregiving responsibilities.

Measurable indicators: Walking time to essential services; risk exposure maps; representation rates of disadvantaged groups.

iv) Learning / Innovation (Knowledge Sharing–Trial and Error–Co-Production)

Learning and innovation refer to the process through which experiences gained during crises are transformed into institutional knowledge, leading to the development of new tools and regulations. As this capacity increases, adaptation accelerates, and resilience becomes a sustainable institutional function.

Example: Updating standard operating procedures after drills; co-producing disaster maps through open data portals and participatory GIS.

Measurable indicators: Annual number of drills; number of updated procedures or manuals; number of open datasets and users; number of innovative pilot projects.

Mobilization arises from social capital, legitimacy from participation, justice from equity, and sustainability from learning. When all four components operate simultaneously, cities not only recover rapidly but also advance toward a more inclusive and learning-oriented order. Therefore, policy design should move away from “isolated solutions” and instead develop integrated programs that combine network strengthening, participatory design, equity auditing, and learning mechanisms.

1.3. Multi-Layered Model: Social–Physical–Institutional Interaction

Urban resilience is conceptualized as a multi-layered system in which the physical, institutional, and social layers operate in mutual interdependence. The physical layer includes infrastructure, the built environment, and open spaces; the institutional layer encompasses governance, legislation, finance, and organizational structures; and the social layer involves trust, participation,

belonging/identity, and social networks (Bozza, Asprone, & Manfredi, 2015; Irani & Rahnamayiezekavat, 2021).

This interdependence demonstrates that improvement within a single layer yields only limited effects unless other layers are simultaneously activated. Conversely, when coherence across layers is achieved, a multiplier effect emerges. In particular, the social layer functions as the “connective tissue” that translates physical investments and institutional decisions into meaningful collective action (Romero-Lankao, Gnatz, Wilhelmi, & Hayden, 2016; Coaffee et al., 2018). In other words, even a well-developed road network (physical) and a detailed crisis plan (institutional) can only lead to rapid mobilization when trust and participation—the core elements of the social layer—are present.

Three-Layered Urban Resilience Model

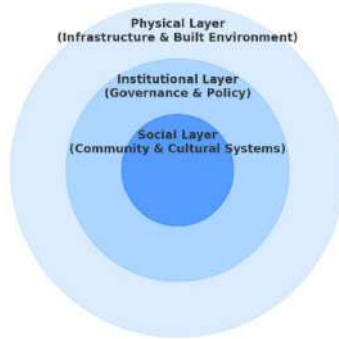


Figure 2. Three-Layer Urban Resilience Model (Source: Compiled by the author)

Figure 2 visualizes the multi-layered structure of urban resilience, composed of physical systems, institutional mechanisms, and the social dimension (Bozza et al., 2015; Romero-Lankao et al., 2016; Irani & Rahnamayiezekavat, 2021). The social layer, positioned at the center, is conceptualized as the “*connective tissue*” that translates the other layers into collective action.

Table 2. Causal Links Across Layers (Operational Hypotheses) (Source: Compiled by the author.)

Causal Pathway	Mechanism	Measurable Outcome
Quality of public space → Social encounters	Increased frequency of encounters strengthens trust	Neighborhood trust score / improvement (Aldrich, 2012)
Participatory processes → Legitimacy	Reduced conflict costs and enhanced consent	Higher speed and durability of implementation (Coaffee et al., 2018)
Equitable distribution → Vulnerability	Decreased risk concentration	Shortened recovery time (Meerow & Newell, 2016)

Table 2 illustrates the potential causal pathways among layers and the mechanisms through which they operate (Aldrich, 2012; Coaffee et al., 2018; Meerow & Newell, 2016). These hypotheses can be empirically tested using the indicators proposed in the following sections.

- Public space quality → Social encounters: As pedestrian-oriented squares, micro-parks, and safe access networks increase, everyday encounters become more frequent. Such encounters foster familiarity and trust, which in turn enhance spontaneous self-organization capacity during crises. In neighborhoods where this pathway is strong, the circulation of information and resources during the first hours of a crisis occurs more rapidly. Example indicators: Square meters of public space accessible within a 10-minute walking distance; number of neighborhood events.
- Participatory processes → Legitimacy: When decisions are made through transparent and inclusive processes, objections and delays during implementation decrease. Legitimacy strengthens voluntary contributions and local ownership, leading to faster and more complete realization of plans on the ground. Example indicators: Participation rate in planning/budget meetings; average response time to public feedback; implementation delay index.
- Equitable distribution → Vulnerability: When resources and services are distributed according to principles of equity, spatial concentration of risk is reduced. Consequently, clusters of extreme vulnerability do not emerge in specific neighborhoods, and post-disaster recovery times shorten. Example indicators: Differences in access time to

essential services; population share living in high-risk parcels; average time to restore services after disasters.

The layers function in parallel rather than in sequence. For instance, improving only public space quality does not generate the expected levels of trust or organization unless participation and equity accompany it. Therefore, interventions should be designed as integrated packages (public space improvement + participatory process + equity auditing).

1.4. Equity and Power Dynamics

Resilience is not only about a system's capacity to recover but also about *for whom* and *how* this capacity is produced. In other words, a city or community being resilient does not necessarily mean that all its residents have equal opportunities to recover and adapt. Therefore, the concept of social resilience requires an explicit consideration of justice, inclusiveness, and power relations.

Social inequalities are fundamental factors that shape both the causes and consequences of vulnerabilities. Women, children, the elderly, migrants, persons with disabilities, and low-income groups often bear the highest risks during disasters and crises. However, these groups can also play crucial roles in organizing solidarity networks and cultivating local cultures of resilience. This makes the questions of “for whom” and “under what conditions” resilience is produced not merely technical but deeply ethical and political (Leitner, Sheppard, Webber, & Colven, 2018; Meerow & Newell, 2019).

In resilience planning, justice is typically addressed through three interrelated dimensions:

1. **Distributive Justice:** The fair spatial and social distribution of resources, services, and risks. This requires, for example, that post-disaster housing, health, education, and infrastructure services be equally available across all neighborhoods, not just in central or high-income areas (Meerow & Newell, 2016).

2. **Procedural Justice:** Concerns who participates in planning and decision-making processes, to what extent, and in what form. Participation should move beyond mere “information sharing” to become a form of co-produced governance. As the quality of participation improves, the legitimacy and implementability of decisions are strengthened (Coaffee et al., 2018).

3. **Recognitional Justice:** Involves making the identities, needs, and experiences of social groups visible. This ensures that the differentiated needs of migrants, women, or persons with disabilities are not overlooked within standardized solutions. Recognition is the foundation of trust and belonging (Eakin et al., 2017).

When these three dimensions of justice are addressed together, social resilience gains a transformative character rather than being limited to mere endurance. Policies that overlook equality in post-crisis processes may inadvertently institutionalize vulnerability, whereas equity-centered and participatory approaches reinforce both trust and a culture of solidarity.

In this regard, the role of the planning discipline is to translate justice from an abstract notion into measurable indicators. Some illustrative indicators that can be used within a social resilience framework are presented below:

Table 3. Justice-Based Social Resilience Indicators (Source: Compiled by the author.)

Dimension of Justice	Possible Indicators	Explanation / Commentary
Distributive Justice	Difference in post-disaster housing and service access times	If poor or disadvantaged areas take longer to regain access to services, vulnerability increases.
Procedural Justice	Proportion of diverse groups participating in consultation meetings	Are women, youth, and migrants included? Is representation fair?
Recognitional Justice	Number of identity-based analyses in planning documents	Which vulnerable groups are identified in plans, and what targeted policy proposals are provided?

The justice indicators presented in Table 3 serve not only as technical criteria but also as accountability tools for assessing the ethical and governance quality of planning processes. A city’s resilience performance should be measured not only by the robustness of its infrastructure but also by *for whom that infrastructure functions*.

In the Turkish context, this debate becomes tangible within the centralization–locality tension. As seen during the 2023 Kahramanmaraş earthquakes, despite strong central coordination, the limited scope of local participation led to implementation delays in several regions. Conversely, solidarity mechanisms developed through the networks of women’s

organizations, neighborhood volunteers, and migrant communities demonstrated that justice can be built not only through state mechanisms but also through the dynamics of society itself.

Hence, the social resilience approach focuses not only on *who is more vulnerable* but also on *who gets to decide* and *whose voice is heard*. When these two dimensions are considered together, resilience policies can aim not merely at returning to the previous state but at advancing toward a more just and inclusive order.

2. METHODOLOGICAL APPROACHES AND THE DIMENSION OF MEASUREMENT

Social resilience, beyond being an abstract concept, possesses a structure that can be translated into measurable components. Such measurements aim not only to capture immediate responses during crises but also to understand communities' long-term capacities for learning, adaptation, and solidarity. In the literature, this transformation is often explained through the “structure–attribute–indicator” model (Adger, 2000; Norris et al., 2008; Meerow & Newell, 2016).

According to this approach:

- Structures represent the fundamental components of social resilience (social capital, participation, equity, and learning).
- Attributes are the observable manifestations of these structures in practice (for instance, trust, quality of representation, and knowledge sharing).
- Indicators are the quantitative or qualitative data used to measure these attributes, providing an empirical representation of resilience.

2.1. Indicators of Social Resilience

The following table presents an example framework that can be used to translate the dimensions of social resilience into measurable indicators. It brings together indicators commonly used in both international literature (Aldrich, 2012; Romero-Lankao et al., 2016; Champlin, Sirenko, & Comes, 2023) and Turkish case studies.

Table 4. Example Indicators and Data Sources for Measuring Dimensions of Social Resilience (Source: Compiled by the author.)

Structure	Attribute	Sample Indicators	Possible Data Source
Social Capital	Trust / reciprocity	Neighborhood trust score; number of regular collective events	Surveys; municipal records; volunteer databases (Aldrich, 2012)
Participation	Representation / influence	Number of neighborhood meetings; participation rate; citizen feedback response time	Council minutes; e-government data (Coaffee et al., 2018)
Equity	Access / distribution	Walking time to services; risk intensity; representation of disadvantaged groups	GIS; risk maps (Meerow & Newell, 2016)
Learning / Innovation	Knowledge sharing / institutional adaptation	Frequency of drills; volunteer training hours; number of updated procedures	AFAD; NGO records; open data platforms (Romero-Lankao et al., 2016)

These indicators can be supported by both quantitative and qualitative data. For instance, a “neighborhood trust score” can be measured through survey questions, whereas the “prevalence of a solidarity culture” can be explored through in-depth interviews. Therefore, the most robust analyses are conducted using mixed-method approaches, combining numerical data with experiential insights.

2.2. Participatory and Digital Methods

Traditional surveys and statistical models may fail to fully capture the depth and dynamics of social relationships. Therefore, participatory and digital methods have become increasingly prominent in contemporary analyses of social resilience.

Participatory GIS (Co-Produced GIS): This method involves citizens, volunteers, or local groups in map-based data production. For instance, residents can mark “safe assembly areas” or “inaccessible parks” at the neighborhood scale, turning these inputs into valuable planning data. Such

approaches enhance both spatial accuracy and community ownership (Goldstein, Wessells, Lejano, & Butler, 2015).

Narrative / Storytelling: Sharing disaster and crisis experiences through personal stories strengthens community memory. When combined with qualitative data analysis, these narratives make abstract indicators—such as trust, solidarity, and learning—more visible and interpretable.

Social Network Analysis: This method maps interactions among communities using data from social media, volunteer registration systems, or communication platforms. It allows researchers to measure the density of information flows and solidarity networks (Feinberg, Ghorbani, & Herder, 2020).

Open Data and Digital Traces: Post-disaster volunteer movements, social media hashtags, and mobile application data can be analyzed to assess communities' spontaneous self-organization capacity during crises (Champlin, Sirenko, & Comes, 2023).

2.3. The Significance of the Methodological Approach

The common feature of these methods is that they move resilience beyond a technical performance metric and frame it as a social process and learning practice. Measurements based solely on physical infrastructure fail to capture the invisible dimensions of social resilience—such as trust, solidarity, and cultural belonging. Therefore, measurement approaches must integrate quantitative indicators with qualitative insights emerging from participatory processes.

In the Turkish context, if local governments adopt these methods, it will become possible to integrate pre-disaster risk maps with social data sets. This would enable not only the identification of which areas are at risk but also which communities have weaker capacities to cope with those risks.

These indicators and methods demonstrate that social resilience must be assessed not only at the community level but also in terms of governance structures and inter-institutional interactions. While quantitative indicators reveal general trends in infrastructure and service accessibility, participatory, narrative, and digital-trace-based qualitative methods capture the deeper layers of social trust, solidarity, and learning capacity.

This mixed-method approach allows resilience to be conceptualized not as a mere “bouncing back” process, but as a practice of transformative adaptation and social renewal (Bozza, Asprone, & Manfredi, 2015; Goldstein, Wessells, Lejano, & Butler, 2015; Champlin, Sirenko, & Comes, 2023).

Accordingly, the next section— “Governance, Equity, and Participatory Capacity”—builds upon this methodological framework to explore its practical implications: how local actors participate in decision-making processes, how justice is represented at the institutional level, and how participation influences the legitimacy of governance (Romero-Lankao, Gnatz, Wilhelmi, & Hayden, 2016; Meerow, Pajouhesh, & Miller, 2015).

3. THE GOVERNANCE DIMENSION: INSTITUTIONAL REFLECTIONS OF EQUITY AND PARTICIPATORY CAPACITY

Resilience is not merely an individual or community-based skill but also the capacity of institutional systems to learn collectively and act collaboratively. Therefore, in assessing social resilience, the quality of governance structures plays a decisive role. Governance refers to how knowledge, resources, and decision-making power are distributed among the state, local governments, civil society, and individuals (Bulkeley & Broto, 2013; Davoudi, 2018).

As discussed in the theoretical section, equity provides the ethical foundation of social resilience, while governance translates this foundation into institutional and operational forms. Participatory, transparent, and justice-oriented governance models ensure both equitable distribution of resources and the active inclusion of vulnerable groups in decision-making processes (Meerow & Newell, 2016; Leitner et al., 2018). Thus, the governance dimension reveals not only *how* resilience is produced, but also *by whom* and *for whom* (Romero-Lankao et al., 2016).

Traditional hierarchical models of disaster and crisis management often limit public participation and restrict social learning. In contrast, contemporary resilience approaches embrace a multi-level governance framework, aiming to establish flexible collaboration networks among central, regional, and local actors. This network functions as a bridge between formal institutions (e.g., municipalities, AFAD) and informal community structures (e.g., neighborhood volunteers, local NGOs) (Coaffee, 2018; Champlin, Sirenko, & Comes, 2023).

This section examines the institutional dimensions of social resilience under three subheadings:

1. The Role of Local Actors
2. Participatory Capacity and Legitimacy
3. Civil Society and Volunteer Networks

Each subsection integrates conceptual foundations from international literature with empirical insights drawn from Türkiye's experience between 1999 and 2023.

3.1. The Role of Local Actors

Local governments are the most visible and effective carriers of social resilience, as the impacts of crises are primarily felt at the local scale—and recovery processes begin there. Municipalities, neighborhood units, and local councils play key roles both in knowledge production and in facilitating community participation in decision-making processes (Bozza, Asprone, & Manfredi, 2015; Davoudi, 2018).

The success of local actors depends not only on institutional capacity but also on the trust relationships they establish with communities. Practices such as participatory budgeting, neighborhood forums, disaster-preparedness training, and local data-sharing platforms help to reinforce this trust. In Türkiye, disaster preparedness plans developed in cities such as İzmir, Eskişehir, and Gaziantep demonstrate how collaboration between municipalities, NGOs, and universities enhances social resilience.

Strengthening social resilience at the local level cannot be separated from national strategies. However, the current system—where central institutions (e.g., AFAD) act as coordinators and municipalities as implementers—often limits flexibility in decision-making. The proposed alternative is a multi-level and multi-actor governance model, where decisions are shaped not top-down, but through mutual knowledge exchange and collective learning.

3.2. Participatory Capacity and Legitimacy

The sustainability of resilience depends not only on how resources are distributed but also on how decisions are made. Participation is one of the most critical dynamics of social resilience, as involving individuals in decisions concerning their living environments enhances both legitimacy and sustainability (Coaffee, 2018; Davoudi, 2018). In this context, participatory

capacity refers to a community's ability to generate knowledge, deliberate, negotiate, and make joint decisions.

Participatory capacity manifests at three levels:

- Access to information: The ability of communities to reach information on risks, services, and rights.
- Representation: The active inclusion of diverse groups (women, youth, persons with disabilities, migrants, etc.) in decision-making bodies.
- Interaction: The openness and continuity of feedback channels between citizens and local governments.

All these elements represent the practical dimensions of procedural justice, which aims for equality not only in outcomes but also in processes (Leitner, Sheppard, Webber, & Colven, 2018; Meerow & Newell, 2016). When decision-making is confined solely to technical expertise, social trust and belonging weaken. Conversely, deliberative mechanisms improve both the quality of information and the effectiveness of implementation.

The power of participation to generate legitimacy becomes particularly evident during post-disaster reconstruction. Between the 1999 Marmara and 2023 Kahramanmaraş earthquakes, the institutional capacity of civil society and local initiatives in Türkiye has significantly expanded. Organizations such as Mahalle Afet Gönüllüleri (Neighborhood Disaster Volunteers), AKUT, AHBAP, and local women's initiatives have directly participated in decision-making, forming an alternative and participatory governance culture that complements state-led interventions. These examples illustrate that solidarity can evolve not only through aid-based relations but also through shared decision-making and responsibility.

Moreover, digital tools—such as open data portals, disaster mapping platforms, and volunteer applications—have expanded the spatial and temporal boundaries of participation. Through these platforms, citizens become not only consumers of information but also producers of data (Champlin, Sirenko, & Comes, 2023). Consequently, information flows shift from one-way (top-down) to bottom-up and horizontal forms of organization.

The development of participatory capacity strengthens not only local resilience but also governance legitimacy. When shared knowledge leads to shared decisions, responsibility becomes collective. Therefore, social resilience

signifies not only the empowerment of communities but also the democratization of governance (Romero-Lankao, Gnatz, Wilhelmi, & Hayden, 2016).

3.3. Civil Society and Volunteer Networks

The invisible backbone of social resilience is formed by civil society organizations (CSOs) and volunteer networks that can mobilize rapidly during times of crisis. These structures act as bridges in areas where formal governance mechanisms are unable to reach, strengthening both information flows and the community's internal capacity for mutual support (Aldrich, 2012; Champlin, Sirenko, & Comes, 2023). What empowers civil society in this context is its flexibility and trust-based organizational form. Unlike the hierarchical structures of centralized authorities, volunteer networks operate through horizontal relationships, which not only accelerate decision-making but also enable more context-sensitive and realistic solutions based on local knowledge (Goldstein, Wessells, Lejano, & Butler, 2015).

In Türkiye, the role of civil society became particularly visible after the 1999 Marmara earthquake. During this period, organizations such as AKUT and Neighborhood Disaster Volunteers (MAG) emerged as pioneers not only in search-and-rescue operations but also in community-based learning processes (Öztürk & Aka, 2023; Petal & Izadkhah, 2008). The 2011 Van earthquake and 2023 Kahramanmaraş earthquakes accelerated the digital transformation of volunteer networks. Initiatives such as AHBAP, Afet Platformu, and Deprem.io exemplify successful cases of digital governance, facilitating data sharing, resource coordination, and rapid mutual aid (Eraydın & Taşan-Kok, 2013; Karataş & Bek, 2024).

These volunteer structures have evolved beyond the traditional “charitable aid organization” model by institutionalizing active learning, social responsibility, and a culture of local solidarity. For example, AHBAP's community centers in disaster zones not only provide humanitarian aid but also strengthen information exchange and psychosocial support mechanisms among residents. Such networks sustain one of the most critical dimensions of social resilience: a sense of belonging and community identity (Kaya, 2025).

From an academic perspective, volunteer networks operate on two main levels:

- Bonding social capital: Mutual support and trust among individuals who share similar backgrounds or experiences.
- Bridging social capital: The transfer of knowledge, resources, and experience between different groups.

Together, these two dimensions ensure the sustainability of resilience not only during crises but also in preparation and recovery phases (Aldrich, 2012).

In conclusion, civil society and volunteer networks transform social resilience from a technical process into an ethical, emotional, and cultural domain of collective learning. The Turkish experience demonstrates that trust-based local relationships can generate faster and more effective outcomes than institutional resilience mechanisms at the national scale.

The dimensions discussed in this section—governance, participation, and civil society—collectively illustrate that social resilience is shaped not only by technical capacity but also by social trust, justice, and legitimacy. Organizing governance structures in a multi-level and inclusive manner enables communities to participate in producing and implementing their own decisions. This transforms resilience from a top-down intervention into a locally grounded social process (Coaffee, 2018; Davoudi, 2018; Meerow & Newell, 2016).

The Turkish case clearly demonstrates how this multi-layered structure has evolved over time. From the 1999 Marmara earthquake to the 2023 Kahramanmaraş earthquakes, the organizational capacity of civil society, the role of local governments, and the digitalization of volunteer networks have significantly expanded. This transformation shows that governance systems can indeed shift from centralized reflexes to participatory, adaptive, and collaborative models (Aldrich, 2012; Kaya, 2023).

Thus, social resilience is not merely the ability to respond to crises, but the capacity to generate institutional and societal transformation from within them. The next section will examine in detail how this transformation has unfolded in the Turkish context, identifying the key turning points and the vulnerabilities that have become visible through this process.

4. THE TURKISH EXPERIENCE: TRANSFORMATION BETWEEN 1999 AND 2023

In Türkiye, social resilience has evolved over the past twenty-five years as a gradual process of learning, institutionalization, and social transformation—shaped by successive large-scale disasters. This process has been defined not only by improvements in disaster management capacity but also by the evolution of social solidarity, volunteerism, and local governance practices. From the 1999 Marmara Earthquake to the 2023 Kahramanmaraş Earthquakes, Türkiye’s social resilience has been reshaped at both the institutional and community levels (Eraydın & Taşan-Kok, 2013; Davoudi, 2018; Kaya, 2023).

This quarter-century-long period exemplifies the “learning cycle” concept within the resilience literature. Each disaster has added a new layer of awareness and experience, with knowledge gained from past crises shaping institutional and societal responses in subsequent ones. Thus, Türkiye’s case should not only be viewed as a history of disasters but also as a social learning process, where participatory capacity and justice-oriented governance have co-evolved (Meerow & Newell, 2016; Champlin, Sirenko, & Comes, 2023).

The four major turning points analyzed below—1999 Marmara, 2011 Van, 2020 İzmir, and 2023 Kahramanmaraş earthquakes—represent distinct stages in this evolution. Each highlights a different dimension of social resilience—solidarity, institutionalization, digitalization, and multi-level governance—and together they provide a comprehensive picture of how the resilience framework in Türkiye has deepened over time.

4.1. The 1999 Marmara Earthquake

The 1999 Marmara Earthquake marked a watershed moment in shaping social resilience in Türkiye. With approximately 18,000 casualties, the disaster became the first major instance where civil society spontaneously mobilized in response to the shortcomings of the centralized government (Genç, 2008). Organizations such as AKUT, İzmit Volunteers, and neighborhood initiatives led search-and-rescue, logistical, and temporary shelter operations, bringing the concept of “trust-based solidarity” (bonding capital) into visibility within the Turkish context (Aldrich, 2012).

Coordination failures within hierarchical state structures revealed the critical importance of local knowledge and social networks in post-disaster recovery (Eraydın & Taşan-Kok, 2013). During this period, the widespread media coverage of volunteerism helped nurture a culture of community-based resilience (Davoudi, 2018). The Marmara experience demonstrated that resilience derives not merely from technical capacity but from trust and belonging within communities. This phase laid the foundation for subsequent models of institutional cooperation and neighborhood-based volunteerism.

4.2. The 2011 Van Earthquake

The 2011 Van Earthquake represented the maturation of state–civil society collaboration in Türkiye. With 644 fatalities and over 4,000 injuries, this disaster marked the first systematic integration of volunteer networks into institutional frameworks (Oktay et al., 2013). The Disaster and Emergency Management Authority (AFAD) strengthened its coordination role, and Neighborhood Disaster Volunteers (MAG) programs were expanded nationwide (Türkaskan, 2024).

The Van experience demonstrated that recovery involves more than physical reconstruction—it also requires knowledge exchange and local learning. Universities, media, and NGOs began collaborating in risk awareness campaigns, introducing the multi-level governance approach into practice (Davoudi, 2018). This period is regarded as the beginning of Türkiye’s shift from a response-oriented disaster management model to one grounded in learning and participation.

4.3. The 2020 İzmir Earthquake

The İzmir–Seferihisar Earthquake of October 30, 2020, revealed the growing role of digital volunteerism and local network coordination in social resilience. Thousands of volunteers participated in AFAD-coordinated operations, while groups such as GEA and AKUT organized search, rescue, and humanitarian efforts through social media platforms (AFAD, 2020; GEA, 2020).

The İzmir Earthquake Impact Report published by Turkish Philanthropy Funds (TPF, 2021) documented the contributions of volunteers in information sharing, logistics planning, and psychosocial support mechanisms. Furthermore, digital initiatives led by organizations such as the International

Federation of Red Cross and Red Crescent Societies (IFRC) established online psychological support networks, enabling bottom-up and horizontal information flows (Goldstein, Wessells, Lejano, & Butler, 2015).

This experience demonstrated that social resilience can be built not only through physical and social capital, but also through digital and cultural capital, reflecting a broader understanding of adaptive capacity in the 21st century.

4.4. The 2023 Kahramanmaraş Earthquakes

The February 6, 2023 Kahramanmaraş (Pazarcık and Elbistan) Earthquakes most vividly illustrated the multi-layered structure of social resilience in Türkiye. Affecting 11 provinces and millions of people, this disaster required the simultaneous operation of central coordination and volunteer networks (EERC, 2023; IFRC, 2025).

Organizations such as AHBAP, TİF, Afet Platformu, and AKUT managed relief operations and information flows through digital networks, while more than 70 NGOs became active in the field within days (TİF, 2024). Volunteers played a crucial role in data collection, resource planning, and field reporting, making resilience increasingly measurable at the institutional level (Hazards Center, 2023).

The Kahramanmaraş experience marks the emergence of a new paradigm in Türkiye's disaster management—one grounded in participatory governance and institutional learning capacity. It shows that Türkiye's resilience framework has evolved into a model that integrates state institutions, civil networks, and digital infrastructures, positioning collaboration and adaptability at its core.

Table 5. The Evolution of Social Resilience in Türkiye (1999–2023): Lessons Learned from Major Disasters (Source: Compiled by the author.)

Disaster / Year	Main Theme / Learning Area	Key Actors	Governance and Innovation Dimension	Key References
1999 Marmara Earthquake	Emergence of community-based solidarity and volunteerism awareness	AKUT, neighborhood volunteers, media	Recognition of local trust networks in post-disaster recovery; exposure of limitations in centralized governance	(Aldrich, 2012; Genç, 2008; Eraydın & Taşan-Kok, 2013)
2011 Van Earthquake	Institutional collaboration and local learning processes	AFAD, MAG, universities, NGOs	Practical adoption of multi-level governance; coordination between media and civil society	(Göksekin et al., 2017; Davoudi, 2018; Türkaslan, 2024)
2020 İzmir Earthquake	Digital solidarity and open data sharing	AFAD, GEA, AKUT, TPF, World Human Relief	Social media-based coordination and online volunteerism; horizontal information flow networks	(AFAD, 2020; GEA, 2020; TPF, 2021; IFRC, 2025)
2023 Kahramanmaraş Earthquakes	Institutionalized resilience and multi-actor governance	AFAD, AHBAP, TİF, Afet Platformu, local initiatives	Multi-layered coordination through digital networks; data-driven volunteer participation; institutional learning	(EERC, 2023; TİF, 2024; Hazards Center, 2023)

As shown in Table 5, the period between 1999 and 2023 in Türkiye reflects a clear evolution of social resilience — from spontaneous solidarity toward institutionalized capacity. Each major disaster has enhanced the country’s ability to learn, adapt, and innovate, generating a new governance model shaped by the interaction between community-based initiatives and state institutions.

This trajectory demonstrates that resilience in Türkiye can be understood not merely as a reactive mechanism to crises, but as an ongoing process of institutional learning and societal transformation (Eraydın & Taşan-Kok, 2013; Meerow & Newell, 2016).

5. CONCLUSION AND POLICY RECOMMENDATIONS

This study presents a holistic framework that redefines *social resilience* not merely as a process of post-disaster recovery, but as a multidimensional phenomenon grounded in justice, governance, and participatory capacity. While resilience is often defined in the literature through technical capacity, infrastructure robustness, or ecological adaptability (Folke, 2016; Davoudi, 2018), this work approaches it as an ethical, social, and institutional process. The Turkish case demonstrates the lived dimension of this transformation—the *real-world embodiment* of the conceptual framework.

Between 1999 and 2023, each major disaster added a new layer to Türkiye’s social learning cycle: the Marmara Earthquake fostered a culture of solidarity; the Van Earthquake strengthened institutional cooperation; the İzmir Earthquake accelerated digital volunteerism; and the Kahramanmaraş Earthquakes advanced multi-level governance. This sequential evolution reveals that Türkiye’s model of social resilience has transformed from *spontaneous solidarity* into a *multi-actor, institutionalized system of collective learning*.

Thus, the first major contribution of this study is theoretical: it conceptualizes this transformation as a “multi-layered evolution model of social resilience.”

The second contribution is methodological. Whereas traditional resilience assessments rely primarily on quantitative indicators, this study advocates for a mixed-methods approach that integrates participatory GIS, narrative-based storytelling, and network analysis. These methods function not only as measurement tools but also as instruments of social awareness and collective learning. In this sense, the methodological contribution shifts resilience from being a *technical score* to a *continuously monitored social learning process* (Champlin, Sirenko, & Comes, 2023).

The third contribution lies in its spatial and governance-oriented insights. The findings from Türkiye illustrate that social resilience in urban planning is linked not only to the physical environment but also to the redistribution of social justice. Accordingly, this study proposes a resilience paradigm unique to Türkiye—anchored in the triad of spatial justice, social learning, and participatory governance.

Policy Recommendations

- *At the Local Government Level:* Municipalities should develop social databases during pre-disaster periods, integrating neighborhood-scale indicators of trust and *solidarity into urban planning processes*.
- *For Civil Society and Volunteerism:* Establish a National Volunteer Coordination Platform to ensure the continuity of volunteer networks, and standardize data-sharing protocols between organizations such as MAG, AHBAP, and AKUT.
- *In Academic and Educational Contexts:* Universities should integrate social resilience indicators into curricula, equipping students with community-based disaster management skills.
- *At the Planning and Policy Level:* Development plans and spatial strategy documents should embed resilience not merely as a technical target, but as a principle of equitable governance.
- *In Digitalization and Open Data:* Disaster-related data should be made open-access, incorporating volunteer contributions, and fully integrated with urban information systems to promote transparency and civic participation.

Overall, this study underscores that social resilience is not simply the ability to recover from crises—it is the capacity to transform institutions and societies through collective learning, inclusive governance, and justice-oriented spatial planning.

Table 6. Policy Domains and Recommended Actions for Social Resilience by Level

Level	Priority Areas	Proposed Policies / Actions	Expected Impact / Contribution	Key References
Community / Neighborhood Level (Micro)	Trust, belonging, local learning	- Develop neighborhood solidarity maps.- Implement local leadership training and post-disaster storytelling programs.- Create safe spaces to encourage the participation of women and children.	Strengthens the culture of solidarity; ensures the continuity of social learning.	(Goldstein et al., 2015; AFAD, 2020; GEA, 2020)
National Level (Macro)	Institutional coordination, data management, equity policies	- Prepare a National Social Resilience Strategy.- Define social learning indicators in national development plans.- Establish a National Volunteer Coordination Platform for sustained civic networks.	Enhances inter-institutional data sharing, policy continuity, and open governance.	(Davoudi, 2018; Champlin et al., 2023; Kaya, 2025)
Regional / Local Government Level	Planning, neighborhood-scale solidarity, local data	- Develop neighborhood-based social resilience profiles.- Establish Social Resilience Units within municipalities.- Expand the use of participatory GIS applications.	Strengthens decision-making capacity and public participation at the local level.	(Eraydın & Taşan-Kok, 2013; Meerow & Newell, 2016; Türkaslan, 2024)
Civil Society and Volunteer Networks	Participation, horizontal collaboration, knowledge sharing	- Develop a common data standard among NGOs.- Support digital volunteerism platforms.- Strengthen women- and youth-focused volunteer networks.	Expands social capital, reduces inequalities, and sustains volunteer engagement.	(Aldrich, 2012; TİF, 2024)
Academia and Research Institutions	Indicators, measurement, education	- Create a national database for social resilience indicators.- Make “Community-Based Disaster Management” a mandatory university course.- Encourage local data generation in graduate research projects.	Increases knowledge production and enhances collaboration among academia, government, and civil society.	(Folke, 2016; Davoudi, 2018; Champlin et al., 2023)

This study underscores the necessity of redefining resilience not merely as a *reactive capacity*, but as a social value and a collective learning process. Resilience is no longer a concern confined to a particular country or geography; rather, the concept itself must evolve. Contemporary crises—whether environmental disasters, migration, or economic instability—cannot be understood solely through a system’s ability to “bounce back.” They must also be examined in terms of for whom, according to what, and by which mechanisms the system is rebuilt (Davoudi, 2018; Meerow & Newell, 2016).

Thus, the central issue is not Türkiye’s singular example, but rather the reconstruction of resilience thinking itself. Türkiye serves as a dynamic laboratory for reimagining this concept in practice. Its experience demonstrates that resilience is increasingly defined not by technical capacities, but by social networks, justice-oriented governance, and participatory institutions. Resilience, therefore, is no longer the capacity to return—it is the capacity to transform through learning (Champlin, Sirenko, & Comes, 2023).

In this context, the future of social resilience policies depends less on *which nations are more prepared* and more on *which societies are open to learning, sharing, and redefining themselves*. By grounding resilience in local experiences, this study invites a rethinking of the concept’s meaning within the global discourse, framing resilience not as a static outcome, but as an evolving process of collective adaptation and transformation.

Note: Parts of this text were supported by AI-based language editing tools for translation and clarity improvement. The author is solely responsible for the content and interpretations.

KAYNAKÇA

- Adger, W. N. (2000). Social and ecological resilience: Are they related? *Progress in Human Geography*, 24(3), 347–364. <https://doi.org/10.1191/030913200701540465>
- Aldrich, D. P. (2012). *Building resilience: Social capital in post-disaster recovery*. University of Chicago Press.
- Bozza, A., Asprone, D., & Manfredi, G. (2015). Developing an integrated framework to quantify resilience of urban systems against disasters. *Natural Hazards*, 78(3), 1729–1748. <https://doi.org/10.1007/s11069-015-1798-3>
- Champlin, C., Sirenko, M., & Comes, T. (2023). Measuring social resilience in cities: An exploratory spatio-temporal analysis of activity routines in urban spaces during COVID-19. *Cities*, 135, 104220. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2023.104220>
- Cutter, S. L., Barnes, L., Berry, M., Burton, C., Evans, E., Tate, E., & Webb, J. (2008). A place-based model for understanding community resilience to natural disasters. *Global Environmental Change*, 18(4), 598–606. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2008.07.013>
- Davoudi, S. (2012). Resilience: A bridging concept or a dead end? *Planning Theory & Practice*, 13(2), 299–333. <https://doi.org/10.1080/14649357.2012.677124>
- Eakin, H., Bojórquez-Tapia, L. A., Janssen, M. A., Georgescu, M., Manuel-Navarrete, D., Vivoni, E. R., ... & Lerner, A. M. (2017). Urban resilience efforts must consider social and political forces. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114(2), 186–189. <https://doi.org/10.1073/pnas.1620081114>
- Eraydın, A., & Taşan-Kok, T. (2013). *Resilience thinking in urban planning*. Springer.

- Ergün, O. F. (2023). Forest fires and volunteerism in Türkiye. *Emergency Aid and Disaster Science*, 3(1), 7–14.
- Fabbricatti, K., Boissenin, L., & Citoni, M. (2020). Heritage community resilience: Towards new approaches for urban resilience and sustainability. *City, Territory and Architecture*, 7(1), 17. <https://doi.org/10.1186/s40410-020-00126-7>
- Folke, C. (2016). Resilience (republished). *Ecology and Society*, 21(4), 44. <https://doi.org/10.5751/ES-09088-210444>
- GEA Search and Rescue Group. (2020, November 4). *İzmir-Seferihisar Earthquake Operation Report*. GEA. https://gea.org.tr/GEA_SAR_Izmir_Earthquake_Operation_Report.pdf
- Genç, F. (2008). Crisis communication: The Marmara earthquake case. *Selçuk İletişim*, 5(3), 161–175.
- Goldstein, B. E., Wessells, A. T., Lejano, R., & Butler, W. H. (2015). Narrating resilience: Transforming urban systems through collaborative storytelling. *Urban Studies*, 52(7), 1285–1303. <https://doi.org/10.1177/0042098013505653>
- Hazards Center. (2023). *Communication and coordination networks in the 2023 Kahramanmaraş earthquakes* (Quick Response Report No. 319). <https://hazards.colorado.edu/quick-response-report/communication-and-coordination-networks-in-the-2023-kahramanmaras-earthquakes>
- Hermansson, H. (2019). Disaster response in Turkey: Conditions promoting cross-sectoral collaboration and implications for effectiveness. *Administration & Society*, 51(7), 1051–1078. <https://doi.org/10.1177/0095399716680058>
- Holling, C. S. (1973). Resilience and stability of ecological systems. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 4(1), 1–23. <https://doi.org/10.1146/annurev.es.04.110173.000245>

- International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies (IFRC). (2025, November 4). *Türkiye: Earthquakes – Emergency appeal (Final Report No. MDRTR004)*. ReliefWeb. <https://reliefweb.int/report/turkiye/final-report-turkiye-earthquakes-emergency-appeal-no-mdrtr004>
- Irani, M., & Rahnamayiezekavat, P. (2021). An overview of urban resilience: Dimensions, components, and approaches. *Acta Scientiarum Polonorum Administratio Locorum*, 20(4), 305–322.
- Jalalian, E., Hendekhaleh, E. N., & Eizadbin, N. (2021). Dimensions of social resilience in urban areas. *International Journal of Human Capital in Urban Management*, 6(3), 237–252. <https://doi.org/10.22034/IJHCUM.2021.03.03>
- Karataş, D., & Bek, M. G. (2024). Digital battlegrounds: The interplay of social media, state power, and influencers in Türkiye’s earthquake response. *Social Media + Society*, 10(3), 20563051241269305. <https://doi.org/10.1177/20563051241269305>
- Kaya, A. Y. (2025). Impact of the February 6, 2024 earthquakes on community resilience. *Kent Akademisi*, 18(1), 180–196. <https://doi.org/10.35674/kent.1485596>
- Leitner, H., Sheppard, E., Webber, S., & Colven, E. (2018). Globalizing urban resilience. *Urban Geography*, 39(8), 1276–1284. <https://doi.org/10.1080/02723638.2018.1446870>
- Linkov, I., Fox-Lent, C., Read, L., Allen, C. R., Arnott, J. C., Bellini, E., ... & Woods, D. (2018). Tiered approach to resilience assessment. *Risk Analysis*, 38(9), 1772–1789. <https://doi.org/10.1111/risa.12991>
- Manyena, S. B. (2006). The concept of resilience revisited. *Disasters*, 30(4), 433–450. <https://doi.org/10.1111/j.0361-3666.2006.00331.x>
- Masnavi, M. R., Gharai, F., & Hajibandeh, M. (2019). Exploring urban resilience thinking for its application in urban planning: A review of

- literature. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 16(1), 567–582. <https://doi.org/10.1007/s13762-018-1860-2>
- Meerow, S., & Newell, J. P. (2016). Urban resilience for whom, what, when, where, and why? *Urban Geography*, 40(3), 309–329. <https://doi.org/10.1080/02723638.2016.1206395>
- Meerow, S., Newell, J. P., & Stults, M. (2015). Defining urban resilience: A review. *Landscape and Urban Planning*, 147, 38–49. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2015.11.011>
- Norris, F. H., Stevens, S. P., Pfefferbaum, B., Wyche, K. F., & Pfefferbaum, R. L. (2008). Community resilience as a metaphor, theory, set of capacities, and strategy for disaster readiness. *American Journal of Community Psychology*, 41(1–2), 127–150. <https://doi.org/10.1007/s10464-007-9156-6>
- Oktay, F., Tetik, C., Gokce, O., & Çebi, G. (2013). New disaster management system in Turkey: A case study of the 2011 Van earthquake. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, 179, 1387–1398.
- Orta Doğu Teknik Üniversitesi Deprem Mühendisliği Araştırma Merkezi [Middle East Technical University, Earthquake Engineering Research Center]. (2020, November). *Izmir–Seferihisar (Samos) Earthquake (Mw 6.6) Field Observations and Findings* (Report No. ODTÜ/DMAM 2020-03). <https://eerc.metu.edu.tr/tr/system/files/documents/Izmir-Seferihisar%20Deprem%20Raporu.pdf>
- Öztürk, G., & Aka, A. (2023). The role and functions of NGOs in disaster management policies: The case of the Marmara Region. *Emergency Aid and Disaster Science Journal*, 3(2), 31–37.
- Petal, M., & Izadkhah, Y. O. (2008, May). *Formal and informal education for disaster risk reduction*. Proceedings of the *International Conference on School Safety* (pp. 1416–1422), Islamabad, Pakistan.

- Romero-Lankao, P., Gnatz, D. M., Wilhelmi, O., & Hayden, M. (2016). Urban sustainability and resilience: From theory to practice. *Sustainability*, 8(12), 1224. <https://doi.org/10.3390/su8121224>
- Türkiye Yerel STK İnsani Forumu (TİF). (2024). *Mapping local civil society and coordination networks in earthquake response and recovery*. Hayata Destek Derneği (Support to Life). <https://www.hayatadestek.org/duyurular/rapor-depremde-yerel-sivil-toplum-aglarinin-haritalandirilma/>
- TMMOB. (2023). *Kahramanmaraş earthquakes assessment report*. TMMOB Provincial Coordination Board. https://www.tmmob.org.tr/sites/default/files/tmmob_deprem_raporu-part-1.pdf
- Turkish Philanthropy Funds (TPF). (2021, April). *The impact report of TPF's Izmir Earthquake Relief Fund 2021*. Turkish Philanthropy Funds. <https://www.tpfund.org/wp-content/uploads/2021/04/The-Impact-Report-of-TPFs-Izmir-Earthquake-Relief-Fund-2021.pdf>
- Türkarslan, T. U. (2024). *The process of local community participation in disaster management: A citizen science approach* (Master's thesis, Mimar Sinan Fine Arts University, Institute of Science).
- Widborg, A. (2017). The challenge of change: Planning for social urban resilience. In S. Deppisch (Ed.), *Urban regions now & tomorrow: Studies on resilience research* (pp. 115–132). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-658-16759-2_5

CHAPTER 3

DISASTERS AND URBAN ECONOMIC VULNERABILITIES: A CONCEPTUAL REVIEW FROM A RESILIENCE PERSPECTIVE

Dr. Berfin KARABAKAN GÖKHAN¹

Associate Professor Yelda MERT²

DOI: <https://www.doi.org/10.5281/zenodo.18066677>

¹ Independent Researcher, Van, Turkey. bkarabakan66@gmail.com, Orcid ID: 0000-0002-3133-1940

² Iskenderun Technical University, Faculty of Architecture, Department of Urban and Regional Planning, Hatay, Turkey. mertyelda@gmail.com, Orcid ID: 0000-0002-2535-3713

1. INTRODUCTION

Today, cities are exposed to a variety of crises, including disasters, economic crises, climate change, migration, and epidemics. This increasing exposure has led to a reconsideration of cities within the framework of resilience. Urban resilience is generally discussed in terms of disaster preparedness, urban infrastructure, and environmental adaptation (Meerow et al. 2016). Economic resilience, on the other hand, has been assessed in the literature through indicators of growth, diversity, and recovery at regional and national scales in response to economic crises (Foster, 2007; Simmie and Martin, 2010; Martin, 2012). However, despite playing a significant role in cities' post-crisis recovery capacities, the economic dimension has been relatively neglected. In this context, this study focuses on the concept of a resilient urban economy. By combining two distinct areas—physical-social resilience and economic resilience—the concept allows for a discussion of cities' multidimensional capacity to respond to crises. Studies on economic resilience, in particular, have largely focused on economic crises and fluctuations. In this context, it is necessary to consider the economic impacts of disasters.

Disasters not only cause physical destruction but also fundamentally shake economic systems. From major earthquakes to floods and hurricanes, each type of disaster impacts cities' production capacity, employment structure, financial sustainability, and public finances with varying degrees of intensity. These impacts go beyond short-term shocks to cause long-term structural vulnerabilities and inequalities. Therefore, disasters are among the most critical factors testing the resilience capacity of urban economies. Disasters such as earthquakes, hurricanes, and floods directly disrupt industrial centers, commercial centers, and housing stock. This leads not only to losses in capital accumulation but also to chain economic disruptions due to disruptions in infrastructure systems (Rose, 2004). Furthermore, employment and income losses, financial system losses, sectoral vulnerabilities, and social and spatial vulnerabilities can also be considered among the impacts on the post-disaster economic structure.

In conclusion, this study aims to reveal the urban economic vulnerabilities that emerge after disasters by focusing on the relationship between disaster and economic resilience within a conceptual framework and

to discuss these vulnerabilities through the major earthquakes that occurred in Türkiye.

2. CONCEPTUAL FRAMEWORK

From a conceptual perspective, economic resilience is generally defined as the capacity of economic systems to resist, recover, reorganize, and adapt to crises (Martin, 2012; Martin and Sunley, 2015). Within this framework, Hallegatte (2014) defines resilience not only as reducing physical damage but also as minimizing welfare loss and rapidly reestablishing economic flows; he proposes indicator sets that can be monitored at both micro and macro scales. At the social level, he demonstrates that disaster impacts are unequally distributed among social groups and that vulnerability is intertwined with socioeconomic structure and spatial conditions (Cutter et al., 2003). While discussions of economic resilience are often addressed in the context of economic crises, business cycles, and financial shocks, the effects of disasters on economic systems reproduce similar dynamics at different scales. Therefore, it is necessary to discuss disasters beyond mere physical destruction and evaluate them through indicators of economic vulnerability. While exchange rates, unemployment and growth rates are generally used as the main indicators in economic resilience analyses, indicators such as income distribution, poverty rate and sectoral employment shifts in the post-disaster period reveal the social dimension of fragility.

Income distribution indicators experience significant deterioration in post-disaster periods. In most cases, the Gini coefficient increases compared to pre-disaster levels because lower-income groups face longer-lasting economic impacts due to job and property loss, while capitalists generally benefit from reconstruction processes (Hallegatté and Dumas, 2009; Noy and Vu, 2010). This demonstrates that disasters are a generator of structural inequalities that affect not only economic activity but also income distribution equity.

In this context, post-disaster economic resilience gains meaning not only through macro indicators but also by monitoring income, employment, and social inequality dynamics together. This approach demonstrates that resilience indicators developed for crises must be adapted to the disaster context, demonstrating that disasters reshape both the pace of economic recovery and social justice.

The diagram in Figure 1 conceptually illustrates how post-disaster economic vulnerabilities (macroeconomic, social, and institutional dimensions) evolve into urban economic resilience through transformation mechanisms. The diagram initially presents post-disaster vulnerabilities, with the central section presenting the transformative processes of these vulnerabilities (adaptation, renewal, diversity, governance, and learning), and the lower section presenting the fundamental components of a resilient urban economy (diversity, justice, and sustainability).

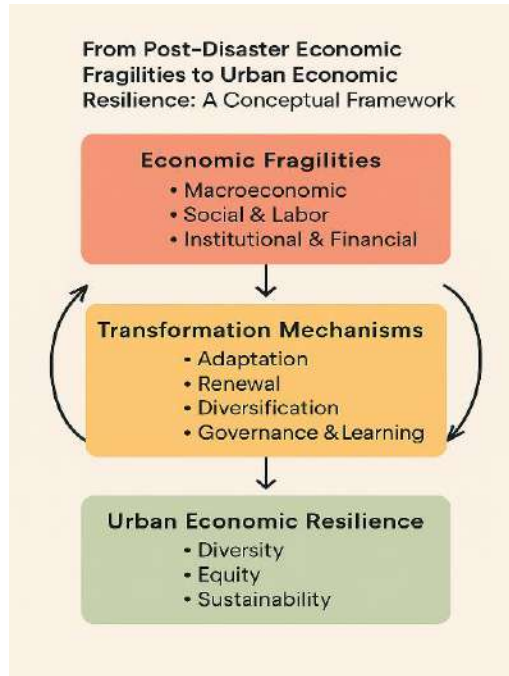


Figure 1. Transition from Post-Disaster Economic Vulnerability to Urban Economic Resilience: Conceptual Framework

RESILIENT URBAN ECONOMIES IN EXPERIENCE OF TÜRKİYE

Disaster experiences in Türkiye reflect a multilayered process intertwined with historical, natural, and socio-economic vulnerabilities. Although much of the country lies on fault lines, urbanization processes have often progressed while ignoring these risks. The country's experience of major

disasters has highlighted the vulnerabilities in spatial planning, infrastructure capacity, and institutional preparedness. Major disasters experienced in Türkiye over the last two decades, particularly the 1999 Marmara Earthquake, the 2011 Van Earthquake, and the 2023 Kahramanmaraş Earthquake, have demonstrated the concrete implications of the resilient urban economy model. In addition to the physical damage it caused, the 1999 Marmara Earthquake also significantly impacted the regional and national economies. Post-disaster damage to production facilities and port structures caused a short-term contraction in foreign trade. Consequently, regional unemployment rates increased. However, this process marked a significant turning point in terms of strengthening insurance systems and institutionalizing disaster funds (TUSIAD, 2000). In the 2011 Van earthquake, different results were obtained. In a relatively underindustrialized city on a regional scale, the disaster demonstrated the extent to which economic vulnerabilities are intertwined with spatial inequalities. In Van, small businesses and agricultural producers struggled to recover, and household incomes were significantly reduced due to the low uninsured rate (AFAD, 2012). The 2023 Kahramanmaraş earthquakes had the most widespread economic impact of this trio. The affected provinces generated approximately 9 percent of the country's GDP. The magnitude of this destruction not only had a regional impact but also disrupted national supply chains. Furthermore, the magnitude of the disaster exacerbated regional income disparities, particularly by excluding low-income groups from the labor market (OECD, 2023; World Bank, 2023). The temporary halt in industrial production and increased employment losses increased pressure on public finances (TUSIAD, 2023; TEPAV, 2023). Furthermore, it is observed that the devastating effects of the disaster exacerbated existing social vulnerabilities, and that a justice-based approach was particularly overlooked in the reconstruction process.

When all these experiences in Türkiye are evaluated together, three general trends emerge in terms of economic impacts:

- i. Production losses and increased public spending in the immediate aftermath of disasters;
- ii. Disruptions in income distribution, deepening inequalities, and the exclusion of vulnerable groups during recovery processes;

iii. In the long term, resilience can only be achieved through institutional learning, economic diversification, and inclusive policy mechanisms.

Therefore, the Türkiye example demonstrates that the resilient urban economy approach is not only theoretical but also practical. A resilient urban economy aims not to simply return to its previous state after a disaster, but to establish a more equitable, diverse, and sustainable order.

Table 1. Economic evaluation of the post-disaster earthquake experience

Area of Vulnerability	Disaster Experience/Observed Impact	Lesson Learned	Related Resilience Component
Macro-economic	In the 1999 Marmara Earthquake, industrial infrastructure collapsed and exports temporarily stopped.	Excessive spatial concentration in the production structure increases systemic risk. Regional economic diversification must be increased.	Diversity and Renewal
Social and Labor	Small business owners, agricultural workers and women's labor were the groups most affected in the 2011 Van Earthquake.	Social vulnerability delays economic recovery; social policies must be integrated into disaster planning.	Justice and Inclusion
Institutional - Financial	Recovery from the Van 2011 and 2023 Earthquakes was slow due to low insurance coverage and limited local budgets.	Insurance systems, local fiscal autonomy and crisis coordination are critical for resilience.	Institutional Resilience
Spatial and Infrastructure	The 2023 Kahramanmaraş Earthquakes caused disruptions in regional supply chains	Infrastructure resilience and spatial planning should be redesigned according to disaster scenarios.	Sustainability and Planning
Governance	After 2023, central coordination became dominant; local participation remained limited.	Resilient urban economies are strengthened by multi-level governance and local participation mechanisms.	Governance and Learning
All Experiences (1999-2023) Systematic fragility	Income inequality increased after the disaster (the Gini coefficient rose). Social assistance was increased, but structural reforms were limited. The cycle of fragility continued; the lack of a just and inclusive economic recovery is evident.		

This table summarizes five key lessons learned from Türkiye's disaster experience in terms of economic resilience. Each row represents a vulnerability domain (macro, social, institutional, spatial, governance) within the conceptual framework and maps it to the corresponding "resilient urban economies" component.

DISCUSSION AND CONCLUSION

The literature examining the economic impacts of disasters and the resulting vulnerabilities has developed rapidly in recent years, bringing with it discussions of resilience. These studies have generally progressed along two axes. The first is the quantitative analysis of the vulnerabilities created by disasters in economic systems; the second is on how these impacts are transformed through institutional, spatial, and societal adaptation capacity. Noy and Vu (2010) represents the macroeconomic wing of this literature. The author argues that the economic impact of disasters is largely shaped by a country's institutional capacity, financial resilience, and economic diversity. In parallel with this, after the earthquakes in Türkiye, it has been observed that cities with a single-sector production structure, in particular, have weak recovery capacity, while in regions with limited institutional coordination, economic resilience is low. In another study, Xie et al. (2018), in their analysis of the Wechuan earthquake, demonstrate that post-disaster economic recovery depends not only on the reconstruction time but also on the pace and structure of investment. Compared to the reconstruction processes observed after the 2023 Kahramanmaraş earthquakes, the rapid transfer of funds and the lack of planned investment at the local level prevented the steepening of the economic recovery curve, weakening the resilience capacity of urban economies. Li et al. (2022) developed a rapid economic resilience model based on the example of Zhengzhou, demonstrating that post-disaster economic recovery can be measured over time using remote sensing data. Bănică et al. (2020)'s spatial-economic resilience approach offers an important insight by demonstrating that disasters can create opportunities for long-term development. However, because the study largely defines resilience using quantitative indicators, it neglects qualitative dimensions such as social justice, governance capacity, and local-scale solidarity networks. While these studies in the literature contribute significantly to measuring post-disaster economic resilience, an overreliance on

quantitative models leads to a disregard for the social, governance, and spatial dimensions of post-disaster recovery.

As a general assessment of Türkiye, disaster experiences spanning the last three decades demonstrate that economic resilience is shaped not only by production infrastructure but also by the functioning of institutions, the adaptability of local governments, and social solidarity networks. The 1999 Marmara earthquake demonstrated that production disruptions in industrially dense cities can directly impact the national economy. Furthermore, the 2011 Van earthquake observed that limited regional insurance coverage and low fiscal capacity delayed recovery. The 2023 Kahramanmaraş earthquakes demonstrated a more complex replication of these dynamics; factors such as centralized public investment, weak local capacity, and sectoral dependency led to an unequal spatial distribution of economic recovery. Furthermore, the experiences of these three disasters demonstrate, based on our knowledge, that economic vulnerabilities stem not only from production losses but also from governance, social inequality, and spatial planning weaknesses. Therefore, the resilient urban economies approach should approach post-disaster recovery within a multidimensional framework that considers not only economic growth indicators but also the institutional, social, and spatial capacity of cities.

For urban economic resilience, indicators of economic diversity and economic structure should be analyzed first (Martin, 2012; Boschma, 2015). The density of local production networks, the sectoral distribution of employment, the reproductive capacity of SMEs, and the geographical balance of public-private investments are key components of resilience analysis. Furthermore, institutional capacity parameters, such as the budget autonomy of local governments, the effectiveness of post-disaster financial support mechanisms, and the level of central-local coordination, are crucial for understanding the governance dimension of resilience. Furthermore, indicators of social and spatial justice are crucial for resilience (Cutter et al., 2003; Pike et al., 2010). In particular, indicators such as income distribution, employment inequality, migration and housing dynamics, and the state of justice in post-disaster housing policies highlight the importance not only of efficiency but also of inclusiveness in economic resilience discussions. Furthermore, renewal capacity and learning mechanisms are crucial for understanding how economic systems prepare for future shocks. In this context, reconstruction strategies,

investment timing, technological transformation, and green economy practices included in post-disaster policy documents should be specifically examined.

Table 2. Transition from Fragile Economic Structures to Resilient Urban Economies: A Summary Comparison

Dimension	Fragile Economic Structures	Resilient urban economies
Economic Dynamics	Focused on short-term growth and production	Long-term adaptation and recovery capacity
Sectoral Structure	Dependence on a single sector, low diversity	Diverse, flexible and connected production network
Institutional Structure	Centralized decision-making, limited local capacity	Multi-level governance and institutional learning
Social	Inequality and exclusion	Inclusion and equitable recovery
Spatial	The disconnect between planning and economics	Integrated spatial planning that takes disaster risk into account
Financial System	Fragile credit structure, low insurance	Local financing, resilience funds, insurance penetration
Renewal and Learning	Static production structure	Innovation, green transformation and learning institutions

Consequently, building resilient urban economies should be considered not simply a "recovery" process that compensates for losses, but rather a transition to a more equitable, diverse, and sustainable economic structure. In the Türkiye context, models that strengthen the relationship between spatial planning and economic policy, engage local actors, and foster institutional learning will form the basis for truly disaster-resilient urban economies.

In light of these findings, it is evident that building resilient urban economies requires a multidimensional policy approach that goes beyond physical reconstruction. Economic diversity and regional balance should be prioritized to reduce systemic risks associated with sectoral dependency, while fiscal autonomy and local financial resilience mechanisms can strengthen cities' adaptive capacity. Inclusive recovery policies targeting vulnerable groups—such as small enterprises, women, and informal workers—are essential for achieving social and economic justice in post-disaster recovery. Moreover, multi-level governance structures that enable coordination between central and local institutions can accelerate recovery and institutional learning.

Integrating spatial planning with economic development strategies and promoting innovation and green transformation will not only enhance economic resilience but also support the long-term sustainability of urban systems. Ultimately, post-disaster recovery should be regarded not as a return to the previous state, but as a transformative opportunity to establish more equitable, diverse, and sustainable urban economies.

REFERENCES

- AFAD (2012). Van Depremi Afet Yönetimi Değerlendirme Raporu.
- Banica A., Kourtiti K., Nijkamp, P. (2020) Natural disasters as a development opportunity: a spatial economic resilience interpretation. *Review of Regional Research* 40(2): 223–249. DOI: 10.1007/s10037-020-00141-8.
- Boschma, R. (2015). Towards an Evolutionary Perspective on Regional Resilience. *Regional Studies*. 49(5), 733–751.
- Cutter, S. L., Boruff, B. J., Shirley, W. L. (2003). Social vulnerability to environmental hazards. *Social Science Quarterly*.
- Foster, K.A. A Case Study Approach to Understanding Regional Resilience. Working Paper, Institute of Urban and Regional Development, Berkeley, 2007.
- Hallegatte, S. (2014). *Economic resilience: Definition and measurement*. World Bank Policy Research Working Paper No. 6852.
- Hallegatte, S., Dumas, P. (2009). *Can natural disasters have positive consequences? Investigating the role of embodied technical change*. *Ecological Economics*, 68(3), 777–786.
- Li, F., Wang, Q., Hu, W., Liu, J., Zhang X. (2022). Rapid assessment of disaster damage and economic resilience in relation to the flooding in Zhengzhou, China in 2021, *Remote Sensing Letters*, 13(7), 651-662, DOI: 10.1080/2150704X.2022.2068987.
- Martin, R. Sunley, P.J (2015). On the Notion of Regional Economic Resilience: Conceptualization and Explanation. *Journal of Economic Geography*. 15(1), 1–42. DOI: 10.1093/jeg/lbu015.
- Martin, R., (2012). Regional Economic Resilience. Hysteresis and Recessionary Shocks. *Journal of Economic Geography*. 12 (1), 1-32. DOI: 10.1093/jeg/lbr019.

- Meerow, S., Newell, J. P., Stults, M. (2016). Defining Urban Resilience: A Review. *Landscape and Urban Planning*. 147, 38–49. DOI: 10.1016/j.landurbplan.2020.11. 011.
- Noy, I., Vu, T. B. (2010). The economics of natural disasters in a developing country: *The case of Vietnam*. *Journal of Asian Economics*, 21(4), 345–354.
- OECD (2023). The Territorial Impact of the Earthquakes in Türkiye.
- Pike, A., Dawley, S., Tomaney, J. (2010). Resilience, Adaptation and Adaptability. *Cambridge Journal of Regions Economy and Society*. 3(1), 59–70.
- Rose, A. (2004), “Economic principles, issues, and research priorities of natural hazard loss estimation”, in Okuyama, Y. and Chang, S. (Eds), *Modeling of Spatial Economic Impacts of Natural Hazards*, Springer, Heidelberg (forthcoming).
- Simmie, J., Martin, R. (2010). The Economic Resilience of Regions: Towards an Evolutionary Approach. *Cambridge Journal of Regions. Economy and Society*. 3(1), 27–43. DOI:10.1093/cjres/rsp029
- TEPAV (2023). Deprem Sonrası Ekonomik ve Sosyal Etkiler Raporu.
- TÜSİAD (2023). Afet Sonrası Ekonomik Toparlanma ve Politikalar.
- TÜSİAD(2000). Marmara Depremi ve Ekonomik Etkileri Raporu.
- UNDP Türkiye (2023). Early Recovery Assessment for the Earthquake-Affected Regions.
- World Bank (2000). Turkey Marmara Earthquake Assessment Report.
- World Bank (2023). Earthquake Damage Assessment in Türkiye.
- Xie, W., Rose, A. Li, S., He, J., Li, N., Ali T. Dynamic Economic Resilience and Economic Recovery from Disasters: A Quantitative Assessment. *Risk Analysis*.

BÖLÜM 4

TÜRKİYE’DE KENTSEL DİRENÇLİLİK KAPSAMINDA GERÇEKLEŞTİRİLEN LİSANSÜSTÜ TEZLERİN BİBLİYOMETRİK ANALİZİ

Dr. Öğr. Üyesi Nuray ÖZKARACA ÖZALP¹

DOI: <https://www.doi.org/10.5281/zenodo.18066732>

¹ Siirt Üniversitesi, Güzel Sanatlar ve Tasarım Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Siirt, Türkiye. nuray.ozkaraca@siirt.com, Orcid ID: 0000-0001-8041-3937

GİRİŞ

Dirençlilik (resilience) kavramı, Latince “resiliere” (geri sıçramak) fiilinden türetilmiş olup, ilk kez Holling (1973) tarafından ekoloji alanında kullanılmıştır. Holling, bir sistemin dış etkiler karşısında eski dengesine hızla dönebilmesini “mühendislik dirençliliği”, farklı dengelerde varlığını sürdürebilmesini ise “ekolojik dirençlilik” olarak tanımlamıştır. Ancak bu tanımlar, değişken ve karmaşık toplumsal sistemleri açıklamakta yetersiz kalmıştır. Bu nedenle daha sonra “uyarlanabilir dirençlilik” kavramı geliştirilmiş ve bir sistemin şoklardan etkilenip yeniden yapılanırken temel işlevlerini sürdürebilme ve bu süreçten öğrenebilme yeteneğini ifade etmek için kullanılmaya başlanmıştır (Sustainable Prosperity, n.d.). Ekoloji dışındaki disiplinlerde “resilience” kavramı mühendislik ve psikoloji gibi alanlarda da kullanılmış ancak “urban resilience” ifadesiyle kent özelindeki sistemlerin dirençlilik özellikleri üzerine odaklanan çalışmalar daha geç bir dönemde yaygınlaşmıştır. Kentsel yönetim alanına dirençlilik kavramı ilk kez 1990’larda dahil edilmiştir (Tobin, 1999). 2002 yılında, Sürdürülebilirlik için Yerel Yönetimler Konseyi (ICLEI , başlangıçta Uluslararası Yerel Çevre Girişimleri Konseyi) kentsel ve afet önleme araştırmalarına dahil edilen “dirençli kentler (resilient cities)” konusunu önermiş ve kentsel dirençlilik üzerine bir araştırma furiasını başlatmıştır (Motesharrei, Rivas & Kalnay, 2016). 2013 yılında Rockefeller Vakfı, 21. yüzyılı giderek daha fazla etkileyen sosyal, fiziksel ve ekonomik tehditlere karşı dünya çapındaki kentlerin daha dirençli hale gelmesine yardımcı olmak amacıyla 100 Dirençli Şehir (100 Resilient Cities) Programını başlatmıştır (Spaans & Waterhout 2017). Bunun ardından, dayanıklı şehirlerin inşası çeşitli şehirlerde geniş çapta tartışılmış ve ilgi görmüştür. Londra’da, aşırı hava olaylarına karşı reaksiyon kabiliyetini artırmak ve vatandaşların yaşam kalitesini iyileştirmek amacıyla 2011 yılında Risk Yönetimi ve Dirençlilik Programı yayınlanmıştır. New York, 2013 yılında dirençli şehirler inşa etmek için girişimler içeren Daha Güçlü, Daha Dirençli New York (A Stronger, More Resilient New York) planını uygulamaya koymuştur. Tokyo, 2016 yılında Bölgesel Metropol Bölgesel Güç ve Dirençlilik Planı’nı ortaya koymuştur (Guan ve Gao 2021); Çin’de ise akademisyenler ve politikacılar, “Sünger Şehir” ve “Park Şehir” gibi önerilerle şehirlerin geliştirilmesi ve inşasında dayanıklılığın rolünü giderek daha derinlemesine anlamaya başlamıştır. Son yıllarda Pekin, Şanghay ve diğer bazı

kentlerin kentsel planlarında, afetlerle başa çıkma kapasitesinin güçlendirilmesi ve şehirlerin dayanıklılığının artırılması ön plana çıkmıştır (Zheng & Lin, 2017). Bu politikaların yanı sıra, “kentsel dirençlilik” konusunda yapılan akademik çalışmaların sayısı da hızla artmıştır. Sonuç olarak, “Urban Resilience” kavramı hem akademik çevrelerde hem de siyasi söylemlerde giderek daha fazla önem kazanmıştır (Meerow, Newell & Stults, 2016).

Uluslararası akademik çevrelerde “Urban Resilience” ve “Resilient City/Cities” kavramlarının gelişim sürecine ilişkin niceliksel verilere ulaşabilmek için Web of Science, Scopus ve ScienceDirect veritabanlarında taramalar gerçekleştirilmiştir. Web of Science veritabanında “Urban Resilience” anahtar kelimesiyle yapılan tarama sonucunda 3.201 belgeye, Scopus veritabanında ise 21.808 belgeye ulaşılmıştır. Her iki veritabanında da bu anahtar kelimeyle ilişkilendirilen en erken tarihli yayın 2004 yılına ait olup Bastianoni, Pulselli ve Tiezzi (2004) tarafından yayımlanmıştır. Bastianoni, Pulselli ve Tiezzi (2004) “Yerel düzeyde sürdürülebilir kalkınma ve “antropik dirençlilik” başlıklı çalışmada “anthropic (or urban) resilience” (insan kaynaklı dirençlilik) kavramını, insan faaliyetlerinin çevresel ve sosyal sistemlerle olan etkileşimini ve bu sistemlerin değişimlere karşı gösterdiği direnci inceleyerek ele almışlardır. Her ne kadar çalışmada kentsel dirençlilik doğrudan ele alınmamış olsa da, yazarlar, insan faaliyetlerinin çevresel etkilerini ve bu etkilerin sürdürülebilirlik üzerindeki rolünü değerlendirmeye imkân tanıyan göstergeler sunmaktadırlar.

“Resilient City/Cities” anahtar kelimeleriyle yapılan taramalarda ise Web of Science veritabanında 6.464 belgeye ulaşılmış ve bu kapsamda belirlenen en eski çalışma Porter (1986)’ya aittir. Porter (1986), “Amerika’nın Sanayi Kentleri: Sarsılmış Ama Dirençli” başlıklı çalışmada Amerika’nın sanayi şehirlerinin ekonomik ve sosyal yapılarının büyük sarsıntılara rağmen gösterdiği dirençliliği ele almıştır. Özellikle çelik ve otomotiv gibi ağır sanayiye dayalı şehirlerin, ekonomik krizler ve yapısal değişimlere rağmen yeniden yapılanma ve uyum süreçleri aracılığıyla direnç gösterebildiğini vurgulamaktadır. Bu bağlamda, kentsel dirençlilik, şehirlerin ekonomik, sosyal ve çevresel baskılara karşı esneklik gösterme ve değişen koşullara uyum sağlama kapasitesi olarak tanımlanabilir.

Scopus veritabanında aynı anahtar kelimelerle 17.395 belgeye ulaşılmış olup, bu dizinde yer alan en erken yayın Barron ve Frug (2002) tarafından

gerçekleştirilmiştir. Barron ve Frug (2002) “11 Eylül'den Sonra: Şehirler” başlıklı çalışmasında 11 Eylül 2001 saldırılarının ardından şehirlerin gösterdiği dirençliliği ve yeniden yapılanma süreçlerini incelemişlerdir. Özellikle New York City örneğinde, afet sonrası sadece fiziksel altyapının onarılmasının değil, aynı zamanda sosyal, ekonomik ve kültürel sistemlerin yeniden güçlendirilmesinin önemine dikkat çekmişlerdir. Bu bağlamda, kentsel dirençlilik, şehirlerin afetlere karşı direnç göstermesinin yanı sıra, bu tür krizlerden sonra hızla toparlanabilme ve uyum sağlama kapasitesi olarak tanımlanabilir.

Benzer biçimde, ScienceDirect veritabanında yapılan “Urban Resilience” taraması sonucunda 4.510 belgeye ulaşılmış ve en erken çalışma Castenfors ve Svedin (2001) olarak tespit edilmiştir. Castenfors ve Svedin (2001) “Kriz İletişimi: 1998’de Stockholm’de LPG Kazasından Ders Çıkarmak” başlıklı çalışmasında 1998’de Stockholm’de yaşanan LPG kazası üzerinden tehlikeli madde taşımacılığının kentsel riskler üzerindeki etkisini ve bilgi belirsizliği koşullarında kriz iletişiminin kentsel dirençlilik açısından önemini tartışmaktadır. Bu olay, tehlikeli madde taşımacılığının kentsel riskler üzerindeki etkisini ve kriz anlarında iletişimin rolünü vurgulamaktadır.

ScienceDirect veritabanında “Resilient City/Cities” anahtar kelimeleriyle yürütülen taramada ise 3.633 belge bulunmuş olup, en eski çalışma Davidson (1985) yılına dayanmaktadır. Davidson (1985) “İnsan Yerleşimleri: Yeni Bir Beceriklilik İnşa Etmek” başlıklı çalışmasında insan yerleşimlerinin çevresel, sosyal ve ekonomik zorluklara karşı daha dirençli ve uyumlu hâle getirilmesine yönelik stratejileri ele almıştır. Çalışma, kentsel dirençliliği, şehirlerin kaynaklarını verimli kullanma, topluluklarını güçlendirme ve sürdürülebilir altyapılar geliştirme yoluyla çeşitli kriz ve streslere karşı esneklik gösterme kapasitesi olarak tanımlamaktadır. Bu bağlamda, kentsel sistemlerin sadece fiziksel yapılarla değil, aynı zamanda sosyal ve ekonomik dinamiklerle de direnç kazandığı vurgulanmaktadır.

Uluslararası veritabanları üzerinden gerçekleştirilen taramalar sonucunda elde edilen bulgular, uluslararası literatürde “Urban Resilience” ve “Resilient City/Cities” kavramlarının tarihsel gelişimine dair niceliksel bir perspektif sunmaktadır. Elde edilen bulgular ışığında, “Resilient City” kavramının yaklaşık 40 yıllık bir kullanım geçmişine sahip olduğu, buna karşılık “Urban Resilience” kavramının ise son 25 yıl içinde uluslararası

literatürde yer bulduğunu göstermektedir. Bu çalışma, söz konusu kavramsal gelişimin ulusal ölçekte Türkiye örnekleminde incelenmesini amaçlamaktadır.

YÖNTEM

Son yıllarda bilimsel üretimin eğilimlerini ve araştırma alanlarının gelişimini incelemeye önemli bir yöntem olarak öne çıkan bibliyometrik analiz, yayınlar, atıflar, yazarlar ve kurumlar gibi bibliyografik verilerin sınıflandırılması ve nicel olarak değerlendirilmesine dayanmaktadır (Lazarides, Lazaridou ve Papanas, 2023). Bu çalışmada ise Türkiye örnekleminde kentsel dirençlilik konusunun gelişim sürecinin incelenmesi amaçlanmış olup Türkiye’de kentsel dirençlilik konulu lisansüstü tezlerin bibliyometrik açıdan incelenmesi araştırmaya konu edilmiştir.

Araştırmada, Yükseköğretim Kurulu (YÖK) Ulusal Tez Merkezi veri tabanı esas alınarak 30.09.2025 tarihine kadar tamamlanan yüksek lisans ve doktora tezleri kapsam dâhiline alınmıştır. “Kentsel dirençlilik, dirençli kent, kentsel dayanıklılık, urban resilience, resilient city/cities” gibi Türkçe ve İngilizce anahtar kelimeler kullanılarak detaylı bir tarama gerçekleştirilmiştir.

Araştırma kapsamında yapılan tarama sonucunda ulaşılan tezler; yayımlandıkları yıl, ait oldukları üniversite, anabilim dalı/konu alanı, türü (yüksek lisans veya doktora) ve yazıldıkları dil değişkenleri dikkate alınarak sistematik biçimde sınıflandırılmıştır. Bu sınıflandırma doğrultusunda gerçekleştirilen bibliyometrik analiz ile, tezlerin yıllara göre üretim eğilimleri, farklı üniversite ve anabilim dallarında gösterdikleri yoğunlaşma örüntüleri gibi öne çıkan tematik eğilimler ortaya konulmuştur. Ayrıca, araştırmada kullanılan anahtar kelimelere ilişkin birlikte bulunma (co-occurrence/keywords) analizi gerçekleştirilmiştir. Bu analiz, çalışmalarda bir arada kullanılan kavramlar arasındaki ilişkileri görünür kılarak, alanın kavramsal yapısı ve eğilimleri hakkında bütüncül bir değerlendirme sunmuştur.

BULGULAR

YÖKTEZ veri tabanından elde edilen taramada, “Urban Resilience” anahtar sözcüğü ile toplam 96 tez, “kentsel dirençlilik” ifadesi ile 41, “dirençli kent” ile 61 tez, “kentsel dayanıklılık” ile 25 tez, “dayanıklı kent” ile 31 tez, ““resilient city” ile 30 tez, “resilient cities” ile 50 tez, “dirençli şehir” ile 13 tez, “dayanıklı şehir” ile 8 tez tespit edilmiştir. “Kentsel dirençlilik” kavramı

ile ilişkili farklı anahtar kelimeler üzerinden ulaşılan toplam tez sayısı 355 olup yinelenen tezler ayrıştırıldıktan sonra kalan toplam 182 benzersiz lisansüstü tez belirlenerek araştırma kapsamına dâhil edilmiştir. YÖKTEZ veri tabanından elde edilen bulgular, Türkiye’de kentsel dirençlilik konulu lisansüstü tezlerde kullanılan anahtar kelimelerin çeşitliliğini ve yoğunluklarını ortaya koymaktadır. Tabloda görüldüğü üzere, en fazla kullanılan anahtar kelime “Urban Resilience” (n=96; %27) olup buna karşılık, Türkçe karşılığı olarak en yaygın kullanılan kavramın “Dirençli Kent” (n=61; %17) olduğu görülmektedir. Bunun yanında, “Resilient City” (n=30; %9) ve “Resilient Cities” (n=50; %14) kavramlarının da dikkate değer bir kullanım alanı bulduğu tespit edilmiştir. Genel olarak, bulgular kentsel dirençlilik kavramının Türkiye’deki lisansüstü tezlerde hem Türkçe hem de İngilizce biçimleriyle ele alındığını; ancak İngilizce terimlerin karşılığı olarak Türkçe’de farklı kullanımların varlığını ortaya koymaktadır (Tablo 1).

Tablo 1. Anahtar kelimelere göre lisansüstü tezlerin dağılımı ve araştırma kapsamına alınan lisansüstü tezlerin belirlenmesi.

Anahtar Kelimeler	Sayı	Yüzde	Yinelenen	Toplam
Urban Resilience	96	27		
Kentsel Dirençlilik	41	12		
Dirençli Kent	61	17		
Kentsel Dayanıklılık	25	7		
Dayanıklı Kent	31	9	173	182
Resilient City	30	8		
Resilient Cities	50	14		
Dirençli şehir	13	4		
Dayanıklı şehir	8	2		
Toplam	355	100		

YÖKTEZ veri tabanı üzerinden yapılan taramada, “kentsel dirençlilik” kavramının Türkçe ve İngilizce literatürdeki karşılıkları ve eş anlamlı kullanımları arasındaki “birlikte geçiş (co-occurrence) ilişkileri” analiz edilmiştir. Tablo 2, farklı kavram çiftlerinin akademik çalışmalarda hangi sıklıkla birlikte kullanıldığını göstermektedir. Elde edilen sonuçlara göre:

- “Kentsel Dirençlilik – Urban Resilience” çifti 41 yinelenme ile en yüksek birlikte geçiş frekansına sahiptir. Bu durum, “Urban Resilience” kavramının Türkçe karşılığı olarak en çok “kentsel

dirençlilik” ile kullanıldığını ve uluslararası terminolojiye doğrudan referans verildiğini göstermektedir.

- “Urban Resilience – Kentsel Dayanıklılık” (25) ikilisinde de yüksek sayıda yinelenme göstermektedir. Bu bulgu, Türkçe’de kavram için farklı karşılıklar kullanıldığını ve araştırmacıların İngilizce kavramı bu farklı karşılıklarla eşleştirdiğini ortaya koymaktadır.
- Daha düşük frekansta yinelenmeler, örneğin “Kentsel Dirençlilik – Kentsel Dayanıklılık” (2) veya “Kentsel Dirençlilik – Dayanıklı Kent” (2), Türkçe kavramların kendi aralarında daha sınırlı bir eşleşmeye sahip olduğunu göstermektedir.

Bu veriler ışığında, “Urban Resilience” ve “Resilient City” kavramlarının Türkçe literatürde farklı terminolojik karşılıklarla kullanıldığı anlaşılmaktadır. Ayrıca “Türkçe’de “dirençlilik” – “dayanıklılık”, “dirençli” – “dayanıklı”, “kent” – “şehir” ayrımı akademik yazında kavram çeşitliliği ve dağınıklığa işaret etmektedir. Sonuç olarak, Tablo 2’de sunulan co-occurrence analizi, Türkçe literatürün İngilizce terminoloji ile sıkı bağlarını, fakat aynı zamanda yerli terminoloji kullanımında standardizasyon eksikliğini ortaya koymaktadır. Bu durum, Türkçe literatürde kavramın farklı biçimlerde ifade edilmesinin terminolojik bir karmaşıklığa yol açtığını göstermektedir. Bu nedenle gelecekte yapılacak çalışmalarda kavramın hangi karşılıkla kullanılacağına dair bir ortaklaşma sağlanması, literatürde daha tutarlı, sistematik ve bütüncül bir terminolojinin oluşmasına katkı sağlayacaktır.

Tablo 2. Araştırma kapsamına alınan anahtar kelimeler ve yinelenme sayıları.

Anahtar Kelime 1	Anahtar Kelime 2	Yinelenme
Urban Resilience (n=96)	Kentsel Dirençlilik (n=41)	41
	Dirençli Kent (n=61)	17
	Kentsel Dayanıklılık (n=25)	25
	Dayanıklılı Kent (n=31)	11
	Resilient City (n=30)	10
	Resilient Cities (n=50)	14
	Dirençli şehir (n=13)	2
	Dayanıklılı şehir (n=8)	3
Kentsel Dirençlilik (n=41)	Dirençli Kent (n=61)	17
	Kentsel Dayanıklılık (n=25)	2
	Dayanıklılı Kent (n=31)	2
	Resilient City (n=30)	9
	Resilient Cities (n=50)	7
	Dirençli şehir (n=13)	0
	Dayanıklılı şehir (n=8)	2
Dirençli Kent (n=61)	Kentsel Dayanıklılık (n=25)	2
	Dayanıklılı Kent (n=31)	3
	Resilient City (n=30)	5
	Resilient Cities (n=50)	9
	Dirençli şehir (n=13)	2
	Dayanıklılı şehir (n=8)	0
Kentsel Dayanıklılık (n=25)	Dayanıklılı Kent (n=31)	9
	Resilient City (n=30)	1
	Resilient Cities (n=50)	3
	Dirençli şehir (n=13)	0
	Dayanıklılı şehir (n=8)	0
Dayanıklılı Kent (n=31)	Resilient City (n=30)	0
	Resilient Cities (n=50)	9
	Dirençli şehir (n=13)	0
	Dayanıklılı şehir (n=8)	0
Resilient City (n=30)	Resilient Cities (n=50)	5
	Dirençli şehir (n=13)	1
	Dayanıklılı şehir (n=8)	1
Resilient Cities (n=50)	Dirençli şehir (n=13)	6
	Dayanıklılı şehir (n=8)	6
Dirençli şehir (n=13)	Dayanıklılı şehir (n=8)	0

“Kentsel dirençlilik” ile ilgili terimler ile YÖKTEZ veri tabanı üzerinden herhangi bir yıl sınırlaması olmaksızın yapılan taramada, 2002–2025 yılları arasında toplam 182 lisansüstü tez çalışması analiz edilmiştir. Yıllara göre dağılım incelendiğinde, özellikle 2022 ve sonrası dönemde kayda değer bir artış olduğu görülmektedir. En fazla tezin üretildiği yıllar 2024 (n=50; %27,5), 2023

(n=33; %18,1) ve 2025 (n=33, %18,1) olarak öne çıkmaktadır. Bu 3 yıl, toplam tez üretiminin yaklaşık %64'üne karşılık gelmektedir. 2017 ve öncesindeki yıllarda ise üretim görece düşük olup, birçok yıl yalnızca 1 veya 2 tez arasında değişen sayılarda çalışma kaydedilmiş olup 2002–2017 yılları arası dönemde her yıl yapılan tez sayısı %2'nin altında kalmıştır. 2018, 2019, 2020 ve 2021 yıllarında az sayıda da olsa tez sayılarında artış yaşanmıştır (Tablo 3) (Şekil 1).

Bilim insanlarının farklı dönemlerde kentsel dirençliliğe gösterdiği ilgi, ülkelerinin kalkınma geçmişi ve yaşadığı felaketlerle yakından ilişkili olmuştur (Kong, Mu, Hu & Zhang, 2022). Türkiye'de 2020 Elazığ Depremi ve 2020 İzmir Depremi, kentlerin afetlere karşı kırılganlığını gündeme taşımıştır. COVID-19 pandemisi (2020–2021), kentlerin sosyal ve altyapısal dayanıklılığının önemini ortaya koymuştur. 2021 orman yangınları ve sel felaketleri, iklim kaynaklı afetlere karşı dirençlilik kavramını öne çıkarmıştır. 2021'de Türkiye'nin Paris İklim Anlaşması'nı onaylaması, iklim uyumu ve sürdürülebilir şehir politikalarını güçlendirmiştir. Son olarak Türkiye örnekleminde büyük kırılma noktası olan en önemli olaylardan biri, 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş Depremleri olmuştur. Söz konusu afet, hem kamusal hem de akademik alanda kentsel dirençlilik, afet yönetimi ve dayanıklı kent planlaması konularına yönelik farkındalığı belirgin biçimde artırmıştır. Bu durum, 2023 yılı ve sonrasında üretilen lisansüstü tez sayısındaki kayda değer artışta da somutlaşmıştır.

Tablo 3. Lisansüstü tezlerin yıllara göre dağılımı.

Yıllar	Sayı	Yüzde	Yıllar	Sayı	Yüzde
2002	1	0,5	2018	7	3,8
2008	1	0,5	2019	7	3,8
2011	1	0,5	2020	4	2,2
2012	1	0,5	2021	8	4,4
2013	1	0,5	2022	19	10,4
2014	1	0,5	2023	43	23,6
2015	2	1,1	2024	50	27,5
2016	1	0,5	2025	33	18,1
2017	2	1,1	Toplam	182	100



Şekil 1. Tezlerin yıllara göre dağılım grafiği.

YÖKTEZ veri tabanında “kentsel dirençlilik” kavramları ile yapılan tarama sonucunda belirlenen toplam 182 lisansüstü tez, türlerine göre değerlendirilmiştir. Bu tezlerin %79,7’sinin yüksek lisans (n=145), %20,3’ünün doktora (n=37) düzeyinde olduğu saptanmıştır. Söz konusu dağılım, kavramın Türkiye akademisinde özellikle yüksek lisans düzeyinde daha yoğun olarak ele alındığını, doktora düzeyinde ise görece düşük bir oranda incelendiği anlaşılmaktadır (Tablo 4).

Tablo 4. Lisansüstü tezlerin yıllara göre dağılımı.

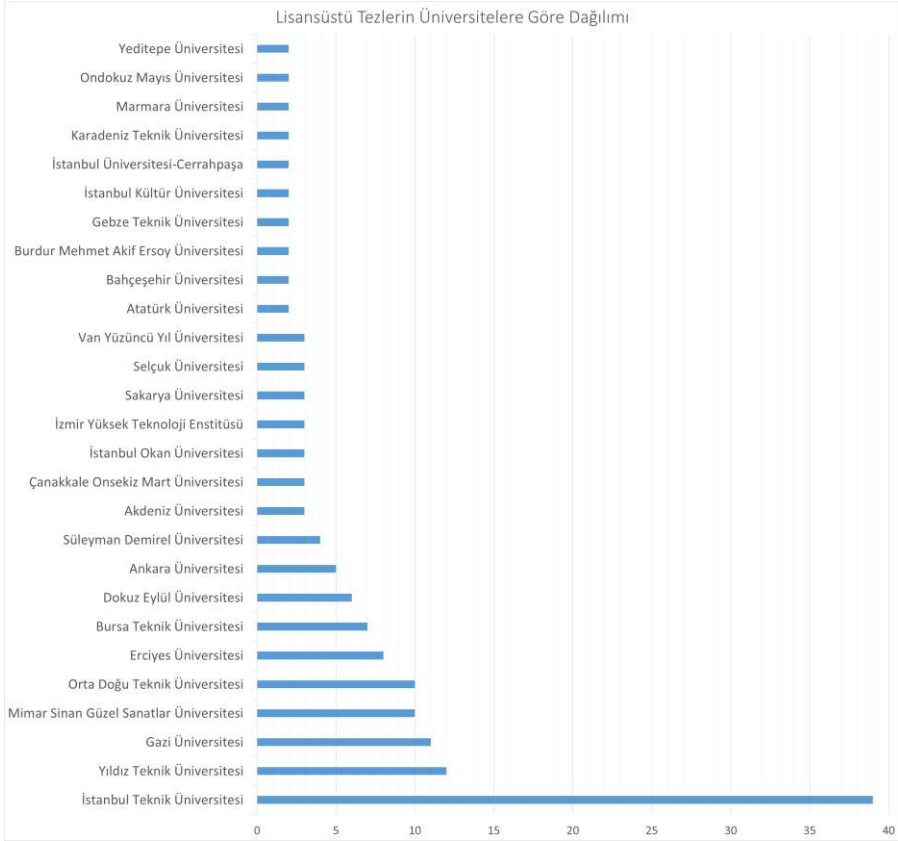
Tezin Türü	Sayı	Yüzde
Yüksek Lisans	145	79,7
Doktora	37	20,3
Toplam	182	100

YÖKTEZ veri tabanında “kentsel dirençlilik” kavramı ile ulaşılan toplam 182 lisansüstü tezin dil dağılımı incelendiğinde, tezlerin %72’sinin Türkçe (n=131), %28’inin İngilizce (n=51) dilinde hazırlandığı belirlenmiştir. Bu bulgu, araştırma kapsamındaki tezlerin dilsel çeşitliliğini ve oranlarını niceliksel olarak ortaya koymaktadır (Tablo 5).

Tablo 5. Lisansüstü tezlerin yayın diline göre dağılımı.

Tezin Dili	Sayı	Yüzde
Türkçe	131	72
İngilizce	51	28
Toplam	182	100

YÖKTEZ veri tabanında “kentsel dirençlilik” kavramları ile belirlenen lisansüstü tezlerin üniversitelere göre dağılımı Tablo X’te gösterilmektedir. Tezlerin %21,4’ü İstanbul Teknik Üniversitesi’nde (n=39), %6,6’sı Yıldız Teknik Üniversitesi’nde (n=12), %6,0’ı Gazi Üniversitesi’nde (n=11) yürütülmüştür. Bu üç üniversite, toplam tezlerin yaklaşık üçte birini (%34) oluşturmaktadır. Orta Doğu Teknik Üniversitesi ve Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, %5,5 oranla (n=10) eşit sayıda tezle sonraki sırada yer almaktadır. Erciyes Üniversitesi (%4,4; n=8) ve Bursa Teknik Üniversitesi (%3,8; n=7) de görece yüksek oranlara sahiptir. Veri setinde 55 farklı üniversite tespit edilmiştir. Bunların 27’sinde yalnızca birer tez (%0,5) bulunmaktadır. Türkiye dışından iki üniversiteye (Deakin University ve Politecnico di Milano) ait toplam iki tez (%1,0) belirlenmiştir (Tablo 6 ve Şekil 2).



Şekil 2. Tezlerin üniversitelere göre dağılım grafiği (yalnızca en az iki veya daha fazla tez sayısına sahip üniversiteleri göstermektedir).

Tablo 6. Lisansüstü tezlerin üniversitelere göre dağılımı.

Üniversite Adı	Sayı	Yüzde
İstanbul Teknik Üniversitesi	39	21,4
Yıldız Teknik Üniversitesi	12	6,6
Gazi Üniversitesi	11	6,0
Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi	10	5,5
Orta Doğu Teknik Üniversitesi	10	5,5
Erciyes Üniversitesi	8	4,4
Bursa Teknik Üniversitesi	7	3,8
Dokuz Eylül Üniversitesi	6	3,3
Ankara Üniversitesi	5	2,7
Süleyman Demirel Üniversitesi	4	2,2
Akdeniz Üniversitesi	3	1,6
Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi	3	1,6
İstanbul Okan Üniversitesi	3	1,6
İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü	3	1,6
Sakarya Üniversitesi	3	1,6
Selçuk Üniversitesi	3	1,6
Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi	3	1,6
Atatürk Üniversitesi	2	1,1
Bahçeşehir Üniversitesi	2	1,1
Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi	2	1,1
Gebze Teknik Üniversitesi	2	1,1
İstanbul Kültür Üniversitesi	2	1,1
İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa	2	1,1
Karadeniz Teknik Üniversitesi	2	1,1
Marmara Üniversitesi	2	1,1
Ondokuz Mayıs Üniversitesi	2	1,1
Yeditepe Üniversitesi	2	1,1
Altınbaş Üniversitesi	1	0,5
Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi	1	0,5
Aydın Adnan Menderes Üniversitesi	1	0,5
Bartın Üniversitesi	1	0,5
Çankırı Karatekin Üniversitesi	1	0,5
Çukurova Üniversitesi	1	0,5
Deakin University	1	0,5
Ege Üniversitesi	1	0,5
Eskişehir Teknik Üniversitesi	1	0,5
Fırat Üniversitesi	1	0,5
Galatasaray Üniversitesi	1	0,5
Gümüşhane Üniversitesi	1	0,5
İhsan Doğramacı Bilkent Üniversitesi	1	0,5
İstanbul Arel Üniversitesi	1	0,5
İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi	1	0,5

İstanbul Topkapı Üniversitesi	1	0,5
İstanbul Üniversitesi	1	0,5
İzmir Demokrasi Üniversitesi	1	0,5
İzmir Ekonomi Üniversitesi	1	0,5
İzmir Katip Çelebi Üniversitesi	1	0,5
Kadir Has Üniversitesi	1	0,5
Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi	1	0,5
Kocaeli Üniversitesi	1	0,5
KTO Karatay Üniversitesi	1	0,5
Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi	1	0,5
Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi	1	0,5
Özyeğin Üniversitesi	1	0,5
Politecnico di Milano	1	0,5
Trakya Üniversitesi	1	0,5
Toplam	182	100

Tablo 7’de ise kentsel dirençlilik içerikli tezlerin konularına/anabilim dallarına göre dağılımı yer almaktadır. Çalışmaların anabilim dallarına göre dağılımı, kavramın Türkiye akademisinde disiplinlerarası bir araştırma alanı olarak geliştiğini göstermektedir. Tezlerin en yüksek oranda Şehircilik ve Bölge Planlama (%44,5; n=81), Mimarlık (%15,9; n=29) ve Peyzaj Mimarlığı (%13,2; n=24) alanlarında üretildiği görülmektedir. Bu üç alan birlikte değerlendirildiğinde, kentsel dirençlilikle ilişkili tezlerin yaklaşık %74’ünün (n=134) mekânsal disiplinlerde yoğunlaştığı anlaşılmaktadır. Sosyal bilimler kapsamında yer alan Kamu Yönetimi ve Sosyoloji anabilim dallarında tezlerin toplam oranı 8,2%’dir (n=15). Teknik ve mühendislik disiplinlerinde üretilen tezler ise Jeodezi ve Fotogrametri, Deprem Mühendisliği, Coğrafya, İnşaat Mühendisliği, Endüstri Mühendisliği, Çevre Mühendisliği, Jeoloji Mühendisliği ve Afet ve Savaş Sonrası İmar ve Rehabilitasyon alanlarını kapsamaktadır; bu gruptaki tezlerin toplam oranı 16,1%’dir (n=28). İşletme ve Bilim ve Teknoloji anabilim dallarında üretilen tezlerin her biri toplamın 0,5%’ini (n=1) oluşturmaktadır. Bu veriler, kentsel dirençlilik tezlerinin Türkiye akademisinde disiplinlerarası bir dağılım gösterdiğini fakat özellikle mekânsal planlama ve mimarlık alanlarında yoğunlaştığını göstermektedir (Tablo 7).

Tablo 7. Lisansüstü tezlerin Anabilim Dalına/konularına göre dağılımı.

Anabilim Dalı / Konu	YL	DR	Toplam	Yüzde
Şehircilik ve Bölge Planlama	63	18	81	44,5
Mimarlık	25	4	29	15,9
Peyzaj Mimarlığı	19	5	24	13,2
Kamu Yönetimi	9	5	14	7,7
Jeodezi ve Fotogrametri	7	1	8	4,4
Deprem Mühendisliği	5	1	6	3,3
Coğrafya	5	1	6	3,3
İnşaat Mühendisliği	3	1	4	2,2
Endüstri ve Endüstri Mühendisliği	1	1	2	1,1
Çevre Mühendisliği	2	-	2	1,1
Sosyoloji	1	-	1	0,5
Ormancılık ve Orman Mühendisliği	1	-	1	0,5
Jeoloji Mühendisliği	1	-	1	0,5
İşletme	1	-	1	0,5
Bilim ve Teknoloji	1	-	1	0,5
Afet ve Savaş Sonrası İmar ve Rehabilit.	1	-	1	0,5
Toplam	145	37	182	100

SONUÇ

Elde edilen bulgular, Türkiye’de kentsel dirençlilik üzerine yapılan lisansüstü çalışmaların yaklaşık on beş yıllık bir geçmişe sahip olduğunu ve 2022–2025 yıllarında ve özellikle son 2 yılda tez sayılarında belirgin bir artış yaşandığını göstermektedir. Bu durum ülkenin kalkınma geçmişi ve yaşadığı felaketlerle ilişkilidir. Çalışmaların büyük bir kısmının Şehircilik ve Bölge Planlama, Mimarlık ve Peyzaj Mimarlığı disiplinlerinde yoğunlaştığı tespit edilmiştir; diğer disiplinlerde ise çalışma sayısı az olup, kentsel dirençliliğin farklı boyutlarına ilişkin araştırmalar yeterince ele alınmamıştır. Ayrıca Türkçe literatürde “Urban Resilience” ve “Resilient City” kavramlarının farklı karşılıklarla kullanılmasının terminolojik karmaşıklığa yol açtığı ve gelecekte ortak bir kullanımın literatürde tutarlılığı artıracağı görülmektedir.

Sonuç olarak, Türkiye’de kentsel dirençlilik konulu lisansüstü tezlerin giderek arttığı, ancak sosyal boyutlar ve disiplinlerarası yaklaşımların yeterince ele alınmadığı görülmektedir. Bu durum, gelecekte yapılacak araştırmalar için önemli bir yönlendirme sağlamaktadır.

KAYNAKÇA

- Barron, D. J., & Frug, G. E. (2002). After 9/11: Cities. *The Urban Lawyer*, 583-598.
- Bastianoni, S., Pulselli, F. M., & Tiezzi, E. (2004). Sustainable development at local level and “anthropic resilience”. Sustainability indicators from SPIn-Eco project. *Advances In Architecture Series*, 18, 133-142.
- Castenfors, K., & Svedin, L. (2001). Crisis communication: learning from the 1998 LPG near miss in Stockholm. *Journal of Hazardous Materials*, 88 (2-3), 235-254.
- Davidson, J. (1985). Human settlements: Building a new resourcefulness. *Habitat International*, 9 (3-4), 7-26.
- Holling, S. Crawford (1973). Resilience and Stability of Ecological Systems. *Annual Review Of Ecology and Systematics*, 4 (1), 1-23.
- Kong L., Mu X., Hu G. ve Zhang Z. (2022). The application of resilience theory in urban development: a literature review. *Environ Sci Pollut Res Int*. 29 (33), 49651-49671. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-20891-x>.
- Lazarides MK, Lazaridou I-Z, Papanas N. (2023). Bibliometric Analysis: Bridging Informatics With Science. *The International Journal of Lower Extremity Wounds*. 24 (3), 515-517. <https://doi.org/10.1177/15347346231153538>
- Meerow, S., Newell, J. P., & Stults, M. (2016). Defining urban resilience: A review. *Landscape and urban planning*, 147, 38-49.
- Motesharrei S., Rivas J. ve Kalnay E. (2016). Modeling sustainability: population, inequality, consumption, and bidirectional coupling of the earth and human systems. *NATL SCI REV w81*. <https://doi.org/10.1093/nsr/nww081>
- Porter, P. R. (1986). America's industrial cities: jolted but resilient. *The Annals of the American Academy of Political and Social Science*, 488(1), 77-84.
- Spaans M, Waterhout B. (2017). Building up resilience in cities worldwide-Rotterdam as participant in the 100 Resilient Cities Programme. *Cities*. 61:109–116. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2016.05.011>.

Sustainable Prosperity. (n.d.). *Economic resilience*. Retrieved October 6, 2025, from <https://sustainable-prosperity.eu/sustainable-prosperity/economic-resilience/>

Tobin GA. (1999). Sustainability and community resilience: the holy grail of hazards planning? *Environ Hazards*.1:13–25. <https://doi.org/10.3763/ehaz.1999.0103>.

BÖLÜM 5

DEPREM VE İKLİM DİRENÇLİLİĞİ KESİŞİMİNDE GELİŞEN ARAŞTIRMA EĞİLİMLERİ: 2015–2025 ARASI BİBLİYOMETRİK BİR ANALİZ

Çisem SEYHAN¹

Prof. Dr. Ebru ÇUBUKÇU²

DOI: <https://www.doi.org/10.5281/zenodo.18066774>

¹ Dokuz Eylül Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi , Şehir ve Bölge Planlama Bölümü, İzmir, Türkiye. cisemseyhann@gmail.com, Orcid id: 0000-0002-7451-8377

² Dokuz Eylül Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi , Şehir ve Bölge Planlama Bölümü, İzmir, Türkiye. ebru.cubukcu@deu.edu.tr, Orcid id: 0000-0002-2211-0441

1. GİRİŞ

Günümüzde kentler, hem ani ortaya çıkan tehlikeler (örneğin depremler) hem de iklim değişikliğinin yol açtığı yavaş gelişen çevresel stresler nedeniyle çok boyutlu risklerle karşı karşıya kalmaktadır. Kentsel sistemlerin bu risklere karşı esneklik kazanması, literatürde “kentsel dirençlilik” kavramı altında tartışılmakta; dirençlilik, şoklara karşı absorbe etme, uyum sağlama ve hızlı toparlanma kapasitesi olarak tanımlanmaktadır (Folke et al., 2010; Meerow, Newell & Stults, 2016). Deprem tehlikesi ile iklim değişikliğine bağlı afetlerin etkileşimli doğası, araştırmacıları bu iki risk alanını birlikte değerlendirmeye yöneltmektedir. Nitekim son yıllarda çoklu tehlike yaklaşımları, afet risk azaltma stratejilerinin merkezine yerleşmiştir (UNDRR, 2019).

Yapılan çalışmalar, depremler ve iklim kaynaklı tehlikelerin kentsel altyapı üzerinde çift yönlü ve birbirini tetikleyen etkiler oluşturduğunu vurgulamaktadır. İklim değişikliğinin heyelan riskini artırarak deprem sonrası ikincil afetlerin şiddetlenmesine neden olabileceği (Crozier, 2010), sıcaklık artışının yapı malzemelerinin dayanıklılığını azaltarak deprem zararlarını artırabileceği (D’Ayala & Ansal, 2012) ve deprem sonrası geçici barınma süreçlerinin ısıl konfor, su yönetimi ve enerji tüketimi bakımından iklim uyumuyla doğrudan ilişkili olduğu belirtilmektedir (Cozzolino et al., 2020). Bu ilişkisellik, afet planlamasında deprem ve iklim değişikliğini birbirinden ayırmaz iki risk alanı olarak ele alma gerekliliğini ortaya koymaktadır.

2015 sonrası araştırmalar, özellikle Sendai Afet Risk Azaltma Çerçevesi’nin kabulüyle birlikte, deprem ve iklim değişikliği temalarının giderek daha bütüncül bir çerçevede ele alındığını göstermektedir. Deprem riskinin yalnızca yapısal dayanıklılıkla açıklanamayacağı; toplumsal kırılğanlık (Cutter et al., 2014), mekânsal eşitsizlikler (Shi et al., 2021), ekosistem dayanıklılığı (Sharifi, 2016) ve çoklu tehlike senaryolarının (Kappes et al., 2012) birlikte değerlendirilmesi gerektiği vurgulanmaktadır. Bu yaklaşım, kentsel planlama disiplininin risk azaltma, arazi kullanım kararları, sürdürülebilir kentsel tasarım, altyapı dayanıklılığı ve doğa tabanlı çözümler gibi alanlarda oynadığı kritik rolü daha görünür hâle getirmiştir (Quagliarini & D’Orazio, 2017; Jabareen, 2015). Aynı dönemde yapılan çalışmalar, iklim uyumu ile deprem hazırlığı süreçlerinin birbirini güçlendiren paralel mekanizmalar olduğunu ve toplumsal dayanıklılığın her iki alanda da merkezî bir kavram olarak öne çıktığını ortaya koymaktadır (Aldrich & Meyer, 2015).

Bununla birlikte literatürdeki mevcut çalışmaların önemli bir bölümü deprem ve iklim risklerini ayrı ayrı ele almakta; bu iki tehlikenin kesişimsel biçimde analiz edildiği çalışmalar görece sınırlı kalmaktadır. Bu bağlamda, deprem ve iklim dirençliliği alanındaki küresel araştırma eğilimlerini, işbirliği ağlarını, kavramsal kümeleri ve tematik gelişimi ortaya koyan bibliyometrik bir analiz, literatürde önemli bir boşluğu doldurmaktadır. Bu çalışma, Web of Science veri tabanında 2015–2025 arasında yayımlanan 649 akademik çalışmayı inceleyerek, deprem ve iklim dirençliliği kesişimindeki bilimsel üretimin kapsamlı bir değerlendirmesini sunmayı amaçlamaktadır.

2. ARAŞTIRMA METODOLOJİSİ

Bu araştırmada, deprem ve iklim dirençliliği kesişimindeki bilimsel üretimi görünür kılmak amacıyla bibliyometrik analiz yöntemi tercih edilmiştir. Bibliyometrik analiz; literatürdeki temel eğilimleri, tematik yoğunlaşmaları, kavramsal gelişimi ve işbirliği ağlarını nesnel biçimde ortaya koyma konusunda etkili bir yöntemdir (Aria & Cuccurullo, 2017). Bu doğrultuda çalışma kapsamına Web of Science Core Collection veri tabanında 2015–2025 yılları arasında yayımlanan akademik yayınlar dahil edilmiştir. Arama sürecinde, deprem ve iklim değişikliği temalarının kentsel bağlamda kesişimini yakalamak amacıyla kapsamlı bir sorgu dizisi kullanılmıştır. WoS araması şu sorgu ile gerçekleştirilmiştir:

TS=((("deprem" OR "sismik risk" OR "sismik dirençlilik" OR "afet risk azaltma" OR "çoklu tehlike"))

AND TS=((("iklim dirençliliği" OR "iklim uyumu" OR "iklim değişikliği"))

AND TS=((("kentsel" OR "kent" OR "mekânsal planlama" OR "kentsel planlama" OR "dirençli kent"))

AND PY=(2015-2025)

[TS=((("earthquake" OR "seismic risk" OR "seismic resilience" OR "disaster risk reduction" OR "multi-hazard")) AND TS=((("climate resilience" OR "climate adaptation" OR "climate change")) AND TS=((("urban" OR "city" OR "spatial planning" OR "urban planning" OR "resilient city")) AND PY=(2015-2025)] (Web of Science taraması İngilizce dilinde yapılmıştır.)

Bu sorgu sonucunda toplam 649 yayın elde edilmiş ve veriler “Tam Kayıt ve Atıf Yapılan Referanslar” formatında dışa aktarılmıştır. Veri seti

Bibliometrix/Biblioshiny yazılımı ile analiz edilerek doküman türleri, yıllara göre yayın eğilimleri, atıf örüntüleri, anahtar kelime dağılımları ve en etkili yazarlar incelenmiştir. Anahtar kelimeler arasındaki ilişkileri belirlemek amacıyla VOSviewer kullanılmış; anahtar kelimeler üzerinden eş-ortaklık (co-occurrence) ağı ve tematik kümeler üretilmiştir. Bu bütüncül yöntemsel yaklaşım, deprem ve iklim dirençliliği alanında son on yıl içinde gelişen kavramsal yapıyı hem niceliksel hem de ilişkisel düzeyde ortaya koymayı mümkün kılmıştır.

Web of Science veri tabanı üzerinden daha önce belirlenen arama başına göre yapılan tarama ile ulaşılan 649 akademik çalışma gözden geçirilerek kapsam dışı çalışmalar çıkarıldıktan sonra ilk olarak en fazla atıf alan ilk 10 yayın irdelenmiştir (Tablo 1.).

Tablo 1. WOS Veri Tabanına Göre En Fazla Atıf Alan Akademik Çalışmaların Atıf Sayısı ve Özeti

Yazar (Yayın Yılı)	Makale Başlığı	Atıf Sayısı	Özet İçerik
Froude Mj; Petley Dn (2018)	Global Fatal Landslide Occurrence from 2004 to 2016	1373	2004-2016 arasında 4.862 heyelanda 55.997 kişi yaşamını yitirmiştir. En fazla etkilenen bölge Asya'dır. İnsan kaynaklı etkiler, heyelan riskini iklim değişkenlerinden daha fazla artırdığını göstermektedir.
Brink E., ve diğerleri (2016)	Cascades of Green: a Review of Ecosystem-Based Adaptation in Urban Areas	255	Çalışma, kentlerdeki ekosistem temelli uyum (EBA) yaklaşımlarını incelemekte ve beş bileşenli bir kavramsal çerçeve sunmaktadır. EBA araştırmaları parçalı ilerlemekte; odak genellikle ısı ve sel riskine karşı yeşil alanlar ve sulak alanlardır. Sosyal ve etik boyutlar ise literatürde büyük ölçüde göz ardı edilmektedir.
Araos M., ve diğerleri (2016)	Climate Change Adaptation Planning in Large Cities: a Systematic Global Assessment	241	401 büyük kentten yalnızca %15'i iklim uyumuna yönelik somut adımlar bildirmiştir. Geniş çaplı uyum sağlayan kentler çoğunlukla yüksek gelirli ülkelerde yer alırken, küresel ölçekte kentlerde iklim uyumu hâlâ erken aşamadır.

McPhillips Le., ve diğerleri (2018)	Defining Extreme Events: a Cross-Disciplinary Review	209	İklim değişikliği, sıcak hava dalgaları, seller ve fırtınalar gibi aşırı olayların sıklığını ve etkisini artırmaktadır. Ancak farklı disiplinler bu olayları farklı şekillerde tanımladığından, afet yönetimi ve direnç geliştirme süreçlerinde ortak bir anlayış eksikliği bulunmaktadır.
Depietri Y; Mcphearson T (2017)	Integrating the Grey, Green, and Blue in Cities: Nature-Based Solutions for Climate Change Adaptation and Risk Reduction	205	İklim değişikliğinin artırdığı afet riskleri karşısında şehirler savunmasızdır; ekosistemler bu riskleri azaltabilir. Gri altyapılar yetersiz kalırken, hibrit çözümler (yeşil, mavi ve gri) daha etkili bir uyum stratejisi sunar.
Amirzadeh M; Sobhaninia S; Sharifi A (2022)	Urban Resilience: a Vague or an Evolutionary Concept?	197	İklim değişikliği ve hızlı kentleşme, şehirleri doğal afetlere karşı savunmasız hale getirirken, kentsel dayanıklılık kavramı giderek önem kazanmaktadır. Bu çalışma, direnç kavramının belirsizliğini ele alarak uyum, toparlanma ve dönüşüm temelli yaklaşımları sistematik biçimde açıklamaktadır.
Chu E; Anguelovski I; Carmin J (2016)	Inclusive Approaches to Urban Climate Adaptation Planning and Implementation in the Global South	166	Çalışma, şehirlerin iklim uyum planlamasında sivil toplum katılımının biçimlerini ve etkilerini incelemekte; kapsayıcı yaklaşımların iklim adaleti açısından kısa vadede daha etkili olduğunu göstermektedir. Ancak uzun vadeli başarı için çok paydaşlı yönetim yapılarının kurumsallaşması da kritik görülmektedir.
Reckien D., ve diğerleri. (2017)	Climate Change, Equity and the Sustainable Development Goals: an Urban Perspective	157	İklim değişikliğine bağlı sıcak hava dalgaları, sel ve heyelan gibi afetler şehirlerdeki eşitsizlikleri derinleştirerek en çok düşük gelirli ve toplumsal olarak kırılgan grupları etkilemektedir. Çalışma, uyum ve azaltım politikalarının da adaletsizlik yaratabileceğine dikkat çekerek, iklim adaletine yönelik çözüm önerileri sunmaktadır.
Wamsler C., ve diğerleri (2020)	Beyond Participation: When Citizen Engagement Leads to Undesirable Outcomes for	147	Doğa temelli çözümler şehirlerde iklim uyumu için öne çıksa da, mevcut yurttaş katılım biçimleri sürdürülebilir dönüşüm sağlamada yetersiz kalmaktadır. Güç ilişkileri ve yönetim kapasitesi eksiklikleri, iklim uyum süreçlerinde katılımın etkisini sınırlamaktadır.

Nature-Based
Solutions and
Climate Change
Adaptation

Gonçalves Lapj; Ribeiro Pjg (2020)	Resilience of Urban Transportation Systems. Concept, Characteristics, and Methods	115	Kentsel ulaşım sistemleri doğal afetler ve insan kaynaklı kesintilere karşı kırılgandır; bu nedenle dirençlilik kavramı giderek önem kazanmaktadır. Çalışma, ulaşım altyapısının afet sonrası uyum ve dönüşüm kapasitesini değerlendirmeye yönelik kavramsal bir çerçeve sunmaktadır.
---	---	-----	---

Tablo 1’de WOS veri tabanına göre en fazla atıf alan ilk on akademik çalışmanın atıf sayıları ve akademik çalışmaların, çalışma içeriği özetle verilmektedir. Bu bağlamda bibliyometrik analiz için WOS veri tabanı üzerinden yapılan tarama sonucu en fazla atıf alan çalışmada Froude ve Petley (2018), 2004–2016 yılları arasında meydana gelen ölümcül ve sismik olmayan heyelanlara ilişkin küresel bir veri setini analiz ederek afetlerin mekânsal ve zamansal dağılımını kapsamlı biçimde ortaya koymaktadır. Çalışmada toplam 4.862 heyelan olayında 55.997 kişinin hayatını kaybettiği belirlenmiş; özellikle Asya kıtasının yüksek nüfus yoğunluğu, topoğrafya ve iklim koşulları nedeniyle en fazla etkilenen bölge olduğu vurgulanmıştır. Bulgular, heyelanların El Niño gibi iklimsel anomalilerin yaşandığı yıllarda artış eğilimine girdiğini göstermekte; bununla birlikte iklim değişikliği ile heyelan sıklığı arasındaki ilişkinin daha uzun süreli veri setlerine ihtiyaç duyduğu belirtilmektedir. Makale ayrıca, madencilik, inşaat ve yol yapımı gibi insan faaliyetlerinin heyelan riskini giderek artırdığını ortaya koyarak afet oluşumunun doğal süreçlerle sınırlı olmadığına dikkat çekmektedir. Bu yönüyle çalışma, risk azaltma politikalarının yalnızca iklimsel etkilere değil, aynı zamanda insan kaynaklı arazi kullanım pratiklerine odaklanması gerektiğini vurgulayan önemli bir başvuru niteliği taşımaktadır.

Brink ve arkadaşları (2016), ekosistem temelli uyum (Ecosystem-based Adaptation, EbA) yaklaşımlarının iklim değişikliğiyle mücadelede şehirlerde nasıl kullanılabileceğini kapsamlı şekilde incelemektedir. Çalışma, geleneksel “gri altyapı” çözümlerinin yüksek maliyetli ve sınırlı esnekliğe sahip olduğunu, buna karşın doğa temelli çözümlerin çok işlevli, maliyet etkin ve sürdürülebilir

alternatifler sunduğunu savunmaktadır. Yazarlar, yeşil alanlar, parklar, sulak alanlar ve ağaçlandırma gibi yapılar aracılığıyla sıcaklık düzenleme, sel kontrolü ve erozyonun azaltılması gibi afet risklerinin düşürülebileceğini belirtmektedir. Ancak makale, kent bağlamında ekosistem temelli uyum uygulamalarının hâlen parçalı bir literatüre sahip olduğunu ve sosyo-ekonomik eşitlik, paydaş katılımı, yönetim yapıları gibi alanlarda ciddi boşluklar bulunduğunu vurgular. Bu bağlamda çalışma, ekosistem temelli uyumun şehirlerde etkili ve adil bir iklim uyumu sağlayabilmesi için sadece biyofiziksel değil, aynı zamanda sosyal, ekonomik ve kurumsal boyutların da entegre edilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır.

McPhillips ve arkadaşları (2018), iklim değişikliğiyle bağlantılı olarak artan aşırı hava olaylarının (örneğin sıcak hava dalgaları, sel, fırtına) farklı disiplinlerde nasıl tanımlandığını inceleyerek bu konudaki kavramsal belirsizlikleri ortaya koymaktadır. Çalışma; klimatoloji, yer bilimleri, ekoloji, mühendislik, hidroloji ve sosyal bilimler gibi altı ana disiplini karşılaştırmalı olarak analiz ederek, “aşırılık” kavramının tanımında ortak bir çerçevenin bulunmadığını göstermektedir. Araştırmaya göre, birçok akademik çalışma aşırı olayları yalnızca nicel eşiklerle tanımlarken, olayların toplumsal etkileri veya bağlamsal kırılganlık gibi nitel faktörler çoğu zaman göz ardı edilmektedir. Makale, aşırı olayların sadece fiziksel özelliklerine değil, bu olayların insanlar ve altyapılar üzerindeki etkilerine de odaklanılması gerektiğini savunarak, dirençlilik politikalarının etkili biçimde tasarlanabilmesi için daha net, disiplinler arası ve ortak tanımlar geliştirilmesini önermektedir. Bu yönüyle çalışma, afet yönetimi, iklim uyumu ve dirençlilik literatüründe kavramsal netlik sağlama amacı taşıyan özgün bir katkı sunmaktadır.

Depietri ve McPhearson (2017), şehirlerde iklim değişikliği uyumu ve afet risk azaltımı bağlamında “gri”, “yeşil” ve “mavi” altyapı türlerini karşılaştırmalı olarak ele alarak, geleneksel gri altyapı çözümlerinin sınırlılıklarını vurgulamıştır. Araştırmacılar, yalnızca beton ve teknik altyapı sistemlerine dayanan yaklaşımların uzun vadede kentsel kırılganlığı azaltmakta yetersiz kalabileceğini; bunun yerine doğal sistemleri (yeşil alanlar, sulak alanlar, suyla ilişkili ekolojik yapılar) içeren hibrit altyapı modellerinin sel kontrolü, sıcaklık düzenleme, erozyon kontrolü gibi afet düzenleyici işlevleri daha etkin biçimde üstlenebileceğini ileri sürmüşlerdir. Yaptıkları literatür taramasına ve vaka incelemelerine dayanarak, sürdürülebilir kentsel uyumun

sağlanabilmesi için gri, yeşil ve mavi altyapı bileşenlerinin birlikte planlanması gerektiğini belirtmişlerdir. Bu yönüyle çalışma, kentsel planlama ve politika tasarımı da doğa temelli çözümler ile teknik altyapıların entegrasyonunu savunan, iklim değişikliği ve afet risklerine karşı bütüncül bir adaptasyon stratejisi önerisi sunmaktadır.

En çok atıf alan bu akademik çalışmaların incelenmesi, deprem ve iklim dirençliliği alanındaki güncel araştırmaların ağırlıklı olarak iklim değişikliği kaynaklı afetler, kentsel uyum kapasitesi, doğa tabanlı çözümler (EBA/NBS), kentsel savunmasızlık, eşitsizlik ve adalet temelli yaklaşımlar etrafında yoğunlaştığını göstermektedir. Çalışmaların büyük bölümünün sıcak hava dalgaları, seller, heyelanlar, fırtınalar ve aşırı hava olayları gibi iklim kaynaklı risklerin kentler üzerindeki etkilerini değerlendirdiği; buna karşılık deprem riskinin daha çok çoklu tehlike perspektifinde ele alındığı görülmektedir. Ortak olarak, kentlerin hem iklim hem deprem gibi ani-onset afetlere karşı artan kırılganlığının, özellikle yetersiz planlama, hızlı kentleşme, altyapı eksiklikleri ve ekosistem tahribatı ile ilişkilendirildiği dikkat çekmektedir.

Literatürün büyük kısmı, ekosistem temelli çözümlerin, yeşil–mavi altyapı uygulamalarının, kentsel yeşil ağların ve doğa tabanlı risk azaltma stratejilerinin hem iklim uyumu hem de afet risk azaltımı için etkili araçlar olduğunu vurgulamaktadır. Ayrıca kentsel adalet, toplumsal eşitsizlik, katılımcı yönetim ve kurumsal kapasite temalarının neredeyse tüm çalışmalarda kritik bileşenler olarak öne çıktığı görülmektedir. Bu durum, kentlerin yalnızca fiziksel altyapıları üzerinden değil, aynı zamanda sosyal, yönetsel ve ekolojik sistemleri aracılığıyla direnç kazanabileceğini ortaya koymaktadır.

Çalışmaların ortak bir diğer yönü, kentlerde iklim değişikliği ve afet risklerinin yönetiminde bütüncül, disiplinlerarası ve uzun vadeli planlama gerekliliğini vurgulamasıdır. En çok atıf alan bu yayınlarda, özellikle kamu katılımı, şeffaf yönetim, eşitlikçi politika geliştirme ve uygulanabilir uyum stratejileri üzerinde durulmakta; kırılgan grupların risklere orantısız şekilde maruz kaldığına işaret edilmektedir. Sonuç olarak, incelenen çalışmaların tümü, kentlerin gelecekteki şoklara karşı dayanıklılığını artırmak için ekolojik tabanlı yaklaşımlar, sosyal adalet odaklı politikalar ve kapsayıcı yönetim modellerinin birlikte ele alınması gerektiğini göstermektedir. Bu bulgular, afet

yönetimi ve kentsel dirençlilik literatüründe giderek güçlenen bütüncül ve kapsayıcı bir yaklaşımın gelişmekte olduğunu ortaya koymaktadır.

3. BULGULAR

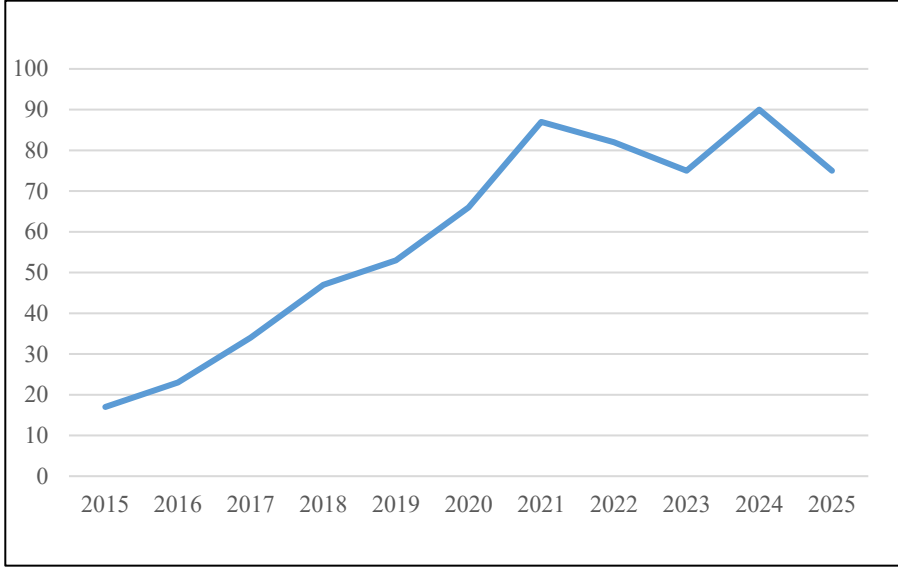
Çalışmada, 2015–2025 yılları arasında konuya odaklanan toplam 649 yayın tespit edilmiştir. Bu yayınlar kapsamında 278 farklı kaynak (dergi, kitap vb.) kullanılmış; yazarlar tarafından tanımlanan toplam 1960 anahtar kelime kaydedilmiştir. Alanın kavramsal çeşitliliğini yansıtan bu veriler, araştırma konusunun geniş bir bağlamda ele alındığını göstermektedir. İncelenen literatürde 2372 farklı yazar katkı sunmuş olup, belge başına ortalama 21,9 atıf ile çalışmaların akademik etki düzeyinin orta seviyede ve istikrarlı olduğu görülmektedir (Tablo 1). Belge türleri açısından değerlendirildiğinde, 57’si derleme makalesi, 29’u tam metin bildiri, 2’si ise erken erişim yayını olarak sınıflandırılmıştır.

Tablo 2. Analiz edilen verilere genel bakış (Kaynak: Yazarlar tarafından oluşturulmuştur).

Zaman	2015:2025
Kaynaklar (Dergiler, Kitaplar vb.)	278
Yazar Anahtar Kelimeleri (DE)	1960
Yazarlar	2372
Makale	523
Makale metni	29
Derleme makalesi	57
Erken erişim	2
Makale başına ortalama atıf	21.9

Şekil 1, yıllar itibarıyla yayın sayısındaki değişimi göstermektedir. İncelenen dönem, 2015 yılında yayımlanan 17 makale ile başlamıştır. Bu başlangıçtan sonra, makale sayısı 2021 yılına kadar istikrarlı ve keskin bir artış eğilimi sergilemiştir. Özellikle 2020 ve 2021 yılları arasındaki artış dikkat çekicidir. 2021’de ulaşılan 87 makale sayısı, bu dönemdeki bilimsel üretimin önemli bir zirvesi olmuştur. Bu eğilim, söz konusu alana yönelik uluslararası ilginin, araştırma fonlarının veya akademik çabaların bu altı yıllık süreçte önemli ölçüde yoğunlaştığını göstermektedir. 2021’deki ilk zirvenin ardından makale sayısında 2022’de (82 makale) ve 2023’te (75 makale) hafif bir düşüş

gözlenmiştir. Ancak, bilimsel üretim 2024 yılında tüm zamanların en yüksek seviyesine ulaşarak 90 makale ile ikinci ve en büyük zirvesini yaşamıştır. Son yıl olan 2025'te ise makale sayısı, bir önceki yıla göre önemli bir düşüşle (75 makale) tekrar 2023 seviyesine gerilemiştir. Genel olarak, çalışma alanındaki bilimsel üretim, 2015-2025 yılları arasında pozitif bir net büyüme göstermiş ve kayda değer bir ivme kazanmıştır.



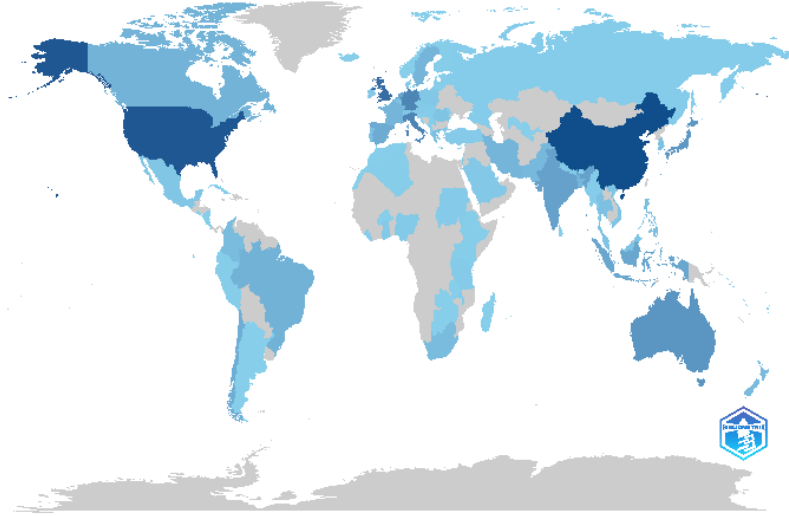
Şekil 1. Yıllar içinde bilimsel üretimdeki değişiklikler

Çalışma kapsamında yapılan analizler, konuya ilişkin akademik üretimin küresel ölçekte yoğunlaştığı ülkeleri ortaya koymuştur. Yayın sayısı bakımından ilk sırada 201 yayın ile Çin yer alırken, onu sırasıyla 185 yayın ile ABD ve 149 yayın ile Birleşik Krallık takip etmektedir. Bu ülkelerin ardından gelen İtalya (113), Almanya (111), Avustralya (86), Japonya (82), Hindistan (67), Hollanda (63) ve Endonezya (59) gibi ülkeler de konuya yönelik önemli akademik katkılar sunmuştur (Tablo 3.). Bu dağılım, özellikle Çin ve ABD gibi ülkelerin teknolojik altyapı, araştırma fonları ve dijital dönüşüm süreçlerindeki öncülüklerinin yayın performansına da yansıdığını göstermektedir. Ayrıca Avrupa kıtasından birçok ülkenin üst sıralarda yer alması, konunun küresel düzeyde disiplinler arası ilgi gördüğünü ve uluslararası iş birliklerine açık bir yapıya sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Türkiye ise toplam 5 yayın ile sıralamada orta-alt bir konumda yer almakta; yüksek deprem riskine rağmen

sınırlı bir akademik üretim göstermektedir. Ancak son yıllarda kentsel dirençlilik, afet risk azaltımı ve iklim uyumu alanlarında artan akademik ilgi, Türkiye'nin bu araştırma alanında gelecekte daha görünür bir aktör hâline gelebileceğine işaret etmektedir (Şekil 2.).

Table 3.Yayın Sayısı Bakımından İlk 10 Ülke

Ülke	Yayın Sayısı
CHINA	201
USA	185
UK	149
ITALY	113
GERMANY	111
AUSTRALIA	86
JAPAN	82
INDIA	67
NETHERLANDS	63
INDONESIA	59



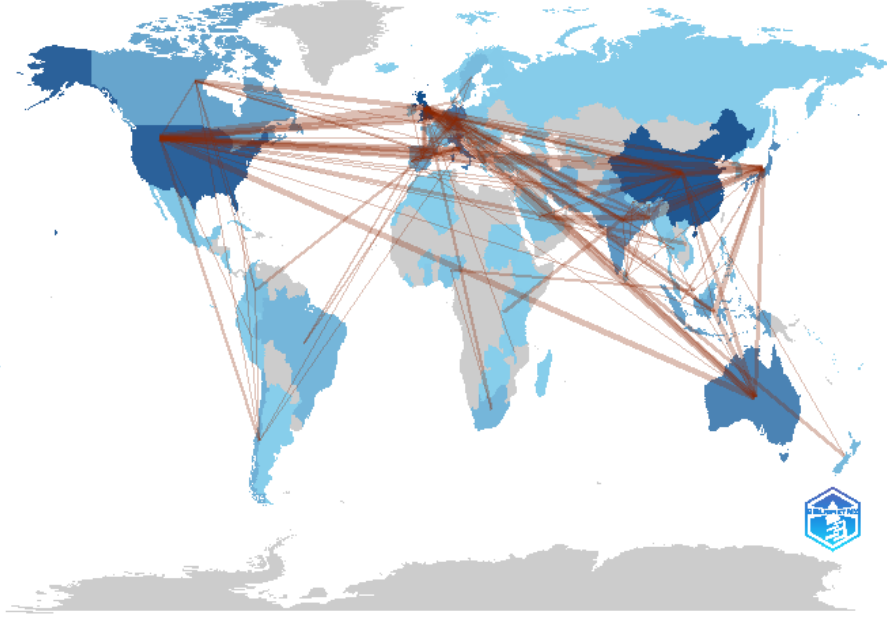
Şekil 2. Bilimsel Yayın Üreten Ülkelerin Haritası

Analiz edilen alandaki uluslararası iş birliği ağı haritası (Şekil 3.), ülkeler arasındaki ortak yazarlık ilişkilerinin coğrafi dağılımını ve küresel araştırma etkileşimlerinin yoğunluğunu görselleştirmektedir. Harita, özellikle ABD, Çin, Birleşik Krallık, Almanya ve Avustralya gibi yüksek yayın kapasitesine sahip

ülkelerin ağın merkezinde konumlandığını ve çok sayıda ülke ile güçlü iş birliği bağları geliştirdiğini ortaya koymaktadır. Bu ülkeler arasında yer alan yoğun kırmızı ve turuncu bağlantı çizgileri, ortak çalışmaların sıklığını ve iki yönlü bilimsel etkileşimin gücünü göstermektedir. Ağ yapısı, özellikle Kuzey Amerika – Avrupa – Asya Pasifik ekseninde son derece yoğunlaşmış olup, küresel bilgi üretiminin bu üç bölge arasında merkezi bir döngü içinde ilerlediğine işaret etmektedir.

Bulgular, Çin-Japonya, ABD-Birleşik Krallık, Avustralya-Yeni Zelanda, Almanya-İran, Çin-Endonezya ve Japonya-Malezya gibi ülke çiftleri arasında dikkate değer düzeyde iş birliği bulunduğunu göstermektedir. Bunun yanı sıra Bangladeş-Nepal, Bhutan-Sri Lanka veya Belçika-Madagaskar gibi bölgesel iş birlikleri de haritada belirgin biçimde öne çıkmaktadır. Bu veriler, hem küresel hem de bölgesel düzeyde farklı iş birliği kümelerinin oluştuğunu ve araştırma alanının disiplinler arası, çok uluslu bir yapı içinde geliştiğini göstermektedir.

Türkiye ise analiz edilen ağda daha sınırlı bir konumda yer almakta, ancak özellikle ABD ile pozitif yönlü iş birliği bağı göstermesi dikkat çekmektedir. Bu durum, Türkiye'nin uluslararası bilimsel iletişime seçici ve belirli ortaklıklar üzerinden katıldığını, ancak gelecekte artan iş birlikleriyle ağ içindeki görünürlüğünü yükseltme potansiyeli taşıdığını ortaya koymaktadır. Genel olarak uluslararası iş birliği haritası, depremler ve iklim dirençliliği alanındaki bilgi üretiminin çok merkezli bir yapıdan beslendiğini ve küresel bilimsel topluluğun ortak çaba ile bu alandaki literatürü zenginleştirdiğini göstermektedir.



Şekil 3. Uluslararası İş Birliği Ağı Haritası

Bu çalışmada toplam 176 yazar anahtar kelimesi (author keywords) analiz edilmiş ve yalnızca 5 veya daha fazla tekrar eden kelimeler değerlendirmeye alınmıştır. Eşik değerini karşılayan kelimeler arasından en yüksek frekansa sahip ilk 15 anahtar kelime, Tablo X’te gösterilmektedir. Bu kelimeler, literatürde deprem ve iklim dirençliliği konularında en baskın kavramsal eğilimleri temsil etmektedir.

Kelime ağının kümelenmesi VOSviewer’ın kümeleme algoritması (Van Eck ve Waltman, 2010) kullanılarak gerçekleştirilmiş ve toplamda 14 küme tespit edilmiştir. Ancak bu çalışmada analitik odak yalnızca en sık geçen 15 kelimeyle sınırlı tutulmuştur. Bu nedenle tabloda yalnızca en baskın kümeler yer almaktadır. Her bir küme, harita üzerinde farklı bir renk ile gösterilmiş olup (Mavi, Kahverengi, Sarı, Mor, Yeşil, Turuncu), tabloya da küme–renk eşleşmesiyle birlikte yansıtılmıştır.

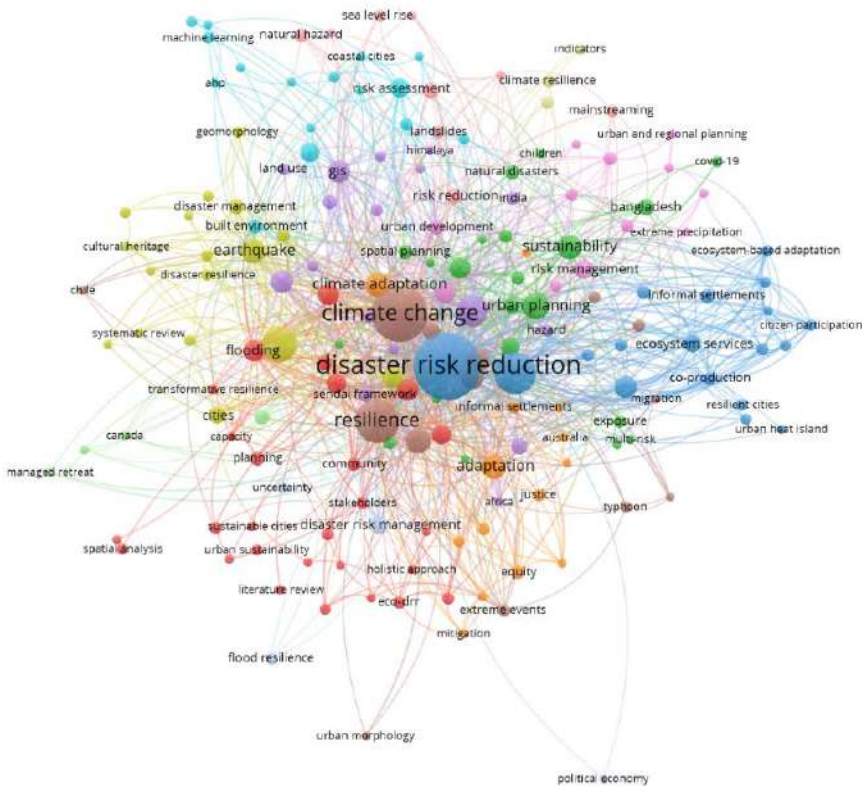
Harita üzerindeki dairelerin büyüklüğü ve etiket boyutu, terimin literatürdeki etkisini göstermektedir. Bu etki iki temel ölçüt üzerinden değerlendirilmektedir:

(1) Bağlantı sayısı (links) – bir kelimenin diğer kelimelerle kurduğu bağlantı sayısını temsil eder,

(2) Toplam bağ gücü (total link strength) – bağlantıların toplam ağırlık değerini ifade eder.

Ağ yapısında anahtar kelimeler birbirine olan yakınlık durumuna göre konumlanmaktadır. Aralarındaki ilişki daha güçlü olan kelimeler grafik üzerinde birbirine yakın, daha zayıf olanlar ise daha uzak konumlanmaktadır.

Bu bağlamda, haritada büyük dairelerle temsil edilen “afet riskinin azaltılması (disaster risk reduction)”, “iklim değişikliği(climate change)” ve “dirençlilik (resilience)” kavramlarının hem en yüksek geçiş sayısına hem de en güçlü bağlantı değerlerine sahip olması, ilgili kavramların literatürde baskın temalar olduğunu göstermektedir.



Şekil 4. 2015'den 2025'e Kadar Deprem ve İklim Temalı Çalışmaların Anahtar Kelime Eş-Oluşum Analizi (Şekilde görülen anahtar kelimeler, bibliyometrik analiz kapsamında taranan makalelerdeki orijinal kullanım biçimleri korunarak İngilizce olarak gösterilmiştir.)

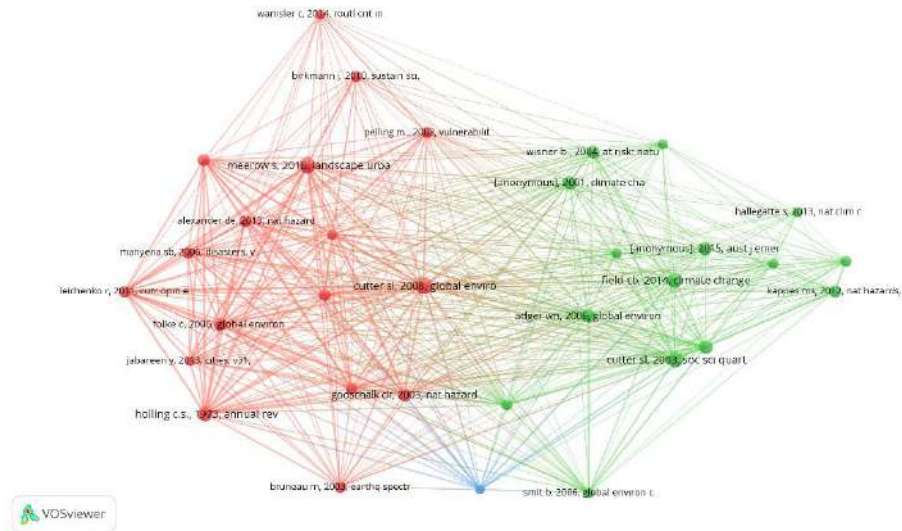
Tablo 4, bu kelimelere ilişkin frekans, bağlantı yapısı, atıf performansı ve yıllara göre dağılımına dair ayrıntılı göstergeler sunmakta olup, deprem ve iklim dirençliliği literatürünün güncel kavramsal eğilimlerini niceliksel olarak ortaya koymaktadır.

Table 4. 2015-2025 yılları arasında araştırma alanıyla ilgili anahtar kelimelerin bibliyometrik analizi

Sıra	Küme (Renk)	Anahtar Kelime	Geçiş Sayısı	Toplam Bağ Gücü	Bağlantı Sayısı	Ortalama Atıf	Ortalama Yayın Yılı
1	Küme 3 – Mavi	afet risklerinin azaltılması	143	326	124	25.48	2020.71
2	Küme 8 – Kahverengi	İklim değişikliği	101	212	102	20.38	2021.58
3	Küme 8 – Kahverengi	Dirençlilik	62	153	80	24.84	2019.91
4	Küme 3 – Mavi	İklim değişikliğine uyum	56	147	63	28.88	2020.75
5	Küme 4 – Sarı	Kentsel dirençlilik	40	79	47	28.98	2021.6
6	Küme 5 – Mor	Kırılğanlık	33	83	51	23.21	2020.36
7	Küme 2 – Yeşil	Kentsel planlama	23	54	38	16.7	2021.09
8	Küme 8 – Kahverengi	Afet	21	54	38	20.29	2021.14
9	Küme 7 – Turuncu	İklim uyumu	20	43	32	26.2	2021.6
10	Küme 2 – Yeşil	Sürdürülebilirlik	20	57	36	27.15	2020.5
11	Küme 7 – Turuncu	Uyum	20	60	37	37.7	2019.3
12	Küme 4 – Sarı	Deprem	20	37	28	17.4	2021.15
13	Küme 8 – Kahverengi	Doğal tehlikeler	18	34	20	31.22	2021.11
14	Küme 3 – Mavi	Doğa temelli çözümler	17	48	25	43.76	2021.41
15	Küme 5 – Mor	Coğrafi bilgi sistemleri	17	38	29	31	2021.12

Şekil 5’te, birlikte atıf (co-citation) analizine göre en az 20 atıf alan referansların ilişkisel haritası sunulmaktadır. Görselleştirme, akademik literatürde en sık birlikte atıf yapılan yazarlar ve çalışmalar arasında oluşan tematik kümelenmeleri yansıtmaktadır. Analiz sonucunda, üç ana küme belirlenmiştir: Kırmızı küme, kentsel dirençlilik, kırılganlık ve sosyal boyutlara odaklanan çalışmalarla öne çıkmakta olup, Meerow et al. (2016), Cutter (2008) ve Pelling (2003) gibi önemli referansları içermektedir. Yeşil küme, iklim değişikliği, afet riski ve politika süreçlerine odaklanan çalışmaları kapsamaktadır; bu kümede Wisner (2004), Field (2014) ve Adger (2006) gibi referanslar ön plana çıkmaktadır. Mavi küme ise daha çok teknik altyapı, mühendislik bakış açısı ve sistem dayanıklılığı odaklı referanslarla ilişkilidir; Bruneau (2003) ve Smit (2006) bu kümede dikkat çeken çalışmalardır.

Bu sonuçlar, literatürde afet ve iklim temalı çalışmaların birbirinden farklı ancak ilişkili tematik alanlarda kümелendiğini göstermektedir. Aynı zamanda bu yazarların çalışmalarının, disiplinler arası geçişkenliği olan kavramsal çerçeveler sunduğunu ve literatürdeki kavramsal yapıların nasıl şekillendiğini ortaya koymaktadır. Birlikte atıf ağındaki yoğun bağlantılar, bu çalışmaların alan yazında temel başvuru kaynakları olarak kabul edildiğini ve diğer araştırmalara yön verdiğini göstermektedir.



Şekil 5. 2015-2025 Yılları Arasında Araştırma Alanıyla İlgili Birlikte Atıf (co-citation) Analizi

4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışma, 2015–2025 yılları arasında deprem ve iklim dirençliliği konularında gerçekleştirilen bilimsel üretimi bibliyometrik yöntemlerle analiz ederek, literatürdeki gelişim eğilimlerini, tematik kümelenmeleri ve araştırma önceliklerini kapsamlı bir biçimde ortaya koymuştur. Elde edilen bulgular, kentsel sistemlerin çoklu afet riskleri karşısında dirençli hale getirilmesi yönünde hem teorik hem de uygulamalı bir bilgi birikimi oluştuğunu göstermektedir. Özellikle iklim değişikliği kaynaklı afetlerin (örneğin sıcak hava dalgaları, sel ve heyelanlar) artış göstermesiyle birlikte, bu afetlerin depremlerle etkileşimini dikkate alan çok tehlikeli senaryolar, araştırmaların temel odağı haline gelmiştir.

Analiz edilen 649 yayının ortalama atıf sayısının 21,9 olması, alanın akademik etki düzeyinin belirli bir olgunluğa ulaştığını göstermektedir. Yıllara göre yayın eğilimlerine bakıldığında ise, 2020 sonrası dikkat çekici bir artış yaşandığı; bu artışın 2021 ve 2024 yıllarında zirveye ulaştığı görülmektedir. Bu eğilim, küresel düzeyde dijitalleşmenin hız kazanması, Sendai Çerçevesi gibi uluslararası politika belgelerinin etkisi ve iklim krizinin derinleşmesi ile açıklanabilir.

Co-citation (birlikte atıf) analizi sonuçları, literatürün üç ana tematik küme etrafında şekillendiğini ortaya koymaktadır: (1) Sosyal kırılganlık ve kent ölçeğinde dirençlilik (örneğin Cutter, Meerow, Pelling), (2) İklim politikaları ve risk yönetimi (örneğin Adger, Wisner, Field), (3) Teknik altyapı ve mühendislik temelli dayanıklılık (örneğin Bruneau, Smit). Bu kümelenme, afet ve iklim araştırmalarının yalnızca çevresel değil, aynı zamanda sosyal, yönetsel ve teknik bileşenler içerdiğini göstermekte ve disiplinler arası yaklaşımın önemini vurgulamaktadır.

Anahtar kelime analizine göre en sık karşılaşılan kavramlar arasında “iklim değişikliği” (210), “afet riskinin azaltılması” (192), “kırılganlık” (135) ve “dirençlilik” (127) terimleri yer almaktadır. Bu durum, çalışmaların öncelikli olarak iklim değişikliğinin etkilerini azaltma, kırılganlıkları analiz etme ve dayanıklılığı artırma hedeflerine odaklandığını göstermektedir. Ayrıca, “urban resilience”, “community resilience”, “climate change adaptation” gibi terimlerin de yüksek frekansla kullanılması, literatürde kentsel ölçekteki dirençlilik pratiklerinin giderek daha fazla önem kazandığını ortaya koymaktadır.

Yayınların ülkelere göre dağılımı, bilimsel üretimin büyük ölçüde Çin, ABD, İngiltere ve Batı Avrupa ülkelerinde yoğunlaştığını göstermektedir. Bu durum, araştırma fonları, kurumsal altyapı ve iklim politikalarına yönelik ulusal önceliklerin akademik çalışmalara yansımaları olarak değerlendirilebilir.

Sonuç olarak, bu çalışma deprem ve iklim dirençliliği alanındaki bilimsel üretimin, giderek daha fazla disiplinler arası, çok aktörlü ve bütüncül bir yapıya evrildiğini ortaya koymaktadır. Afetlerin karmaşık doğası, yalnızca fiziksel dayanıklılığı değil; sosyal adaleti, yönetişimi, doğa temelli çözümleri ve mekânsal planlamayı da içeren kapsamlı stratejilere ihtiyaç duyulduğunu göstermektedir. Gelecek araştırmaların, bu bileşenleri entegre eden ve uygulamaya dönük modellemelerle zenginleşmesi beklenmektedir. Aynı zamanda, az temsil edilen coğrafyaların (örneğin Afrika, Güney Asya) bilgi üretiminde daha görünür hale gelmesi, literatürdeki boşlukların doldurulmasına katkı sağlayacaktır.

5. KAYNAKÇA

- Aldrich, D. P., & Meyer, M. A. (2015). Social capital and community resilience. *American Behavioral Scientist*, 59(2), 254–269.
- Amirzadeh, M., Sobhaninia, S., & Sharifi, A. (2022). Urban resilience: A vague or an evolutionary concept? *Sustainable Cities and Society*, 76, 103449.
- Araos, M., Berrang-Ford, L., Ford, J. D., Austin, S. E., Biesbroek, R., & Aria, M., & Cuccurullo, C. (2017). Bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. *Journal of Informetrics*, 11(4), 959–975.
- Brink, E., Aalders, T., Ádám, D., Feller, R., Henselek, Y., Hoffmann, A., & Wamsler, C. (2016). Cascades of green: A review of ecosystem-based adaptation in urban areas. *Global Environmental Change*, 36, 111–123.
- Chu, E., Anguelovski, I., & Carmin, J. (2016). Inclusive approaches to urban climate adaptation planning and implementation in the Global South. *Climate Policy*, 16(3), 372–392.
- Cozzolino, S., D’Orazio, M., & Quagliarini, E. (2020). Climate-responsive design for emergency housing: A review. *Sustainable Cities and Society*, 60, 102275.
- Crozier, M. J. (2010). Deciphering the effect of climate change on landslide activity: A review. *Geomorphology*, 124(3), 260–267.
- Cutter, S. L., Ash, K. D., & Emrich, C. T. (2014). The geographies of community disaster resilience. *Global Environmental Change*, 29, 65–77.
- D’Ayala, D., & Ansal, A. (2012). Climate change implications for seismic risk and design. In *Earthquake Engineering in Europe* (pp. 107–142). Springer.
- Depietri, Y., & McPhearson, T. (2017). Integrating the grey, green, and blue in cities: Nature-based solutions for climate change adaptation and risk reduction. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 372(1723), 20160119.

- Folke, C., Carpenter, S., Walker, B., Scheffer, M., Chapin, T., & Rockström, J. (2010). Resilience thinking: Integrating resilience, adaptability, and transformability. *Ecology and Society*, 15(4), 20.
- Froude, M. J., & Petley, D. N. (2018). Global fatal landslide occurrence from 2004 to 2016. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 18(8), 2161–2181.
- Gonçalves, L., & Ribeiro, P. J. G. (2020). Resilience of urban transportation systems: Concept, characteristics and methods. *Sustainable Cities and Society*, 55, 102005.
- Jabareen, Y. (2015). *The risk city: Cities countering climate change: Emerging planning theories and practices*. Springer.
- Kappes, M. S., Keiler, M., von Elverfeldt, K., & Glade, T. (2012). Challenges of analyzing multi-hazard risk: A review. *Natural Hazards*, 64(2), 1925–1958.
- McPhillips, L. E., Chang, H., Chester, M. V., Depietri, Y., Friedman, E., Grimm, N. B., ... & Grabowski, Z. (2018). Defining extreme events: A cross-disciplinary review. *Earth's Future*, 6(3), 441–455.
- Meerow, S., Newell, J. P., & Stults, M. (2016). Defining urban resilience: A review. *Landscape and Urban Planning*, 147, 38–49.
- Quagliarini, E., & D'Orazio, M. (2017). Urban resilience and earthquake risk: A review of definitions and models. *Sustainable Cities and Society*, 32, 81–91.
- Sharifi, A. (2016). A critical review of selected tools for assessing community resilience. *Ecological Indicators*, 69, 629–647.
- Shi, L., Chu, E., Anguelovski, I., Aylett, A., Debats, J., Goh, K., Schenk, T., & Vale, L. (2021). Equity in climate adaptation planning: A systematic global review. *Environmental Research Letters*, 16(11), 113004.
- UNDRR. (2019). *Global assessment report on disaster risk reduction*. United Nations Office for Disaster Risk Reduction.

<https://www.undrr.org/publication/global-assessment-report-disaster-risk-reduction-2019>.

Van Eck, N. J., & Waltman, L. (2010). Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. *Scientometrics*, 84(2), 523–538.

Wamsler, C., Broto, V. C., & others. (2020). Beyond participation: When citizen engagement leads to undesirable outcomes for nature-based solutions and climate change adaptation. *Climate Risk Management*, 29, 100240.

CHAPTER 6

INCREASING URBAN RESILIENCE WITH DATA-DRIVEN LANDSCAPE STRATEGIES: REMOTE SENSING AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE APPROACHES

Assoc. Prof. Dr. Arzu ALTUNTAŞ¹

DOI: <https://www.doi.org/10.5281/zenodo.18066832>

¹ Siirt University, Faculty of Arts and Design, Department of Landscape Architecture
Siirt /Türkiye, arzualtunas@siirt.edu.tr, Orcid ID: 0009-0000-6915-9579

INTRODUCTION

Today, the effects of climate change are creating significant pressure in our cities, as in all other areas. This situation is not limited only to the physical environment but is also causing social and spatial crises. Among the biggest problems created by climate change, issues such as sudden temperature increases, floods, drought, and fires in cities are making cities vulnerable. As a result, the concept of urban resilience, which is frequently used today, is becoming a necessity (Bulkeley & Tuts, 2013: 11). It is not possible to produce solutions to these threats and problems only with engineering applications. A holistic understanding that also includes natural and semi-natural systems must be developed. Increasing urban resilience is a necessity to cope with the problems arising from disasters and climate change. Urban resilience is not a one-dimensional concept, but a multi-dimensional one that includes adaptation, transformation, and reconstruction (Meerow, Newell & Stults, 2016: 39).

The professional discipline of landscape architecture not only contributes to the aesthetic transformation of cities but also has different missions such as reducing the pressures on cities, adapting to climate change, and supporting the strengthening of ecological functions and increasing functionality in cities (Ahern, 2011: 341). The most important tools used by landscape architecture to increase this resilience are green infrastructure applications, flexible space systems, and nature-based solutions. Data-driven approaches have been frequently preferred in decision-making processes in recent years, especially in the field of landscape planning. The most used methods in this approach are the use of remote sensing technologies, and many problems can be analyzed with tools such as satellite imagery and LIDAR scans. Thanks to the use of remote sensing technologies, urban heat islands can be identified, hydrological structure can be analyzed, and soil permeability or green space continuity can be monitored (Weng, 2012: 38). The data obtained not only identifies the problem but also makes significant contributions to making future-oriented decisions and developing future scenarios. Today, not only remote sensing systems but also artificial intelligence and machine learning approaches have great potential in the analysis and interpretation of spatial datasets. With such algorithms, urban forms can be classified, disaster risks can be identified, and sustainable plans can be made (As, Basu & Talwar, 2022: 8). Deep learning approaches are utilized in image processing techniques. Thus, faster, more

accurate, and different-scale results can be obtained compared to traditional analysis methods.

In this book chapter, the possibilities of using remote sensing and artificial intelligence in landscape planning studies on issues related to urban resilience have been evaluated. The advantages of digitalization and digital tools have been discussed, especially in identifying vulnerable areas, implementing green infrastructure, scenario-based protection studies against disasters, and similar topics.

1. URBAN RESILIENCE AND LANDSCAPE PLANNING

1.1 Resilient Landscapes Approaches

With the increase in climate change and environmental problems, the need for nature-based and sustainable solutions, in addition to traditional solutions, is increasing day by day. Therefore, nature-based solutions are an important approach, especially in terms of strengthening urban ecosystems and ensuring their continuity, and eliminating climate-related problems. The discipline of landscape architecture, which can simultaneously address the ecological, functional, and aesthetic dimensions of a space, is a profession with the potential to develop solutions and think multi-dimensionally on this subject (Ahern, 2011: 342).

Undoubtedly, ecological infrastructure is one of the most important components of landscape-based approaches. With ecological infrastructure, it becomes possible to establish a connection between natural and semi-natural areas and ensure the continuity of ecosystem services. Other functions of ecological networks include creating microclimates, ensuring the water cycle, and habitat continuity, and thanks to these functions, urban resilience is achieved (Benedict & McMahon, 2006: 5). The networks that make up the ecological infrastructure are formed as a result of interconnecting green corridors, urban water surfaces, or urban forests within the city.

Another method used to increase resilience in cities is permeable surfaces, and thanks to these surfaces, it is possible to prevent floods, ensure the continuity of the water cycle, and protect soil health (Ferguson, 2005: 189). It is considered an advantageous and environmentally friendly method, especially in cities and regions with heavy rainfall. Another method used in regulating the microclimate and increasing urban resilience is shading

(Shashua-Bar et al., 2011: 246). This method reduces the negative effects of sudden heat waves and heat island effects on city dwellers. Shading can be provided by both natural and structural elements. The most preferred material for this purpose is plants. Applications such as covering pergola systems with climbing plants or equipping buildings with green facades are major landscape solutions. These solutions also function as urban carbon sinks.

The most important features of landscape-based resilience are nature-supported and flexible design possibilities. In cities designed with landscape-based resilience, the effects of climate change are reduced, the quality of life increases, and the continuity of ecological sustainability is ensured (Alberti et al., 2003: 1190). This approach presents a holistic approach by using engineering solutions and nature-based solutions together.

1.2. Pre-Disaster Planning Approaches

Pre-disaster planning approaches are one of the most important strategies for urban resilience. Today, establishing disaster-sensitive and preventive systems in urban planning strengthens cities. The day-by-day increase in global climate problems has revealed the necessity of reducing potential risks, making preparations for problems, and taking measures. Landscape architects produce safe and livable spaces with a holistic perspective for solutions that will minimize disaster risk and alleviate the pressures of possible disasters on cities (Allan & Bryant, 2011: 182).

The most important strategy for reducing disaster risks is to identify vulnerable areas and improve the physical and ecological fragile structures of these areas (Opperman et al., 2010: 1492). Terracing in areas with erosion risk, the use of permeable surfaces, or green infrastructure applications (Figure 1) in cities strengthen the fragile structures of cities while also preparing cities for disasters in the long run. Ecological infrastructure should be considered a safety tool used against disasters in cities. Measures such as protecting ecosystems within the city, ensuring the continuity of water structures' functions, and afforestation approaches not only increase the quality of life but also ecological infrastructure elements act as a buffer, protecting cities against disasters (Ahern, 2013: 109).



Figure 1. Green Infrastructure Solutions (Ref: <https://l24.im/xJh9bzk>)

In this respect, urban resilience approaches are a multi-dimensional and multi-actor concept, a solution that enables local governments, central organizations, professional chambers, NGOs, and, of course, the public to make decisions together (Tyler & Moench, 2012: 316). Landscape architects, as part of this solution, also undertake the role of guidance thanks to their spatial analyses and foresight. In pre-disaster planning, it is necessary not only to strengthen the physical infrastructure but also to manage the process with nature-based solutions, ensure socio-spatial justice, and create landscape plans supported by future scenarios. Thus, with a holistic perspective, it becomes possible to build flexible and resilient cities, especially against climate change (Davoudi et al., 2012: 303). This approach is only possible by using nature-based solutions, an understanding of spatial justice, and correct design principles together. In this way, it is possible to create sustainable, flexible, and resilient cities against all kinds of disaster risks (Davoudi et al., 2012: 303).

2. DATA-DRIVEN DESIGN AND PLANNING

2.1 Spatial Decision Support Systems

As the structures of cities become more complex, urban design and planning processes also transform into a multi-layered structure. One of the most powerful tools here is Spatial Decision Support Systems. Because these systems work on a data-based and scenario-oriented basis, performing multi-criteria analyses. Thus, more effective solutions are created for complex problems (Malczewski, 2006: 701). Spatial Decision Support Systems (SDSS), which enable the transformation of user inputs into alternative scenarios through algorithms and various models with the help of Geographical Information Systems (GIS), are systems that allow data layers to be analyzed and interpreted together (Jankowski & Niyerges, 2001: 838). The biggest advantage of these systems is to analyze the current situation and produce future scenarios. SDSS is used in modeling disaster risks, evaluating existing infrastructure, and identifying intervention areas. In this way, landscape architects can analyze data to implement green infrastructure solutions and data-based interventions quickly and accurately.

The impact of this system does not only depend on the strength of its technical infrastructure. According to Goodchild (2007: 21), SDSS are systems open to easy access by both experts and other relevant parties thanks to their user-friendly interface. Thus, they enable fair and inclusive planning studies with a participatory planning approach. Especially with the development of artificial intelligence and the advancement of technology, SDSS has begun to serve with AI support. Thanks to machine learning algorithms, data layers can be interpreted from a holistic perspective, risk trends can be predicted, scenarios can be produced, and correct decisions can be made (Li et al., 2020: 216). Such a structure allows planning processes to be operated faster, more accurately, and effectively.

2.2 Data-Driven Decision-Making Processes

In the context of urban resilience, it is necessary to collect correct data, perform effective analyses, and create future scenarios to make the right decisions. For this, data-driven decision-making processes consisting of monitoring, analysis, and modeling stages are needed (Batty, 2013: 112). In

monitoring, the first stage of data-driven decision-making processes, environmental and spatial changes are measured and recorded. The most commonly used tools for field observations and measurements are satellite imagery and sensor systems (Weng & Quattrochi, 2006: 479). In the monitoring process, while base data is created for planning studies, climate change observations can also be made.

In the analysis stage, which is the second stage, the data from the monitoring process is processed and analyzed. In this stage, Geographical Information Systems, statistical methods, and multi-criteria analysis methods are particularly used. The most frequently performed spatial analyses include slope analysis, building density analysis, NDVI, and risk analysis (Bastawesy et al., 2009: 1362). In the modeling stage, where future scenarios are produced, artificial intelligence algorithms and simulations can pre-calculate urban growth, the impact of green infrastructure, climatic parameters, or the effects of disaster spread by producing spatial decision models. In nature-based solutions, modeling such potential effects and producing future predictions is very useful for landscape architects to make more effective decisions (Cheng & Masser, 2003: 196).

Thanks to the participatory-supporting structure of data-driven decision-making processes, it is possible to raise public awareness, accelerate monitoring processes, and give planning processes a flexible and adaptive structure (Geertman et al., 2017: 229). These processes are considered an important tool, especially in resilient city planning, against rapidly changing environmental conditions.

3. REMOTE SENSING TECHNOLOGIES

3.1 Satellite Imagery and Other Technological Innovations

Remote sensing technologies, used in many fields today, are frequently used in landscape architecture during the analysis and interpretation phase of spatial data in urban planning studies. Remote sensing tools, offering different resolutions, spectral bandwidths, and temporal alternatives, facilitate detailed environmental analyses. The most commonly used remote sensing tools are satellite imagery, LIDAR technologies, and hyperspectral datasets. These tools provide extremely important advantages in producing fast and effective solutions in spatial decision-making processes (Campbell & Wynne, 2011: 45).

The most common remote sensing tool, which covers large areas and allows data to be obtained regularly and systematically, is undoubtedly satellite imagery. For this, there are several satellite platforms such as Landsat and Sentinel. With images obtained from these platforms having different spectral bands, various environmental data such as land cover changes, urban heat island effects, and the sustainability of the hydrological structure can be interpreted in a short time (Roy et al., 2014: 167). Although the initial costs are high, the long-term usefulness of satellite imagery leads to its frequent use, especially in landscape planning studies.

Another remote sensing technology is unmanned aerial vehicles (UAVs or drone systems). Since UAVs have the ability to obtain high-resolution images from low altitudes, they are extremely suitable tools, especially for detailed spatial analyses. Drones are used in many areas. These include studies such as determining building density, revealing the topographic structure, or post-disaster situation assessments (Nex & Remondino, 2014: 4).

LIDAR (Light Detection and Ranging) technology, which reveals the three-dimensional morphological structures of surfaces, is one of the most widely used remote sensing methods. In these systems, laser pulses are sent to the surface, and measurement results are calculated according to the reflected signals. It offers detailed analysis possibilities, especially in studies such as building heights, flora structure and density, and topographic changes (Lefsky et al., 2002: 208). It is also a tool that can be used to pre-determine flood or erosion risk or slope-related hazards.

Another technique is hyperspectral imaging. In this technique, surface materials are analyzed differently compared to other methods. With this method, data can be collected from the visible-invisible light spectrum, and it is a very successful method for environmental analyses (Govender et al., 2007: 41). Hyperspectral imaging is the most preferred method in ecological restoration and biodiversity conservation studies.

By using one or more of these technologies together, both environmental risks can be reduced, and accurate and sustainable planning studies can be carried out. They are very successful methods for concluding spatio-temporal analyses and multi-layered planning approaches.

3.2 The Use of Remote Sensing in Terms of Urban Resilience

Remote sensing technologies are widely used in urban planning studies, as in many other fields. In addition to enabling large-scale monitoring, there is also the possibility of creating base data for plan preparations at the local scale. These systems, which allow for many analyses such as urban heat island (UHI) analysis and flood risk analysis, are also frequently used in landscape architecture studies.

Due to intense structuring and lack of green space, one of the most common problems in today's cities is the urban heat island (UHI) effect. The abundance of impermeable and reflective surfaces and the lack of green infrastructure in cities cause the temperatures in city centers to be higher than their surroundings. Remote sensing technologies, especially satellite systems like Landsat with thermal bands, provide significant advantages in measuring and interpreting these values and in producing solutions to reduce the urban heat island effect (Weng, 2009: 186). With the data obtained, it can be determined which areas of the city are sensitive to heat, and landscape interventions can be carried out in such areas using afforestation, shading, or permeable surface covering methods (Zhou et al., 2018: 308).

Remote sensing technologies are also used in analyzing flood risk, similar to determining urban heat island effects. Floodplains can be easily identified from digital elevation models (DEM), high-resolution satellite images, LIDAR data, and analyses of this data. (Schumann et al., 2009: 2743). Thus, it becomes possible to carry out green infrastructure works and take necessary measures in the risky areas identified as a result of the analysis.

Vegetation analysis is one of the most common analyses performed in remote sensing. Factors such as species distribution, vegetation structure and density, and seasonal vegetation changes can be measured thanks to indicators obtained through different spectral bands of satellite images. The most commonly used indicator in vegetation analysis is NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), and it is one of the most fundamental tools regarding vegetation sustainability (Tucker, 1979: 535). Additionally, NDVI data is used in many areas, such as determining green space needs and setting ecological restoration goals. Hyperspectral images are also used in studies for determining and protecting biodiversity (Govender et al., 2007: 147).

Looking at these three basic usage areas of remote sensing, it is seen that they are not only tools for analyzing the current situation but also tools for making future-oriented decisions by developing scenarios. For landscape architects, they are not only sources for obtaining data but also a planning tool used for support in the decision-making process. It is a set of sustainable methods that allow temporal and spatial changes to be monitored, data to be obtained, and, based on all these, make significant contributions to ensuring cities are more resilient, flexible, and livable (Herold et al., 2003: 374).

4. ARTIFICIAL INTELLIGENCE METHODS

4.1 Machine Learning, Deep Learning, Artificial Neural Networks

Artificial intelligence (AI), used in almost all areas of life in recent years, has become a powerful planning tool capable of spatial planning, environmental analysis, and evaluation. In this field, machine learning, in particular, is a system that allows data sources to be obtained quickly and easily, enables analysis without human intervention, creates future projections, and forms prediction and classification clusters with all the results it obtains (Jordan & Mitchell, 2015: 255). This tool is also frequently preferred in the field of landscape planning and finds use in a very broad perspective, from risk mapping to land use projections.

A subset of artificial intelligence in machine learning is deep learning (Figure 2). In deep learning, multi-dimensional and complex datasets can be processed easily and quickly. This approach is based on multi-layer artificial neural networks. In this way, the layers in the data are modeled, and image processing and object recognition operations are performed (LeCun, Bengio & Hinton, 2015: 436). Landscape architects can easily make their environmental and spatial interpretations thanks to deep learning.

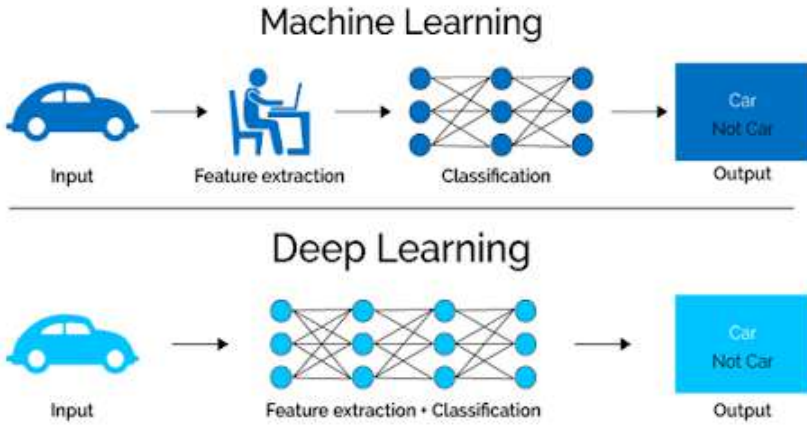


Figure 2. Machine Learning-Deep Learning (Ref: <https://t24.im/KSM6NXu>)

One of the most common and effective methods of deep learning is object recognition (Figure 3). The location and type of objects are easily determined this way. Especially urbanization analyses, building classifications, green space identifications, or post-disaster damage assessments can be easily done with the help of object recognition (Zhao et al., 2019: 45). One of the most preferred models in object recognition is YOLO (You Only Look Once). High-accuracy and fast operations can be performed with the latest version, YOLOv8. Convolutional Neural Networks (CNN), one of the object-based basic system components of deep learning, performs feature extraction with multi-layer image analyses. CNNs are a preferred system in landscape planning, especially in the field of landscape restoration and rehabilitation (Zhu et al., 2017: 7). These models enable detailed spatial analyses of high-resolution satellite images and high-volume data, the automation of these analyses, and thus allow planning processes to continue accurately and quickly.

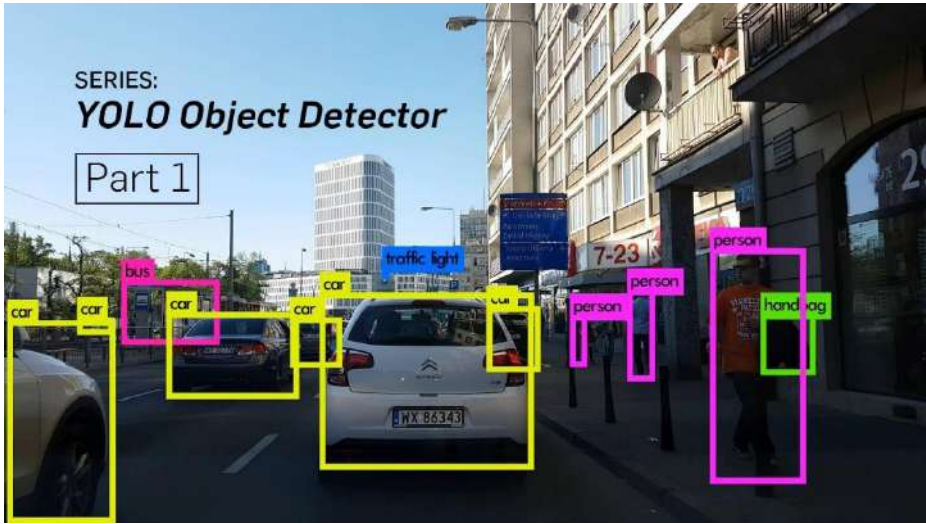


Figure 3. Object Recognition (Ref: <https://l24.im/WDSKhZ>)

Today, user-friendly platforms like Ultralytics HUB, Google Colab, and ArcGIS AI extensions are very important tools, especially for urban planners and landscape architects. Thanks to these tools, data-driven spatial processes are operated, and fast and effective solutions to environmental threats can be produced (Reichstein et al., 2019: 501).

4.2 Image Processing and Spatial Classification Applications

Image processing techniques are applied in the analysis of digital data in remote sensing. With image processing, data is processed, made meaningful for landscape planning, and evaluated. With this method, spatial decision-making processes such as disaster management or natural resource analysis are carried out effectively. Satellite images and other remote sensing tools are used in every field, from spatial modeling to decision-making processes (Richards, 2013: 57).

The most commonly used technique in image processing is spatial classification. In this classification system, themes such as land change/land cover, land use types, and vegetation density can be easily processed and analyzed. Since the accuracy rate is much higher than traditional classification methods, the chance of producing successful decisions also increases (Ma et al., 2019: 384).

There are three basic stages in image processing. These are pre-processing, feature extraction, and classification. In pre-processing, various error corrections, such as geometric corrections, are made to the image. In the feature extraction stage, analyses such as color, texture, and spectral band analyses of the image are performed. Classification is done in two ways. If pixel-based classification is to be performed, each pixel of the image is evaluated separately. If object-based classification is to be performed, inferences are made considering spatial context and shape features (Blaschke, 2010: 10). Landscape architects generally prefer object-based methods because they better analyze the morphology and functionality of the space.

In classifications made with artificial intelligence, algorithms learn patterns from training sets and adapt them for the classification process. For example, YOLOv8 performs fast and accurate spatial analyses because it knows predefined building types. In this way, post-disaster damage assessments, spatial changes, or site-specific problems are easily identified (Redmon & Farhadi, 2018: 733). It is possible to perform both spatial and temporal analysis with image processing systems. Thus, the production of future scenarios is also extremely easy and fast. Especially in landscape planning, it becomes easier for decision-makers to develop accurate strategies based on scientific foundations (Zhu et al., 2017: 20).

4.3 Datasets, Labeling and Algorithms

Success in image processing and spatial analysis with artificial intelligence largely depends on datasets, labeling, and algorithms. In multi-layered processes such as landscape planning, disaster analysis, or environmental assessment, diverse, meaningful, correctly labeled, and high-volume datasets must be provided (Krizhevsky et al., 2012: 1107). Datasets refer to information in visual, numerical, or text format. Satellite images, aerial photographs, etc. constitute visual formats, and temperature, NDVI, or DEM data, etc., constitute numerical formats. In urban or landscape analyses, these datasets consist of environmental indicators, GIS data, or spectral images (Zhu et al., 2017: 10). Here, besides the large amount of data, the accuracy and reliability level of the created model is also very important.

The pre-processing step that determines the classes of samples in datasets is called annotation. Annotation is a necessity for supervised learning.

Classifying and naming trees, roads, or structures in a satellite image is necessary for the model to learn these patterns. Labeling can be done manually or with semi-automatic systems. Manual classification takes much longer than semi-automatic classification, which is seen as a major problem in data science (Russakovsky et al., 2015: 212). Model training with labeled data enables artificial intelligence to recognize these patterns and perform analyses based on them. Object recognition and classification processes performed on images enable models like Convolutional Neural Networks (CNN), YOLO, and Faster R-CNN to perform their tasks more successfully (Ren et al., 2015: 91). The parameters used as input in training the model are optimized.

In model training, not only the size of the dataset is important. Besides this, the diversity of the dataset, the balance between classes, and the accuracy of the labels are also very important criteria for model training. Overfitting and underfitting are the most common problems encountered in model training. Therefore, correct training and the balanced separation of sample data for validation are very important for the model's success rate (Goodfellow et al., 2016: 178). Recently, open-source large datasets like COCO, ImageNet, and Cityscapes have been widely preferred for model training. In addition, datasets specific to landscape planning are also increasing day by day.

5. DATA-DRIVEN STRATEGIES IN DESIGN AND PLANNING

5.1 Scenario Generation with Artificial Intelligence in Landscape Architecture

The success of landscape planning does not only depend on the evaluation and analysis of current conditions. It also depends on the joint evaluation, synthesis, and correct interpretation of multi-dimensional data such as environmental, social, and climatic factors. For this purpose, the scenario generation method, especially with the development of technology in recent years, has become one of the most frequently used methods. The results obtained from the synthesis of large and multi-dimensional data related to complex systems turn into future scenarios with realistic prediction methods, which increases the chance of success in landscape planning.

The rapid spread and development of artificial intelligence technologies have also led to significant steps in the field of landscape planning. In addition to data analysis, artificial intelligence systems support the decision-making processes of landscape architects as a multi-dimensional decision support system with the scenarios they produce from the analysis results (Geertman et al., 2017: 8). In AI-supported future projections, the possible spatial structure of the urban fabric after 10, 20, or 50 years can be revealed through modeling of urbanization and land use trends, and infrastructure capacity (Li & Gong, 2016: 94). With the help of these scenarios, decisions such as future-oriented green space planning and green infrastructure applications can be made quickly and effectively.

Another area where AI-driven scenario generation is applied is climate scenarios. Projections like SSP (Shared Socioeconomic Pathways) and RCP (Representative Concentration Pathways), developed by the IPCC, the most important organization on this subject, provide AI-supported services in the analysis and mapping of microclimatic effects at the local scale. With these scenarios, spatial scenarios can be produced through variables such as temperature values, precipitation amounts, and flood or drought risks (Biesbroek et al., 2013: 1121).

One of the biggest advantages of scenario generation is the simulations that allow disaster risks to be predicted in advance. In this way, forecasts can be made through models, such as identifying risky areas, evacuation zones, or how temporary settlement areas will be planned (Alessa et al., 2008: 57). Landscape architects, as a result of the decisions they make using these scenarios, will go beyond being just designers and will gain the identity of strategy specialists (Batty, 2018a: 16).

5.2 Participatory Planning Process

In today's conditions, there is an understanding in both design and planning where not only experts' opinions matter, but all space users, everyone who affects and is affected by the space, have a say. Especially in solving environmental threats and complex social dynamics, the participatory planning approach ensures the formation of a multifaceted perspective. Thus, a holistic planning understanding is formed by considering all needs and expectations (Innes & Booher, 2004: 419). In addition, the transparency of decision-making

mechanisms also increases the implementation power of plans. Making participatory processes more understandable is possible through data visualization. Technological innovations such as three-dimensional modeling, GIS and remote sensing technologies, and augmented reality help the public understand these analyses more comfortably and easily (Al-Kodmany, 2002: 204).

"Digital twin" applications, one of the most important tools that have emerged in recent years, create a virtual reflection of cities supported by real-time data. Here, many layers, from air quality to traffic density, work together and simultaneously (Batty, 2018b: 18). The fact that simulation capabilities are so advanced also makes it possible for these systems to have realistic approaches in forecasts and intervention actions. Furthermore, these visualizations support public awareness and their active participation in the process. Thanks to digital twin systems, decision-makers, local governments, civil society organizations, and other institutions can share data simultaneously (Kitchin et al., 2017: 17). In this way, the planning mechanism begins to operate in a multi-layered and open structure. In such an approach, the local people in disaster-affected areas can better analyze their living space, act with awareness of the risks, and contribute to the development of solution proposals.

6. CASE STUDIES

Today, data-driven planning applications are being carried out in many countries around the world, and successful results are being achieved. Especially in the new models created by integrating AI-based analyses into remote sensing, spatial interventions are carried out effectively. Here, examples are given from two successful cities, Amsterdam and Singapore, where new models combining nature-based solutions with technology are being experienced.

Amsterdam, a pioneer among European cities, is one of the leading smart cities where monitoring and interventions are based on satellite data (Figure 4). In the city, data in all areas is monitored by satellite. Data related to green spaces is monitored with images obtained from ESA Sentinel-2 satellites. In the analysis of this data, NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) and LST (Land Surface Temperature) are used to instantly identify problems in the green infrastructure. In addition, when there is an increase in the urban heat island

effect, basic data for ecological measures to be taken here are produced in the same way (Pappaccogli et al., 2020: 402). The city's green infrastructure elements, such as green roofs, permeable surfaces, or water elements, have been arranged in a climate-adaptive way, thereby reducing the heat island effect and ensuring stormwater management (Gemeente Amsterdam, 2018: 12). In addition to all this, thanks to this model, Amsterdam has increased its biodiversity and received the European Green Capital award.



Figure 4. Intelligent Dashboard Amsterdam (Ref: <https://124.im/VIJa>)

Another important city is Singapore. AI-supported urban planning systems are used in Singapore (Figure 5). Especially the "Skyrise Greenery" program run by NParks (National Parks Board) and the artificial intelligence systems developed by the Urban Redevelopment Authority (URA) use digital twin technologies and artificial intelligence systems in a holistic way for planning urban green infrastructure. Data is analyzed via satellite data and LIDAR systems, and decisions can be made on how green infrastructure elements will be implemented. These decisions can be applied to a small area of the city or used in decision-making processes covering the entire city (Addas & Maghrabi., 2021: 27). In addition, with the model called the "Digital Urban Climate Twin," interventions and action plans that can be taken in Singapore against the effects of climate change can be organized (Yuen & Kong, 2020:

215). One of the most important aspects of this model is that it is an integrated system that ensures public participation in all processes.



Figure 5. Singapore Smart City (Ref: <https://short-url.org/1d2Mw>)

As can be understood from the two examples given, data-driven planning is more than a technological preference; it is an indispensable approach based on a participatory approach in the formation of resilient and sustainable cities. These two successful cities, in terms of data-driven decision-making processes in landscape architecture, are proof of how important planning approaches supported by digital technologies and their multi-dimensional effects are. Increasing the number of such cities and promoting these technologies in landscape planning is extremely important for the cities of the future.

Another important city is Singapore. AI-powered urban planning systems are being used in Singapore. In particular, the "Skyrise Greenery" program run by NParks (National Parks Board) and the artificial intelligence systems developed by the Urban Redevelopment Authority (URA) utilize digital twin technologies and AI systems in a holistic way for urban green infrastructure planning (Figure 5). Data is analyzed through satellite data and

LIDAR systems, and decisions can be made on how to implement green infrastructure elements. These decisions can be applied to a small area of the city or used in decision-making processes that encompass the entire city (Addas & Maghrabi, 2021: 27). Furthermore, the "Digital Urban Climate Twin" model can organize interventions and action plans in Singapore against the impacts of climate change (Yuen & Kong, 2020: 215). One of the most important aspects of this model is that it is an integrated system that ensures public participation in all processes.

As can be seen from the two examples provided, data-driven planning is not just a technological choice; it is an indispensable approach based on participatory thinking in the creation of resilient and sustainable cities. These two cities, which are highly successful in terms of data-based decision-making processes in landscape architecture, are proof of the importance of planning approaches supported by digital technologies and their multifaceted impact. Increasing the number of such cities and the widespread adoption of these technologies in landscape planning is crucial for the cities of the future.

7. CONCLUSION AND EVALUATION

The biggest problems facing today's cities are rapid and unplanned urbanization resulting from population growth, environmental problems, and especially the negativities caused by the global climate crisis. Therefore, making strategic and correct decisions in spatial planning is extremely important. The use of data-driven approaches in landscape planning is extremely important in terms of ensuring plans are predictive, have a holistic perspective, and possess the potential to produce solutions to multi-layered environmental problems. However, such an approach also has certain limitations. While this system has strengths such as accuracy in spatial decision-making processes, a scenario-oriented planning approach, and transparent data management, it also faces some difficulties, such as limitations in accessing advanced technologies or a lack of experts (Zhou et al., 2012: 308).

Generally speaking, the professional discipline of landscape architecture has mostly been seen as a profession that produces aesthetic spaces. However, with this change and renewal in digital technologies, the way landscape architecture approaches the subject has also changed, and landscape architects have gained a new role and identity. Landscape architects have now acquired

identities as data analysts or strategic planners with the support of digital technologies, in addition to their designer identities. Underlying this innovation is the increased use of remote sensing, artificial intelligence, and digital technologies in spatial decision support systems. With remote sensing, multi-dimensional and complex analyses related to environmental factors and risks can be easily performed, and decisions can be made quickly and accurately. With artificial intelligence systems, meaningful algorithms can be produced from big data to create desired future scenarios, whether for a region or a city. These methods enable cities' resilience to be increased and better managed (Zhu et al., 2017: 9; Casali et al., 2022: 4).

In all these planning processes, all direct or indirect actors undertake different tasks. Among these, local governments should establish digital planning units by disseminating spatial decision support systems with an open data policy. From an academic perspective, it is an indisputable fact how much interdisciplinary studies will change or advance these systems. Adding courses related to this subject to landscape architecture undergraduate curricula is very important for landscape architect candidates to become well-equipped professionals. In the private sector, the use of AI-supported systems and planning is also very important for taking a common step and ensuring professional development.

The point to be considered is that landscape architects must systematically develop their digital competencies. Professional and technical training must be provided, especially on subjects like spatial analysis, dataset definition, visualization, or artificial intelligence-based decision support systems. Furthermore, it is extremely necessary and important for professional organizations to take practical steps that support digital transformation. Landscape architects need to move beyond the identity of a professional discipline that only makes spatial designs and decisions, and also become guides in matters of urban and environmental justice.

In conclusion, ensuring that the cities of the future are resilient, climate-adaptive, and have sustainable potential is possible with a data-driven landscape planning approach. Therefore, along with technological advancements, the training of landscape architects who can guide and correctly use this technology is also a very important issue.

REFERENCES

- Addas, A. & Maghrabi, A. (2021). Role of Urban Greening Strategies for Environmental Sustainability-A Review and Assessment in the Context of Saudi Arabian Megacities. *Sustainability*, 13(11), 25-40. <https://doi.org/10.3390/su13116457>
- Ahern, J. (2011). From fail-safe to safe-to-fail: Sustainability and resilience in the new urban world. *Landscape and Urban Planning*, 100(4), 341-343. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2011.02.021>
- Ahern, J. (2013). Urban landscape sustainability and resilience: The promise and challenges of integrating ecology with urban planning and design. *Landscape Ecology*, 28(6), 1203-1212. <https://doi.org/10.1007/s10980-012-9799-z>
- Akbari, H., Pomerantz, M., & Taha, H. (2001). Cool surfaces and shade trees to reduce energy use and improve air quality in urban areas. *Solar Energy*, 70(3), 295-310. [https://doi.org/10.1016/S0038-092X\(00\)00089-X](https://doi.org/10.1016/S0038-092X(00)00089-X)
- Alberti, M., Marzluff, J. M., Shulenberger, E., Bradley, G., Ryan, C., & Zumbrunnen, C. (2003). Integrating humans into ecology: Opportunities and challenges for urban ecology. *BioScience*, 53(12), 1169-1179. [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2003\)053\[1169:IHIEOA\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2003)053[1169:IHIEOA]2.0.CO;2)
- Alessa, L., Kliskey, A., & Altaweel, M. (2008). Toward a typology for social-ecological systems. *Sustainability: Science, Practice and Policy*, 4(2), 31-41.
- Al-Kodmany, K. (2002). Visualization tools and methods for participatory planning and design. *Journal of Urban Technology*, 9(2), 1-37. <https://doi.org/10.1080/106307301316904772>
- Allan, P., & Bryant, M. (2011). Resilience as a framework for urbanism: Models, metaphors and measures. *International Journal of Disaster*

- Resilience in the Built Environment*, 2(3), 173-186.
<https://doi.org/10.1080/18626033.2011.9723453>
- As, I., Basu, P., & Talwar, P. (2022). Artificial Intelligence in Urban Planning and Design: Technologies, Implementation, and Impacts. *Elsevier*, 408 pp.
- Bastawesy, M.E., White, K. & Nasr, A. (2018). Integration of remote sensing and GIS for modelling flash floods in Wadi Hudain catchment, Egypt. *Wiley Online Library*, 1353-1368. <https://doi.org/10.1002/hyp.7259>
- Batty, M. (2013). *The new science of cities*. MIT Press.
- Batty, M. (2018a). Digital twins. *Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science*, 45(5), 817-820.
<https://doi.org/10.1177/2399808318796416>
- Batty, M. (2018b). *Inventing future cities*. MIT Press.
- Benedict, M. A., & McMahon, E. T. (2006). *Green infrastructure: Linking landscapes and communities*. Island Press.
- Casali, Y., Aydin, N. Y., & Comes, T. (2022). Machine learning for spatial analyses in urban areas: a scoping review. *Sustainable Cities and Society*, 85, 104050. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2022.104050>
- Biesbroek, G. R., Swart, R. J., & Van der Knaap, W. G. (2013). The mitigation-adaptation dichotomy and the role of spatial planning. *Habitat International*, 36(3), 397-405.
<https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2008.10.001>
- Blaschke, T. (2010). Object based image analysis for remote sensing. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 65(1), 2-16.
<https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2009.06.004>
- Bulkeley, H., & Tuts, R. (2013). Understanding urban vulnerability, adaptation and resilience in the context of climate change. *Local Environment*, 18(6), 646-662. <https://doi.org/10.1080/13549839.2013.788479>

- Campbell, J. B., & Wynne, R. H. (2011). *Introduction to remote sensing* (5th ed.). Guilford Press.
- Cheng, J., & Masser, I. (2003). Urban growth pattern modeling: A case study of Wuhan city, PR China. *Landscape and Urban Planning*, 62(4), 199-217. [https://doi.org/10.1016/S0169-2046\(02\)00150-0](https://doi.org/10.1016/S0169-2046(02)00150-0)
- Davoudi, S., Brooks, E., & Mehmood, A. (2012). Evolutionary resilience and strategies for climate adaptation. *Planning Practice and Research*, 28(3), 307-322. <https://doi.org/10.1080/02697459.2012.681787>
- Ferguson, B. K. (2005). *Porous pavements*. CRC Press.
- Geertman, S., Ferreira, J., Goodspeed, R., & Stillwell, J. (Eds.). (2017). *Planning support science for smarter urban futures*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-57819-4>
- Gemeente Amsterdam. (2018). *Amsterdam Rainproof Strategy*. Amsterdam Municipality Publications.
- Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). *Deep learning*. MIT Press.
- Govender, M., Chetty, K., & Bulcock, H. (2007). A review of hyperspectral remote sensing and its application in vegetation and water resource studies. *Water SA*, 33(2), 145-152. <https://doi.org/10.4314/wsa.v33i2.49049>
- Pappaccogli, G., Giovannini, L. Zardi, D. & Martilli, A. (2020). Sensitivity analysis of urban microclimatic conditions and building energy consumption on urban parameters by means of idealized numerical simulations *Urban Climate*, 34, 100677. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2020.100677>
- Herold, M., Goldstein, N. C., & Clarke, K. C. (2003). The spatiotemporal form of urban growth: Measurement, analysis and modeling. *Remote Sensing of Environment*, 86(3), 286-302. [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(03\)00075-0](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(03)00075-0)

- Innes, J. E., & Booher, D. E. (2004). Reframing public participation: Strategies for the 21st century. *Planning Theory & Practice*, 5(4), 419-436. <https://doi.org/10.1080/1464935042000293170>
- Jankowski, P., & Nyerges, T. L. (2001). GIS-supported collaborative decision making: Results of an experiment. *URISA Journal*, 13(1), 27-44.
- Jordan, M. I., & Mitchell, T. M. (2015). Machine learning: Trends, perspectives, and prospects. *Science*, 349(6245), 255-260. <https://doi.org/10.1126/science.aaa8415>
- Kitchin, R., Lauriault, T. P., & McArdle, G. (2017). Smart cities and the politics of urban data. In S. Marvin, A. Luque-Ayala, & C. McFarlane (Eds.), *Smart urbanism: Utopian vision or false dawn?* (pp. 16-33). Routledge.
- Krizhevsky, A., Sutskever, I., & Hinton, G. E. (2012). Imagenet classification with deep convolutional neural networks. *Advances in Neural Information Processing Systems*, 25, 1097-1105. <https://doi.org/10.1145/3065386>
- LeCun, Y., Bengio, Y., & Hinton, G. (2015). Deep learning. *Nature*, 521(7553), 436-444. <https://doi.org/10.1038/nature14539>
- Lefsky, M. A., Cohen, W. B., Parker, G. G., & Harding, D. J. (2002). Lidar remote sensing for ecosystem studies. *BioScience*, 52(1), 19-30. [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2002\)052\[0019:LRSFES\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2002)052[0019:LRSFES]2.0.CO;2)
- Li, X., & Gong, P. (2016). Urban growth models: Progress and perspective. *Science Bulletin*, 61(21), 1637-1650. <https://doi.org/10.1007/s11434-016-1111-1>
- Ma, L., Liu, Y., Zhang, X., Ye, Y., Yin, G., & Johnson, B. A. (2019). Deep learning in remote sensing applications: A meta-analysis and review. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 152, 166-177. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2019.04.015>

- Malczewski, J. (2006). GIS-based multicriteria decision analysis: A survey of the literature. *International Journal of Geographical Information Science*, 20(7), 703-726. <https://doi.org/10.1080/13658810600661508>
- Meerow, S., Newell, J. P., & Stults, M. (2016). Defining urban resilience: A review. *Landscape and Urban Planning*, 147, 38-49. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2015.11.011>
- Nex, F., & Remondino, F. (2014). UAV for 3D mapping applications: A review. *Applied Geomatics*, 6(1), 1-15. <https://doi.org/10.1007/s12518-013-0120-x>
- Opperman, J. J., Luster, R., McKenney, B. A., Roberts, M., & Meadows, A. W. (2010). Ecologically functional floodplains: Connectivity, flow regime, and scale. *Journal of the American Water Resources Association*, 46(2), 211-226. <https://doi.org/10.1111/j.1752-1688.2010.00426.x>
- Redmon, J., & Farhadi, A. (2018). *YOLOv3: An incremental improvement*. arXiv preprint. <https://arxiv.org/abs/1804.02767>
- Reichstein, M., Camps-Valls, G., Stevens, B., Jung, M., Denzler, J., Carvalhais, N., & Prabhat. (2019). Deep learning and process understanding for data-driven Earth system science. *Nature*, 566(7743), 195-204. <https://doi.org/10.1038/s41586-019-0912-1>
- Ren, S., He, K., Girshick, R., & Sun, J. (2015). Faster R-CNN: Towards real-time object detection with region proposal networks. *Advances in Neural Information Processing Systems*, 28, 91-99. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1506.01497>
- Richards, J. A. (2013). *Remote sensing digital image analysis* (5th ed.). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-30062-2>
- Roy, D. P., Wulder, M. A., Loveland, T. R., Woodcock, C. E., Allen, R. G., Anderson, M. C., ... & Zhu, Z. (2014). Landsat-8: Science and product vision for terrestrial global change research. *Remote Sensing of Environment*, 145, 154-172. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2014.02.001>

- Russakovsky, O., Deng, J., Su, H., Krause, J., Satheesh, S., Ma, S., ... & Fei-Fei, L. (2015). ImageNet large scale visual recognition challenge. *International Journal of Computer Vision*, 115(3), 211-252. <https://doi.org/10.1007/s11263-015-0816-y>
- Schumann, G. J. P., Bates, P. D., Horritt, M. S., & Matgen, P. (2009). Progress in integration of remote sensing-derived flood extent and stage data and hydraulic models. *Reviews of Geophysics*, 47(4), RG4001. <https://doi.org/10.1029/2008RG000274>
- Shashua-Bar, L., & Hoffman, M. E. (2000). Vegetation as a climatic component in the design of an urban street: An empirical model for predicting the cooling effect of urban green areas with trees. *Energy and Buildings*, 31(3), 221-235. [https://doi.org/10.1016/S0378-7788\(99\)00018-3](https://doi.org/10.1016/S0378-7788(99)00018-3)
- Shashua-Bar, L., Tsiros, I. X., & Hoffman, M. E. (2011). Passive cooling design options to ameliorate thermal conditions in urban streets of a Mediterranean climate (Athens) under hot summer conditions. *Building and Environment*, 46(11), 246-257. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2012.04.019>
- Tucker, C. J. (1979). Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. *Remote Sensing of Environment*, 8(2), 127-150. [https://doi.org/10.1016/0034-4257\(79\)90013-0](https://doi.org/10.1016/0034-4257(79)90013-0)
- Tyler, S., & Moench, M. (2012). A framework for urban climate resilience. *Climate and Development*, 4(4), 311-326. <https://doi.org/10.1080/17565529.2012.745389>
- Weng, Q. (2009). Thermal infrared remote sensing for urban climate and environmental studies: Methods, applications, and trends. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 64(4), 335-344. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2009.03.007>

- Weng, Q. (2012). Remote sensing of impervious surfaces in the urban areas: Requirements, methods, and trends. *Remote Sensing of Environment*, 117, 34-49. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2011.02.010>
- Weng, Q., & Quattrochi, D. A. (2006). *Urban remote sensing*. CRC Press.
- Yuen, B., & Kong, L. (2020). Urban climate resilience in Singapore: A planning perspective. *Cities*, 105, 102815. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2020.102815>
- Zhao, Z. Q., Zheng, P., Xu, S. T., & Wu, X. (2019). Object detection with deep learning: A review. *IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems*, 30(11), 3212-3232. <https://doi.org/10.1109/TNNLS.2018.2876865>
- Zhou, Q., Leng, G., & Huang, M. (2018). Impacts of future climate change on urban flood volumes in Hohhot in northern China: benefits of climate change mitigation and adaptations. *Hydrological and Earth System Sciences*, 22, 305-316. <https://doi.org/10.5194/hess-22-305-2018>
- Zhu, X. X., Tuia, D., Mou, L., Xia, G. S., Zhang, L., Xu, F., & Fraundorfer, F. (2017). Deep learning in remote sensing: A comprehensive review and list of resources. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Magazine*, 5(4), 8-36. <https://doi.org/10.1109/MGRS.2017.2762307>

CHAPTER 7

CLOUD-NATIVE MONITORING OF FOREST CHANGE IN BURSA (1990–2020): RISK MAPPING AND EXPLAINABLE DRIVERS

Yusuf EMİNOĞLU¹

DOI: <https://www.doi.org/10.5281/zenodo.18066911>

¹ (Phd Candidate) Dokuz Eylul University, Faculty of Architecture, Department of City and Regional Planning, yusuf.eminoglu@deu.edu.tr Orcid id: 0009-0005-6000-2934

1. INTRODUCTION

Over the last three decades, global forest dynamics have been dominated by concentrated losses in accessible lowlands and commodity frontiers, punctuated by localized gains from regeneration and afforestation. The Global Forest Change (GFC) record established that 21st-century forest loss is highly clustered near existing edges, infrastructure, and agricultural expansion zones, and that the spatial signature of clearing varies systematically across regions (Hansen et al., 2013). National forest assessments similarly report heterogeneous trends, with subnational hot-spots often obscured by country-level aggregates (FAO, 2020). Against this backdrop, mid-latitude provinces that combine dense urban–industrial cores with mountainous forest belts—such as Bursa, Türkiye—provide an informative setting to examine long-horizon forest trajectories and to identify where remaining stands are most exposed to near-term loss.

Satellite archives now span multiple decades at 30-m resolution, enabling temporally consistent mapping of land change when paired with robust pre-processing and quality control. Petabyte-scale cloud platforms such as Google Earth Engine have made it practical to apply standardized compositing, masking, and change-detection methods over large regions while retaining reproducibility (Gorelick et al., 2017). Landsat time-series techniques—median compositing across multi-year windows, bitwise cloud/shadow removal, sensor harmonization—are well established for multi-decadal analysis (Roy et al., 2014; Wulder et al., 2012; Zhu & Woodcock, 2014). Together, these advances support province-scale assessments that can be updated or transferred to other regions without bespoke hardware or local data storage.

Compared with tropical commodity frontiers, temperate/mid-latitude systems that juxtapose industrial cities, irrigated plains, and mountain forests remain under-represented in the methodological literature. In these settings, drivers can be mixed: peri-urban expansion along transport corridors, smallholder or mechanized agriculture on valley floors, recreational/residential development on piedmonts, and management interventions in montane forests. Hydrologic features (reservoirs, seasonal water bodies) and steep orography further complicate spectral classification. This combination of pressures and physiography requires a workflow that (i) keeps the spectral decision rule

simple and homogeneous over time, (ii) quantifies change with transparent accounting, and (iii) attributes mapped risk to infrastructure and terrain using explainable machine-learning (XAI) tools that go beyond black-box prediction.

This chapter develops a cloud-native, reproducible workflow to map forest extent at three epochs (1990, 2005, 2020), quantify change, delineate near-term risk hot-spots, and interpret drivers with XAI. The approach is implemented entirely in Google Earth Engine for image handling and in Python/Colab for explainable modelling, using only open datasets (Landsat surface reflectance, SRTM elevation, roads, and global surface water). The analysis targets Bursa Province as a representative mid-latitude agro-urban frontier.

Research Questions;

(i) RQ1 — How much forest area was lost over 1990–2020?

Multi-epoch, sensor-harmonized Landsat composites are thresholded by a short-wave vegetation index to produce temporally consistent forest masks. Pixel-wise cross-tabulation and FAO-style annualized rates provide area and percentage change with uncertainty.

(ii) RQ2 — Where are the spatial hot-spots and risk gradients?

A kernel-based risk surface emphasizes recent losses and local neighbourhood context to identify contiguous high-risk belts rather than isolated pixels, supporting prioritization along piedmont and corridor environments.

(iii) RQ3 — Which environmental drivers explain risk (XAI)?

Gradient-boosted trees predict the continuous risk score from distance-to-roads, distance-to-permanent water, elevation, and initial forest status; SHAP values supply global importance and local attributions to link mapped risk to interpretable drivers.

By unifying conservative, homogeneous forest delineation with explicit change accounting and transparent attribution, the chapter aims to offer a portable template for subnational forest monitoring in complex mid-latitude landscapes where access and terrain jointly shape exposure.

2. STUDY AREA

Bursa lies on the southern rim of the Sea of Marmara, at the foot of the Uludağ massif (up to 2,543 m), where steep orographic gradients produce sharp

environmental contrasts over short distances. Low-elevation urban and agricultural belts experience a warm-dry summer, mild-wet winter regime characteristic of Mediterranean (Csa) climates, whereas high-elevation Uludağ stations register substantially colder, wetter conditions due to lapse-rate effects and snow persistence (Karlıoğlu Kılıç et al., 2025; Peel et al., 2007). The juxtaposition of dense coastal plains, piedmont fans, and montane forests yields a mosaic of built, cropland, and conifer–broadleaf assemblages; wetlands and montane peat patches are documented on the Uludağ plateau and saddles, underscoring the area’s hydrologic sensitivity (Karlıoğlu Kılıç et al., 2025; SÖNMEZ et al., 2022). Bursa’s economy—automotive, textiles, food processing—has driven multi-decadal urban expansion along transport axes and valley floors, intensifying land-use conversion pressures on peri-urban agriculture and forest margins. These pressures motivate a consistent, long-horizon assessment of forest change and associated risk hot-spots that can be executed with cloud-native Earth observation.

The analysis follows Türkiye’s nested administrative units to support reporting and policy relevance: province (Bursa) → districts (ilçe) → neighborhoods/villages (mahalle/köy). Official boundary geometries are sourced from the openly licensed geoBoundaries database, which provides standardized, topologically consistent administrative layers suitable for reproducible geospatial summaries (Runfola et al., 2020). Figure 1 locates Bursa within Türkiye, outlines the region of interest (ROI), and displays district and elevation map for area totals and cross-tabulations.

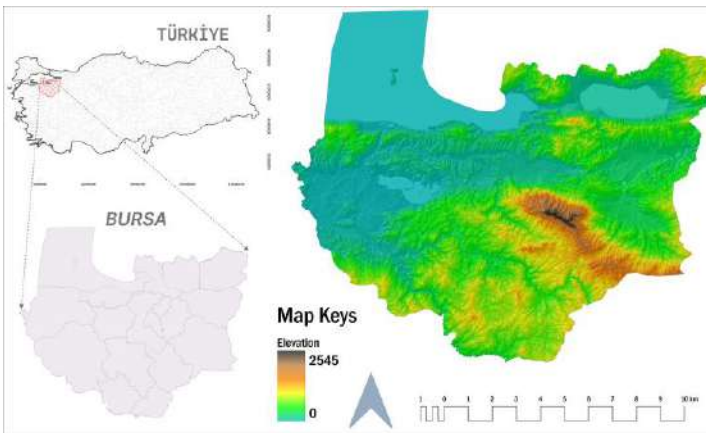


Figure 1: Location map of the study area.

3. DATA AND METHODS

3.1. Datasets

The analysis relies exclusively on openly-licensed, cloud-hosted products accessible through Google Earth Engine (GEE). Table 1 summarises spatial resolution, temporal coverage and the specific role of each layer. Landsat surface-reflectance (SR) imagery provides the only radiometrically consistent archive long enough to bracket the three target epochs (1990, 2005, 2020); ancillary layers supply physiographic or anthropogenic predictors for the explainable-ML block.

Table 1 Primary datasets used in the study.

Acronym	Collection (GEE)	Spatial resolution	Temporal span used	Purpose in workflow
TM / ETM+	LANDSAT/LT05/C02/T1_L2 and LANDSAT/LE07/C02/T1_L2	30 m SR	1989–1991, 2004–2006	Epoch composites for 1990 and 2005 forest masks
OLI	LANDSAT/LC08/C02/T1_L2	30 m SR	2019–2021	Epoch composite for 2020 forest mask
SRTM-DEM	USGS/SRTMGL1_003	30 m	2000	Elevation predictor in risk/XAI model
GRIP-4 roads	projects/grip4/south_east_asia (vector)	–	2020	Euclidean road-distance predictor
GSW (perm. water)	JRC/GSW1_4/GlobalSurfaceWater (band <i>occurrence</i>)	30 m	1984–2020	Permanent-water mask & distance predictor
GLC-FCS30 [†]	projects/sat-io/open-datasets/GLC-FCS30D	30 m	1985–2022	Supplementary validation of Landsat forest masks
Admin boundaries	geoBoundaries v 4.0 (WM/geoLab/geoBoundaries/600/A DM1–4)	600 m	2025	Province, district, village units for summaries

The Landsat SR products are atmospherically corrected and include a per-pixel quality band that allows removal of cloud, cirrus and shadow contamination (Hagolle et al., 2015; Vermote et al., 2016). Ancillary predictors—Euclidean distance to roads (Meijer et al., 2018), distance to permanent water bodies (Pekel et al., 2016) and elevation (SRTM)—have been shown to influence frontier deforestation at regional scales (Bonannella et al., 2024). Finally, the Global Land-Cover Fine Classification System 30 m data cube (Kim et al., 2014; Zhang et al., 2024) is employed strictly for supplementary accuracy checking of the Landsat-derived forest masks (Section 4.4) in order to keep the core change-detection pipeline spectrally homogeneous.

3.2. Pre-processing in Google Earth Engine

All image handling was carried out with the Google Earth Engine (GEE) JavaScript API, guaranteeing a cloud-native, fully reproducible workflow. For each target epoch (1990, 2005 and 2020) every Landsat scene intersecting the study area within a three-year window (for example, 1989-1991 for the 1990 epoch) was median-composited. Using a multi-year bracket suppresses residual cloud shadow, phenological noise and view-angle effects while preserving adequate pixel density, a strategy validated for change-detection applications by Zhu and Woodcock (2014).

Before compositing, pixels flagged as cloud, cirrus or terrain shadow in the QA_PIXEL band were removed. Bitwise parsing followed the operational Landsat surface-reflectance recommendation set out by Foga et al. (2017): bit 1 (diluted cloud), bit 2 (cirrus for OLI), bit 3 (cloud) and bit 4 (shadow) were required to be zero. Subsequently, all digital numbers were converted to surface reflectance with the standard multiplicative factor (0.0000275) and additive offset (-0.2). To maintain spectral homogeneity across sensors, Landsat 5/7 and Landsat 8 bands were harmonised into a single B2–B7 set. Composites were then co-registered and re-projected to WGS 84 (EPSG: 4326) at 30 m, adopting the highest-resolution raster as the snap grid to avoid sub-pixel misalignment (Eminoğlu & Çubukçu, 2025; Roy et al., 2014).

Forest extent for every epoch was delineated by computing a short-wave vegetation index,

$$VI = \frac{B5_{NIR} - B7_{SWIR2}}{B5_{NIR} + B7_{SWIR2}} \quad (1)$$

Pixels with $VI > 0.70$ were labelled forest. This conservative threshold has been shown to minimise commission errors in humid-sub-humid biomes (Q. Chen et al., 2025; Han et al., 2025). The resulting binary masks were exported for independent accuracy assessment (section 3.6).

Environmental predictors were also generated inside GEE. Euclidean distance to roads (Global Roads Inventory Project, GRIP-4) and to permanent surface water (occurrence $> 80\%$ in the Global Surface Water dataset) were calculated with `fastDistanceTransform()` and resampled to 30 m. Finally, SRTM digital elevation was mosaicked and clipped to the study area. All intermediate layers were stored as Earth Engine assets, so later change-detection and SHAP workflows (section 3.7) could be executed without re-running the computationally intensive compositing steps.

3.3. Forest Masking

The epoch composites generated in section 3.2 were transformed to a binary forest mask by applying a fixed short-wave vegetation-index threshold of $VI \geq 0.70$.¹ Pixels meeting or exceeding the threshold were assigned the forest class; all others were labelled non-forest. Because the same spectral rule is applied to every epoch, the change map derived later (section 3.5) remains free from sensor-specific decision biases.

To quantify thematic reliability, a stratified accuracy assessment was performed for each epoch. Within the forest and non-forest strata 200 validation points were randomly drawn, yielding 1 200 reference samples in total (400 per epoch). True class labels were interpreted visually from false-colour composites (B5–B6–B2) displayed at 1:5 000 in Google Earth™ high-resolution imagery, following the recommendations of Olofsson, Foody, Stehman and Woodcock (2014). Confusion matrices were assembled in GEE with the `errorMatrix` reducer, and overall accuracy, producer's and user's accuracies, as well as Cohen's κ , were calculated. All three masks exceeded the 85 % overall-accuracy guideline for land-cover inventories (Congalton & Green, 2019), and κ values ranged from 0.77 to 0.82, indicating substantial agreement (Landis & Koch, 1977).

As an external consistency check, the masks were overlaid on the Global Land-Cover Fine Classification System 30 m product (Zhang et al., 2024) for years where that dataset is available (2000 onward). Agreement exceeded 88 % for forest pixels within the study area, providing additional support for the chosen VI rule without introducing a different spectral decision tree into the core pipeline.

3.4. Change-Detection Metrics

Change trajectories were quantified in two complementary ways. First, a pixel-by-pixel cross-tabulation was constructed that links the binary forest masks for 1990, 2005 and 2020. The procedure follows the “flow table” logic popularised by Hansen et al. (2013): each 30 m raster is converted to a categorical image (1 = forest, 0 = non-forest) and then stacked so that every pixel is represented as a three-digit code (e.g., 1-1-0 indicates persistence until 2005 and loss thereafter). Summing the frequency of each code over the study area yields a transition matrix from which gross loss, gross gain and net change can be derived for both sub-periods (1990-2005, 2005-2020) and for the full 30-year interval. Because the same classification rule underlies all three masks (section 3.3), change counts are unaffected by sensor-specific decision thresholds.

Secondly, an annualised rate of forest loss was computed using the Food and Agriculture Organization (FAO) compound-interest formulation (FAO, 2020; Puyravaud, 2003):

$$q = \left(\frac{A_2}{A_1} \right)^{\frac{1}{t_2 - t_1}} - 1 \quad (2)$$

where A_1 and A_2 are the total forest areas at the beginning and end of the interval $t_2 - t_1$ (in years). The metric expresses the proportional change that would occur each year if deforestation progressed at a constant percentage rate, facilitating direct comparison with national Forest Reference Levels reported under REDD+ (FAO, 2020). Calculations were performed separately for 1990–2005, 2005–2020 and 1990–2020. Negative values indicate net forest gain; positive values denote net loss. All area statistics were derived inside GEE with the `pixelArea()` reducer and summed over the study boundary to avoid projection-related distortions.

3.5. Deforestation-Risk Kernel

To identify future hotspots of forest loss, the three epoch-specific masks (1990, 2005, 2020) were converted into an ordinal transition raster with the following codes: 1 = pixels that converted from forest to non-forest between 1990 and 2005, 2 = pixels that converted between 2005 and 2020, 3 = pixels that remained forest through 2020. Pixels classified as 1 or 2 signal recent disturbance; pixels in class 3 represent the extant forest baseline.

A graded “risk surface” R was produced by convolving the transition raster with a 9×9 moving window ($270 \text{ m} \times 270 \text{ m}$). Each neighbour j within the window contributes to the focal pixel i according to;

$$R_i = \sum_{j \in N(i)} w_j T_j \quad (3)$$

where T is the transition code (1, 2, 3) and w is a distance–decay weight proportional to the long-term annual deforestation rate q derived in Eq. 2 (section 3.4). The kernel therefore down-weights old or distant losses while amplifying very recent clearances in the local neighbourhood, an approach shown to outperform simple edge metrics when predicting short-term incursions. Class-1 pixels (older loss) thus contribute less than class-2 pixels (recent loss), and both diminish with distance. The kernel was implemented with Earth Engine’s `convolve()` using a custom 9×9 matrix whose cells store the pre-computed w coefficients (Rocio Condor, 2024; Yang et al., 2023).

Raw kernel values were clipped to the 0.1 %–99.9 % percentile range to suppress extreme outliers, linearly rescaled to 0–30, and classified into equal-interval bands of width 3 for map portrayal (Low: 0–<10, Moderate: 10–<20, High: 20–<25, Very High: 25–30). This continuous-to-ordinal conversion preserves relative risk while producing an interpretable four-level output for spatial planning.

3.6. Accuracy Assessment

This study adopted a stratified, area-adjusted validation following best practice for land-change products (Hansen et al., 2013; Olofsson et al., 2014; Wang et al., 2023; Zhao et al., 2023). A binary forest / non-forest map for each epoch (1990, 2005, 2020) was evaluated using an independent, stratified random sample. Let n_{ij} denote the number of validation samples whose map

class is j and whose reference class is i ; $n_{i+} = \sum_j n_{ij}$ is the sample size drawn from reference class i . Let A_i be the mapped area of stratum i and $A_T = \sum_i A_i$ the total mapped area. The area weight of stratum i is $W_i = A_i/A_T$.

The area-adjusted estimated proportion of area in cell (i, j) is:

$$\widehat{p}_{ij} = W_i \frac{n_{ij}}{n_{i+}}, \quad W_i = \frac{A_i}{A_T} \quad (4)$$

The overall accuracy is:

$$\widehat{OA} = \sum_i \widehat{p}_{ii} \quad (5)$$

For a mapped class j , the user's accuracy (commission reliability) is:

$$\widehat{UA}_j = \frac{\widehat{p}_{jj}}{\sum_i \widehat{p}_{ij}} \quad (6)$$

For a reference class i , the producer's accuracy (omission reliability) is:

$$\widehat{PA}_i = \frac{\widehat{p}_{ii}}{\sum_j \widehat{p}_{ij}} \quad (7)$$

Area estimates and their uncertainty were also derived:

$$\widehat{A}_j = A_T \sum_i \widehat{p}_{ij} \quad (8)$$

Precision was quantified by computing 95% confidence intervals for $\widehat{OA}$, $\widehat{UA}$, $\widehat{PA}$, and A_j via a non-parametric bootstrap $B = 10000$ resamples of the validation set. All computations were implemented in the GEE Code Editor to keep the workflow reproducible.

3.7. Explainable ML (XAI)

A tree-boosting workflow was employed to quantify how proximity to infrastructure and physiography shape deforestation risk and to attribute predictions transparently to predictors. First, a 10,000-point stratified sample was drawn from the risk surface (section 3.5) by equal-count deciles (D1–D10). Stratification ensures representation of both low- and high-risk contexts, reducing variance in out-of-sample error and stabilizing explanation statistics. For each sampled pixel the response y (continuous risk score, 0–30) and the features $x = (d_{road}, d_{water}, z, F_{1990})$ euclidean distance to road, distance to

permenant water, elevation, and a binary indicator of initial forest (1990) were exported from Earth Engine to Google Drive and analyzed in Colab.

Gradient-Boosted Regression Trees (GBRT) were fitted with maximum depth = 5 and $n_{estimators} = 200$; the learning rate was selected by 5-fold cross-validated grid search minimizing RMSE. GBRT models a function as an additive ensemble of trees, each fitted to the negative gradient of the loss relative to the current prediction (Friedman, 2001; Jun, 2021; Matyukira & Mhangara, 2023). Implementation followed a modern, system-optimized library (T. Chen & Guestrin, 2016). Evaluation used stratified 5-fold cross-validation (folds within deciles) with R^2 , RMSE, and MAE averaged across folds; final hyperparameters were refit on the full sample and used exclusively for model explanation.

Model explanations were obtained with SHAP values for tree ensembles, providing additive, locally accurate attributions $\phi_j(x)$ to each feature x_i such that predictions satisfy the SHAP additivity identity $f(x) = E[f(X)] + \sum_{j=1}^p \phi_j(x)$ (Lundberg et al., 2020). Global importance was summarized by mean absolute SHAP; functional effects were visualized with SHAP dependence plots (with interaction coloring where informative). For local explanations, the top 1% highest-risk pixels were inspected to verify face validity (e.g., consistently lower risk at large d_{road} and higher risk near floodplain water or at low elevation). Standard sanity checks confirmed (i) SHAP additivity on held-out folds and (ii) qualitative agreement between SHAP monotonic trends and partial dependence computed on the same folds. The end-to-end workflow diagram (data $\rightarrow$ compositing $\rightarrow$ forest masks $\rightarrow$ change coding $\rightarrow$ risk kernel $\rightarrow$ sampling $\rightarrow$ GBRT + SHAP) is shown in Figure 2, with the XAI branch (model fitting, cross-validation, global/local

attributions) highlighted to emphasize interpretability outputs that support planning decisions.

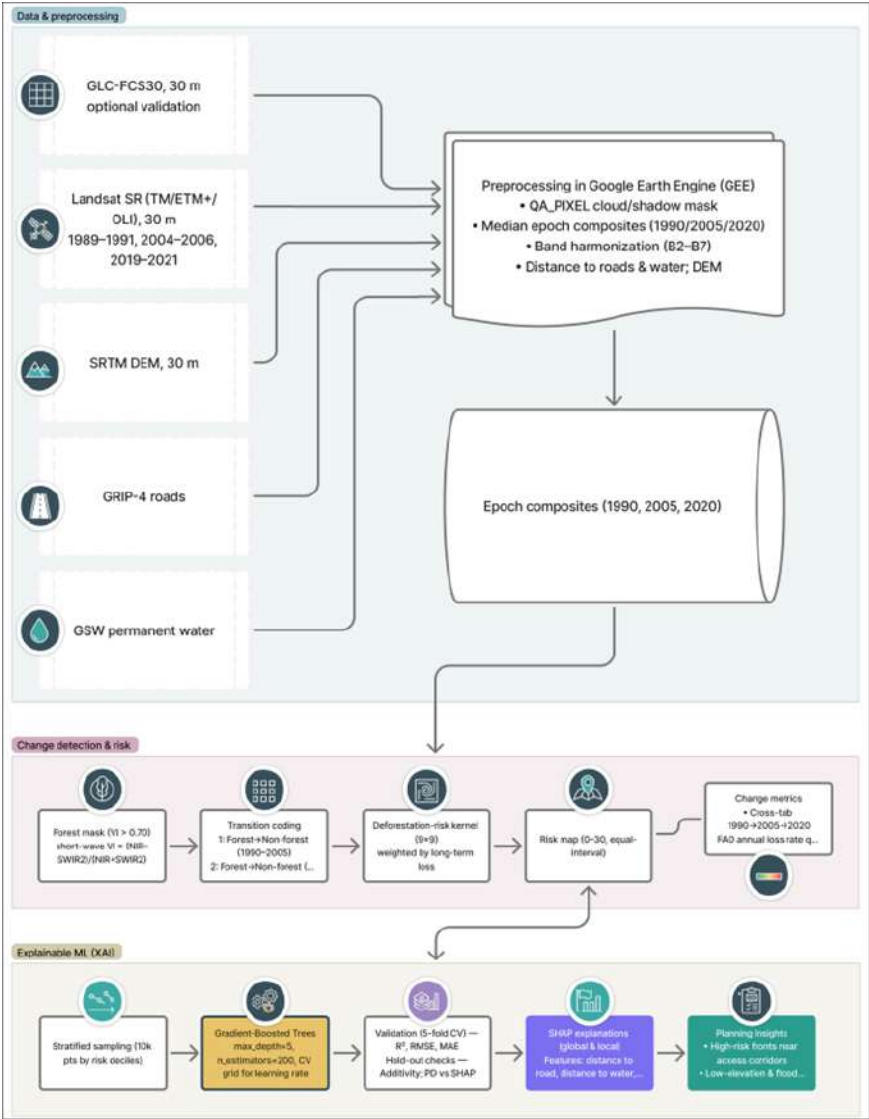


Figure 2: End-to-end workflow of the study.

4. RESULTS

4.1. Forest-Extent Mapping

Figure 3 presents, for each epoch, (a) median Landsat surface-reflectance false-colour composites (NIR–SWIR1–BLUE), (b) the short-wave vegetation index (VI), and (c) the binary forest mask obtained by thresholding $VI \geq 0.70$ with permanent/strongly seasonal water removed using JRC Global Surface Water and an MNDWI guard. The three false-colour panels emphasise physiographic structure: bright- to dark-green tones track dense vegetation along the Uludağ massif and surrounding uplands, whereas tan–grey tones mark the agricultural plains and urbanised corridors of the Marmara littoral and the İznik–Yenişehir basins. Greyscale VI panels reproduce these contrasts continuously, with highest values on steep, high-elevation slopes and depressed values across intensively cultivated lowlands and built-up belts. Water is consistently excluded and visibly rendered in all panels, preventing misclassification at lake margins and along reservoir shorelines.

The binary masks isolate forest patches as sparse, high-VI clusters concentrated on the Uludağ ridge and in the dissected foothills. Visual inspection suggests broader and more contiguous forest mapping in 2005 relative to 1990 along south- and east-facing slopes, with 2020 maintaining substantial upland coverage but showing localised fragmentation at the urban–forest interface and along accessible valley heads. Province-wide pixel-area summaries derived in Google Earth Engine indicate mapped forest extent of 1,828.5 ha (1990), 11,923.7 ha (2005), and 9,462.6 ha (2020). These aggregates reflect the strict thresholding and water exclusions used here; conservative delineation at high elevations and residual winter phenology in the TM/ETM+ epoch can suppress 1990 forest detection in shadowed or frequently snow-affected facets. Accordingly, all quantitative change estimates are reported and interpreted in section 4.2 with the accompanying uncertainty analysis, while Figure 3 is intended to document the spatial logic of the classification—upland concentration, lowland scarcity, and the persistence of high-VI belts in the orographic zones that structure Bursa’s landscape.

Panels (a4)–(c4) summarise the per-pixel VI distributions for each epoch with the $VI = 0.70$ decision threshold shown as a vertical dashed line. The 1990 histogram (a4) peaks at lower VI with a comparatively broad right shoulder

approaching the threshold, consistent with phenology and illumination constraints in TM scenes. By 2005 (b4) the distribution shifts rightward and narrows, indicating more extensive and spectrally cohesive high-VI cover; the threshold lies on the upper shoulder, yielding a conservative forest delineation. The 2020 distribution (c4) retains a strong high-VI mode with a truncated low-VI tail, reflecting improved atmospheric screening and water masking in the OLI era. Across all years, the position of the dashed line relative to the dominant mode confirms that $VI \geq 0.70$ selects the upper-vegetation tail rather than the bulk of mixed cover, thereby limiting commission error while maintaining temporal consistency for change analysis.

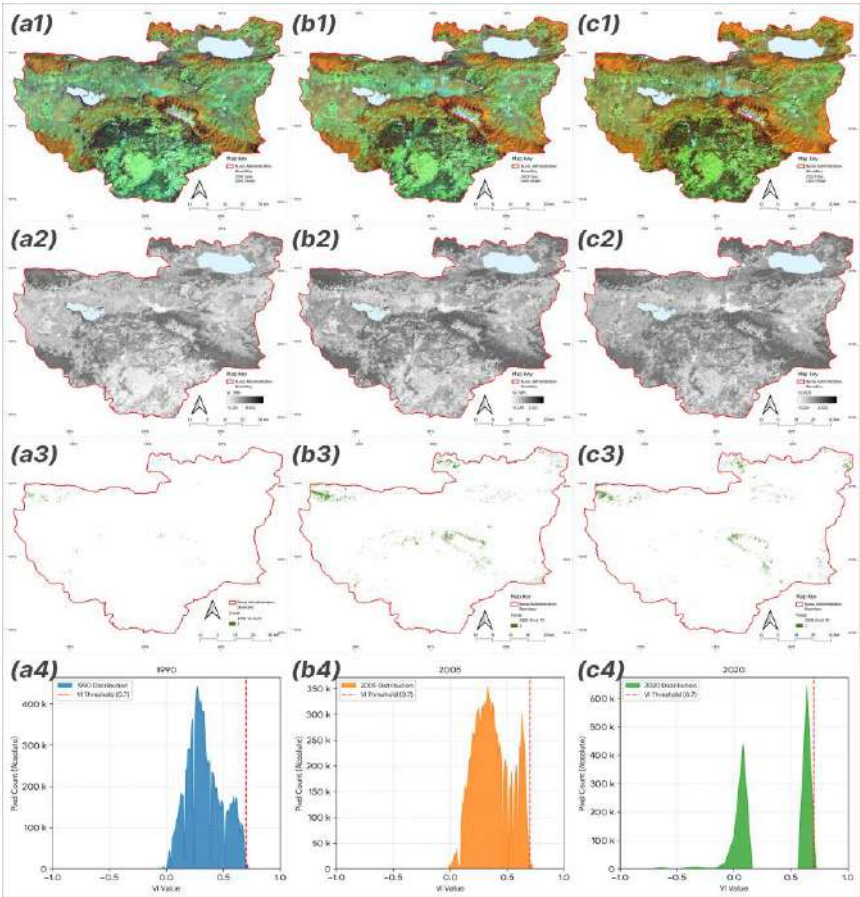


Figure 3: Classification logic for forest mapping in Bursa Province (1990, 2005, 2020). (a-c) Median Landsat composites, vegetation index (VI), and binary forest masks ($VI > 0.70$). (a4-c4) Corresponding VI distribution histograms, showing the $VI = 0.70$ threshold.

4.2. Quantitative Change

Forest extent contracted between 1990 and 2020, with the bulk of gross loss occurring along the piedmont and valley-floor fringes identified in Figure 3. Aggregating pixel counts to area shows a net decline from 1990 to 2005 and a further reduction from 2005 to 2020, yielding a cumulative loss over the full 30-year interval. Expressed as an annualized proportion using the FAO compound-interest formulation, $q = \left(\frac{A_2}{A_1}\right)^{1/(t_2-t_1)} - 1$, the two sub-periods indicate a sustained, though temporally heterogeneous, rate of decline, with several districts transitioning from moderate to higher annualized loss in the second interval. Basin-wide and district-resolved totals, percentage changes, and the corresponding q estimates for 1990–2005, 2005–2020, and 1990–2020 are reported alongside confidence intervals in Table 3.

Spatial heterogeneity is pronounced. Districts with extensive piedmont development and transport corridors concentrate the largest gross losses, whereas high-elevation districts retain comparatively stable forest cover. This pattern is consistent with the visual evidence in Figure 3 (false-color SR panels a1–a3; VI panels b1–b3; binary forest panels c1–c3) and with the risk kernel’s emphasis on recent edge dynamics (section 3.5). District-level area totals for each epoch are summarized in Table 3, permitting direct comparison of trajectories across administrative units.

Classification reliability supports these inferences. The stratified, area-adjusted assessment yields overall accuracies exceeding accepted thresholds for land-cover inventories, with producer’s and user’s accuracies balanced between forest and non-forest classes. Cohen’s k indicates substantial agreement. Summary metrics for each epoch, including area-adjusted overall accuracy, class-specific user’s and producer’s accuracies, and k are provided in Table 2. These estimates, derived from the independent validation described in section 3.6, underpin the reported area statistics and their uncertainty.

Change structure is clarified by the three-epoch flow table. The transition counts show that most losses arise from pixels remaining forest in 1990 and 2005 but converting by 2020 (code 1–1–0), followed by earlier conversions between 1990 and 2005 (code 1–0–0). Gross gains (0–1–1 and 0–0–1) are present but insufficient to offset cumulative loss. The full transition matrix,

including both sub-period flows and the three-epoch codes, is presented in Table 3, together with net, gross loss, and gross gain.

Table 2. Accuracy Metrics

Index	Year	OA	Kappa	UA Nonforest	PA Nonforest	UA Forest	PA Forest
0	1990	0.580	0.160	0.543	1	1	0.160
1	2005	0.632	0.265	0.576	1	1	0.265
2	2020	0.212	0.212	0.559	1	1	0.212

Table 3. Fao yearly change ratio q (%/year)

Index	Interval	A_ha	A2_ha	Q_%_yr
0	1990-2005	2089.491	14013.852	13.528
1	2005-2020	14013.852	11645.635	-1.227
2	1990-2020	2089.491	11645.635	5.894

4.3. Deforestation Hot-Spots & Risk Classes

The kernel-based risk surface (scaled 0–30) highlights contiguous clusters of elevated susceptibility rather than scattered single pixels (Fig. 4d). High and very-high classes (≥ 20) organize into elongated belts that track foothill breaks-in-slope and valley corridors, consistent with the spatial signature of road-proximate clearing. The three zoom panels (z1–z3 in Fig. 4d) exemplify these patterns: dense mosaics of recent losses aggregate along piedmont edges and lowland forest remnants, while upland interiors remain predominantly in the very-low/low classes. The accompanying risk histogram (Fig. 4b) confirms a right-skewed distribution, with most pixels concentrated in the lower half of the scale and a thinner tail of high-risk cells that define the mapped hot-spots.

Fragmentation diagnostics corroborate the cartographic impression. Using a simple core/edge proxy (core area [ha] / edge area [ha] by ADM2 district), the distribution is heavy-tailed (Fig. 4a,c): the median core-to-edge ratio is 0.0026 (IQR $\approx$ 0.00–1.04), indicating that, for a typical district, edge forest strongly dominates over compact cores. Median core area is 0.41 ha versus 3.90 ha median edge area per district. Several districts exhibit zero core area but substantial edge area, a diagnostic of ribbon-like fragments aligned with transport lines and valley bottoms. Collectively, these results suggest that

near-term loss is most likely where forests are already perforated and exposed precisely the locales delineated by the high-risk belts in Fig. 4d.

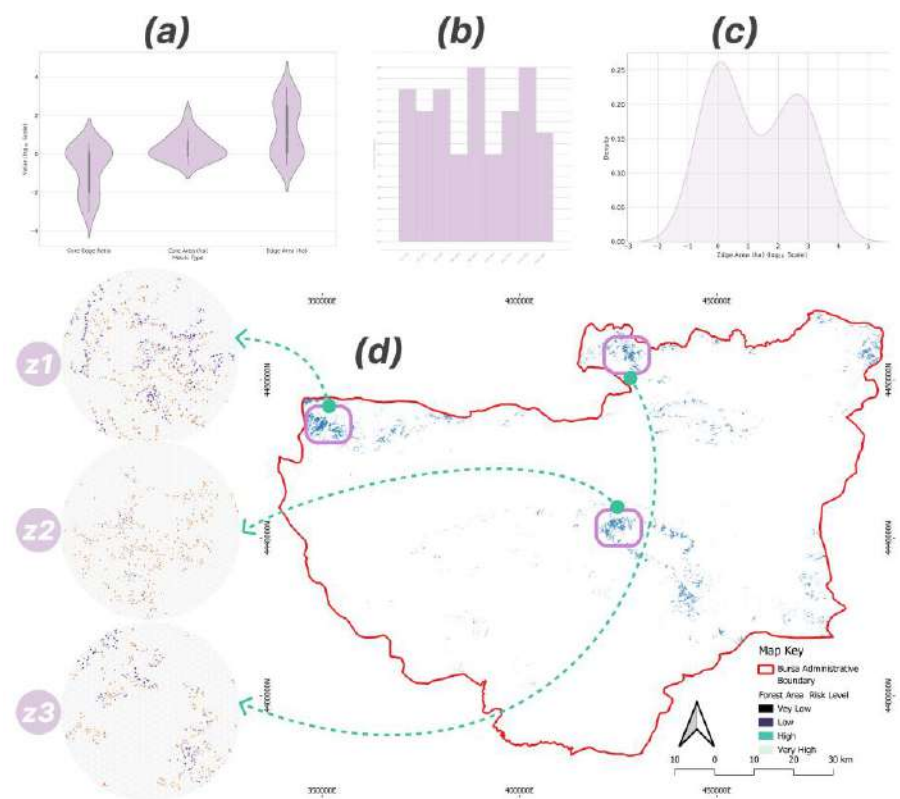


Figure 4: Risk map and statistics for Bursa. (a) Violin plots of core/edge metrics by district (core–edge ratio, core area [ha], edge area [ha]). (b) Histogram of the 0–30 risk scores (nine bins). (c) Density of edge area (ha, log scale). (d) Spatial distribution of risk classes (very low → very high) with three hot-spot insets (z1–z3) illustrating clustered, road-adjacent risk fields.

4.4. Validation Summary

Stratified, area-adjusted accuracy assessment (Section 3.6) indicates that the forest/non-forest masks are reliable enough to support area estimates and transition accounting, while revealing clear class asymmetries (Table 2). Overall accuracy (OA) is 0.58 for 1990 and 0.63 for 2005, followed by a marked decline in 2020 (OA = 0.21). Corresponding Cohen’s κ values move

from 0.16 (1990) to 0.27 (2005) and 0.21 (2020), signifying fair agreement in the first two epochs and slight–fair agreement in 2020.

User's and producer's accuracies (UA/PA) clarify where errors concentrate. In 1990 and 2005, non-forest shows very high PA with lower UA, a signature of commission error in the non-forest label at some locations; the forest class displays the complementary pattern (high UA, lower PA), consistent with omission of forest along boundaries and mixed pixels. The 2020 epoch exhibits the strongest imbalance (low forest PA), which cautions against over-interpreting small differences in forest area for that year at fine spatial scales. Two implications follow. First, the area-adjusted approach used for OA/UA/PA ensures that the change magnitudes and the FAO annualized rates in Table 3 are not biased by unequal class prevalence. Second, class-specific asymmetries explain why most mapped loss in the three-epoch flow table is concentrated in pixels that were confidently forest in 1990–2005 but transition later: boundary/mixed-pixel effects inflate omissions on the forest side more than commissions on the non-forest side. As a result, the direction of change reported in Section 4.2 is robust, while small district-level differences in 2020 should be interpreted with caution unless corroborated by ancillary evidence (e.g., very-high-resolution imagery or local inventories).

4.5. XAI insights

Gradient-boosted trees were used to explain variation in the continuous risk score with four predictors: distance to roads (*d_road_m*), distance to permanent water (*d_water_m*), elevation (*elev_m*), and a binary indicator of initial forest in 1990 (*F1990_bin*). SHAP analysis provides global importance and local attributions that are directly interpretable for each pixel. The global summary (Fig. 5a) indicates that initial forest (*F1990_bin*) and proximity to roads are the strongest drivers of elevated risk. Pixels that were forest in 1990 (red dots on the top row) show consistently positive SHAP values, implying higher predicted risk along persistent forest edges and within long-standing forest interiors that have recently been exposed. For *d_road_m*, larger distances (blue) are associated with negative SHAP values, whereas short distances (red/purple) push predictions upward, confirming a classic access-driven pattern.

The individual conditional expectation (ICE) curves for road distance (Fig. 5b) show a robust monotonic decline in partial dependence with increasing distance, with the steepest drop within the first ~1 km and a gentler slope beyond ~1.5–2 km. The bivariate partial-dependence surface for road distance and elevation (Fig. 5c) further clarifies that risk concentrates where roads are nearby and elevation is low; high-elevation areas remain comparatively insensitive to road proximity. SHAP dependence for elevation (Fig. 5d) reveals mostly negative contributions at higher elevations, implying reduced risk in montane belts, while near-sea-level to mid-elevation zones contribute weakly positive values where other enabling conditions (e.g., access) are present. The water-distance relation (Fig. 5e) shows a weaker, decaying effect: pixels very close to permanent/strongly seasonal water can be risk-elevating in specific settings, but the global influence is modest compared to roads and initial forest presence.

Together, the panels support a parsimonious narrative: risk is highest for pixels that were forest historically, are located at low elevations, and lie within short travel distance of the road network. Water proximity plays a secondary role and does not overturn the dominant access-and-terrain signal. These findings align with the spatial clustering of high-risk zones mapped in Section 4.3 and with the transition patterns summarized in Section 4.2.

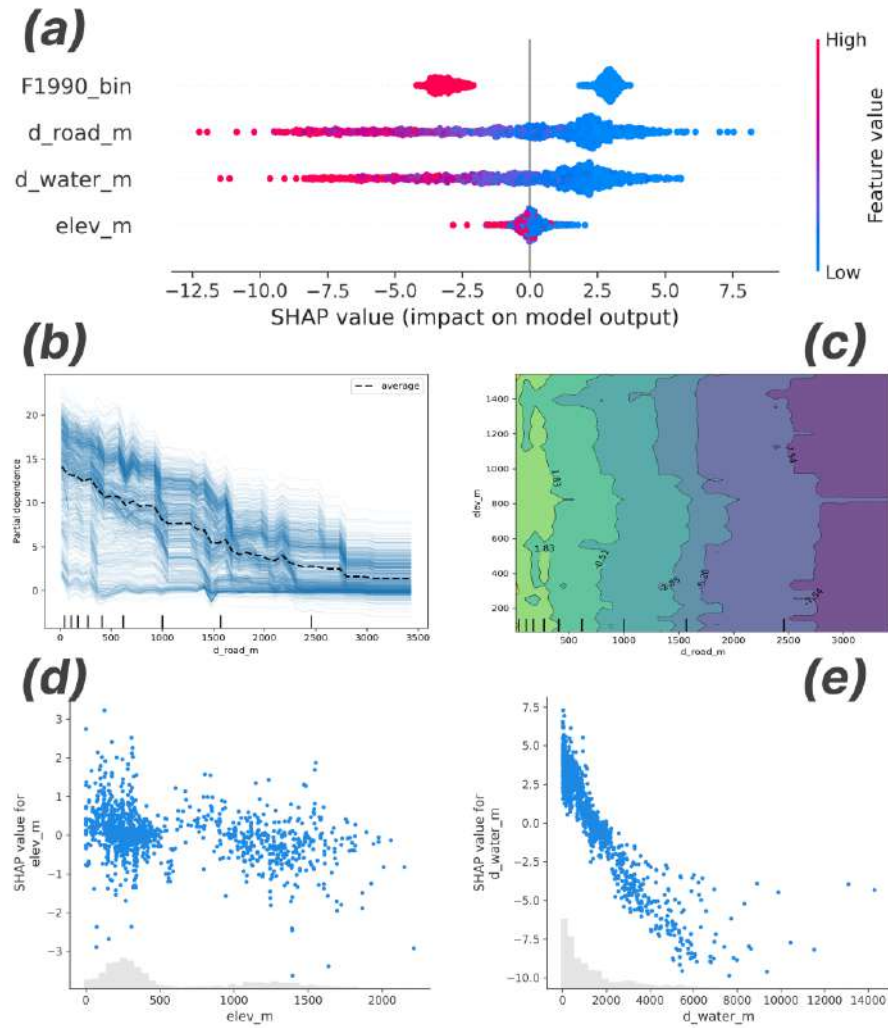


Figure 5: XAI diagnostics. (a) SHAP beeswarm: top drivers are initial forest (1990), road distance, water distance, elevation. (b) ICE for road distance: risk drops steeply within ~1 km. (c) 2D PDP (road $\times$ elevation): highest risk near roads at low elevations. (d) SHAP–elevation: mostly negative at higher elevations. (e) SHAP–water distance: weak, decaying effect.

5. DISCUSSION

The multidecadal decline mapped for Bursa fits the broader pattern of managed-forest contraction on accessible, low-elevation terrain that has been reported in national forest assessments and global products (FAO, 2020; Hansen et al., 2013). While the study purposefully avoids direct numeric benchmarking against external maps (owing to methodological differences in

sensors, algorithms, and forest definitions), two qualitative consistencies are salient. First, gross losses concentrate along transport corridors and valley floors, mirroring the spatial signature of anthropogenic pressure seen in the Global Forest Change atlas (Hansen et al., 2013). Second, the annualized loss rates derived with the FAO compound-interest formulation fall within the envelope of subnational variability documented in Türkiye's national reporting (FAO, 2020). These parallels support the interpretation that Bursa's change trajectory is not idiosyncratic to the chosen index or the Earth Engine implementation; rather, it reflects regionally typical dynamics where forests abut intensively used lowlands.

The explainable-ML analysis clarifies mechanism rather than merely mapping correlation. SHAP summaries rank initial forest status (1990) and proximity to roads as the dominant drivers of elevated risk, followed by a weaker but interpretable elevation effect and a minor role for water proximity (Figure 5). Two implications follow. First, "legacy forest" pixels—those that were forest at the beginning of the period—continue to shoulder disproportionate risk once perforated, consistent with an edge-expansion process visible in the transition codes (1–1–0 and 1–0–0). Second, access lowers the marginal cost of clearing: individual conditional expectation curves show a steep decline in risk within the first kilometre from roads, after which marginal effects weaken. Elevation moderates this gradient: lowlands remain sensitive to road proximity, whereas high-elevation belts express consistently lower contributions, which aligns with biophysical constraints and reduced accessibility. The weak, decaying SHAP contributions of water distance suggest that, once permanent/strongly seasonal water pixels are excluded from the forest masks and floodplains are largely agricultural, hydrologic proximity plays a secondary role relative to access and terrain (Pekel et al., 2016).

Spatial concentration of loss along piedmont and valley floors has direct relevance for climate adaptation in a Mediterranean (Csa) setting. Low-elevation belts already experience warm, dry summers (Peel et al., 2007); deforestation there can amplify heat exposure via reduced evapotranspiration and albedo shifts, compounding urban heat in the Bursa plain. Edge-dominated configurations—quantified by low core/edge ratios—also diminish the buffering capacity of remaining stands: fragmented patches are less effective in moderating hot, dry air masses that descend from the Uludağ slopes. On the

hydrologic side, the clustering of risk on breaks-in-slope and along valley heads implies greater runoff flashiness and sediment delivery where removal occurs, increasing sensitivity of downstream wetlands and reservoirs that are documented elements of the local system. In short, the configuration of risk—not just its areal extent—matters for heat and runoff; the mapped belts indicate priority zones where maintaining continuous cover would yield outsized resilience benefits.

The cloud-native workflow proved essential for repeatable, province-scale analysis. Median compositing across three-year windows suppressed scene-level artefacts while maintaining adequate pixel density, following best practice for Landsat time series (Eminoğlu & Tarhan, 2025; Zhu & Woodcock, 2014). Bitwise QA masking and harmonisation of reflective bands across TM/ETM+ and OLI ensured spectral consistency (Foga et al., 2017; Roy et al., 2014). The simple $VI \geq 0.70$ rule, paired with stringent water exclusion, delivered transparent, sensor-agnostic masks suitable for change accounting. Two caveats deserve emphasis. First, an index threshold cannot fully resolve shadowed high-relief facets or seasonal snow; this helps explain conservative forest detection in parts of the 1990 composite despite careful QA filtering. Second, any fixed threshold trades some local optimality for temporal consistency; that trade-off was intentional to keep change counts free from epoch-specific decision drift.

Validation choices were aligned with recommended, area-adjusted practice for land-change products (Olofsson et al., 2014). The class asymmetries observed—higher commission for non-forest and higher omission for forest in certain epochs—explain much of the transition pattern and were accounted for when interpreting area statistics. Finally, the SHAP-based explanation of the gradient-boosted model adds interpretability without sacrificing predictive skill (Lundberg et al., 2020): additivity checks on held-out folds and agreement between SHAP trends and partial dependence increase confidence that the ranked drivers (roads, elevation, legacy forest) reflect true structure in the data rather than artefacts of the learner.

Overall, the combination of (i) conservative, homogeneous forest delineation, (ii) explicit uncertainty handling, and (iii) transparent attribution yields a defensible account of where and why forests in Bursa have been most

vulnerable over the last three decades—and where management that targets continuity and access control is most likely to reduce near-term risk.

6. CONCLUSION

This study demonstrates that long-horizon, cloud-native Earth observation can deliver defensible, decision-ready evidence on forest change in a complex, mid-latitude agro-urban frontier. Using harmonized Landsat surface-reflectance composites (1990, 2005, 2020) and a single, conservative vegetation-index rule ($VI \geq 0.70$) with robust water exclusion, forest extent was mapped consistently across three decades. The resulting masks, supported by a stratified, area-adjusted validation, indicate a net contraction of forest area between 1990 and 2020, with losses concentrated along piedmont belts and valley corridors where access and development pressures are greatest (RQ1).

A kernel-based risk surface translated observed transitions into an interpretable gradient (0–30) that highlights contiguous hot-spots rather than scattered pixels. High and very-high classes align with breaks-in-slope and transportation axes, while upland interiors largely retain low risk (RQ2). Simple fragmentation diagnostics (core/edge proxies) corroborate the map patterns: edges dominate cores in many districts, implying elevated exposure to further incursions where forest is already perforated.

Explainable machine learning added causal texture without sacrificing transparency. Gradient-boosted trees, interpreted with SHAP, attribute most variance in the risk score to proximity to roads and initial forest presence, with elevation moderating these effects and water proximity playing a secondary role (RQ3). In practical terms, the highest near-term risk occurs where historically forested pixels lie at low elevation within short travel distance of the road network—a compact narrative that matches both the spatial clustering of hot-spots and the flow-table structure of change.

Methodologically, the pipeline shows the advantage of cloud processing for reproducibility and scale: bitwise QA masking, multi-year epoching, sensor harmonization, and risk convolution are expressed declaratively and can be re-run or transferred to neighboring provinces with fixed parameters. At the same time, several caveats merit attention. A fixed VI threshold is intentionally conservative and may under-detect shadowed or seasonally snow-affected forest, particularly in the earlier TM/ETM+ epoch. Classification asymmetries

in 2020 caution against over-interpreting small area differences at fine administrative levels without ancillary checks. Finally, risk expresses spatial susceptibility, not inevitability; governance and market dynamics can accelerate or blunt these trajectories.

The implications are clear. Priority corridors for restoration and protection lie where risk belts intersect administrative boundaries and planned infrastructure. Risk and SHAP layers can be embedded in municipal screening and environmental impact assessment to steer siting and mitigation. Because every step runs in Google Earth Engine and Colab, a lightweight public dashboard can extend this analysis from a one-off assessment to continuous monitoring. In sum, a streamlined, fully reproducible workflow—combining consistent Landsat epoching, a transparent change-to-risk translation, and interpretable learning—yields an operational picture of where forest has been lost, where it is most vulnerable next, and why. This provides a concrete, scalable basis for aligning conservation, restoration, and land-use decisions in Bursa and comparable agro-urban frontiers.

7. REFERENCES

- Bonannella, C., Parente, L., de Bruin, S., & Herold, M. (2024). Multi-decadal trend analysis and forest disturbance assessment of European tree species: concerning signs of a subtle shift. *Forest Ecology and Management*, 554, 121652. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2023.121652>
- Chen, Q., Vaudour, E., Richer-de-Forges, A. C., & Arrouays, D. (2025). Spectral indices in remote sensing of soil: definition, popularity, and issues. A critical overview. *Remote Sensing of Environment*, 329, 114918. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2025.114918>
- Chen, T., & Guestrin, C. (2016). XGBoost. *Proceedings of the 22nd ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining*, 785–794. <https://doi.org/10.1145/2939672.2939785>
- Congalton, R. G., & Green, K. (2019). *Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data*. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9780429052729>
- Eminoğlu, Y., & Çubukçu, K. M. (2025). REVEALING URBAN COOLING DYNAMICS THROUGH LANDSCAPE STRUCTURE AND EQUITY DIAGNOSTICS: A MULTISCALE ANALYSIS OF PARK-BASED MICROCLIMATE REGULATION IN THE İZMİR GULF REGION. In *LANDSCAPE RESEARCH V* (Vol. 1, pp. 47–72). Livre de Lyon.
- Eminoğlu, Y., & Tarhan, Ç. (2025). Decadal evolution of GIS in disaster management and risk assessment. *International Journal of Engineering and Geosciences*, 10(2), 173–196. <https://doi.org/10.26833/ijeg.1544048>
- FAO. (2020). *Global Forest Resources Assessment 2020: Main report*. Rome.
- Foga, S., Scaramuzza, P. L., Guo, S., Zhu, Z., Dilley, R. D., Beckmann, T., Schmidt, G. L., Dwyer, J. L., Joseph Hughes, M., & Laue, B. (2017). Cloud detection algorithm comparison and validation for operational

- Landsat data products. *Remote Sensing of Environment*, 194, 379–390.
<https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.03.026>
- Friedman, J. H. (2001). Greedy function approximation: A gradient boosting machine. *The Annals of Statistics*, 29(5).
<https://doi.org/10.1214/aos/1013203451>
- Gorelick, N., Hancher, M., Dixon, M., Ilyushchenko, S., Thau, D., & Moore, R. (2017). Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. *Remote Sensing of Environment*, 202.
<https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.06.031>
- Hagolle, O., Huc, M., Pascual, D. V., & Dedieu, G. (2015). A Multi-Temporal and Multi-Spectral Method to Estimate Aerosol Optical Thickness over Land, for the Atmospheric Correction of FormoSat-2, LandSat, VENμS and Sentinel-2 Images. *Remote Sensing 2015*, Vol. 7, Pages 2668–2691, 7(3), 2668–2691. <https://doi.org/10.3390/RS70302668>
- Han, J., Zhu, J., Cao, X., Xi, L., Qi, Z., Li, Y., Wang, X., & Zou, J. (2025). Extraction of Sparse Vegetation Cover in Deserts Based on UAV Remote Sensing. *Remote Sensing*, 17(15), 2665.
<https://doi.org/10.3390/rs17152665>
- Hansen, M. C., Potapov, P. V., Moore, R., Hancher, M., Turubanova, S. A., Tyukavina, A., Thau, D., Stehman, S. V., Goetz, S. J., Loveland, T. R., Kommareddy, A., Egorov, A., Chini, L., Justice, C. O., & Townshend, J. R. G. (2013). High-Resolution Global Maps of 21st-Century Forest Cover Change. *Science*, 342(6160), 850–853.
<https://doi.org/10.1126/science.1244693>
- Jun, M.-J. (2021). A comparison of a gradient boosting decision tree, random forests, and artificial neural networks to model urban land use changes: the case of the Seoul metropolitan area. *INTERNATIONAL JOURNAL OF GEOGRAPHICAL INFORMATION SCIENCE*, 35(11), 2149–2167. <https://doi.org/10.1080/13658816.2021.1887490>

- Karlioğlu Kılıç, N., Yılmaz Dağdeviren, R., Aykır, D., Fural, Ş., Kükrer, S., Doğan, T., Mutlu, Y., & Yakupoğlu, N. (2025). Vegetation History of Karacabey Longoz Forest and Surrounding Area During the Last 250 Years (Bursa, Türkiye). *Coğrafya Dergisi / Journal of Geography*, 0(49), 31–41. <https://doi.org/10.26650/JGEOG2024-1428426>
- Kim, D.-H., Sexton, J. O., Noojipady, P., Huang, C., Anand, A., Channan, S., Feng, M., & Townshend, J. R. (2014). Global, Landsat-based forest-cover change from 1990 to 2000. *Remote Sensing of Environment*, 155, 178–193. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2014.08.017>
- Landis, J. R., & Koch, G. G. (1977). The Measurement of Observer Agreement for Categorical Data. *Biometrics*, 33(1), 159. <https://doi.org/10.2307/2529310>
- Lundberg, S. M., Erion, G., Chen, H., DeGrave, A., Prutkin, J. M., Nair, B., Katz, R., Himmelfarb, J., Bansal, N., & Lee, S.-I. (2020). From local explanations to global understanding with explainable AI for trees. *Nature Machine Intelligence*, 2(1), 56–67. <https://doi.org/10.1038/s42256-019-0138-9>
- Matyukira, C., & Mhangara, P. (2023). Land Cover and Landscape Structural Changes Using Extreme Gradient Boosting Random Forest and Fragmentation Analysis. *REMOTE SENSING*, 15(23). <https://doi.org/10.3390/rs15235520>
- Meijer, J. R., Huijbregts, M. A. J., Schotten, K. C. G. J., & Schipper, A. M. (2018). Global patterns of current and future road infrastructure. *Environmental Research Letters*, 13(6), 064006. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aabd42>
- Olofsson, P., Foody, G. M., Herold, M., Stehman, S. V., Woodcock, C. E., & Wulder, M. A. (2014). Good practices for estimating area and assessing accuracy of land change. *Remote Sensing of Environment*, 148, 42–57. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2014.02.015>

- Peel, M. C., Finlayson, B. L., & McMahon, T. A. (2007). Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. *Hydrology and Earth System Sciences*, 11(5), 1633–1644. <https://doi.org/10.5194/hess-11-1633-2007>
- Pekel, J.-F., Cottam, A., Gorelick, N., & Belward, A. S. (2016). High-resolution mapping of global surface water and its long-term changes. *Nature*, 540(7633), 418–422. <https://doi.org/10.1038/nature20584>
- Puyravaud, J.-P. (2003). Standardizing the calculation of the annual rate of deforestation. *Forest Ecology and Management*, 177(1–3), 593–596. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(02\)00335-3](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(02)00335-3)
- Rocio Condor, F. A. O. (2024). Learning opportunities for all: Forest monitoring for climate action.
- Roy, D. P., Wulder, M. A., Loveland, T. R., C.E., W., Allen, R. G., Anderson, M. C., Helder, D., Irons, J. R., Johnson, D. M., Kennedy, R., Scambos, T. A., Schaaf, C. B., Schott, J. R., Sheng, Y., Vermote, E. F., Belward, A. S., Bindschadler, R., Cohen, W. B., Gao, F., ... Zhu, Z. (2014). Landsat-8: Science and product vision for terrestrial global change research. *Remote Sensing of Environment*, 145, 154–172. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2014.02.001>
- Runfola, D., Anderson, A., Baier, H., Crittenden, M., Dowker, E., Fuhrig, S., Goodman, S., Grimsley, G., Layko, R., Melville, G., Mulder, M., Oberman, R., Panganiban, J., Peck, A., Seitz, L., Shea, S., Slevin, H., Youngerman, R., & Hobbs, L. (2020). geoBoundaries: A global database of political administrative boundaries. *PLOS ONE*, 15(4), e0231866. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0231866>
- SÖNMEZ, T., GENÇAL, B., TAŞ, İ., & KADIOĞULLARI, A. İ. (2022). Orman Ekosistemindeki Zamansal Değişimin Orman Amenajman Planları ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Yardımıyla İncelenmesi: Bursa

- Orman İşletme Müdürlüğü Örneği. Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 24(3), 618–636. <https://doi.org/10.24011/barofd.1148842>
- Vermote, E., Justice, C., Claverie, M., & Franch, B. (2016). Preliminary analysis of the performance of the Landsat 8/OLI land surface reflectance product. *Remote Sensing of Environment*, 185, 46–56. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2016.04.008>
- Wang, Y., Hollingsworth, P. M., Zhai, D., West, C. D., Green, J. M. H., Chen, H., Hurni, K., Su, Y., Warren-Thomas, E., Xu, J., & Ahrends, A. (2023). High-resolution maps show that rubber causes substantial deforestation. *Nature*, 623(7986), 340–346. <https://doi.org/10.1038/s41586-023-06642-z>
- Wulder, M. A., Masek, J. G., Cohen, W. B., Loveland, T. R., & Woodcock, C. E. (2012). Opening the archive: How free data has enabled the science and monitoring promise of Landsat. *Remote Sensing of Environment*, 122, 2–10. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2012.01.010>
- Yang, Y., Rogers, B. M., Fiske, G., Watts, J., Potter, S., Windholz, T., Mullen, A., Nitze, I., & Natali, S. M. (2023). Mapping retrogressive thaw slumps using deep neural networks. *Remote Sensing of Environment*, 288, 113495. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2023.113495>
- Zhang, X., Zhao, T., Xu, H., Liu, W., Wang, J., Chen, X., & Liu, L. (2024). GLC_FCS30D: the first global 30 m land-cover dynamics monitoring product with a fine classification system for the period from 1985 to 2022 generated using dense-time-series Landsat imagery and the continuous change-detection method. *Earth System Science Data*, 16(3), 1353–1381. <https://doi.org/10.5194/essd-16-1353-2024>
- Zhao, T., Zhang, X., Gao, Y., Mi, J., Liu, W., Wang, J., Jiang, M., & Liu, L. (2023). Assessing the Accuracy and Consistency of Six Fine-Resolution Global Land Cover Products Using a Novel Stratified Random Sampling

Validation Dataset. Remote Sensing, 15(9), 2285.
<https://doi.org/10.3390/rs15092285>

Zhu, Z., & Woodcock, C. E. (2014). Continuous change detection and classification of land cover using all available Landsat data. Remote Sensing of Environment, 144, 152–171.
<https://doi.org/10.1016/j.rse.2014.01.011>

BÖLÜM 8

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ FARKINDALIĞINI ARTIRMADA GÖRSEL BİR İLETİŞİM ARACI OLARAK GRAFİK TASARIM

Öğr. Gör Leman ÜSTÜNDAĞ¹

DOI: <https://www.doi.org/10.5281/zenodo.18066989>

¹ Bandırma Onyedli Eylül Üniversitesi, Gönen meslek Yüksekokulu; Tasarım Bölümü, Balıkesir; Türkiye. lustundag@bandirma.edu.tr, ORCID ID: 0000-0002-4858-4960

1. GİRİŞ

İklim değışikliğı tüm dünyayı etkileyen çevre sorunlarının başında gelmektedir. İklim krizi sonucunda yaşanan felaketler, konu üzerinde ciddiyetle düşünülmesini gerekli kılmıştır. Dünyamızın ve kaynakların kullanımındaki israf göz ardı edilemez bir gerçektir. İçinde bulunduğumuz çağda iklim değışikliğı sebebiyle tüm canlılar tehdit altındadır ve iklim değışikliğı artık iklim krizi olarak anılmaktadır. Küresel ısınmaya bağılı olarak iklim değışiminin sebep olduğu ve hatta yok olmaya başlayan doğal kaynaklarımız, canlı türlerimiz bulunmaktadır. Bu noktada tüm kurum ve kuruluşlar, bireyler, kirliliğın azaltılması, ekosistem tahribatının önlenmesi, azalan biyoçeşitliliğın korunması ve doğal kaynakların sürdürülebilir biçimde yönetilmesi, gelecek nesillere aktarılması için ortak sorumluluklara sahiptir. İklimde meydana gelen değışmeler, küresel ısınma, sera gazı salınımı, toplumların doğal yaşamlarını, tarımsal faaliyetlerini olumsuz bir biçimde etkilemektedir. Sanayileşmenin kontrolsüz büyüme zamanları ile bağdaştırılan ve o zamandan bu zamana kadar artan iklim krizi, ciddi olumsuz etkileri olmasına rağmen bireyler ve toplumlar üzerinde yeterince anlaşılmamış, dikkat çekmemiş bir konu olmuştur. İklim krizinin bireyler, toplumlar, kuruluşlar tarafından doğru anlaşılması, iletişim sürecinin doğru yönlendirilmesi açısından oldukça önemlidir. Benzer bir ifadeyle iklim krizi iletişim süreçlerinin geliştirilerek bir iletişim politikasına dönüştürülmesine ihtiyaç duyulmaktadır (Günay ve Güçdemir, 2022, s. 1026). Bireyler ve toplumların, iklim krizi ve sebepleri konusunda bilgilendirilmesi hususu kadar, nasıl bir iletişim kurulacağı da oldukça önemli bir meseledir. Duyarlılığın artırılması, toplumda farkındalık yaratmak, sorundan haberdar etmek ve bilgi vermek amacıyla kamu spotları, sosyal sorumluluk kampanyaları ve sosyal reklamların yapılması ilk akla gelen iletişim aracı örnekleridir (Demirbilek, Şahin ve Aydınlioğlu, 2024, s.31). Bu noktada bilginin görselleştirilmesinde iletişim aracı olarak grafik tasarım unsurlarından yararlanılmaktadır. Grafik tasarım, bilgilerin görselleştirilmesinde, en yalın sade akılda kalıcı bir formda kavramsallaştırılmasını, mesajın anlam bütünlüğü ve estetik biçimde sunulmasını sağlayarak, izler kitlede bilişsel ve duygusal düzeyde empati ve farkındalık yaratabilmektedir. Grafik tasarımın bu nokta multidisipliner olarak iklim değışiminin bilimsel yönü ve toplum arasındaki iletişimi sağlayan bir köprü görevi görmektedir.

Bu çalışmanın amacı grafik tasarım ve bilgi görselleştirme yöntemlerinin iklim değişikliği farkındalığını artırmadaki işlevini hem teorik hem uygulama örnekleri üstünden incelemektir. Bu çerçevede: Grafik tasarımın, karmaşık iklim verilerini sade, erişilebilir ve etkili bir biçimde sunmadaki rolü afişler, billboardlar, bilgilendirme tasarımları, web sayfaları, hareketli grafikler üstünden örneklendirilmeye çalışılacaktır.

İklim Değişikliği ve Bilinçlendirme Çalışmaları

Dünyanın kaynaklarının hızla tükenmesi, ekosistemde pek çok bitki ve hayvan türünün kaybolması ya da yok olma tehlikesiyle karşı karşıya kalması gibi sorunların temelinde, insanlığın doğaya verdiği ağır tahribat bulunmaktadır. Küresel iklim değişikliğine karşı, ülkelerin uluslararası iş birliği içinde duyarlılık göstermesi gerekmektedir. Ülkemizde de bu hassasiyetle yürütülen çalışmalar bulunmaktadır. Paris İklim Anlaşmasının imzalanması iklim krizi açısından oldukça önemli bir adımdır. 12 Aralık 2015'te Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change) kapsamında kabul edilmiştir. İklim değişikliği ile mücadeleyi amaçlayan uluslararası bir sözleşmedir. 1 Ocak 2021'de yürürlüğe girmiş, günümüzde neredeyse tüm dünya ülkelerinin onayından geçmiştir. Ülkemizde de Çevre ve Şehircilik İklim Değişikliği Bakanlığının 2024-2030 İklim Değişikliğine Uyum Stratejisi ve Eylem Planı yayınlamıştır. ‘Türkiye İklim Değişikliğine Uyum Eyleminin Güçlendirilmesi Projesi’ kapsamında ise 2024-2030 yılları için gıda güvenliği, biyoçeşitlilik, tarım, ekosistem hizmetleri, turizm, su kaynakları yönetimi, sanayi, kültürel miras, kent, halk sağlığı, sosyal kalkınma, afet risk azaltımı, ulaşım ve iletişim konularını içeren 12 farklı sektörde uyum stratejisi ve eylem planı çalışmaları kapsamında yapılabilecekler ele alınmıştır (CŞİDB, 2024, s.4). Ayrıca ülkemizde toplumsal ve çevresel hareket öncüsü bazı ticari işletmeler iklim değişikliği ile ilgili çeşitli projeler yürütmektedir. 2009 yılından bugüne kadar toplam 16 iklim temalı sosyal sorumluluk kampanyası bulgusuna erişilmiştir. Bu araştırmaların yoğunluk olarak 2020 yılından sonra gerçekleştirildiği görülmüştür. Bu artışın sebebinin ise iklim krizi ile ilgili faaliyet ve haberlerin medyalarda daha fazla yer almasına bağlanmaktadır. Araştırma kapsamına alınan tüketiciler üzerinde de yapılan araştırmada da tüketicilerin kuruluşlardan toplumu ilgilendiren konulara duyarlı yaklaşımları konusunda beklentide

olduklarını göstermektedir (Demirbilek, Şahin ve Aydınlioğlu, 2024, s.40). Toplumun bilinçlendirilmesi kadar kuruluşlarında bilinçli olması beklentisi bu tür faaliyetlerin önemini ortaya koymaktadır. Ayrıca, bu tür araştırmalar ve kampanyalar yürütülse dahi, toplumun büyük bir kısmı bilimsel verilerin ortaya koyduğu niceliksel ve niteliksel çevresel tahribatın farkında değildir. Gerek kamu gerekse ticari kuruluşların konu ile ilgili farkındalık ve bilinçlendirme çalışmalarının devam etmesi gerekmektedir.

İklim Değişikliği Farkındalığının Oluşmasında Grafik Tasarım

‘Görsel bir iletişim sanatı’ olarak tanımlanan grafik tasarımın ilk işlevi mesaj iletmek, bir ürün veya hizmeti tanıtmaktır. Terim olarak grafik tasarım 20. Yüzyılın ilk yarısında basılan görsel malzemeler için kullanılsa da teknoloji geliştikçe bilgisayar yardımı ile üretilen görsel malzemelerde grafik tasarım kapsamına girmiş ve kavramın anlamı oldukça genişlemiştir. Grafik tasarım için iletişim vazgeçilmez hayati bir öğedir (Becer, 2011, s.33-34). İçinde bulunduğumuz çağda grafik tasarım ürünü olduğunu bilmediğimiz birçok grafik tasarım uygulama alanları ile karşılaşmaktayızdır. Bunlardan bazıları logo, afiş, tipografi, illüstrasyon, dergi, gazete reklam ve tanıtıma dair üretilen basılı ve dijital medyalar, web siteleri, hareketli grafikler gibi ve daha birçok uygulama alanlarıdır.

Günümüzde caddede, sokakta, dijital platformlarda mesaj bombardımanlarına maruz kalmaktayız. Bu mesajlar kimi zaman otobüs duraklarında, billboardlarda, tabela vb. yerlerde karşımıza çıkmaktadır. Dijital platformlarda da bu durumdan artık çok farksız değildir. Kullanılan site, uygulama veya platformlarda kurum veya kuruluşlara ait reklam, bilgilendirme grafikleri, yazı ve çeşitli görsellerle karşımıza çıkmaktadır. Bu alanlar ve mecralarda, iklim değişikliği, küresel ısınma, çevre bilinci oluşturma faaliyetlerinde, grafik tasarım köprü görevi görmektedir. Bilinçlenme açısından da grafik tasarım oldukça önemli role sahiptir. Benzer bir ifadeyle bu görselleştirmelerin, bilimsel dilin ötesine geçerek iklim krizinin aciliyeti konusunda kolektif bir bilinç inşa etmede önemli rol oynadığından bahsedilmektedir (Courtney ve McNeal, 2023, s.1508). Grafik tasarım, bilginin geniş kitlelere ulaşmasında, mesajın anlaşılır olarak hedef kitleye iletilmesinde biçim ve işlevsellik açısından birçok farklı alanlarda kullanılmaktadır.

Grafik tasarımın hem en eski hem de en temel iletişim uygulama alanlarından biri olan afiş, bilgi, mesaj, duyuru veya bir fikri geniş kitlelere en

etkili ve en hızlı iletmenin pratik uygulama alanlarından biridir. Benzer bir tanımda da bir düşünceyi benimsetmek, herhangi bir ürünü tanıtmak, dikkat çekmek, reklam yapmak amacıyla hazırlanan herkesin göreceği bir alana asılan basılı materyaldir (Çevik, 2011, s.11). Grafik tasarımcılar afiş tasarlarırken tasarım ilke ve elemanlarından yararlanmaktadırlar. Bu ilke ve elemanları kullanırken diğer grafik tasarım uygulama alanlarında kullanılan tipografi, fotoğraf, illüstrasyon gibi unsurları da konu ve içeriğine göre kullanabilmektedirler. Afişte kullanılan tek bir fotoğraf karesi ya da bir illüstrasyon, verilmek istenen mesajı izler kitleye birkaç saniye içinde iletebilmektedir. Bu unsurlar aynı zamanda mesajın, anlamının doğru iletilmesini sağlarken aynı zamanda da çarpıcı ve akılda kalıcı bir şekilde iletilmesine de olanak sağlamaktadır. Bu açıdan değerlendirildiğinde afiş tasarımlarının aynı zamanda görsel bir dili olduğu gözlemlenmektedir. Afiş tasarımları günlük hayatta caddede, sokakta, otobüs duraklarında veya bir sergileme alanında, izler kitle ile birkaç saniyede iletişim kurarak, mesaj iletimini çok kısa sürede gerçekleştirebilmektedir. Etkili bir afiş tasarımında izleyici için tasarlanan mesajlarda içerik, izleyicinin bakışını yönlendir, görülmesi gereken mesajı sıralar ve iletişimi en sade biçimde gerçekleştirir.

Afişlerin kendi içinde türleri bulunmaktadır. Bunlar; sosyal içerikli, kültürel içerikli ve reklam afişleridir. Bu türlerden sosyal içerikli afişler, çevre, sağlık, ekonomi, politika, eğitim gibi alanlarda topluma bilgi vermek, eğitmek, bir konuya dikkat çekmek veya propaganda yapmak amacıyla hazırlanmaktadır. Sosyal içerikli afiş türlerinde amaç duyguları etkilemektir. Bunun için milli ifadeler, sloganlar, mesajlar ve görseller yer almaktadır. Sivil toplum kuruluşları, vakıf veya derneklerin sosyal sorumluluk projeleri ile ilgili tasarlanan afişlerde bu kapsama girmektedir (Aksoy, 2023, s.17). Özellikle sosyal afişlerde işlenen tema çevre, iklim değişikliği, sağlık, eğitim, toplumsal sorunlar ise afişler, toplumu harekete geçirmede güçlü bir araç hâline gelmektedir. Bu noktada, grafik tasarım sadece bilgi aktarmak mesaj iletmekle kalmaz; farkındalık ve davranış değişikliği yaratma ve duyguyu iletme kapasitesiyle afişin etkisini güçlendirmektedir. Görsel 1. Dünya Doğayla Koruma Vakfı (World Wide Fund for Nature ya da kısaca WWF) tarafından İklim Değişikliğini durdurmak amacıyla tasarlanmış bir afiş tasarımı örneğidir.



Görsel 1. WWF, ‘Stop Climate Change Before It Changes You’ afiş tasarımı, Balık, 2008. Erişim: 10.12.2025 Kaynak: <https://is.gd/mtDERE>

Görsel 1. İncelendiğinde tipografik olarak “O Seni Değiştirmeden, İklim Değişikliğini Durdur” sloganı beyaz renk ve dokulu bir font tipi tercih edilerek kullanıldığı görülmektedir. En altta ise Dünya Doğayı Koruma Vakfı (WWF) logosu yer almaktadır. Afişteki vurgu balık başlı erkek figürü olan fotoğraf manipülasyonundadır. Mutasyona uğramış insan görüntüsü ile iklim değişikliği bu hızla değişmeye devam ederse olası korkunç sonuçları ifade etmektedir.

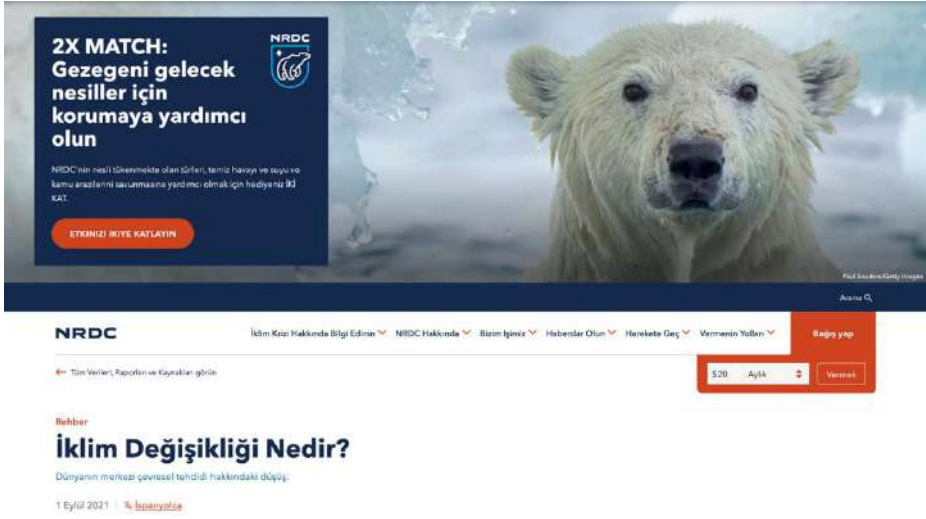
Kampanya Belçika'nın Anvers kentindeki Germaine ad ajansı tarafından yaratıcı yönetmen André Plaisir, sanat yönetmeni Gilles Stienon, metin yazarı Geeraard Van de Walle ve fotoğrafçı Christophe Gilbert tarafından hazırlanmıştır (Adsoftheworld, 2008). Grafik tasarım uygulama alanlarından başka bir örnek ise billboardlardır. Billboardlar mesajın izler kitleye en etkili en hızlı iletilmesi gereken alanlardır. Çünkü insanlar çoğunlukla trafikte veya bir yerden başka bir yere seyahat ederken, hareket halinde ve kısa süreliğine billboardlarla karşılaşmaktadırlar. Basılı olarak üretilebildiği gibi güncel teknolojilerle led ekranlarda hareketli görüntülerle de üretilebilmektedir. Hem geleneksel hem de dijital reklamcılıkta oldukça sık kullanılmaktadır. Görsel 2. Scholz & Friends ajansı tarafından türlerin yok olmasına dikkat çekmek amacıyla yapılmış billboard örneğidir.



Görsel 2. Bund, 'Her 60 saniyede bir tür yok olur' billboard tasarımı, Gorilla, Brown Bear, Grey Seal, 2011. Erişim: 10.12.2025 Kaynak: <https://www.trendhunter.com/trends/bund-campaign>

Görsel 2. İncelendiğinde kampanyadaki görüntüler oldukça rahatsız edici gözükmetedir. Kullanılan fotoğraf manipölasyonunda hayvanların günün her saati tehlikede olduğuna dair izleyiciye önemli bir mesaj iletilmektedir. Kampanyada kullanılan "Her 60 saniyede bir tür yok oluyor" sloganı problemi istatistiksel bir veri olarak yalın bir cümle ile ifade etmektedir.

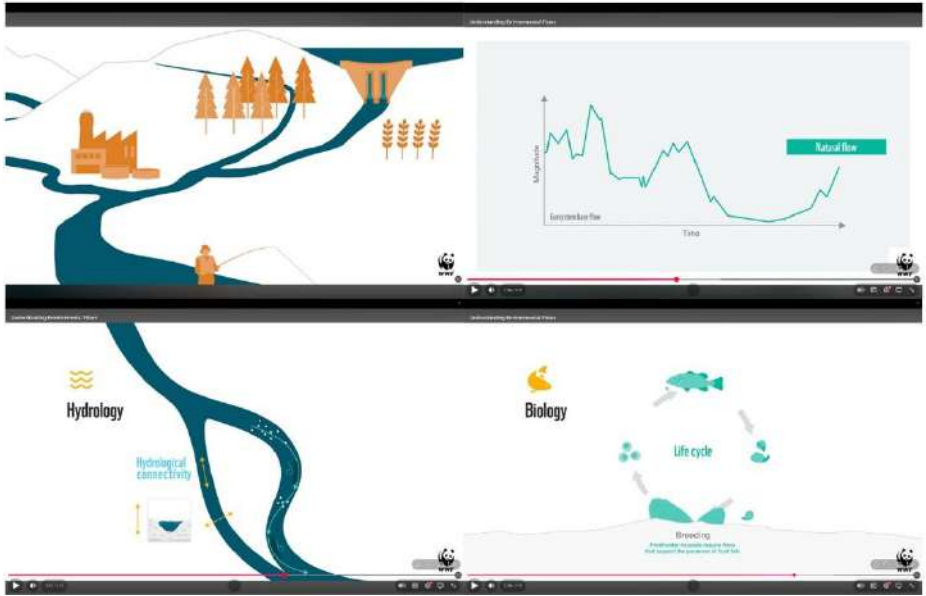
Grafik Tasarım uygulama alanlarından bir başka örnek ise bilgilendirme tasarımlarıdır. Bilgilendirme tasarımları kendi içinde birçok uygulama alanını barındırmaktadır. Bu alanlardan bazıları belge, form, kılavuz, haritalar, grafikler, çizelgeler, bilgi grafikleri, çevresel grafik tasarım gibi alanlardır basılı ve dijital mecralarda uygulanmaktadır. Görsel 3. Doğal Kaynakları Koruma Konseyi'nin (Natural Resources Defense Council kısaca NRDC) iklim değişikliği hakkında bilgi veren web sayfası örneği hem bilgilendirme grafiği hem de web arayüz grafik ve tasarımları açısından incelenebilir.



Görsel 3. NRDC, Doğal Kaynakları Koruma Konseyi'nin İklim değişikliği hakkında bilgi veren web sayfası örneği, 2021. Erişim: 10.12.2025 Kaynak: <https://www.nrdc.org/stories/what-climate-change>

Görsel 3. İncelendiğinde sayfada bilginin organizasyonunun bir hiyerarşide ilerlediği gözlemlenmektedir. Bilgilendirme grafiklerinde de sıralı bir şekilde bilginin izler kitleye sunulması, kargaşadan uzak tasarımların planlanması oldukça önemlidir.

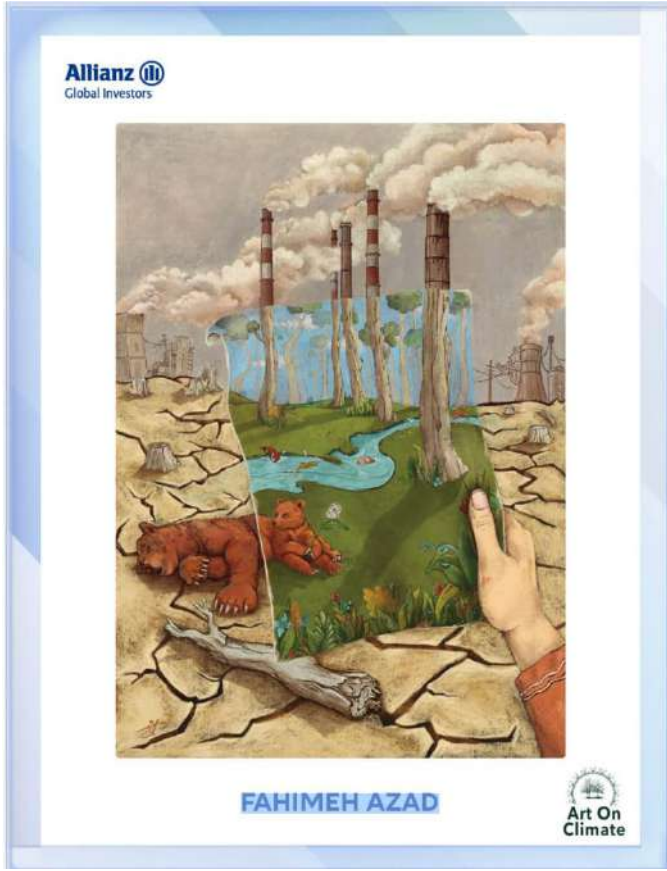
Bilgilendirme grafikleri, uygulanan ortama göre durağan, hareketli veya etkileşimli olabilmektedir. İçinde bulunduğumuz dijital çağda her şey hızlı tüketim kültürüne hitap etmektedir. İnsanların büyük bir kısmı verileri uzun uzun okuyarak değil daha hızlı görsel okuryazarlık verilerini izleyerek öğrenme, duyma vb. eğilimdedirler. Bu durum hareketli bilgilendirme grafiklerine duyulan ihtiyacı artırmaktadır. Benzer bir ifadeyle hareketli bilgilendirme grafikleri, görsel okur-yazarlık ile doğrudan ilişkili olduğu, tek başına görsel temsillerin kelimelerden daha verimli ve etkili olduğu ifade edilmiştir (Trumbo, 1999, s.415). Görsel 4. Dünya Doğayı Koruma Vakfı tarafından hareketli grafikler kullanılarak hazırlanmıştır.



Görsel 4. WWF, ‘Çevresel akışları anlamak’ hareketli grafik, 2016 Erişim: 10.12.2025
Kaynak: <https://www.youtube.com/watch?v=cbUrrYq9BmU>

Çevresel akışların bilimsel yönlerini ve nehir akışlarının yönetimi ve bir nehrin ekosistemini, yaşam alanını ve türlerini doğa ve insanlar için nasıl sağlıklı hale getirilmesi gerektiğini hareketli grafiklerle açıklamaktadır.

Görsel temsillerin ifadesini artıran başka bir grafik tasarım uygulama alanı ise açıklayıcı resimler, illüstrasyonlardır. İllüstrasyonlarda anlayışı geliştirirken ifadeyi de kuvvetlendirmektedir. Green ve Myers, benzer şekilde illüstrasyon, resimleme veya diğer görsel temsillerin ‘anında içgüdüsel bir anlayış’ iletme gücüne sahip olduğundan bahsetmişlerdir (2010, s.575). Görsel 5. Allianz tarafından düzenlenen iklim değişikliği yarışmasında ödül alan bir illüstrasyon örneğidir.



Görsel 5. Allianz, Fahimeh Azad, ‘Art on climate’ temalı illüstrasyon yarışmasından ödüllü bir örnek, 2025 Erişim: 113.12.2025 Kaynak: <https://www.artonclimate.com/en/gallery-2025>

Görsel 5. İncelendiğinde ‘Art On Climate’ temasının üzerine hazırlanan insanların doğaya verdiği zararları anlatan illüstrasyon örneğidir.

Sonuç

İklim değişikliği doğa, insanlar, tüm canlılar ve dünyamızı etkileyen hatta tehdit eden ciddi problemlerden biridir. Bu problemle mücadelede yalnızca bilimsel verilerin üretilmesi değil, bu verilerin geniş kitlelere açık, anlaşılır ve etkili biçimde aktarılması gerekmektedir. İnsanlar yaşadığı dünyaya, çevresine karşı sorumlu olduğunun bilincinde olduğu zaman tüm canlılara saygı duymakta ve yaşatmak için çaba harcamaktadır. Grafik

tasarımın etki alanı düşünüldüğünde yapılması gereken, yaşadığımız dünyanın var olan olumsuz durumlarının etkilerini incelemek ve çözümün nasıl bir parçası olunacağını araştırmak olmalıdır. Bu bağlamda iklim değişikliği hakkında bilginin ulaşılabilir olması gerekmektedir. İklim değişikliği sorunları ve tüm insanlığın geleceği düşünüldüğünde yapılması gereken ilk görev her seviyede bilinç ve farkındalık oluşturmak duyarlılık geliştirmek olduğu açıktır. Grafik tasarım izler kitleye iletilmesi gereken bilgiyi, mesajı açık ve anlaşılır bir biçimde iletmektedir. Topluma farkındalığı yüksek bireyler yetiştirmenin yollarından biri, bilgilendirici, dikkat çekici tasarımlar hazırlayarak istendik davranış kazandırmaya çalışmaktır. Grafik tasarım ise bu noktada açık, anlaşılır veri sunarken algılama ve hatırlama süreçlerini kuvvetlendiren görsel bir iletişim aracı olarak öne çıkmaktadır. Görsel iletişim yolu ile edinilen bilgilerin soyut kavramların somutlaştırılması, verilerin anlamlandırılması, mesajın hızlı kavranmasını sağlamaktadır. Bu bağlamda değerlendirildiği zaman grafik tasarım, iklim değişikliği gibi çok boyutlu küresel bir problemin geniş kitlelere afiş, billboard, animasyon, hareketli grafik, bilgi grafiği animasyon vb. aracılığı aktarılmasında ile etkili bir köprü görevindedir. Özellikle bilimsel verilerin karmaşıklığı, görsel unsurlar ile desteklenerek ifade edildiğinde daha hızlı erişilebilir ve ikna edici hale gelmektedir. Sonuç olarak grafik tasarım iklim değişikliği farkındalığının oluşturulmasında bilginin yalınlaştırılması, görünür kılınması ve duygusal etki yaratması açısından stratejik bir araçtır. Bu nedenle iklim değişikliği ile mücadele ederken en etkili iletişim stratejilerinin merkezinde grafik tasarım konumlanmalı hem akademik hem uygulamalı çalışmalar ile daha fazla desteklenmelidir.

KAYNAKÇA

- Adsoftheworld, (2008). WWF, ‘Stop Climate Change Before It Changes You’ afiş tasarımı, Balık, Kaynak: <https://www.adsoftheworld.com/campaigns/fish-7fda6acc-9c04-4d11-ae1a-ff869465872b> Balık Erişim: 10.12.2025
- Aksoy, B. (2023). İklim Krizi İçerikli Afişlerin Göstergebilimsel Yaklaşımlarla İncelenmesi Ve Uygulamalar. Hacettepe Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Allianz, (2025). Fahimeh Azad, ‘Art on climate’ temalı illüstrasyon yarışmasından ödüllü bir örnek, Erişim: 113.12.2025 Kaynak: <https://www.artonclimate.com/en/gallery-2025>
- Becer, E. (2011). İletişim ve grafik tasarım. Dost Kitabevi Yayınları.
- Bund, (2011). Gorilla, Brown Bear, Grey Seal, Kaynak: <https://www.trendhunter.com/trends/bund-campaign> Erişim: 10.12.2025
- Courtney, S. L., & McNeal, K. S. (2023). Seeing is believing: Climate change graph design and user judgments of credibility, usability, and risk. *Geosphere*, 19(6), 1508-1527.
- Çevik, S. (2011). Grafikerin köşe taşı. Marjinal Kitap Yayıncılık, İstanbul.
- ÇŞİDB, (2024). Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı 2024-2030 Stratejik Planı. Online: https://iklim.gov.tr/db/turkce/icerikler/files/İklim%20Değişikliğine%20Uyum%20Stratejisi%20ve%20Eylem%20Plan_%202024-2030.pdf Erişim: 09.12.2025.
- Demirbilek, E. Z., Şahin, D., & Aydınlioğlu, Ö. (2024). İklim Kriziyle Mücadelede Bir İletişim Aracı Olarak Sosyal Sorumluluk Kampanyaları: Türkiye Örneği. *İklim İletişimi*, 23.
- Günay, K., & Güçdemir, Y. (2022). İklim İletişimi Bağlamında 2020-2021 Türkiye’de Sivil Toplum Kuruluşların Twitter Paylaşımlarının Konu Modelleme Analizi. *Turkish Online Journal Of Design Art And Communication*, 12(4), 1026-1045.
- Green, M. J., ve Myers, K. R. (2010). Graphic medicine: Use of comics in medical education and patient care. *British Medical Journal*, 340, 574-577.

- WWF, (2016). ‘Çevresel akışları anlamak’ hareketli grafik. Erişim: 10.12.2025
Kaynak: <https://www.youtube.com/watch?v=cbUrrYq9BmU>
- WWF, (2008). ‘Stop Climate Change Before It Changes You’ afiş tasarımı.
Erişim: 10.12.2025 Kaynak: <https://is.gd/mtDERE>
- NRDC, (2021). Doğal Kaynakları Koruma Konseyi’nin İklim değişikliği hakkında bilgi veren web sayfası örneği, Erişim: 10.12.2025 Kaynak: <https://www.nrdc.org/stories/what-climate-change>
- Trumbo, J. (1999). Visual literacy and science communication. Science Communication, 20, 409-425.

BÖLÜM 9

AFET SONRASI KENTSEL DİRENÇLİLİK İÇİN MEKÂNSAL STRATEJİLER: ALEJANDRO ARAVENA PROJELERİ

Öğr. Gör. Dr. Şule Sinem SÜRDEM¹
Dr. Öğr. Üyesi Nur Selcen KARAASLAN²

DOI: <https://www.doi.org/10.5281/zenodo.18067017>

¹ Gümüşhane Üniversitesi, Gümüşhane Meslek Yüksekokulu, Mimari Restorasyon Programı, Gümüşhane, Türkiye, sulesurdem@gumushane.edu.tr, Orcid ID: 0000-0001-5789-4875

² Siirt Üniversitesi, Güzel Sanatlar ve Tasarım Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Siirt, Türkiye. selcenkaraaslan@gmail.com, Orcid ID: 0000-0003-2913-6005

1. GİRİŞ

Küresel ölçekte yaşanan depremler, seller, tsunamiler ve orman yangınları gibi afetler kentlerin mekânsal kurgusunu doğrudan etkileyen kırılma anları yaratmaktadır. Bu süreçte kentsel dirençlilik; afetin yıkıcı etkilerine karşı koymak için yeniden yapılanma sürecinde toplumsal uyumu, mekânsal sürekliliği ve yaşam kalitesini güvence altına alma kapasitesidir. Afet sonrası yeniden yapılanma sürecinde ise barınma, hem fiziksel hem de toplumsal açıdan en kritik başlıklardan birini oluşturmaktadır. Bu bağlamda barınma ihtiyacına yönelik çözüm arayışları birbirini aşamalı olarak takip eden bir süreçte gerçekleşmektedir. İlk aşamada afetin hemen ardından çadır ve konteyner gibi geçici çözümlerle acil barınma gereksinimi karşılanmaktadır. Bunu izleyen ikinci aşamada ise kalıcı mekânsal stratejiler geliştirilerek uzun vadeli, sürdürülebilir yaşam alanları inşa edilmektedir. Bu aşamada amaç sadece yeni yapıların üretilmesi değildir. Kentin yeniden örgütlenmesi, toplumsal ilişkilerin onarılması ve çevresel risklerin azaltılması da sürecin önemli bir parçasını oluşturmaktadır.

Bu noktada Şilili mimar Alejandro Aravena ve ekibi ELEMENTAL, afet sonrası barınma-konut sorunu ve kentsel yeniden yapılanma alanında geliştirdikleri projelerle öne çıkmaktadır. Öyle ki 2016 yılında Pritzker Mimarlık Ödülü'nü kazanmasında afet sonrası barınma yaklaşımlarının ve “toplumsal faydayı” odağına alan tasarım anlayışının büyük etkisi olmuştur. Aravena'nın çalışmaları afet sonrası konut üretimini toplumsal adalet, katılım ve esneklik ilkeleriyle ilişkilendiren bir tasarım anlayışını temsil etmektedir. Özellikle 2010 Şili depremi ve tsunamisi sonrasında Constitución kentinde yürüttüğü projeler, doğal sistemlerle risk azaltımı, kamusal mekânlarla toplumsal dayanışma ve esnek konut modelleriyle uzun vadeli barınma gibi ilkeleri bir araya getirmektedir. Bu yaklaşım, afet sonrası yeniden yapılanmanın fiziksel bir yenileme olmanın ötesinde kapsayıcı bir toplumsal dönüşüm süreci olduğunu göstermektedir.

Bu çalışma, Alejandro Aravena ve ELEMENTAL ekibinin afet sonrası süreçlerde gerçekleştirdiği projeleri inceleyerek kentsel dirençlilik bağlamında geliştirilen mekânsal stratejileri tartışmayı amaçlamaktadır. Tartışma, mimarlığın afet sonrası yeniden yapılanmada oynadığı rolü açığa çıkarırken; esnek, katılımcı ve kalıcı tasarım yaklaşımlarının dirençli kentlerin oluşumuna nasıl katkı sunduğunu değerlendirecektir.

2. KENTSEL DİRENÇLİLİK VE AFET SONRASI YENİDEN YAPILANMA İLİŞKİSİ

Afetler; kentlerin fiziksel yapısını, sosyal dokusunu, ekonomik işleyişini aynı anda derinden etkileyen çok boyutlu krizlerdir. Deprem, tsunami, sel ve orman yangını gibi afetler fiziksel yıkıma yol açmaktadır. Bunun yanı sıra sosyal bağların zayıflamasına, ekonomik kırılğanlığın artmasına ve mekânsal eşitsizliklerin derinleşmesine de neden olmaktadır. Genel olarak dirençlilik, kentlerin afetler karşısında yalnızca fiziksel dayanıklılığını değil; uyum sağlama, öğrenme, toparlanma ve dönüşme kapasitesini de içeren çok boyutlu bir kavram olarak ele alınmaktadır (Guo, 2012; Bozza vd., 2015; Etinay vd., 2018; Chen vd., 2020; Birkmann vd., 2023; Aydın vd., 2025).

Chen vd. (2020) kentsel dirençliliği uyum sağlama (adaptability), direnme (resistance) ve yeniden toparlanma (recovery) olmak üzere üç bileşen üzerinden açıklamaktadır. Bu yaklaşım, dirençliliği sadece afet anındaki performansla sınırlı görmeyip, afet öncesi hazırlık ve afet sonrası iyileşme süreçlerini birbirine bağlayan dinamik bir sistem olarak yorumlamaktadır. Böylece dirençlilik, salt mühendislik temelli bir sağlamlıktan çok, toplumsal, mekânsal ve ekolojik boyutlarıyla bütüncül bir dayanıklılık biçimine dönüşmektedir.

Guo (2012) Çin'in Sichuan bölgesinde yaşanan 2008 depremi sonrasında yürütülen yeniden yapılanma sürecini inceleyerek, dirençli gelişme-kalkınma (resilient development) anlayışını kent ölçeğinde tartışmaktadır. Çalışmasında afet sonrası planlamanın yalnızca acil barınma ve altyapı onarımına odaklanmaması gerektiğini belirten Guo (2012) bunun yerine ekonomik, sosyal ve çevresel sistemleri eş zamanlı olarak güçlendiren bir yeniden yapılanma modelinin geliştirilmesi gerektiğini vurgulamıştır. Guo'ya (2012) göre dirençli bir kent, afet öncesi durumuna geri dönmekle yetinmeyen; yaşanan deneyimlerden öğrenerek daha dayanıklı ve uyumlu bir yapıya evrilen kenttir. Bozza vd. (2015) de benzer biçimde, kentsel dirençliliği teknik (altyapısal dayanıklılık), organizasyonel (yönetim ve koordinasyon kapasitesi) ve sosyal (topluluk uyumu) boyutlarıyla değerlendiren entegratif bir çerçeve önermektedir. Bu çalışmalar, afet sonrası yeniden yapılanmanın fiziksel yenilemenin yanı sıra öğrenme ve dönüşüm süreçlerini de içermesi gerektiğini vurgulamaktadır.

Dirençliliğin yönetsel ve kurumsal boyutuna odaklanan Etinay vd. (2018), kavramı afet risk yönetimi (DRM) ve afet risk azaltımı (DRR) politikalarıyla ilişkilendirmektedir. Ancak gelişmekte olan ülkelerde planlama aşamasında vurgulanan bu stratejilerin uygulamada yönetim, katılım ve bilgi paylaşımı eksiklikleri nedeniyle bütüncül etki yaratamadığını vurgulamıştır. Dolayısıyla afet sonrası yeniden yapılanma, kentsel dirençlilik anlayışının somut mekânsal uygulamalarını içermektedir. Ancak, uygulamada karşılaşılan zorluklar, kaynak yetersizliği, eşitsizlikler ve bütüncül planlama eksikliği gibi sorunlar, dirençlilik hedeflerinin tam anlamıyla hayata geçirilmesini engelleyebilmektedir. Literatürde yapılan güncel çalışmalar, dirençlilik politikalarının çoğu durumda parçalı, sektörel ve kurumsal sınırlar içinde şekillendiğini ortaya koymaktadır (Mohammadi vd., 2024; Meriläinen, 2019; Birkmann vd., 2023; Çetin ve Kirchherr, 2025). Dirençliliğin çoklu risk (multi-risk) boyutunun uygulamada göz ardı edildiğini belirten Mohammadi vd. (2024) pek çok kentsel planlama sürecinin hâlâ tekil afet türlerine (örneğin yalnızca deprem veya yalnızca sel) odaklandığını, bu nedenle farklı tehlikeler arasındaki zincirleme etkilerin hesaba katılmadığını vurgulamaktadır.

Meriläinen (2019) ise uygulamada dirençliliğin kurumsal düzeyde teknik ve altyapısal odaklı yaklaşımlar ile yerel düzeyde öz-örgütlenmeye dayalı topluluk temelli yaklaşımlar olmak iki ayrı düzlemde yürütüldüğünü ifade etmek için “ikili dirençlilik söylemi (dual discourse)” kavramını kullanmaktadır. Ancak bu iki düzeyin entegrasyonu zayıftır. Benzer biçimde Birkmann vd. (2023), Almanya’daki yeniden yapılanma süreçleri üzerinden kurumsal dirençlilik ile topluluk dirençliliği arasında ciddi bir boşluk bulunduğunu belirtmektedir. Yukarıdan-aşağı ve aşağıdan-yukarı yaklaşımlar arasındaki bu uyumsuzluk, dirençlilik stratejilerinin etkisini sınırlamaktadır. Birkmann vd. (2023), afet sonrası yeniden yapılanma politikalarının genellikle teknik altyapı ve mühendislik çözümlerine odaklandığını, buna karşın sosyal ve kültürel dirençlilik boyutlarının yeterince dikkate alınmadığını vurgulamıştır. Fiziksel onarımın öncelikli tutulması, toplulukların afet sonrası psikolojik ve sosyo-ekonomik iyileşme süreçlerini zayıflatmaktadır. Dirençliliğin bütüncül biçimde sağlanabilmesi için, sosyal bağların güçlendirilmesi ve katılımcı mekanizmaların planlama süreçlerine dahil edilmesi gerekmektedir.

Güncel araştırmalar, kentsel dirençliliğin salt fiziksel ya da kurumsal bir süreç olmanın ötesinde; kültürel kimlik, topluluk belleği ve yerel aidiyet dinamikleriyle şekillenen çok katmanlı bir olgu olduğunu ortaya koymaktadır. Aydın vd. (2025), Antakya örneğinde kültürel mirasın korunması ve eğitim yoluyla dirençliliğin güçlendirilebileceğini göstermiştir. Araştırma, kültürel mirasın korunması, topluluk hafızasının onarılması ve yerel kimliğin yeniden inşasının, kentsel dirençliliğin sosyal bileşenlerini güçlendirdiğini ortaya koymaktadır. Jeleński (2018), kültürel miras odaklı yeniden yapılanmanın dirençli kentler için önemine dikkat çekmiştir. Ona göre kültürel süreklilik ve yerel kimliğin korunması, afet sonrası toparlanmada estetik olduğu kadar psikolojik ve toplumsal bir dirençlilik de sağlamaktadır.

Afet sonrası yeniden yapılanma genellikle barınma ve altyapı odaklı yürütülmekte; oysa dirençli kentler için esnek, kalıcı ve topluluk temelli mekânsal stratejiler gerekmektedir. Bu stratejiler konut üretiminden kamusal alan düzenlemelerine, ekosistem yönetiminden yer seçimi politikalarına kadar uzanan kararların bütünüdür. Dolayısıyla afet sonrası yeniden yapılanma ile kentsel dirençlilik arasındaki ilişki, fiziksel mekânın inşası ile toplumsal iyileşmenin eş zamanlı ele alınmasını zorunlu kılmaktadır. Mimarlık ve kentsel tasarım disiplinleri bu bağlamda, yalnızca yıkımı onarmakla kalmayıp, gelecekteki risklere karşı kapsayıcı ve adil yaşam alanları üretme potansiyelleriyle öne çıkmaktadır.

3. ALEJANDRO ARAVENA’NIN AFET SONRASI KONUT VE YENİDEN YAPILANMA PROJELERİ

Kentsel dirençlilik, fiziksel onarımın yanı sıra toplumsal dayanışma, mekânsal esneklik ve çevresel uyum ilkelerini de kapsamaktadır. Bu çok boyutlu yaklaşımı, mimarlık pratiğinde somut biçimde ortaya koyan en önemli örneklerden biri Şilili mimar Alejandro Aravena ve onun liderliğini üstlendiği ELEMENTAL ekibidir.

Aravena’nın mimari yaklaşımı, afet sonrası yeniden yapılanmayı “yeniden inşa” sürecinden çok, kentlerin daha adil, erişilebilir ve dayanıklı biçimlerde yeniden örgütlenmesi için bir fırsat olarak görmektedir. Aravena’ya göre mimarlığın temel sorusu, “nasıl daha fazla insanı, daha iyi yaşam koşullarıyla, sınırlı kaynaklar içinde barındırabiliriz?” sorusudur (Aravena,

2011). Bu bakış açısı, özellikle afet sonrası durumlarda fiziksel konut üretiminin ötesinde toplumsal adalet, katılım ve kolektif üretim ilkelerine dayalı yeni bir tasarım paradigmasına işaret etmektedir.

ELEMENTAL, kendini bir “think tank” değil, bir “do tank” olarak düşüncenin uygulama üzerinden üretildiği bir pratik alanı şeklinde tanımlamaktadır (Aravena, 2011). Bu yaklaşım, mimarlığı sadece estetik bir disiplin değil, toplumsal fayda üretme aracı olarak yeniden konumlandırmaktadır. Aravena’nın projelerinde temel amaç; düşük gelirli veya afet sonrası koşullarda yaşayan topluluklara kalıcı, büyüyebilir ve kendi kendine yetebilen yaşam alanları sağlamaktır. Bu nedenle onun mimarlığı, “yardım” değil, kapasiteyi güçlendirme fikri etrafında şekillenmektedir.

2016 yılında Pritzker Mimarlık Ödülü’nü kazanan Aravena, bu yaklaşımla “sosyal sorumluluk ve mekânsal yaratıcılığı birleştiren” bir mimar olarak tanımlanmıştır (Moore, 2016). Jüri, Aravena’yı “inşa edilmiş çevreye bütünsel bir anlayışla yaklaşan, sosyal sorumluluk, ekonomik talepler ve insan yaşam alanı tasarımı arasında güçlü bir bağ kurabilen” bir mimar olarak tanımlamıştır (The Hyatt Foundation., t.y.). Bu nedenle onun çalışmaları, mimarın rolünü dar bir tasarımcı kimliğinin ötesine taşıyarak, sosyal, ekonomik ve çevresel sistemler arasında arabuluculuk yapan bir aktör gibi yeniden tanımlamaktadır.

Aravena, afet sonrası yeniden yapılanmayı “kriz sonrası bir yeniden başlama alanı” olarak görmektedir. Ona göre bu süreç, yalnızca yapıları onarmak değil, toplulukları güçlendirmek ve kentleri daha dirençli kılmak için bir laboratuvarıdır (Duddy, 2018). Bu doğrultuda geliştirdiği projeler, üç temel ölçekte kentsel dirençliliği somutlaştırmaktadır:

1. **Konut ölçeği:** Esnek, büyüyebilir ve sürdürülebilir konut tipolojileriyle bireysel düzeyde yaşam sürekliliğinin sağlanması,
2. **Topluluk ölçeği:** Katılımcı üretim süreçleriyle toplumsal dayanışmanın yeniden örgütlenmesi,
3. **Kentsel ölçek:** Ekolojik sistemler, kamusal alanlar ve altyapının entegre biçimde planlanması.

Bu yaklaşımlar, özellikle “artımlı konut (incremental housing)” projelerinde belirginleşmektedir. Aravena’nın geliştirdiği “yarım ev (half-a-house)” modeli, konutu tamamlanmış bir nesne değil, zaman içinde büyüyeblen bir süreç olarak ele almaktadır. Bu fikir ilk kez 2004 yılında

Şili'nin Iquique kentinde uygulanan Quinta Monroy Konut Projesi ile hayata geçirilmiş; daha sonra Constitución'daki Villa Verde Sosyal Konutları ile geliştirilmiştir. O'Brien vd. (2020), bu modeli “resmî planlama ile gayriresmî inşa pratikleri arasında köprü kuran hibrit bir konut stratejisi” olarak tanımlamaktadır.

Aravena'ya göre mimarlık, “yoksullar için yoksul konutlar inşa etme” pratiğinin ötesinde, yoksulluğun yarattığı mekânsal ayrışmayı dönüştürmeye yönelik bir araç olmalıdır (Basulto, 2008). 2010 Şili depremi ve tsunamisi sonrasında Constitución kentinde yürütülen yeniden yapılanma projeleri — Kıyı Promenadı, Belediye Tiyatrosu, Kültür Merkezi ve Villa Verde Sosyal Konutları— bu yaklaşımın en kapsamlı örneklerini oluşturmaktadır. Aravena burada yalnızca yapıları değil, tüm bir kentsel sistemi yeniden tasarlamış; doğal ekosistemleri afet bariyeri, kamusal alanları toplumsal iyileşme aracı olarak ele almıştır (Valencia, 2016; Moore, 2016). Bu projeler, afet sonrası dönemde geliştirilen mekânsal stratejilerin üç temel ilkeye dayandığını göstermektedir:

- **Ekolojik dayanıklılık:** doğal sistemlerin (orman, nehir, kıyı hattı) risk azaltma mekanizmalarına entegre edilmesi,
- **Toplumsal dayanışma:** tiyatro, kültür merkezi gibi kamusal mekânların kolektif iyileşme alanlarına dönüştürülmesi,
- **Barınma sürekliliği:** *incremental housing* modeliyle kalıcı, büyüyebilir sosyal konutların üretilmesi.

Dolayısıyla Aravena'nın mimarlığı, afet sonrası yeniden yapılanma bağlamında kentsel dirençliliğin üç ölçekli pratiği olarak okunabilir. Bu yaklaşım; doğa ile uyumlu, toplulukla birlikte gelişen ve uzun vadede esnek biçimde dönüşebilen bir mekânsal sisteme karşılık gelmektedir.

3.1. Yangın Sonrası Yeniden Yapılanma: Chusmisa Konut Alanı (2025, Şili)

Şili'de yangın felaketi yaşayan Viña del Mar kentinde, özellikle 2024'te meydana gelen büyük yangının ardından ELEMENTAL mimarlık ofisi ile yerel yönetim iş birliği içinde bir prefabrik konut projesi geliştirilmiştir. Bu proje, yangın sonrası yeniden yapılanmanın hız, maliyet ve ölçek açısından nasıl yeniden düşünülmesi gerektiğini gösteren dikkat çekici bir örnek olarak öne çıkmaktadır (Şekil 1).



Şekil 1. Yangın Sonrası Yeniden İnşa, Chusmisa Konut Alanı (Piñeiro, 2025)

2 Şubat 2024'te meydana gelen yangın yaklaşık 9,5 hektar alanda yayılmış, 5.500 konutun yıkımı ve yaklaşık 132 can kaybı meydana gelmiştir (Piñeiro, 2025). Bu dramatik yıkımın ardından, ELEMENTAL ve yerel otoriteler iş birliği ile El Olivar mahallesinde Belediye tarafından Küçük Apartmanlar (Pequeños Condominios) olarak adlandırılan prefabrik modüllerle inşa edilecek pilot konut uygulaması başlatılmıştır (Piñeiro, 2025). Projenin temel bileşenleri, afet sonrası hızlı, güvenli ve sürdürülebilir konut üretimi hedefi etrafında şekillenmektedir. Bu kapsamda ELEMENTAL ekibi tarafından tasarlanan 63 m²'lik konut, sekiz prefabrik modül ve üç endüstriyel çatı modülünden oluşmaktadır (Piñeiro, 2025). Modüler sistem, çelik iskelet, kompozit döşeme ve galvaniz profilli duvar bileşenleriyle fabrikada üretilmekte; sahaya taşındıktan sonra yalnızca bir gün içinde monte edilmekte ve beş gün süren son işlem çalışmalarıyla tamamlanmaktadır (Piñeiro, 2025). Yaklaşık 223 milyon Şili pesosu bütçeyle yürütülen bu uygulama, afet sonrası kalıcı konut üretimi için deneysel bir pilot proje olarak konumlandırılmıştır.

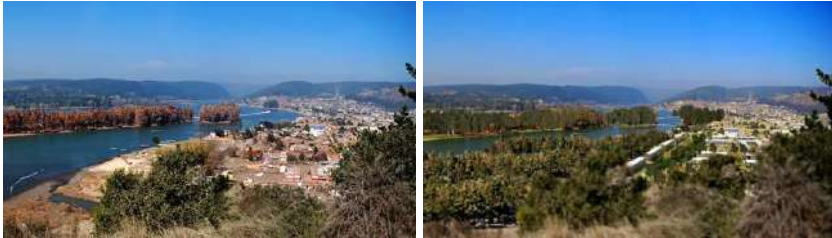
Projenin en dikkat çekici yönlerinden biri, kamu-özel sektör "pilot projesi" için yerin, belediye yetkilileri ve bölgesel üniversitelerin iş birliğiyle seçilip değerlendirmesidir (Piñeiro, 2025). Bu bağlamda proje çok aktörlü bir iş birliği modelidir. ELEMENTAL bu projede acil barınma ihtiyacına yanıt vermekle sınırlı kalmayıp, modüler sistemler aracılığıyla yeniden uygulanabilir, esnek ve kalıcı konut çözümleri geliştirmeyi hedeflemiştir. Bu yönüyle proje, yangın sonrası yeniden yapılanma sürecinde mekânsal dayanıklılığı, üretim hızıyla bütünleştiren yenilikçi bir strateji ortaya koymaktadır.

3.2. Deprem ve Tsunami Sonrası Kentsel Yeniden Yapılanma: Constitución Yeniden Yapılanma Projeleri (Constitución, 2010 sonrası)

"Yıkılmış bir yerde yaşıyorsanız bu bir sonsuzluktur, ancak tüm bir şehri yeniden tasarlamak için çok az zaman var." Alejandro Aravena (Holcim Foundation, 2016a).

2010 yılında Şili'yi vuran 8,8 büyüklüğündeki deprem ile tsunaminin ardından, Constitución kenti önemli ölçüde zarar görmüş; şehir, yerel halkın yaşam koşullarının iyileştirilmesi ve geleceğe karşı dirençli hale getirilmesi amacıyla kapsamlı bir yeniden yapılanma sürecine girmiştir. ELEMENTAL liderliğindeki bu yeniden yapılanma süreci Constitución Sürdürülebilir Yeniden Yapılanma Planı (PRES) çatısı altında yürütülmüş; planın hazırlanması için 90 gün gibi kısa bir süre tanınmıştır (Holcim Foundation, 2016b). Plan, bina ve altyapının yeniden inşasının ötesine geçerek; kentsel sistemin tüm bileşenlerini, şehir içi ulaşımı, kamu mekânlarını ve yeşil alanları yeniden organize etmeyi amaçlayan bir vizyona sahiptir.

Constitución Sürdürülebilir Yeniden Yapılanma Planının dikkat çekici mekânsal stratejileri arasında kıyı orman kuşağı (coastal mitigation forest) yaklaşımı yer almaktadır. Bu kuşak, tsunami dalgalarının enerjisini %40'a kadar azaltacak şekilde tasarlanmıştır (Holcim Foundation, 2016b). Bu doğrultuda, şehir kent hattına yakın alanlara değişken yoğunlukta orman kuşakları yerleştirilirken, binaların kıyı şeridinden geri çekilmesi, sahneye kapalılık getirmeden, riskin en aza indirilmesini hedefleyen bir tampon sistem oluşturulması amaçlanmıştır (Holcim Foundation, 2016b) (Şekil 2).



Şekil 2. Deprem Sonrası Constitución ve Kente İlişkin Gelecek Planları (Long, 2015)

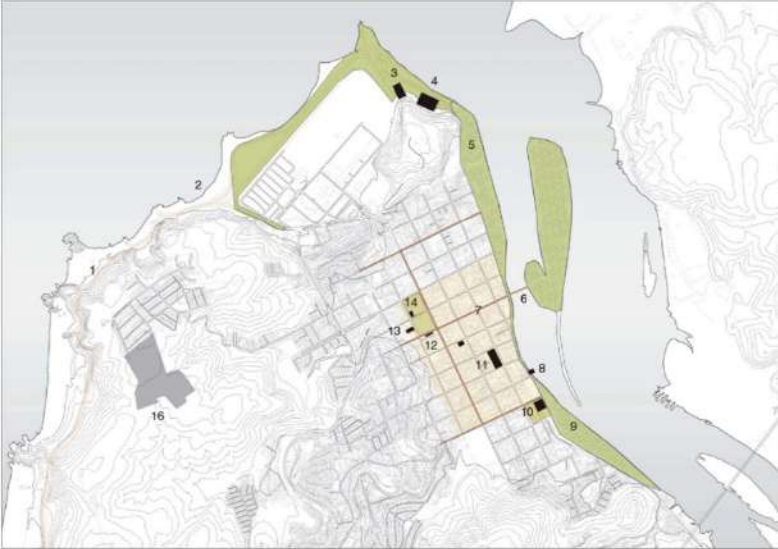
Konuta erişim stratejileri de planın önemli bileşenlerinden biridir. PRES, “yarım ev (half-a-house)” mantığıyla, devletin konutun yarısını

tamamlamasını, kalan kısmı ise kullanıcıların kendi kaynaklarıyla tamamlamasını-genişletebilmesini önermektedir. Böylece kullanıcıların katkısı ve esneklik payı korunurken, maliyet baskısı hafifletilmektedir.

Kentsel peyzajda yeni düzenlemeler de stratejinin ayrılmaz parçasıdır. Maule Nehri ağzından Maguellines Limanı'na uzanan sahil boyunca kentsel promenadlar ve bisiklet yolları planlanmış, nehir bankalarına kamusal erişim sağlanmıştır. Kent içinde kişi başına düşen yeşil alan standartları 2,2 m²'den 6,6 m²'ye çıkarılacak şekilde iyileştirilmiş, bu sayede hem kent ekolojisi hem de kamusal kullanım kalitesi artırılmıştır (Holcim Foundation, 2016b) (Şekil 3, 4).



Şekil 3. Şili'deki Tsunami Sonrası Yeniden Yapılanma Ana Planı (Holcim Foundation, 2016b).



No	Adı	Durum
1	Sahil yürüyüş yolu	İnşa edildi
2	Kıyı hattı ve plajlar	İnşa edildi
3	Yüzme havuzu	İhale aşamasında
4	Mutrún spor sahası	İnşa edildi
5	Taşkın önleme parkı / Koruma parkı	İnşaat halinde
6	Yaya köprüsü	Proje aşamasında
7	Tahliye güzergâhları	İnşa edildi
8	Deniz iskelesi	İnşaat halinde
9	Kamusal meydan	Proje aşamasında
10	Kamusal meydan	Proje aşamasında
11	Okul	İnşa edildi
12	Constitución Kültür Merkezi	İnşa edildi
13	Halk Kütüphanesi	İnşaat halinde
14	Kent Meydanı ve Sivil Merkez	İhale aşamasında
15	Villa Verde konutları	İnşa edildi

Şekil 4. Şili'de Tsunami Sonrası Sürdürülebilir Yeniden Yapılanma Ana Planı (Arquitectura Viva, 2025a)

3.2.1. Kentsel Ölçekte Risk Azaltma ve Ekosistem Tabanlı Stratejiler: Constitución Kıyı Promenadı ve Nautical Pier

Constitución Kıyı Promenadı-Sahil Gezinti Yolu (Seaside Promenade, 2023, Constitución, Şili)

Constitución'un yeniden yapılanma sürecinde kıyı şeridinin yeniden kurulması stratejik bir öncelik olarak ele alınmıştır. Constitución Kıyı Promenadı (Constitución Seaside Promenade) projesi, Maule Nehri ağzından Maguallines Limanı'na kadar uzanan sahil boyunca konumlanan gözlem platformları ile güçlü bir kentsel aks olarak kurgulanmıştır (Architect Magazine, 2016). Bu yapılar, kent ile deniz arasındaki ilişkileri yeniden tanımlarken doğal kaya formasyonlarını vurgulayan bir peyzaj anlayışıyla kurgulanmıştır (Şekil 5).



Şekil 5. Constitución Kıyı Promenadı, Şili (Landezine, 2023)

Promenad hattı boyunca ayrıca 4,5 km uzunluğunda bisiklet yolu ve yayalaştırılmış akslar tasarlanmıştır (Architect Magazine, 2016). Bu durum hem ulaşımı iyileştirme hem de kamusal mekânın canlanması açısından kentsel sürekliliğe katkı sağlamaktadır.

Bu proje, “*coastal mitigation park*” ögesini de içermektedir; kıyı ile kent arasındaki tampon bölgede orman kuşağı ile harmanlanmış bir peyzaj sistemi önerilmiştir. Bu sistem dalga enerjisini sönmülmendirmek, şehirle deniz arasındaki bariyer etkisini azaltmak ve kamusal erişim avantajlarını pekiştirmek amacındadır (Landezine, 2023). Bu yönüyle kıyı promenadı, yalnızca bir yürüyüş aksından ibaret değildir. Kıyı hattının yeniden tanımlanmasıyla beraber, kentsel dirençlilik bağlamında üç temel strateji bir arada yürütülmektedir:

- Ekolojik tampon bölgeler (yeşil kuşaklar) ile sahil hattında doğal bariyer yaratılması,
- Kamusal aksların güçlendirilmesi ile kentlinin denize erişiminin artırılması,
- Tematik ulaşım altyapısının (bisiklet yolu, yayalaştırılmış akslar) entegrasyonu ile kıyı hattının hem işlevsel hem toplumsal değerinin yükseltilmesi.

Kısacası Constitución Kıyı Promenadı (Coastal Promenade), PRES planı kapsamındaki kıyı yeniden yapılanmasının mekânsal ve işlevsel vitrini niteliğindedir.

Nautical Pier (Muelle Náutico), (Constitución, Şili)

2010 depremi ve tsunamisi sonrasında geliştirilen PRES Constitución programı kapsamında tasarlanan Constitución Kıyı Promenadı, Maule Nehri’nden Maguelines Limanı’na uzanan bir dizi iskele ve seyir platformuyla kamusal bir kıyı rotası oluşturmaktadır. Bu rotanın uzantısı olan Nautical Pier, balıkçılık, yürüyüş ve kamusal kullanım gibi çok işlevli faaliyetleri

destekleyecek biçimde planlanmıştır. Tasarım, tsunami riskine fiziksel bariyer yerine açık alan düzenlemesi ve kontrollü kullanım stratejisiyle yanıt vermektedir (Şekil 6).



Şekil 6. Nautical Pier, Şili (ELEMENTAL, 2025a)

3.2.2. Kamusal ve Kültürel Altyapılar: Constitución Belediye Tiyatrosu ve Constitución Kültür Merkezi

Constitución Belediye Tiyatrosu (Municipal Theater of Constitución, 2023, Constitución, Maule, Şili)

Constitución Belediye Tiyatrosu, 2010 depremi ve tsunamisi sonrası kentte yeniden canlandırılması istenen kültürel altyapı öğelerinden biridir. Proje, ELEMENTAL tarafından Alejandro Aravena başkanlığında tasarlanmış olup, Juan Cerda proje yöneticisi olarak rol almıştır (MCHAP, 2025). Proje 2024 yılı Mies Crown Hall Amerika Ödüllerine aday olmuştur.

Proje önerisi “kutu içinde kutu” (box within a box) prensibiyle kurgulanmış; iç kutu tamamen tiyatro salonunu barındırırken, dış kutu ise yerel ahşap yapısıyla çevre bağlamına uyum sağlamak üzere düşünülmüştür (MCHAP, 2025). Bu ikili yapı arasında bırakılan derin açıklıklar, fuaye alanlarına doğal ışık ve çapraz hava akışı sağlamaktadır. Kapalı yüzeyler zaman zaman projeksiyon yüzeyi olarak kullanılmakta; açıklıklar ise halka açık açık hava etkinlikleri için sahne işlevi görebilmektedir (MCHAP, 2025). 500 kişilik tiyatro salonu; orkestra çukuru, yan sahneler ve farklı performans türlerine uygun arka sahne düzeniyle tasarlanmıştır. Salonun, yapının çevresindeki mevcut yapı yüksekliğiyle uyum sağlamak amacıyla zemin kotunun altında konumlandırıldığı görülmektedir (MCHAP, 2025) (Şekil 7).

Bina sadece kapalı salon olarak değil, aynı zamanda çevresindeki meydanlarla etkileşim içinde olacak şekilde tasarlanmıştır. Derin açıklıklar dış

sahne kullanımlarına, kapalı cephe yüzeyleri ise açık hava sinema gösterimlerine uygun yapıdadır. Bu sayede yapı, tiyatro salonunun yanı sıra yaklaşık 3.000 kişilik meydan etkinlikleri alanına dönüşebilmektedir (MCHAP, 2025).



Şekil 7. Constitución Belediye Tiyatrosu, Şili (MCHAP, 2025)

Constitución Kültür Merkezi (Constitución Cultural Center, 2010-2015, Constitución, Şili)

Constitución Kültür Merkezi, şehir merkezindeki bir meydanın güneyinde konumlanmış olup, 2010 yılında yaşanan deprem ve tsunaminin ardından uygulamaya konulan Sürdürülebilir Yeniden Yapılanma Planı (PRES) kapsamındaki önemli kamu yapılarından biridir. Kültür merkezi, kentlilerin katılımıyla belirlenen öncelikli projeler arasında yer almış ve merkezi konumu sayesinde kentin yeniden yapılanma sürecine katkı sağlamıştır (Arquitectura Viva, 2025b.).

Bina, düzenli, dikdörtgen bir prizma oluşturan büyük ahşap kaburgaların ardışık dizilimiyle oluşturulmuş, çift yükseklikte bir revaktan oluşmaktadır. Bu kompozisyon, revağı kurumsal yapıların karakteristik mekanlarından biri haline getirmeyi ve aynı zamanda çevresel, kentsel ve sembolik bir işleve sahiptir. Hacmin iç mekânı, topluluğa kullanım ve yerleşiminde tam bir özgürlük tanıyan birkaç bağımsız ve esnek mekâna bölünmüştür (Arquitectura Viva, 2025b.) (Şekil 8).



Şekil 8. Constitución Kültür Merkezi, Şili (ArchDaily, 2016)

3.2.3. Sosyal Konut ve Barınma: Villa Verde Sosyal Konut Projesi (2013, Constitución, Şili)

Villa Verde Sosyal Konut Projesi (2009-2013, Constitución, Şili)

2010 depremi ve tsunamisi sonrasında Constitución kentinde yürütülen yeniden yapılanma sürecinin bir parçası olarak geliştirilen Villa Verde Konut Projesi, Alejandro Aravena liderliğindeki ELEMENTAL ekibinin “artımlı konut” (incremental housing) yaklaşımını somutlaştırdığı en kapsamlı örneklerden biridir. Proje, aynı zamanda Arauco Orman Şirketi’nin çalışanlarına konut sağlamak amacıyla başlattığı özel bir sosyal konut programı kapsamında tasarlanmıştır (ArchDaily, 2013). Bu iş birliği, kamusal destekli sosyal konut politikaları ile özel sektör katılımının birleştiği yenilikçi bir model oluşturmuştur (Şekil 9).

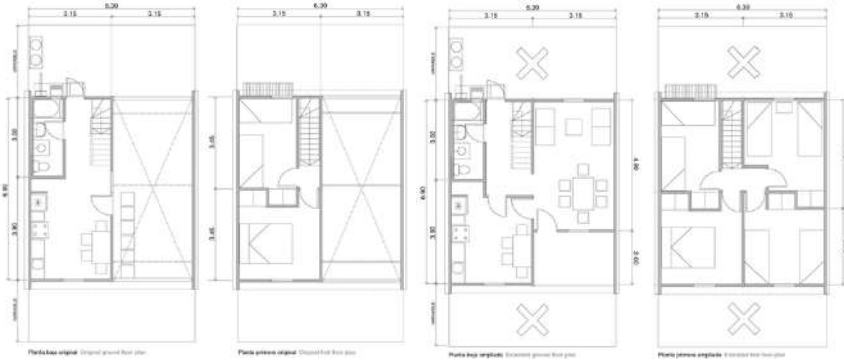


Şekil 9. Villa Verde Sosyal Konut Projesi, Şili (ELEMENTAL. (2025b))

Toplam 484 artımlı konuttan oluşan Villa Verde yerleşimi, Fondo Solidario de Vivienda I-II (FSV) programının mali sınırları içinde, düşük maliyetli ancak genişleyebilir konutlar üretme hedefiyle geliştirilmiştir (ArchDaily, 2013). ELEMENTAL’in tasarım süreci, dikey apartman blokları yerine, kullanıcı katılımı ile geliştirilen iki katlı sıra konutlar üzerine odaklanmıştır (Kapoor, 2025).

Her konut birimi başlangıçta 57 m² olarak teslim edilmekte; taşıyıcı sistem, çatı, ıslak hacimler ve merdiven gibi temel bileşenler tamamlanmış halde kullanıcıya sunulmaktadır. Birimlerin zaman içinde 85 m²’ye kadar genişletilmesi öngörülmüştür (Arquitectura Viva, 2025c). Böylece konut, “bitmiş bir ürün” olmaktan çıkıp yaşamla birlikte evrilen bir sürece dönüşmektedir. ELEMENTAL ekibi, önceki ekonomik konut tipolojilerinden farklı olarak, sınırlı bütçeleri nitelikli mekânsal çözümlere dönüştüren rekabetçi bir model geliştirmeyi amaçlamıştır. Bu kapsamda, inşaat maliyetlerinden

sağlanan tasarruf, kullanıcıların kendi katkılarıyla tamamlayabileceği mekânsal boşlukların tasarımına yönlendirilmiştir. Proje, kademeli inşa yaklaşımını sürdürürken hem başlangıç hem de nihai durum için daha yüksek yapısal ve mekânsal standartlar öngörmektedir (ArchDaily, 2013) (Şekil 10).



Şekil 10. Villa Verde'nin Orijinal ve Genişletilmiş Kat Planları (Arquitectura Viva, 2025c)

Konutlar ahşap ve betonarme taşıyıcı sistemin birlikte kullanıldığı iki katlı sıra ev blokları biçimindedir. Plan tipolojisinde zemin katta oturma alanı, mutfak ve banyo; üst katta iki yatak odası bulunmaktadır (Kapoor, 2025). Her birim, ön ve arka bahçeleriyle özel dış mekân kullanımı sağlar. Her bir konut birimi, kullanıcı konforunu artıracak biçimde özenli iç mekân donanımlarıyla tasarlanmıştır. Güneş enerjili su ısıtma sistemi, banyolarda küvet ve duş alanı, mutfaklarda ise bulaşık makinesi gibi öğeler, projede görece yüksek yaşam standartlarını yansıtmaktadır (Kapoor, 2025). Mimarlar, yapının yalnızca işlevsel değil aynı zamanda bağlamsal koşullara da yanıt vermesini hedeflemiş; bu doğrultuda, bölgenin iklimsel özelliklerini dikkate alarak ısı ve ses yalıtımı güçlü, depreme dayanıklı konut birimleri geliştirmişlerdir.

Constitución'daki projeler, afet sonrası yeniden yapılanmanın yalnızca konut inşasıyla sınırlı olmadığını; bunun yerine bütüncül bir kentsel sistemin yeniden kurgulanması gerektiğini ortaya koymaktadır. Bu kapsamda projeler, kentsel, toplumsal ve konut ölçeklerinde farklı dirençlilik katmanlarını temsil eder:

- Kentsel ölçekte, kıyı promenadı ve ekosistem temelli planlama yaklaşımlarıyla risk azaltma ve doğayla uyumlu bir mekânsal strateji geliştirilmiştir.

- Toplumsal ölçekte, tiyatro ve kültür merkezi gibi kamusal yapılar aracılığıyla sosyal dayanışma ve kültürel dirençlilik güçlendirilmiştir.
- Konut ölçeğinde ise, Villa Verde örneğinde olduğu gibi, esnek ve kademeli olarak genişleyebilen sosyal konut tipolojileriyle barınma kapasitesi artırılmıştır.

Böylece, Constitución'daki yeniden yapılanma süreci doğa ve risk yönetimi, toplumsal ve kültürel dirençlilik ile barınma ve sosyal konut üretimi olmak üzere üç temel katmanda kentsel dirençlilik yaklaşımını bütüncül biçimde yansıtmaktadır.

3.3. Artımlı Konut (*Incremental Housing*) Prototipleri (Şili, Meksika, 2000–2010'lar)

Quinta Monroy Konut Projesi (2004, Iquique, Şili)

ELEMENTAL'in Quinta Monroy projesi, Şili'nin kuzeyinde yer alan Iquique kentinde geliştirilmiştir. Projenin temel amacı, kentin merkezinde yer alan son gayriresmî yerleşim alanlarından birinin iyileştirilmesi (kentsel yenileme yoluyla dönüştürülmesi) olmuştur. Söz konusu yerleşim, 1960'lı yıllarda ağırlıklı olarak bölgeye göç eden ailelerin araziyi işgal ederek konumlanmalarıyla ortaya çıkmıştır. Zamanla nüfus artmış; başlangıçta 50 aile tarafından kurulan topluluk, 2003 yılına gelindiğinde 100 aileye ulaşmıştır. Yaklaşık 5.722 m² büyüklüğündeki alan, ilk dönemlerde bazı hanelere küçük ölçekli tarımsal üretim (bahçe veya ürün yetiştirme) olanağı tanımıştır. Ancak nüfusun artmasıyla birlikte bu kullanım alanları giderek azalmış, yerleşim alanı giderek yoğun ve labirentimsi bir mekânsal örgüye dönüşmüştür. Barınaklar çoğunlukla ahşap ve geçici malzemeler kullanılarak kendin-yap (self-constructed) yöntemlerle inşa edilmiştir. Yaşam koşulları son derece yetersizdir; konutların yaklaşık %60'ında doğal aydınlatma ve havalandırma bulunmamaktadır (Iacobelli ve Aravena, 2008).

2000'li yılların başında, yerleşimin yöneticisinin (idarecisinin) ölümü, arazinin mülkiyetine ilişkin belirsizliklere ve tahliye tehditlerine yol açmıştır. Bu durum karşısında yerleşim sakinleri örgütlenmiş ve devletten, mevcut konumlarında kalmalarına imkân tanıyacak kalıcı bir konut çözümü talebinde bulunmuştur. Şili hükümeti, bu talep üzerine Katolik Şili Üniversitesi (Pontificia Universidad Católica de Chile) aracılığıyla ELEMENTAL ekibiyle iletişime geçmiş ve Quinta Monroy'un kentsel-mimari tasarımını

üstlenmelerini istemiştir (Bkz. Şekil 1). Quinta Monroy, Borçsuz Dinamik Sosyal Konut Programı (Programa de Vivienda Social Dinámica sin Deuda) kapsamında inşa edilmiştir. Konutların tamamlanmasının ardından sakinler mülkiyet hakkına kavuşmuş, bu mülkiyet modeli ise ortak mülkiyet esasına dayalı konut kompleksi (residential condominium joint ownership) biçiminde düzenlenmiştir (Carrasco ve O'Brien, 2021).

ELEMENTAL, Quinta Monroy projesinin tasarım ve uygulama sürecinde hem inşaat öncesinde hem de inşaat süresince katılımcı bir planlama yaklaşımını benimsemiştir. Bu süreç, özellikle yerleşim sakinlerinin geçici olarak başka alanlara taşınmasını gerektiren dönemde kritik bir öneme sahip olmuştur. Ancak bazı sakinler, bu geçici taşınmayı devlet tarafından gerçekleştirilen kalıcı bir tahliye girişimi olarak yanlış yorumlamışlardır. Bununla birlikte, projenin geri kalan aşamaları sakinlerle sürekli iletişim ve istişareye dayalı olarak yürütülmüştür. Bu kapsamda ELEMENTAL ekibi, yerleşim düzeninin oluşturulması, bütçe kısıtlarının değerlendirilmesi, konut birimlerinin seçimi, alan gezileri, gelecekteki konut genişletme stratejilerinin belirlenmesi ve yerleşimin bakımına ilişkin karar süreçleri gibi konularda katılımcı çalıştaylar düzenlemiştir. Bu yaklaşım, yerel topluluğun tasarım ve uygulama süreçlerinde aktif bir özne hâline gelmesini sağlamış ve projenin sürdürülebilirliğini güçlendirmiştir (Aravena ve Iacobelli, 2016).

Quinta Monroy projesi, Şili'de sübvansiyon temelli konut üretimini düzenleyen yasal çerçeve içinde sosyal konut anlayışının gelişiminde bir dönüm noktasını temsil etmektedir. Projenin etkileri, sosyal konut pratiğinde daha önce benzeri görülmemiş bir yenilik düzeyine ulaşmıştır. ELEMENTAL ekibi, bu projede formel olarak inşa edilmiş geçirgen bir yapı kurgusu tasarlamış ve bu kurgu aracılığıyla konutların kullanıcılar tarafından zaman içinde gerçekleştirilecek öngörülemeyen kendin-yap (self-built) eklentilere imkân tanımıştır. Sağlam bir yapısal çerçeve sunulmasının temel amacı, konutların değer kaybını önlemek ve deprem gibi afet durumlarında yıkılma riskini azaltmak olmuştur. Bu kapsamda ELEMENTAL, konutların ileride yapılacak genişletmelerine ilişkin paylaşılan ve toplumsal uzlaşıyla belirlenmiş kurallar bütünü geliştirmiştir (Aravena, 2010).

Lo Barnechea Konut Projesi (2008-2014, Santiago, Şili)

Lo Barnechea, Santiago'daki en büyük gayriresmî yerleşim alanında yaşayan 880 aileye yönelik, yeterli ve nitelikli konut sağlamayı amaçlayan bir konut projesidir. Proje, kentin yüksek gelirli bölgelerinden biri olan Lo Barnechea mahallesinde, Mapocho Nehri kıyısında konumlanmaktadır. Bu bölgedeki arsa değerleri oldukça yüksektir; çünkü çevrede iş olanakları, okullar, sağlık hizmetleri, marketler ve açık yeşil alanlara yakınlık bulunmaktadır. Konut projesi, ailelerin yerinden edilmesini önlemek amacıyla, dört aşamada uygulanmış ve toplamda 770 gayriresmî konut alanının yerini almıştır. Projenin ilk aşaması olan Lo Barnechea I, 130 ailenin konut ihtiyacını karşılamaktadır (Scrip, 2025).

Lo Barnechea konut projesinin temel ve kapsayıcı amacı, bölge genelinde dağınık biçimde konumlanmış gecekondu yerleşimlerini, düşük maliyetli ve düzenli sosyal konutlarla dönüştürmektir. Bölgedeki güçlü toplumsal ağların korunabilmesi amacıyla, devlet fonlarının büyük bir kısmı arsa alımına yönlendirilmiştir; böylece, nitelikli bir konumda düşük maliyetli sosyal konut üretimi sağlama taahhüdü verilmiştir. Projenin konumu, tasarım kararlarında belirleyici bir unsur olarak görülmüştür; bu nedenle, ek bir metrekare konut inşa etmek yerine, daha iyi niteliklere sahip bir metrekare arsa için yatırım yapılmıştır (Scrip, 2025) (Şekil 11).



Şekil 11. Lo Barnechea Konut Projesi (Arquitectura Viva. , 2025d).

Proje, kademelilik (incrementality) kavramı üzerine temellendirilmiştir. Mimar Alejandro Aravena'ya göre, bu tür konut projelerinde gözetilmesi gereken üç temel denge unsuru bulunmaktadır: alçak katlı ancak yüksek yoğunluklu yerleşim, aşırı kalabalıklaşmayı önleme ve zaman içinde genişlemeye olanak tanıma (yani, sosyal konuttan orta sınıf konuta dönüşme

potansiyeli). Lo Barnechea konut projesi, bu ilkeler doğrultusunda her biri 40 m² başlangıç alanına sahip 150 bireysel konut birimi ile bir toplum merkezinin, 25.195 m² büyüklüğündeki bir arsa üzerinde inşa edilmesini amaçlamaktadır (Scrip, 2025).

Monterrey Konut Projesi (2010, Monterrey, Meksika)

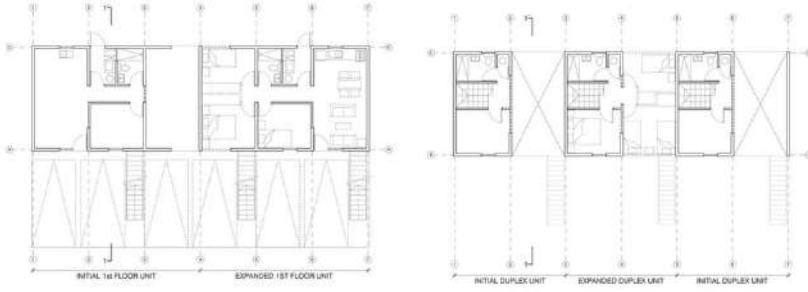
Santa Catarina, Meksika'nın kuzeybatısındaki Nuevo León eyaletinde bulunan 230.000 nüfuslu bir şehirdir. Bu proje, ELEMENTAL'ın Şili dışındaki ilk projesidir. Meksika'nın Nuevo León Eyalet Hükûmeti, Santa Catarina'da yer alan orta sınıf bir yerleşim alanında, 0,6 hektarlık bir arazi üzerinde 70 konuttan oluşan bir yerleşim grubunun tasarlanması görevini tarafımıza vermiştir. Belirlenen yoğunluk düzeyi, daha önce Iquique için geliştirilmiş konut tipolojisinin burada da uygulanabileceğini göstermiştir. Bununla birlikte, Santa Catarina'nın iklimsel özellikleri, Şili'nin kuzeyinde yer alan Iquique'in çöl ikliminden belirgin biçimde farklıdır. Yıllık ortalama 600 mm düzeyindeki yağış miktarı, önerilen tasarımın bu yeni çevresel koşullara uyarlanmasını zorunlu kılmıştır (Archdaily, 2010) (Şekil 12).



Şekil 12. Monterrey Konutları (ArchDaily, 2010)

Konut kompleksi, dikdörtgen biçimli bir ada üzerinde, avlu çevresinde sıralanmış konut blokları ve bir cadde geçidine olanak tanıyan ek bir diziyle düzenlenmiştir. Bu planlama, arazinin verimli kullanımını sağlarken kentsel ölçekte dengeli bir yoğunluk oluşturur. Bütçenin büyük kısmı merkezi konumdaki arsa edinimine, yalnızca %20'si ise konut yapımına ayrılmıştır. Birimler, Quinta Monroy'dakine benzer biçimde zemin katta daire, üstte dubleks olarak tasarlanmış; ancak alanları, genişletmelerle orta sınıf standartlarına ulaşabilecek şekilde büyütülmüştür. Santiago'daki tipolojinin geliştirilmiş versiyonu olan yapım sistemi, tüm inşa edilebilir hacmi kapsayarak kullanıcıların ileride çatı tamamlama gereksinimini ortadan kaldırmaktadır (Neighbourhood Guidelines, 2025).

Monterrey konut kompleksi, üç katlı kesintisiz bir yapıdan oluşmakta; zemin katta tek katlı bir konut, üstte ise iki katlı bir daire yer almaktadır. Her iki birim, başlangıçta 40 m²'lik “ilk yarı” olarak teslim edilmek üzere, nihai orta sınıf standartlarına ulaşabilecek biçimde tasarlanmıştır. Islak hacimler, mutfak ve merdiven gibi teknik bölümler genişletilmiş senaryoya (yaklaşık 58 m²'lik ev ve 76 m²'lik daire) göre boyutlandırılmıştır. Büyümenin yapı içinde gerçekleşmesini sağlayan gözenekli sistem, kendi kendine inşa sürecine olanak tanımaktadır. Bu yaklaşım, çevresel bozulmayı önlemeyi ve her birim için kontrollü bir genişleme ritmi oluşturmayı amaçlamaktadır. Kesintisiz çatı, yağıştan koruma sağlarken yapının kamusal alana yönelen silüetini güçlendirmektedir. Ayrıca, yeşil alanların binalarla çevrelenmesi, konut ile ortak alan arasındaki mesafeyi azaltarak bakım ve sosyalleşme için güvenli, erişilebilir bir kolektif alan tanımlamaktadır (ArchDaily, 2010) (Şekil 13).



Şekil 13. Monterrey Konutları Kat Planları (ArchDaily, 2010)

4. ARAVENA’NIN AFET SONRASI PROJELERİNDEKİ MEKÂNSAL STRATEJİLER VE KENTSEL DİRENÇLİLİK İLKELERİ

Alejandro Aravena’nın afet sonrası mimarlık yaklaşımı, kentsel dirençlilik kavramını yalnızca fiziksel dayanıklılıkla sınırlı görmeyip, toplumsal, ekolojik ve ekonomik boyutlarıyla ele alan bütüncül bir model olarak öne çıkmaktadır. Aravena’nın liderliğini üstlendiği ELEMENTAL ekibi, afet sonrası yeniden yapılanmayı bir “yeniden inşa” süreci olmaktan çıkararak, kentlerin daha adil, erişilebilir ve esnek biçimlerde yeniden örgütlenmesi için bir fırsat alanı olarak değerlendirmektedir. Bu bağlamda Aravena’nın projeleri, mimarlığı sosyal fayda üretme, toplulukları güçlendirme ve doğal sistemlerle uyumlu mekânsal çözümler geliştirme pratiği olarak yeniden tanımlamaktadır.

Onun tasarım yaklaşımı, afet sonrasında ortaya çıkan kriz durumlarını, kentsel dönüşüm ve topluluk dayanıklılığı için yenilikçi birer laboratuvar olarak görür.

Aravena'nın projelerinde öne çıkan mekânsal stratejiler, esneklik, katılımcılık, ekolojik bütünlük ve çok katmanlı ölçek yaklaşımı ilkeleri etrafında şekillenmektedir. Esneklik, “artımlı konut” (incremental housing) modelinde somutlaşmakta; konutun tamamlanmış bir nesne değil, kullanıcı tarafından zaman içinde geliştirilen yaşayan bir süreç olduğu fikrini desteklemektedir. Bu yaklaşım, afet sonrası geçici barınma çözümlerinin ötesinde, uzun vadeli ve kendi kendine yetebilen yaşam alanlarının inşasını mümkün kılar. Katılımcılık, Aravena'nın “do tank” olarak tanımladığı ELEMENTAL pratiğinin merkezindedir; tasarım sürecine yerel toplulukların dâhil edilmesi, projelerin hem sosyal kabulünü hem de sürdürülebilirliğini artırmaktadır. Bu sayede kullanıcılar yalnızca yararlanıcı değil, üretici aktörler hâline gelmektedir.

Bir diğer temel strateji olan ekolojik bütünlük, Aravena'nın projelerinde doğa-temelli çözümlerin mekânsal tasarımıyla bütünleştirilmesi biçiminde karşımıza çıkar. Constitución kıyı promenadı ve kıyı orman kuşağı gibi örneklerde görüldüğü üzere, doğal sistemler yalnızca estetik bir unsur değil, afet riskini azaltan ekolojik altyapılar olarak ele alınır. Bu yaklaşım, fiziksel koruma ile sosyal erişimi aynı mekânsal düzlemde buluşturan hibrit bir dirençlilik anlayışı oluşturur. Ayrıca Aravena'nın projeleri, kentsel ve mimari ölçek arasındaki bütünlüğü koruyarak dirençlilik kavramını çok katmanlı biçimde işler. Kamusal yapılar –örneğin Constitución Belediye Tiyatrosu veya Kültür Merkezi– afet sonrası kolektif iyileşme ve sosyal dayanışma mekânları olarak toplumsal dirençliliği desteklerken; konut ölçeğinde geliştirilen artımlı tipolojiler bireysel düzeyde yaşam sürekliliğini sağlar.

Bu mekânsal stratejilerden türeyen kentsel dirençlilik ilkeleri, ekolojik duyarlılığı, topluluk katılımını ve uzun vadeli sürdürülebilirliği aynı sistemde bütünleştirir. Aravena'nın modelleri, Şili ve Meksika'daki uygulamalarda olduğu gibi, farklı bağlamlara uyarlanabilir esnek tasarım mantığıyla küresel ölçekte referans niteliği taşır. Bununla birlikte, kullanıcıların ekonomik olanaklarının sınırlı olduğu bağlamlarda artımlı konutların tamamlanma süreci uzayabilmekte ve geçici barınma ihtiyacına doğrudan yanıt verememektedir. Bu durum, Aravena'nın yaklaşımının güçlü yanlarını –katılımcılık, kalıcılık,

doğa-temelli tasarım– desteklerken; aynı zamanda sosyal eşitsizliklerin giderilmesi ve ölçeklenebilirlik açısından yeni tartışma alanları üretmektedir.

Aravena’nın afet sonrası mimarlık pratiği, mimarlığın yalnızca mekânsal onarım değil, aynı zamanda toplumsal dirençlilik üretme kapasitesine sahip bir araç olduğunu göstermektedir. Onun projeleri, kentsel dirençliliği doğa, toplum ve yapı ölçeklerinde bir araya getiren çok katmanlı bir paradigma önermektedir. Bu paradigma, gelecekteki afet sonrası planlama politikaları için mimarlığın stratejik rolünü yeniden düşünmeyi, krizden öğrenme ve dayanışma odaklı bir kentsel dönüşüm kültürünün inşasını gerekli kılmaktadır (Tablo 1).

Tablo 1. Aravena’nın Afet Sonrası Projelerindeki Mekânsal Stratejiler

Proje	Yer /Yıl	Afet / Bağlam	Mekânsal Stratejiler
Chusmisa Konut Alanı	Şili, 2025	Orman yangını sonrası yeniden yapılanma	Hızlı montaj ve modüler yapı, esnek yapı sistemleri, Kamu-özel ortaklığı- aktör katılım, Pilot model ve çoğaltılabilirlik
Constitución Belediye Tiyatrosu	Constitución, Şili, 2023	2010 depremi + tsunami sonrası yeniden yapılanma	Kamusal mekânların afet sonrası sosyal dayanışmayı güçlendirmesi
Constitución Kültür Merkezi	Constitución, Şili, 2015	Tsunami sonrası kentsel iyileşme	Kültürel odaklı toplumsal dirençlilik, kamusal alan sürekliliği
Constitución Kıyı Promenadı	Constitución, Şili, 2010 sonrası	Tsunami riski yüksek kıyı şeridi	Doğal bariyerler (orman, kıyı çizgisi), ekosistem temelli risk azaltma
Nautical Pier (Muelle Náutico)	Constitución, Şili, 2010 sonrası	Deprem + tsunami sonrası kentsel kıyı alanı	Toplumsal yaşamı kıyıya geri kazandırma, risk bilinci ile mekânsal düzenleme
Villa Verde Sosyal Konut Projesi	Constitución, Şili, 2009-2013	2010 depremi sonrası işçi sınıfına yönelik konut ihtiyacı	<i>Incremental Housing</i> modelinin geliştirilmiş versiyonu; çekirdek ev + büyüme potansiyeli; topluluk katılımı ve kalıcı konut üretimi
Quinta Monroy Konut Projesi	Iquique, Şili, 2004	Yoksul ve afet riski altındaki kente konut açığı	İlk “yarım ev” modeli; esneklik, kullanıcı katılımı; düşük maliyetli ve uyarlanabilir kalıcı çözüm
Lo Barnechea Konut Projesi	Santiago, Şili 2008-2014	Kentsel kırılganlık yaşayan düşük gelirli gruplar için konut	Yoğunluk ve erişilebilirliği dengeleyen sosyal konut; kırılgan toplulukların kentsel dirençliliğini artırma
Monterrey Konut Projesi	Monterrey, Meksika, 2010	Afet riski yüksek bölgelerde düşük gelirli topluluklar için konut	<i>Incremental Housing</i> modelinin uluslararası uyarlaması; düşük maliyetli, esnek ve kalıcı konut çözümü

5.SONUÇ

Aravena'nın projelerinde geliştirilen mekânsal stratejiler, afet sonrası iyileşme sürecinde farklı ölçeklerde bütüncül bir dirençlilik modeli sunmaktadır. Konut ölçeğinde Incremental Housing yaklaşımıyla esnek, büyüyebilir ve uzun ömürlü konut tipolojileri geliştirilmektedir. Topluluk ölçeğinde kullanıcı katılımına dayalı üretim süreçleri, kolektif dayanışmayı güçlendirirken aidiyet duygusunu pekiştirmektedir. Kentsel ölçekte ise doğa-temelli risk azaltma yöntemleri, ekosistemle uyumlu bir mekânsal kurgunun temelini oluşturmaktadır. Constitución örneğinde olduğu gibi, kamusal mekânların ve kültürel altyapıların afet sonrası süreçlerde toplumsal iyileşmeyi destekleyen araçlara dönüşmesi, Aravena'nın mimarlığına bütüncül bir dirençlilik karakteri kazandırmaktadır.

Bu çok katmanlı yaklaşım, afet sonrası yeniden yapılanmanın yalnızca barınma ihtiyacına yanıt vermekle sınırlı olmadığını, aynı zamanda geleceğe dönük bir öğrenme, uyum ve dönüşüm kapasitesi inşa ettiğini göstermektedir. Aravena'nın mimarlığı, mekânı bir toplumsal üretim alanı olarak konumlandırırken, kırılğan toplulukların kendi yaşam çevrelerini dönüştürme potansiyelini açığa çıkarır. Bu yaklaşım, afet sonrası yeniden yapılanma süreçlerini, dışsal yardıma bağımlı bir iyileşme pratiğinden çıkararak, toplulukların kendi kapasitelerini harekete geçirdiği bir 'dirençlilik üretim alanı'na dönüştürmektedir.

Ancak bu yaklaşımın bazı sınırlılıkları bulunmaktadır. Özellikle kullanıcıların ekonomik olanaklarının sınırlı olduğu bağlamlarda Incremental Housing modelinin tamamlanma süreci uzamakta, bu da kısa vadede barınma ihtiyacına yanıt verme kapasitesini düşürmektedir. Ayrıca projelerin başarısı, yerel yönetimlerin desteği ve topluluk katılımının sürekliliği gibi dışsal faktörlere bağlıdır. Bu durum, Aravena'nın önerdiği modelin her bağlamda aynı etkiyi yaratamayabileceğini göstermektedir.

Sonuç olarak, Aravena'nın afet sonrası projeleri, mimarlığın kriz koşullarında yalnızca mekân üretmekle kalmayıp, toplumsal dirençlilik, dayanışma ve adalet kavramlarını da mekânsal düzlemde somutlaştırabileceğini göstermektedir. Onun pratiği, kentsel dirençlilik kavramına yeni bir anlam kazandırmakta; doğa, toplum ve yapı ölçeklerini entegre eden bir yeniden yapılanma paradigması önermektedir. Bu paradigma, gelecekteki afet sonrası planlama politikaları için disiplinlerarası, katılımcı ve

ekolojik temelli bir yol haritası sunmaktadır. Ayrıca Aravena'nın ortaya koyduğu bu yaklaşım, farklı coğrafi, sosyal ve kültürel bağlamlarda uyarlanabilir nitelikte olup; benzer afet sonrası süreçlerde uygulanabilecek yöntemlere ve gelecekteki akademik ve pratik çalışmalara örnek teşkil etmektedir. Dolayısıyla Aravena'nın yaklaşımı, dirençli kentlerin inşasında mimarlığın yalnızca bir tasarım aracı değil, aynı zamanda sosyal dönüşümün aktörü olduğunu güçlü biçimde ortaya koymaktadır.

KAYNAKÇA

- Aravena, A. (2011). ELEMENTAL: A Do Tank. *Architectural Design*, 81, 32-37. <https://doi.org/10.1002/AD.1235>
- ArchDaily. (2013). Villa Verde Konutları / ELEMENTAL., <https://www.archdaily.com/447381/villa-verde-housing-elemental> (Erişim tarihi 05.10.2025)
- ArchDaily (2016). Centro Cultural de Constitución / Alejandro Aravena | ELEMENTAL. <https://www.archdaily.cl/cl/780802/centro-cultural-de-constitucion-alejandro-aravena-elemental> (Erişim tarihi: 11.10.2025)
- ArchDaily. (2010). Monterrey Housing / ELEMENTAL. Erişim tarihi: 16 Ekim 2025, <https://www.archdaily.com/52202/monterrey-housing-elemental>
- Architect Magazine (2016). Constitución Seaside Promenade, https://www.architectmagazine.com/project-gallery/constitucion-seaside-promenade_o/ (Erişim tarihi 05.10.2025)
- Arquitectura Viva. (2025a). PRES Constitución Masterplan, Constitución. Arquitectura Viva. <https://arquitecturaviva.com/works/plan-urbano-pres-constitucion-1> (Erişim tarihi 05.10.2025)
- Arquitectura Viva. (2025b). Centro Cultural en Constitución. <https://arquitecturaviva.com/obras/centro-cultural-en-constitucion> (Erişim tarihi 05.10.2025)
- Arquitectura Viva. (2025c.). Villa Verde Housing, Constitución / ELEMENTAL. Erişim tarihi: 11 Ekim 2025, <https://arquitecturaviva.com/works/viviendas-villa-verde-10>
- Arquitectura Viva. (2025d). Colonia Lo Barnechea, Santiago. Erişim tarihi: 16 Ekim 2025, <https://arquitecturaviva.com/obras/colonia-lo-barnechea>
- Aydın, N., Çelik, K., Gecen, R., Kalaycioglu, S. ve Duzgun, S. (2025). Rebuilding Antakya: Cultivating Urban Resilience Through Cultural Identity and Education for Post-Disaster Reconstruction in Turkey. *International Journal of Disaster Risk Reduction*. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2025.105196>.
- Basulto, D. (2008). AD Interviews: Alejandro Aravena. ArchDaily. <https://www.archdaily.com/9942/ad-interviews-alejandro-aravena> (Erişim tarihi: 5 Ekim 2025).

- Birkmann, J., Schüttrumpf, H., Handmer, J., Thielen, A., Kuhlicke, C., Truedinger, A., Sauter, H., Klopries, E., Greiving, S., Jamshed, A., Merz, B., Solecki, W. ve Kirschbauer, L. (2023). Strengthening resilience in reconstruction after extreme events – Insights from flood affected communities in Germany. *International Journal of Disaster Risk Reduction*. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2023.103965>.
- Bozza, A., Asprone, D. ve Manfredi, G. (2015). Developing an integrated framework to quantify resilience of urban systems against disasters. *Natural Hazards*, 78, 1729-1748. <https://doi.org/10.1007/s11069-015-1798-3>.
- Carrasco, S. ve O'Brien, D. (2022). Re-thinking Elemental's incremental housing: Residential Satisfaction and resident-driven adaptations in Villa Verde, Chile. *Revista Brasileira de Gestão Urbana*, 14, e20210171.
- Charles, S., Chang-Richards, A. ve Yiu, T. (2021). A systematic review of factors affecting post-disaster reconstruction projects resilience. *International Journal of Disaster Resilience in the Built Environment*. <https://doi.org/10.1108/IJDRBE-10-2020-0109>.
- Chen, C., Lili, X., Zhao, D., Xu, T. Ve Lei, P. (2020). A new model for describing the urban resilience considering adaptability, resistance and recovery. *Safety Science*, 128, 104756. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2020.104756>
- Çetin, S. ve Kirchherr, J. (2025). The Build Back Circular Framework: Circular Economy Strategies for Post-Disaster Reconstruction and Recovery. *Circular Economy and Sustainability*. <https://doi.org/10.1007/s43615-024-00495-y>
- Duddy, L. (2018, 19 Kasım). Alejandro Aravena shares the foundational philosophies at the core of his socially conscious practice. *ArchDaily*. <https://www.archdaily.com/906076/alejandro-aravena-shares-the-foundational-philosophies-at-the-core-of-his-socially-conscious-practice> (Erişim tarihi 05.10.2025)
- ELEMENTAL. (t.y.-a). Muelle Náutico – PRES. <https://www.elementalchile.cl/es/works/muelle-nautico-pres?slide=2> (Erişim tarihi: 05.10.2025)

- ELEMENTAL. (t.y.-b). Villa Verde Social Housing [Web sayfası],
<https://www.elementalchile.cl/works/constitucion-i-villa-verde-pvt?slide=4> (Erişim tarihi 05.10.2025)
- Etinay, N., Egbu, C. ve Murray, V. (2018). Building Urban Resilience for Disaster Risk Management and Disaster Risk Reduction. *Procedia Engineering*, 212, 575-582. <https://doi.org/10.1016/J.PROENG.2018.01.074>.
- Guo, Y. (2012). Urban resilience in post-disaster reconstruction: Towards a resilient development in Sichuan, China. *International Journal of Disaster Risk Science*, 3, 45-55. <https://doi.org/10.1007/s13753-012-0006-2>
- Holcim Foundation (2016a). Unique collaboration and creative reconstruction is driving the city's recovery. <https://www.holcimfoundation.org/article/unique-collaboration-and-creative-reconstruction-is-driving-the> (Erişim tarihi: 11.10.2025)
- Holcim Foundation (2016b). *Sustainable post-tsunami reconstruction master plan, Constitución, Chile*. Holcim Foundation for Sustainable Construction. <https://www.holcimfoundation.org/projects/sustainable-post-tsunami-reconstruction-master-plan> (Erişim tarihi 05.10.2025)
- Iacobelli, A. ve Aravena, A. (2008). Elemental: housing as an investment not a social expense. In: Ilka, Ruby, Andreas, Ruby (Eds.), *Urban Transformation*. Ruby Press; Zu"u"u "rich: Holcim Foundation for Sustainable Construction, Berlin; Zu"rich, pp. 244e357
- Jeleński, T. (2018). Practices of Built Heritage Post-Disaster Reconstruction for Resilient Cities. *Buildings*, 8, 53. <https://doi.org/10.3390/BUILDINGS8040053>.
- Kapoor, U. (2025). Villa Verde Project by Alejandro Aravena: Low-Cost housing. *Rethinking The Future*. Erişim tarihi: 11 Ekim 2025, <https://www.re-thinkingthefuture.com/case-studies/a7429-villa-verde-project-by-alejandro-aravena-low-cost-housing/>
- Landezine (2023). *Mitigation Park and Seaside Promenade by Elemental*, <https://landezine.com/mitigation-park-and-seaside-promenade-by-elemental/> (Erişim tarihi 05.10.2025)

- Lu, Y. ve Li, R. (2020). Rebuilding resilient homeland: an NGO-led post-Lushan earthquake experimental reconstruction program. *Natural Hazards*, 104, 853 - 882. <https://doi.org/10.1007/s11069-020-04194-3>.
- Long, G. (2015, 23 Şubat). The rebuilding of Chile's Constitución: how a 'dead city' was brought back to life. *The Guardian*. <https://www.theguardian.com/cities/2015/feb/23/rebuilding-chile-constitucion-earthquake-tsunami> (Erişim tarihi 05.10.2025)
- Meriläinen, E. (2019). The dual discourse of urban resilience and its deployment by NGOs: Robust city, self-organised neighbourhoods.. *Disasters*. <https://doi.org/10.1111/disa.12367>
- MCHAP. (2025). Teatro Municipal de Constitución / ELEMENTAL. <https://www.mchap.co/mchap-2024-projects/teatro-municipal-de-constituci%C3%B3n> (Erişim tarihi: 11.10.2025)
- Mohammadi, S., De Angeli, S., Boni, G., Pirlone, F. ve Cattari, S. (2024). Review article: Current approaches and critical issues in multi-risk recovery planning of urban areas exposed to natural hazards. *Natural Hazards and Earth System Sciences*. <https://doi.org/10.5194/nhess-24-79-2024>
- Moore, R. (2016). "Alejandro Aravena: The shape of things to come". *The Guardian*. <https://www.theguardian.com/artanddesign/2016/apr/10/architect-alejandro-aravena-pritzker-prize-elemental-housing-iquique-constitucion-tsunami-defences> (Erişim tarihi: 05.10.2025).
- Nagami, K., Miyano, T. ve Sediqi, M. (2025). Medium to Long-term Impacts from In-situ Housing Reconstruction: Insights from Post-disaster Surveys of the Indian Ocean Tsunami and Nepal Earthquake. *International Journal of Disaster Risk Reduction*. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2024.105175>.
- Neighbourhood Guidelines (2025). Incremental Housing Projects in Chile and Mexico. Erişim tarihi: 16 Ekim 2025, <https://www.neighbourhoodguidelines.org/incremental-housing-projects-in-chile-and-mexico>
- O'Brien, D., Carrasco, S. ve Dovey, K. (2020). Incremental housing: harnessing informality at Villa Verde. *Archnet-IJAR: International*

- Journal of Architectural Research. <https://doi.org/10.1108/arch-10-2019-0237>.
- Piñero, A. (2025). ELEMENTAL Designs Prefabricated Housing Project for Reconstruction in Viña del Mar, Chile. ArchDaily. <https://www.archdaily.com/1027269/elemental-designs-prefabricated-housing-project-for-reconstruction-in-vina-del-mar-chile> (Erişim tarihi 05.10.2025)
- Scribd. (2025). Lo Barnechea 1 (Converted) [Çevrim içi belge]. <https://www.scribd.com/document/491930981/Lo-Barnechea-1-Converted> (Erişim tarihi: 16.10.2025)
- Tumini, I., Villagra-Islas, P. ve Herrmann-Lunecke, G. (2017). Evaluating reconstruction effects on urban resilience: a comparison between two Chilean tsunami-prone cities. *Natural Hazards*, 85, 1363-1392. <https://doi.org/10.1007/s11069-016-2630-4>.
- The Hyatt Foundation. (2025). Alejandro Aravena. Pritzker Architecture Prize. <https://www.pritzkerprize.com/laureates/ale-jan-dro-ara-ve-na> (Erişim tarihi 05.10.2025)
- Valencia, N. (2016). “Three years in Villa Verde, Elemental’s incremental housing project in Constitución, Chile”. ArchDaily. <https://www.archdaily.com/780544/three-years-in-villa-verde-elementals-incremental-housing-project-in-constitucion-chile> (Erişim tarihi: 05.10.2025).

BÖLÜM 10

AFET SONRASI MİMARLIKTAKİ MALZEMENİN YENİDEN KULLANIMI: SHİGERU BAN VE KAĞIT EVLER

Öğr. Gör. Dr. Şule Sinem SÜRDEM¹

Öğr. Gör. Dr. Elif ÇAM²

DOI: <https://www.doi.org/10.5281/zenodo.18067078>

¹ Gümüşhane Üniversitesi, Gümüşhane, Türkiye. sulesurdem@gumushane.edu.tr,
Orcid ID: 0000-0001-5789-4875

² Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Karaman, Türkiye. elifcam@kmu.edu.tr,
Orcid ID: 0000-0002-5598-1454

1. GİRİŞ

Afetler, fiziki çevrede yıkımlara yol açmanın ötesinde milyonlarca insanı bir anda barınma hakkından mahrum bırakmakta ve mimarlığın en temel işlevlerinden biri olan barınma olgusunu sınamaktadır. Depremler, savaşlar, sel ve tayfun gibi felaketlerin ardından ortaya çıkan acil barınma ihtiyacı; mimarlığı hız, ekonomi, dayanıklılık ve toplumsal iyileşme arasında denge kurmaya zorlamaktadır. Bu bağlamda afet sonrası barınak tasarımlarında sadece geçici teknik çözüm üretilmemektedir. Bu tasarımlar sürdürülebilirlik, ekolojik duyarlılık ve toplumsal iyileşme arayışlarıyla ilişkili bir tasarım pratiği olarak değerlendirilmelidir.

Tarihsel açıdan bakıldığında, özellikle II. Dünya Savaşı sonrasında Avrupa’da yıkılan kentlerin yeniden inşası ve mültecilerin yerleştirilmesi için geliştirilen çözümler, modern mimarlığın acil barınak konusunda deneysel bir alan açmasına yol açmıştır. Modernist mimarlar tarafından üretilen geçici konut denemeleri; standartlaştırılmış elemanlar, prefabrikasyon ve hızlı üretim teknikleriyle çözümlenmiştir. Ancak bu çözümler çoğu zaman barınmanın yalnızca fiziksel boyutuna odaklanmış, sosyal ve kültürel ihtiyaçları geri planda bırakmıştır. Malzemenin rolü bu noktada belirleyici hale gelmektedir. Düşük maliyetli, kolay erişilebilir ve yerel bağlamda bulunabilir malzemeler afet sonrası barınakların sürdürülebilirliğini artırmaktadır. Özellikle yeniden kullanım, geri dönüştürme pratikleri ve atıkların değerlendirilmesi karbon ayak izinin azaltılması ve topluluk katılımının güçlendirilmesi açısından kritik öneme sahiptir. Böylece malzeme, teknik bir inşaat girdisinin ötesine geçerek afet sonrası toplumların yeniden ayağa kalkma süreçlerinde ekolojik ve sosyal bir aktör haline gelmektedir.

Bu çerçevede, çağdaş mimarlık içinde Shigeru Ban öne çıkan bir figürdür. Ban, özellikle kağıt tüpler kullanarak geliştirdiği barınak sistemleriyle, afet sonrası mimarlıkta yenilikçi bir yaklaşım ortaya koymuştur. Shigeru Ban Architects’in resmi internet sitesinde çalışmalar farklı kategoriler altında sınıflandırılmaktadır: Kağıt Tüp Yapılar (Paper Tube Structure), Ahşap ve Bambu Yapılar (Timber and Bamboo Structure), Evler ve Konutlar (Houses and Housings), Kültürel, Ticari, Akademik ve Diğerleri (Cultural, Commercial, Academic, Others), Sergi Tasarımları (Exhibition Design), Yarışmalar (Competition), Gerçekleşmemiş Projeler (Unbuilt), Endüstriyel Tasarım (Industrial Design) ve Afet Sonrası Yardım Tasarımları (Disaster Relief

Design). Bu sınıflandırma, Ban'ın mimarlık pratiğinin geniş yelpazesini göstermektedir. Ancak bu kitap bölümünün amacı, Shigeru Ban'ın özellikle afet sonrası mimarlıkta malzemenin yeniden kullanımına dayalı yaklaşımını tartışmak ve kağıt tüplerden geliştirdiği tasarımların-barınakların mimarlık disiplini açısından sunduğu katkıları incelemektir.

2. AFET SONRASI BARINMA SORUNU VE MİMARİDE MALZEMENİN YENİDEN KULLANIMI

Afet sonrası barınma hem acil ihtiyaçların karşılanması hem de uzun vadeli sürdürülebilirlik açısından mimarlık disiplini içinde önemli bir araştırma alanıdır. Son yıllarda bu alanda geçici barınma çözümlerinde malzeme yeniden kullanımı ve döngüsel ekonomi yaklaşımları öne çıkmaktadır. Literatür, sürdürülebilir geçici barınma için dört temel tema etrafında şekillenmektedir: malzeme döngüsellliği, yerel ve geri dönüştürülmüş malzemelerin kullanımı, tasarımda esneklik ve modülerlik ile toplumsal katılım ve çevresel etki (Kahvecioğlu & Selçuk, 2025; Karimi vd., 2023; Widyarko vd., 2021; Montalbano & Santi, 2023; Celentano vd., 2019).

Türkiye’de ve dünyada yapılan araştırmalar, farklı malzemelerin yeniden kullanımını ve modüler sistemlerin entegrasyonunu gündeme getirmektedir. Rüzgâr türbini kanatlarının dönüştürülmesi (Turhan vd., 2025), bambu ve ahşap barınak kitleri (Dev & Das, 2021; Sulistiana vd., 2025), geri dönüştürülmüş plastik kullanımı (Moreno-Sierra vd., 2020) ve konteyner tabanlı çözümler (Yıldırım vd., 2025) bu bağlamda öne çıkmaktadır. Tasarımlarda sökülebilirlik ve yeniden kullanım potansiyeli özellikle vurgulanan niteliklerdir (Arslan & Coşgun, 2008). Bu yaklaşımlar hem kaynak verimliliğini artırmakta hem de afet sonrası barınakların kullanım ömrünü uzatmaktadır.

Afet sonrası barınma projelerinde malzeme yeniden kullanımının uygulanabilirliği her zaman sorunsuz değildir. Literatürde bu bağlamda karşılaşılan lojistik sorunlar, maliyet yüksekliği, standartların eksikliği, yerel iş gücü kapasitesinin yetersizliği ve tasarımda esneklik sorunları sıkça tartışılmaktadır (Widyarko vd., 2021; Johnson, 2007; Atmaca & Atmaca, 2016). Ayrıca bazı projelerde uzun vadeli sürdürülebilirlik ve geri dönüşüm potansiyeli yeterince planlanmamış, geçici barınaklar kullanım süresi sonunda atık haline geldiği belirtilmiştir (Arslan & Coşgun, 2008; Johnson, 2007). Bu

durum, afet sonrası mimarlığın yalnızca hız ve ekonomi değil, uzun süreli sürdürülebilirlik ilkeleriyle birlikte ele alınması gerektiğini göstermektedir. Bu bağlamda son yıllarda yapılan çalışmalar, geçici barınak tasarımlarının döngüsel ekonomi prensipleri çerçevesinde değerlendirilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Malzeme döngüsellliği, atık miktarını azaltmakta ve çevresel etkiyi minimize etmektedir (Karimi vd., 2023; Pradhananga & Elzomor, 2023; Friedman, 2025). Sökülebilirlik ve yeniden kullanım, geçici barınakların ikinci yaşam senaryolarına imkân tanımakta ve kaynak verimliliğini artırmaktadır (Widyarko vd., 2021; Arslan & Coşgun, 2008).

Afet sonrası barınma yalnızca teknik ve malzeme odaklı bir konu değildir; sosyal ve kültürel boyutları da dikkate alınmalıdır. Literatür, toplumsal katılım ve yerel bilginin tasarım sürecine dahil edilmesinin barınakların kabulünü ve sürdürülebilirliğini artırdığını göstermektedir (Montalbano & Santi, 2023; Pomponi vd., 2019; Félix vd., 2015). Kullanıcıların inşa sürecine katılımı, aidiyet duygusunu güçlendirmekte ve barınakların yalnızca fiziksel değil, sosyal bir yeniden inşa aracı haline gelmesini sağlamaktadır. Ayrıca kadın ve erkek uzmanların farklı önceliklere sahip olduğu, sosyal ve çevresel göstergelere verilen önemin değişebildiği de yapılan çalışmalarda vurgulanmaktadır (Pomponi vd., 2019).

3. SHIGERU BAN'IN AFET SONRASI MİMARLIK YAKLAŞIMI

Shigeru Ban, afet sonrası mimarlık alanında yenilikçi, sürdürülebilir ve insani çözümleriyle öne çıkan bir mimardır. Mimarlık pratiğinde pro-bono yani kâr amacı gütmeyen insani projelere özel bir önem vermekte; özellikle geri dönüştürülebilir ve yerel malzemelerle geliştirdiği geçici barınaklar aracılığıyla afetzedelerin acil barınma ihtiyaçlarını karşılamaktadır.

2014 yılında Shigeru Ban, mimarlığın en prestijli ödüllerinden olan Pritzker Mimarlık Ödülü'ne layık görülmüştür. Jüri gerekçesinde Ban'ın, afetler sonrasında yoksun durumda kalan toplumlara yönelik ürettiği barınma çözümleri, yenilikçi malzeme kullanımı ve mimarlığın sosyal sorumluluğuna yaptığı katkı özellikle vurgulanmıştır (Url-1). Pritzker Ödülü genellikle estetik başarılar veya ikonik projeler için verilirken, Ban'ın ödüllendirilmesi bu bağlamda bir dönüm noktasıdır. Bu gelişme, mimarlığın salt estetik bir disiplin

olmanın ötesinde, toplumsal krizlere yanıt verme potansiyelini görünür kılmıştır. Dolayısıyla Ban'ın yaklaşımı, mimarların yalnızca “tasarımcı” değil aynı zamanda insani krizlere müdahale edebilen aktörler olması gerektiğini hatırlatmaktadır.

Literatürde Shigeru Ban'ın mimarlık pratiği üç ana eksenle ele alınmaktadır:

- **İnsancıl Mimarlık:** Afet sonrası barınma ihtiyacına duyarlı, toplumsal faydayı önceleyen tasarım anlayışı
- **Geçicilik ve Sembolizm:** Afet bölgelerinde yalnızca barınak değil, aynı zamanda toplumsal dayanışma ve iyileşme mekânları yaratılması.
- **Malzeme Yenilikleri:** Kağıt tüpler gibi ucuz, erişilebilir ve sürdürülebilir yapı elemanlarının geliştirilmesi.

Bu eksenler, Ban'ın hem teorik hem de pratik düzeyde geliştirdiği mimari yaklaşımın çerçevesini oluşturur.

3.1. Humanitarian Architecture (İnsancıl Mimarlık) ve Sosyal Sorumluluk

Shigeru Ban, modern mimarlığın yalnızca estetik veya teknik boyutlarıyla değil, toplumsal ve insani sorumluluklarıyla da ilgilenmesi gerektiğini savunan bir mimardır. Bulut & Gürani (2018), onun çevresel duyarlılık ve insani sorumluluk arasındaki dengeyi kurma biçimini inceleyerek Ban'ın mimarlık pratiğini “çevreye duyarlı tasarım” bağlamında değerlendirmiştir. Bu yaklaşım, Ban'ın sıkça vurguladığı “Humanitarian Architecture” kavramıyla özetlenir. Bu anlayışa göre mimarlık, yalnızca kentsel elitlerin ya da ekonomik imkânı olan kesimlerin hizmetine sunulan bir lüks değil, en temel insani ihtiyaçlardan biri olan barınmayı karşılamaya yönelik evrensel bir araçtır. Özellikle afet sonrası koşullarda ortaya çıkan barınma krizlerine verdiği çözümler, Ban'ın bu felsefesinin somut uygulamalarıdır.

Naskova (2015), Ban'ın Japon geleneklerinden –Zen Budizm ve Shinto etkileriyle şekillenen– mimari anlayışından beslendiğini, bu geleneği Batı mimarlığı ile harmanladığını ortaya koymuştur. Ban'ın afet sonrası çözümleri,

bu bağlamda, geleneksel Japon ahşap yapı tekniklerini yenilikçi malzemelerle buluşturarak evrensel geçerlilik kazanmaktadır. Deriu (2007) ise Ban'ın Alvar Aalto'ya bakışını inceleyerek, onun modernist gelenekler ile insancıl mimarlık arasındaki bağı nasıl kurduğunu vurgulamaktadır.

3.2. Geçicilik ve Toplumsal İyileşme

Ban, mimarlığı toplumun en kırılgan kesimlerine ulaştırma çabasında, geçicilik, sürdürülebilirlik ve toplumsal katılım ilkelerini ön planda tutmaktadır. Łatka & Morales-Beltrán (2023) Ban'ın çalışmalarındaki “geçicilik” kavramını irdemiştir; bu geçiciliğin sadece teknik değil, aynı zamanda sosyal bir strateji olduğuna dikkat çekmiştir. Bu bağlamda Özcan, Güler & Korkmaz (2021), “geçici barınak” kavramını Ban'ın pratiği üzerinden detaylı biçimde ele almış ve onun projelerinin özellikle afet sonrası kriz bölgelerinde barınma ihtiyacını karşılama sürecindeki rolünü vurgulamıştır. Benzer şekilde Johung (2011), mekânın “yerinden edilme” ve “yeniden yerleştirilme” bağlamlarını tartışarak Ban'ın afet sonrası çözümlerini kültürel yerleşim dinamikleri açısından incelemiştir. Bu perspektife göre Ban'ın yapıları, afetzedelerin kimlik ve aidiyet duygularını korumalarına yardımcı olan geçici ama anlamlı mekânlar üretmektedir. Barrie (2014) ve Daniell (2014), Ban'ın “Cardboard Cathedral” projesini analiz ederek afet sonrası sembolik ve toplumsal iyileştirici rolüne dikkat çekmiştir. Bu yapının yalnızca geçici bir ibadethane değil, aynı zamanda toplumsal hafızayı yeniden kuran ve toplumsal iyileşmeyi destekleyen sembolik bir mekân olduğu ortaya konmuştur. Dolayısıyla onun tasarımları toplumsal dayanışmayı güçlendiren insani müdahaleler olarak oldukça dikkat çekicidir.

3.3. Malzeme Yenilikleri: Kağıt Tüpler

Ban'ın en özgün katkılarından biri, basit görünen ancak yüksek mühendislik kabiliyetine sahip bir malzeme olan geri dönüştürülmüş kağıt tüplerin (paper tubes) mimarlıkta yapı elemanı olarak kullanılmasıdır. Kağıt tüpler, geri dönüştürülmüş kâğıttan üretilen, düşük maliyetli, hafif fakat oldukça dayanıklı elemanlardır. İlk kez 1980'lerin sonunda sergi ve geçici yapılar için deneyen Ban, kısa sürede bu malzemenin özellikle afet sonrası mimarlıkta önemli bir potansiyele sahip olduğunu fark etmiştir.

Bu malzemenin farklı araştırmalarda da vurgulandığı gibi, afet sonrası barınma çözümlerinde öne çıkmasının nedeni yalnızca ekonomik olması değil, aynı zamanda dayanıklılığı ve çevresel sürdürülebilirliğidir. Örneğin Carbonari & Librelotto (2017), geri dönüştürülmüş kağıt tüplerden üretilen geçici barınakların yapısal özelliklerini incelemekte, özellikle hız, maliyet ve sürdürülebilirlik açısından bu malzemenin afet sonrası için uygunluğunu vurgulamaktadır. Dhivya & Yogapriya (2021) ise Ban'ın kağıdı yapı malzemesi olarak kullanma yöntemini çevresel sürdürülebilirlik bağlamında ele almakta ve kaynak verimliliği ile ekolojik mimarlık açısından önemine dikkat çekmektedir. Benzer şekilde Üstün (2008) kağıdın çatı ve cephe sistemlerinde kullanımını, Ban'ın deneysel tasarımları üzerinden tartışmakta ve sürdürülebilir mimarlık kapsamındaki potansiyeline değinmektedir.

Kağıt tüplerin afet sonrası mimarlıkta tercih edilmesinin ardında birkaç temel avantaj bulunmaktadır. Öncelikle, maliyet ve erişilebilirlik açısından yerel ölçekte kolaylıkla üretilibilmeleri, afet bölgelerinde hızlı çözümler üretilmesini sağlamaktadır. İkinci olarak, dayanıklılık açısından doğru mühendislik hesaplarıyla çelik kadar güçlü taşıyıcı elemanlara dönüşebilmektedirler. Bunun yanı sıra, sürdürülebilirlik açısından geri dönüştürülebilir olmaları ve çevresel etkilerinin düşük olması, bu malzemeyi ekolojik açıdan cazip kılmaktadır. Son olarak, hızlı üretim ve montaj imkânı, afet sonrasında ortaya çıkan acil barınma ihtiyaçlarına doğrudan cevap verebilme potansiyeli sunmaktadır.

4. SHIGERU BAN'IN AFET SONRASI YARDIM PROJELERİNDE MALZEMENİN YENİDEN KULLANIMI

Shigeru Ban'ın afet sonrası yardım projeleri malzemenin yeniden kullanımı ilkesini temel alan özgün çözümler sunmaktadır. Ban, kimi zaman afet bölgelerinde mevcut malzeme artıklarını (örneğin yıkılmış binalardan çıkan tuğla, taş veya kiremitleri), kimi zaman da kolayca sökülüp yeniden kurulabilen modüler sistemleri projelerine entegre etmiştir.

Bu yaklaşım, hem lojistik açıdan avantajlar sağlamış hem de afet sonrası kaynak yetersizliği koşullarında pratik çözümler sunmuştur. Ban'ın projelerinde görülen bu strateji, geçici yapıların yalnızca “tek kullanımlık” değil, yeniden değerlendirilebilir ve taşınabilir birer sistem olarak

tasarlanabileceğini göstermektedir. Böylelikle malzemenin döngüsel kullanımı, afet sonrası mimarlıkta hem ekonomik hem de ekolojik açıdan sürdürülebilir bir yaklaşım haline gelmiştir.

Shigeru Ban'ın resmi web sitesinde yer alan Afet Sonrası Yardım (Disaster Relief) kategorisinde, 1995 yılında Kobe Depremi ile başlayan projelerden günümüze uzanan geniş bir arşiv bulunmaktadır (Url-2). 1995–2025 yılları arasını kapsayan bu dönemde Ban, Asya'dan Amerika'ya, Avrupa'dan Afrika'ya kadar çok farklı coğrafyalarda afet sonrası yardım projeleri geliştirmiştir. Listeye göre yaklaşık 60'tan fazla proje bu kategori altında yer almakta; bunlar arasında geçici okullar, toplum merkezleri ve acil barınaklar gibi farklı ölçek ve işlevlerde uygulamalar bulunmaktadır. Bu projeler hem mimarlık pratiğinde yenilikçi çözümler hem de afet bölgelerinde insancıl müdahaleler olarak önemli bir birikim ortaya koymaktadır.

Shigeru Ban'ın afet sonrası yardım projeleri, malzemenin yeniden kullanımına dayalı çok katmanlı stratejiler geliştirmektedir (Tablo 1). Bu stratejiler birkaç başlık altında toplanabilir:

- **Modüler ve Sök-Tak Sistemler:**

Ban'ın en bilinen çözümleri arasında yer alan Paper Log House ve Paper Partition System (PPS), yapı elemanlarının kolaylıkla monte edilip sökülebilmesi ve farklı afet bölgelerinde tekrar kurulabilmesi esasına dayanmaktadır. Bu yaklaşım, yapıların yalnızca tek seferlik değil, döngüsel olarak kullanılabilmesini mümkün kılmaktadır.

- **Yıkıntı / Artık Malzemelerinin Entegrasyonu:**

Örneğin Nepal'deki projelerinde yıkılmış yapılardan elde edilen taş, ahşap ya da kiremit gibi malzemeler yeniden işlenerek yeni yapılarda kullanılmıştır. Bu hem atık yönetimini kolaylaştırmış hem de yerel malzeme kimliğini korumuştur.

- **Geri Dönüştürülebilir Malzemeler:**

Ban'ın en özgün katkısı olan kağıt tüpler, kullanım ömrü sonunda geri dönüştürülebilirlikle öne çıkmaktadır. Bu tüplerin taşıyıcı sistem, duvar

ya da bölme olarak çok işlevli biçimde kullanılması, sürdürülebilirliğin pratikteki karşılığıdır.

- **Mevcut Yapılara Entegre Edilen Sistemler:**

Paper Partition System (PPS) gibi geçici bölme sistemlerini içeren çözümler, spor salonu, okul veya toplum merkezi gibi mevcut yapılara eklenerek afetzedelerin mahremiyetini sağlamaktadır. Bu sistem, yeni inşaat yerine mevcut mekân işlevsel hale getirerek malzeme kullanımını minimumda tutmaktadır. Ayrıca insanların uyuma, dinlenme ve kişisel yaşam için sınırlı da olsa bağımsız bir mekân sağlayarak, kendi alanlarını oluşturmalarına imkan tanımaktadır.

- **Taşınabilirlik ve Yeniden Kurulum:**

Takatori Paper Church gibi yapılar, sökülüp başka bir ülkeye taşınarak yeniden kurulmuştur. Bu hem malzemenin yeniden kullanımını hem de yapının sembolik değerinin korunmasını sağlamıştır.

Tablo 1. Shigeru Ban'ın Afet Sonrası Yardım Projelerindeki Yeniden Kullanım Stratejileri

Kategori	Açıklama	Örnek Yaklaşım / Projeler
Modüler / Sök-Tak Sistemler	Yapı elemanlarının kolayca monte edilebilmesi, modüler tüpler ve destek sökülmesi ve başka bir konuma taşınabilmesi.	<i>Paper Log House</i> ve <i>Paper Partition System (PPS)</i> , tüpler ve destek sayesinde farklı afet bölgelerinde yeniden kurulabilmiştir.
Yıkıntı / Artık Malzemelerin Entegrasyonu	Afet sonrası alanda yıkılmış bina elemanları kullanılan yapı artıklarının toplanıp yeniden işlenerek (tuğla, taş, kiremit, ahşap) yeni yapılarda infill ya da yeniden değerlendirilmesi.	Örneğin Nepal projelerinde, dolgu malzemesi olarak kullanılmıştır.
Geri Dönüştürülebilir	Yapı elemanlarının kullanım ömrü bitince ya da proje sona erdiğinde	Kağıt tüpler, karton elemanlar gibi malzemeler bu boyuta geri

Kategori	Açıklama	Örnek Yaklaşım / Projeler
Malzeme Kullanımı	dönüştürülebilecek biçimde girmiştir; sökülüp yeniden tasarlanması.	dönüştürülmeye uygundur.
Eklemeli Sistem / Mevcut Yapıya Entegrasyon	Mevcut yapı ya da altyapıya yeni modüller eklenerek gibi sistemler, spor salonu, müdahale edilmesi, mevcut okul binası gibi mevcut yapıların değiştirilmeden yapılara ek olarak kullanılabilir hale yerleştirilebilir getirilmesi.	<i>Paper Partition System (PPS)</i> modüller içermiştir.
Taşınabilirlik & Yeniden Kurulum Stratejileri	Projelerin tasarımı, taşınabilir elemanların taşınabilir projesinde olması ve farklı edilen yapı sökülüp ve başka coğrafyalarda yeniden bir bölgede (Tayvan) yeniden kurulumunu göze alır.	Örneğin <i>Paper Church</i> Kobe’de inşa edilmiştir.
Çok İşlevli / Esnek Eleman Kullanımı	Bir elemanın farklı görevlerde (duvar, tavan, çatı, bölme) kullanılabilmesi, kullanım ihtiyaçlarına göre adaptasyon yapabilmesi.	Bazı projelerde kağıt tüpler hem taşıyıcı eleman olarak hem bölme elemanı olarak kullanılmıştır.

Ban’ın afet sonrası mimarlık pratiğinde malzeme yeniden kullanımına dayalı stratejiler yalnızca teorik bir yaklaşım değil, farklı coğrafyalarda ve dönemlerde somut örneklerle hayata geçirilmiştir. Onun projeleri, kimi zaman yıkıntı malzemelerinin yeniden değerlendirilmesi, kimi zaman da modüler ve sökülüp taşınabilir sistemler aracılığıyla yeniden kullanım ilkelerini göstermektedir. Bu yaklaşımın farklı dönemlerdeki uygulamalarını görmek amacıyla, aşağıdaki tabloda Shigeru Ban’ın öne çıkan afet sonrası projeleri ve bu projelerdeki yeniden kullanım özellikleri kronolojik olarak özetlenmiştir (Tablo 2).

Tablo 2. Shigeru Ban'ın Afet Sonrası Yardım Projelerinde Malzemenin Yeniden Kullanımı

Yıl	Ülke / Yer	Proje Adı	Yeniden Kullanım Özelliği
1995	Japonya, Kobe	Takatori Church	2005'te sökülüp Tayvan'a taşındı; yapı elemanları yeniden kullanılmıştır.
1995	Japonya, Kobe	Paper Log House	Temelde bira kasaları ve kum torbaları kullanılmış; tüm malzemeler tekrar kullanılabilir niteliktedir.
2000	Türkiye	Paper Log House – Turkey	Yerel koşullarda kağıt tüpler ve modüller; yeniden montaj ve tekrar kullanım prensibiyle inşa edilmiştir.
2008	Çin, Chengdu	Paper School	Kağıt tüpler ve modüler bileşenler sökülüp başka yerde yeniden kurulabilir şekilde tasarlanmıştır.
2011	Japonya, Tohoku	Paper Partition System (PPS)	Karton tüplerden yapılan modüller depolanarak farklı afetlerde tekrar tekrar kullanılmıştır.
2011	İtalya, L'Aquila	Temporary Concert Hall	Ahşap ve çelik bileşenler sökülüp yeniden değerlendirilebilecek bir sistemle tasarlanmıştır.
2013	Yeni Zelanda, Christchurch	Cardboard Cathedral	Kağıt tüpler, polikarbonat ve çelikte birlikte kullanılmış; modüler öğeler uzun süreli ve yeniden değerlendirilebilir niteliktedir.
2015	Nepal	Nepal House	Yıkılmış yapılardan toplanan moloz tuğla ve ahşap elemanlar yeniden işlenerek yeni yapılarda infill ya da dolgu malzemesi olarak kullanılmıştır.
2016	Ekvador	Ecuador Paper Temporary House	Kağıt tüpler yerel malzemelerle birleştirilmiş; geri dönüştürülebilir ve yeniden kullanılabilir sistem uygulanmıştır.
2023–	Türkiye & Suriye	Relief for Turkey and Syria	PPS sistemi ile yeniden kullanılabilir modüller geliştirilmiş; mevcut yapılara entegre edilebilmiştir.
2024–	Japonya, Peninsula	Noto Earthquake Disaster Relief Project	Yıkılan evlerden çatı kiremitleri, kolon ve kirişler toplanarak yeniden kullanılmıştır.

5. SHİGERU BAN – AFET SONRASI KAĞIT TÜP PROJELERİ

Shigeru Ban'ın mimarlık pratiğinde en dikkat çekici malzeme yeniliği, kağıt tüplerin (paper tubes) afet sonrası mimarlıkta etkin bir biçimde kullanılmasıdır. Başlangıçta sergi (Alvaro Aalto Sergisi, 1986-Japonya) ve geçici pavyonlar (Paper Arbor, 1986- Japonya) için denediği bu malzeme, 1995 Kobe Depremi sonrası Paper Log House ile insani yardım mimarlığının sembolik bir ögesine dönüşmüştür.



Şekil 1. 1989 Tasarım Fuarı için tasarlanan Paper Arbor ve Kobe Depremi mağdurları için tasarlanan Paper Log House – Kobe

Kağıt tüpler; düşük maliyetleri, hafiflikleri, yüksek taşıma kapasiteleri, geri dönüştürülebilirlikleri ve modüler kullanıma uygun olmaları sayesinde afet sonrası barınma için ideal bir çözüm sunmaktadır. Ancak bu malzeme yalnızca geçici konutlarda değil, okul, ibadethane, toplum merkezi ve bölme sistemleri gibi farklı işlevlerde de uygulanmıştır.

Shigeru Ban'ın afet sonrası projelerinde kağıt tüpler çok farklı işlevlerde kullanılmıştır (Tablo 4). Öncelikle geçici konutlar inşa etmekte (Paper Log House – Kobe, Hindistan, Maui, Marigha) taşıyıcı eleman olarak işlev görmüş; düşük maliyetli ve hızlı kurulum imkânı sunmuştur.



Şekil 2. Paper Log House – Kobe, Hindistan, Maui, Marigha

Topluluk mekânları ve ibadethanelerde (Takatori Paper Church, Cardboard Cathedral) kağıt tüpler, sadece barınma değil, aynı zamanda

afetzedelerin toplumsal birliktelik ve iyileşme ihtiyaçlarına yanıt vermiştir. Eğitim yapılarında (Paper Temporary School – Chengdu, Paper Nursery School – Çin) çocukların güvenli bir ortamda eğitime devam edebilmeleri için strüktürel malzeme olarak kullanılmıştır.



Şekil 3. Takatori Paper Church, Cardboard Cathedral

Acil barınak çözümlerinde (Paper Emergency Shelters – Haiti, Paper Temporary Shelter – Filipinler) kağıt tüpler, hızlı kurulabilen iskelet sistemleri oluşturmuştur.



Şekil 4. Paper Emergency Shelters – Haiti, Paper Temporary Shelter – Filipinler

Son olarak, büyük ölçekli geçici barınma merkezlerinde mahremiyet sağlayan bölme sistemleri (Paper Partition System -PPS- Kumamoto, İtalya, Hokkaido, Hagibis, Güney Kyushu, Türkiye-Suriye, Orman Yangını Los Angeles) için kullanılarak toplu yaşam alanlarını yaşanabilir kılmıştır.



Şekil 5. Paper Partition System -PPS- Kumamoto, İtalya, Hokkaido, Hagibis, Güney Kyushu, Türkiye-Suriye, Orman Yangını Los Angeles

Tablo 3. Shigeru Ban'ın Afet Sonrası Kağıt Tüp Projelerinin İşlevlerine Göre Kategorizasyonu

İşlev / Program	Projeler (Yer, Yıl)
Geçici Konut	Paper Log House – Kobe (Japonya, 1995)
	Paper Log House – Hindistan (2001)
	Paper Log House – Maui (ABD – Hawaii, 2023)
	Paper Log House – Marigha (Fas, 2025)
	Prototype of Paper Temporary House – Korea (Güney Kore, 2023)
Geçici Barınaklar (Acil Durum)	Paper Emergency Shelters – Haiti (2010)
	Paper Temporary Shelter – Filipinler (2015)
	Relief for Turkey and Syria (Türkiye & Suriye, 2023–)
Topluluk Mekânları / İbadethaneler	Takatori Paper Church (Japonya, 1995 – 2005'te Tayvan'a taşındı)
	Cardboard Cathedral (Yeni Zelanda, 2013)
Eğitim Yapıları	Paper Temporary School – Chengdu (Çin, 2008)
	Paper Nursery School (Çin, 2014)
Geçici Bölme Sistemleri (PPS)	PPS Kumamoto (Japonya, 2016)
	PPS İtalya (2017)
	PPS Hokkaido (Japonya, 2018)
	PPS Tayfun Hagibis (Japonya, 2019)
	PPS Güney Kyushu Su Baskını (Japonya, 2020)
	PPS Orman Yangını – Los Angeles (ABD, 2025)

Aşağıdaki tabloda, Shigeru Ban'ın farklı coğrafyalarda gerçekleştirdiği başlıca kağıt tüp projeleri, işlevleri ve yeniden kullanım özellikleri özetlenmiştir (Tablo 3).

Tablo 4. Shigeru Ban – Afet Sonrası Kağıt Tüp Projeleri

Proje	Yıl	Yer / Ülke	İşlev / Program	Öne Çıkan Özellikler	Yeniden Kullanım Özelliği
Paper House Log Kobe	1995	Japonya	Geçici konut	Kağıt tüpler + bira kasaları, hızlı kurulum	Modüler, sökülüp yeniden kullanılabilir
Takatori Paper Church	1995	Japonya	İbadet topluluk merkezi	/ 58 kağıt tüpten strüktür	2005'te Tayvan'da kuruldu sökülüp yeniden
Paper Log House	2001	Hindistan	Geçici konut	Kağıt tüpler + yerel malzeme kullanımı	Modüler, taşınabilir ve kurulabilir kolay ve tekrar
Paper Temporary School / Chengdu	2008	Çin	Okul	Deprem sonrası çocuklar için eğitim mekânı	Kağıt tüpler başka yerde taşınıp kurulabiliyor tekrar
Paper Emergency Shelters – Haiti	2010	<u>Haiti</u>	Barınak	2010 Depremi sonrası kağıt tüplerden acil barınaklar	Geri dönüştürülebilir ve sökülüp yeniden kurulabilir
Cardboard Cathedral	2013	Yeni Zelanda	Katedral topluluk yapısı	/ Büyük ölçekli kağıt tüp strüktürü, uzun ömürlü	Modüller değerlendirilebilir tekrar
Paper Nursery School	2014	Çin	Okul	Kağıt tasarlanmış öncesi mekân	tüplerle okul sökülüp başka yerde tekrar kullanılabilir Yapı bileşenleri
Paper Temporary Shelter	2015	Filipinler	Geçici barınma	Deprem/tayfun sonrası hızlı kurulum	Kağıt tüpler modüler, geri dönüştürülebilir
PPS Kumamoto	2016	Japonya	Geçici Bölme Sistemi	Kağıt mahremiyet bölme	tüplerden PPS modülleri farklı afetlerde tekrar tekrar kullanıldı
PPS İtalya	2017	İtalya	Geçici Bölme Sistemi	2016 Orta depremi sonrası uygulaması	İtalya Sökülüp PPS kurulabilir, defalarca kullanılabilir yeni

Proje	Yıl	Yer / Ülke	İşlev / Program	Öne Çıkan Özellikler	Yeniden Kullanım Özelliği
PPS Hokkaido	2018	Japonya	Geçici Bölme Sistemi	2018 Hokkaido depremi sonrası spor salonlarında PPS	PPS tekrar kullanılabilir
PPS Tayfun Hagibis	2019	Japonya	Geçici Bölme Sistemi	2019 Hagibis tayfunu sonrası barınak alanlarında PPS	Modüller farklı tekrar kullanılabilir
PPS Güney Kyushu Su Baskını	2020	Japonya	Geçici Bölme Sistemi	Sel sonrası toplu yaşam alanlarında PPS kurulumu	PPS sistemleri tekrar kullanılabilir
Paper House Maui	Log – 2023	ABD (Hawaii)	Geçici konut	Yangın sonrası barınma ihtiyacına çözüm	Kağıt tüp + hafif malzeme, kurulabilir
Prototype of Paper Temporary House Korea	2023 –	Güney Kore	Konut prototipi	Afet sonrası barınma için deneysel model	Kağıt tüpler sökülüp yeniden kullanılabilir
Relief for Turkey and Syria	2023 (devam ediyor)	Türkiye & Suriye	Geçici barınma ve PPS	Kağıt tüp + bölme sistemleri	PPS modülleri farklı afetlerde tekrar kullanılabiliyor
PPS Orman Yangını	2025	ABD (Los Angeles)	Geçici Bölme Sistemi	Yangın sonrası barınma çözümü	Kağıt tüp + hafif malzeme, kurulabilir
Paper House Marigha	Log 2025	Fas	Geçici barınma	Deprem sonrası barınma çözümü	Kağıt tüpler modüler, tekrar kullanılabilir

İncelenen projelerde malzemenin yeniden kullanımı bağlamında kağıt tüplerin afet sonrası durumlarda sağladığı avantajlar üç ana başlık altında toplanabilir:

- **Hız ve Ekonomi:**

Kağıt tüpler düşük maliyetleri ve kolay bulunabilirlikleri sayesinde afet sonrası barınma ihtiyacına hızlı çözümler sunmaktadır. Kobe'deki Paper Log House birkaç günde inşa edilebilirken, Haiti depreminde de aynı yöntemle kısa sürede acil barınaklar kurulabilmiştir.

- **Taşınabilirlik ve Tekrar Kullanılabilirlik:**

Projeler modüler olarak tasarlandığından sökülüp farklı afet bölgelerinde yeniden kullanılabilir. PPS (Paper Partition System) örneklerinde görüldüğü gibi, depolanan bölme elemanları farklı krizlerde tekrar tekrar işlev görmüştür. Benzer şekilde, Takatori Paper Church 2005'te Tayvan'a taşınarak yeniden kurulmuştur.

- **Sürdürülebilirlik ve Hibrit Kullanım:**

Kağıt tüplerin geri dönüştürülebilir yapısı, onları ekolojik açıdan cazip hale getirmektedir. Bunun yanı sıra birçok projede (Hindistan, Ekvador, Fas) kağıt tüpler, yerel taş, ahşap veya hafif dolgu elemanlarıyla birleştirilerek hibrit bir yapı sistemi oluşturulmuştur. Bu yaklaşım hem malzeme döngüselliğini güçlendirmiş hem de yerel kaynakların kullanılmasını sağlamıştır.

6. SONUÇ

Shigeru Ban, afet sonrası mimarlık alanında geliştirdiği yapılarında sürdürülebilirlik ilkesini, doğal malzemelerin yenilikçi kullanımıyla bütünleştirerek takılıp sökülebilen strüktürel sistemler, kağıt tüp temelli hafif konstrüksiyonlar, ışığın mekânsal deneyimdeki rolü ve esnek kullanım olanakları üzerine odaklanmıştır. Mimarlık pratiğinde yenilikçi malzeme teknolojilerini geleneksel yapı anlayışıyla sentezleyen Ban, tasarımlarında yerel kültürel bağlamı, kullanıcı gereksinimlerine duyarlılığı ve sosyal sorumluluk bilincini bir arada ele alarak afet sonrası barınma mimarisine özgün ve dönüştürücü bir yaklaşım kazandırmıştır.

Endüstriyel üretim süreçleriyle birlikte artan çevresel sorunlara karşı ekolojik duyarlılığa sahip bir alternatif sunan Shigeru Ban'ın kâğıt tüp projeleri, geri dönüştürülebilir malzemelerden üretilmeleri sayesinde geleceğin sürdürülebilir tasarım anlayışına öncülük eden bir model niteliğinde olmuştur.

Takılıp sökülebilir sistemleri ve hafif strüktürel kurgusu ile bu yapılar, özellikle afet sonrası geçici barınma çözümlerinde yenilikçi bir yaklaşım ortaya koymuştur. Sonuç olarak, Shigeru Ban'ın kâğıt tüp projeleri, mimarlık alanında sürdürülebilirlik, doğallık, esneklik ve toplumsal sorumluluk bilinci açısından örnek teşkil etmenin yanında; afet sonrası mimarlıkta yalnızca fiziksel çözümler sunmakla kalmayıp, aynı zamanda etik ve sosyal bir duruşun mekansal ifadesi haline gelmiştir.

KAYNAKÇA

- Arslan, H., & Coşgun, N. (2008). Reuse and recycle potentials of the temporary houses after occupancy: Example of Duzce, Turkey. *Building and Environment*, 43, 702-709. <https://doi.org/10.1016/J.BUILDENV.2007.01.051>.
- Atmaca, A., & Atmaca, N. (2016). Comparative life cycle energy and cost analysis of post-disaster temporary housings. *Applied Energy*, 171, 429-443. <https://doi.org/10.1016/J.APENERGY.2016.03.058>.
- Barrie, A. (2014). Shigeru Ban: Cardboard Cathedral [J]. *INTERSTICES 15*, 107.
- Bulut, D. M., & Gürani, F. Y. (2018). A study of Shigeru Ban's environmentally sensitive architectural design approach. *Gazi University Journal of Science Part B: Art Humanities Design and Planning*, 6(3), 147-157.
- Carbonari, L., & Librelotto, L. (2017). Temporary Housing Made from Recycled Paper Tubes. , 503-512. https://doi.org/10.1007/978-3-319-70272-8_39
- Celentano, G., Escamilla, E., Göswein, V., & Habert, G. (2019). A matter of speed: The impact of material choice in post-disaster reconstruction. *International Journal of Disaster Risk Reduction*. <https://doi.org/10.1016/J.IJDRR.2018.10.026>.
- Daniell, T. (2014). Shigeru Ban: Cardboard Cathedral; Andrew Barrie. *Interstices: Journal of Architecture and Related Arts*.
- Deriu, D. (2007). Alvar Aalto through the Eyes of Shigeru Ban.
- Dev, K.N., Das, A.K. (2021). Design of Bamboo Shelter Kit for Post-disaster Temporary Shelter Response. In: Chakrabarti, A., Poovaiah, R., Bokil, P., Kant, V. (eds) *Design for Tomorrow—Volume 1. ICoRD 2021. Smart Innovation, Systems and Technologies*, vol 221. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-16-0041-8_76

- Dhivya, K., & Yogapriya, G. (2021). Approach of sustainability using paper as a building material in Shigeru Ban works. *Journal of Architecture and Civil Engineering*, 6(7), 01-04.
- Félix, D., Monteiro, D., Branco, J., Bologna, R., & Feio, A. (2015). The role of temporary accommodation buildings for post-disaster housing reconstruction. *Journal of Housing and the Built Environment*, 30, 683-699. <https://doi.org/10.1007/S10901-014-9431-4>.
- Friedman, A. (2025). Housing Design for Circular Economy and Sustainability. *Sustainability*. <https://doi.org/10.3390/su17072921>
- Johnson, C. (2007). Impacts of prefabricated temporary housing after disasters: 1999 earthquakes in Turkey. *Habitat International*, 31, 36-52. <https://doi.org/10.1016/J.HABITATINT.2006.03.002>.
- Johung, J. (2011). In and out of Place. , 67-96. <https://doi.org/10.5749/minnesota/9780816672875.003.0003>.
- Kahvecioğlu, B., & Selçuk, S. (2025). Review of sustainable temporary housing and reuse strategy for post-disaster architectures: current trends and strategic gaps. *Journal of Engineering and Applied Science*, 72 (8), <https://doi.org/10.1186/s44147-025-00581-4>.
- Kalak, M., Zenter, Ö., & Özmen, E. (2024). Flexible model proposals for post-disaster temporary housing in architectural design. *Journal of Design for Resilience in Architecture and Planning*. <https://doi.org/10.47818/drarch.2024.v5i3145>.
- Karimi, R., Shirowzhan, S., & Sepasgozar, S. (2023). Architectural Design Criteria Considering the Circular Economy and Buildability for Smart Disaster Relief Shelter Prototyping. *Buildings*. <https://doi.org/10.3390/buildings13071777>
- Łątka, J., & Morales-Beltrán, M. (2023). Temporality in the work of Shigeru Ban.

- Montalbano, G., & Santi, G. (2023). Sustainability of Temporary Housing in Post-Disaster Scenarios: A Requirement-Based Design Strategy. *Buildings*. <https://doi.org/10.3390/buildings13122952>.
- Moreno-Sierra, A., Pieschacón, M., & Khan, A. (2020). The use of recycled plastics for the design of a thermal resilient emergency shelter prototype. *International journal of disaster risk reduction*, 50, 101885. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2020.101885>.
- Naskova, J. (2015, October). Shigeru Ban's Japanese Traditions Inspired Humanitarian Architecture and Its Sustainable Design Practices. In *Proceedings of the Asian Design Engineering Workshop, Hong Kong* (pp. 29-30).
- Özcan, U., Güler, B., Korkmaz, B. (2021). Shigeru Ban ve "Geçici Barınak" Kavramı. *International Journal of Social and Humanities Sciences (IJSHS)*, 5(2), 65-90
- Pomponi, F., Moghayedi, A., Alshawawreh, L., D'Amico, B., & Windapo, A. (2019). Sustainability of post-disaster and post-conflict sheltering in Africa: What matters?. *Sustainable Production and Consumption*. <https://doi.org/10.1016/J.SPC.2019.06.007>.
- Pradhananga, P., & Elzomor, M. (2023). Revamping Sustainability Efforts Post-Disaster by Adopting Circular Economy Resilience Practices. *Sustainability*. <https://doi.org/10.3390/su152215870>.
- Sulistiana, P., Ketut, I., Bagiarta, Y., Sinarta, I., Gede, I., Putra, P., Bili, H., Rai, D., & Dewi, S. (2025). Structural Performance Evaluation of Bamboo Shelters as Temporary Housing Solutions. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1488. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1488/1/012026>.
- Turhan, C., Durak, M., Saleh, Y., & Kalaycı, A. (2025). Recycling Decommissioned Wind Turbine Blades for Post-Disaster Housing Applications. *Recycling*. <https://doi.org/10.3390/recycling10020042>.

- Url 1- The Pritzker Architecture Prize. (2014). *Shigeru Ban: 2014 Laureate*. Pritzker Prize. Erişim Tarihi: 06.10.2025, <https://www.pritzkerprize.com/laureates/2014#laureate-page-1009>
- Url 2- Shigeru Ban Architects. *Disaster Relief Projects*. Erişim tarihi: 6 Ekim 2025, https://shigerubanarchitects.com/works/?_work=disaster-relief
- Üstün, B. (2008). Sürdürülebilir Mimarlık Kapsamında Kağıdın Çatı ve Cephe Sistemlerinde Kullanımı: ShigeruBan'ın Tasarımları, 4. Ulusal Çatı & Cephe Kaplamalarında *Çağdaş Malzeme ve Teknolojiler Sempozyumu*, İstanbul, 1-10.
- Widyarko, W., Arisya, K. F., Salsabila, N. D., & Pratiwi, L. F. (2021). Material Loops Potential in Post-Disaster Transitional Shelter: Learning From 2010 Merapi Eruption. *Journal of Architecture&ENVIRONMENT*, 20(1), 13-30. <https://doi.org/10.12962/J2355262X.V20I1.A7777>.
- Widyarko, W., Arisya, K., Salsabila, N., & Pratiwi, L. (2021). Material Loops Potential in Post-Disaster Transitional Shelter: Learning From 2010 Merapi Eruption. *Journal of Architecture&ENVIRONMENT*. <https://doi.org/10.12962/J2355262X.V20I1.A7777>.
- Yıldırım, S. G., Ciritci, İ., Fındıkgil, M. M., Atalay, H. (2025). Shipping Containers as Temporary Shelters in Post-Disaster Scenarios: Flying Factories. *International Journal of Engineering Technologies IJET*, 9(3), 73-83. <https://doi.org/10.19072/ijet.1549659>

CHAPTER 11

FIRE RESISTANCE IN ARCHITECTURAL BUILDING MATERIALS

Dr. Dicle ÖZAVCI¹

DOI: <https://www.doi.org/10.5281/zenodo.18067113>

¹ Siirt University, Faculty of Fine Arts and Design, Department of Architecture, Siirt, Turkey. E mail: dicle.ozavci@siirt.edu.tr ORCID ID: 0000-0001-9614-3871

INTRODUCTION

For a building material to be “fire resistant”, its structural integrity must be maintained without being compromised or with only minimal deformation throughout the duration of the fire. This is only possible if the building material is non-combustible, thereby preventing the spread of fire.

In terms of fire resistance, each building material exhibits different performance depending on its unique structure, type and raw material. In addition to the material itself, installation techniques such as insulation, cladding, and fire protection can also affect the ignition and spread time of a fire (Akbaş & Çalışkan, 2025).

Within the scope of our study, we first discussed what fire resistance is and how the fire resistance of materials can be increased. Subsequently, the fire-resistant building materials were discussed, and the resistance and structural properties they offer against a potential fire were presented as advantages and disadvantages. Finally, flame-retardant materials were discussed and the results obtained from the study were presented.

WHAT IS FIRE RESISTANCE?

Fire resistance is the process of making a material or structure resistant to fire. This process is achieved by applying materials such as mortar, cement or fire-resistant paint. It is generally used to provide additional fire protection for materials such as steel structures and concrete (Erdoğan, 2005; Kılıç, 2008).

There are two main types of spray-applied fire-resistant paints:

1. Intumescent fire resistance: When exposed to heat, it expands and forms an insulating layer that protects the material from fire.
2. Cement-based fire resistance: It creates a fire-resistant barrier using cement-based materials (Eren & Mayuk, 2013).

Some examples of fire resistance are as follows:

- Spray coating application on steel or concrete surfaces: This is done by spraying low-density fibre or cement-based compounds, known today as spray-applied fire-resistant material (SFRM) (Kılıç, 2008).



Figure 1. Spray coating application

Source: <https://www.ippmagazine.com/fireproof-paint/fireproofing/> (URL 1)

- Sealing gaps and openings: Fire-resistant sealants, fire stoppers or fire barriers are used. This application is technically referred to as fire stopping.



Figure 2. Fireproof-painting for fire stopping.

Source: <https://www.ippmagazine.com/fireproof-paint/fireproofing/> (URL 1)

- Use of fire-resistant building materials: These materials are designed to provide extra protection against fire. Fire-resistant building materials are also known as ‘fireproofing’ (Yıldırım, 2025).



Figure 3. Fire testing of fire-resistant building materials.

Source: <https://www.ekoyapidergisi.org/yangina-dayanikli-yapi-malzemeleri-nelerdir> (URL 2)

FIRE-RESISTANT (FIRE-RETARDANT) BUILDING MATERIALS

Fire-resistant materials are generally naturally non-combustible and exhibit high resistance to burning when exposed to flames. A material is considered fire-resistant if, under specified conditions of time and standard heat intensity, it does not structurally collapse, does not allow heat transfer, and does not exceed the specified temperature limit on the side away from the fire.

Naturally fire-resistant materials are generally classified as Class A fire rating. This class indicates that the material has a low flame spread index (0–25) and a low smoke development index (0–450). Buildings constructed with fire-resistant materials are extremely important in terms of providing building

occupants with the necessary time to evacuate in the event of a fire. Buildings constructed with fire-resistant materials are extremely important in terms of providing building occupants with the necessary time to evacuate in the event of a fire (Çamuşoğlu, 2024).

The most important fire-resistant building materials are as follows: Terracotta, flame-treated natural materials, fire-resistant glass, concrete, brick, plaster, gypsum and rock wool.

Terakota

Terracotta is a natural, clay-based ceramic material that has been used throughout history in both artistic and architectural applications as a fire-resistant material. It is commonly preferred for roof tiles, floor tiles and cladding tiles; it is also used to provide additional fire protection in steel structural components. Terracotta, which is hardened by firing at high temperatures, is naturally non-combustible and can act as an effective barrier against fire (Çamuşoğlu, 2024).

Advantages:

It has a Class A fire rating. It can be used in fire-prone areas, for wall and roof installations.

Disadvantages:

One of the main disadvantages of this material is its porous structure. As terracotta is a porous material, it easily absorbs a lot of dirt. Glazed terracotta should be preferred to avoid pores.



Figure 4. Terracotta

Source: <https://www.ekoyapidergisi.org/yangina-dayanikli-yapi-malzemeleri-nelerdir>
(URL 2)

Natural Materials Treated with Flame

Flame-treated natural materials are natural materials such as wood or cotton that exhibit very low resistance but have been treated with chemicals to make them more resistant (O'Shaughnessy, 2023).

Advantages:

The main advantage of using flame-treated natural materials is that they are generally cheaper than other options.

Disadvantages:

They are not as effective as other options in terms of fire resistance.

Fire-Resistant Glass

Fire-resistant glass is a type of glass designed to withstand high temperatures without breaking.

Advantages:

The main advantage of fire-resistant glass is that it can form a strong barrier against flames.

Disadvantages:

The disadvantage is that fire-resistant glass is more expensive than most other types of glass (O'Shaughnessy, 2023).



Figure 5. Fire-resistant glass

Source: <https://www.toughglaze.com/the-evolution-of-fire-resistant-glass> (URL 3)

Concrete

Concrete is a highly popular choice among fire-resistant building materials, standing out for its strength and durability. Produced from cement, water and aggregates, concrete is naturally non-combustible and does not produce toxic fumes. Furthermore, structures built using the ICF (Insulated Concrete Forms) system provide additional protection against fire (Kılıç, 2008; Akbaş, et al., 2025).

Advantages:

Concrete can exhibit high resistance to fire up to 2,000°F. It is cost-effective and provides thermal insulation and energy efficiency (Akbaş, et al., 2025).

Disadvantages:

It is a heavy and difficult material to process. It may offer limited design possibilities from an aesthetic point of view (Çamuşoğlu, 2024).



Figure 6. Concrete

Source: <https://www.ekoyapidergisi.org/yangina-dayanikli-yapi-malzemeleri-nelerdir>
(URL 2)

Brick

Brick is a clay-based building material obtained by firing at high temperatures and is naturally fire-resistant and durable. Bricks fired at approximately 2,000°F have a Class A fire rating. This feature makes brick one of the most reliable materials in terms of fire resistance. Although the durability of bricks is slightly reduced when they are joined with mortar to form walls, they retain their high level of protection to a large extent (Çelik et al., 2014).

Advantages:

It is fire-resistant and protects against debris carried by the wind. It has high resistance to environmental impacts.

Disadvantages:

Bricks are relatively more expensive than other materials, very heavy, and not very good at insulation. Furthermore, brick structures are not very energy efficient (Çamuşoğlu, 2024).



Figure 7. Brick

Source: <https://www.ekoyapidergisi.org/yangina-dayanikli-yapi-malzemeleri-nelerdir>
(URL 2)

Plaster

When applied correctly, a plaster layer one inch thick can provide fire resistance for up to approximately one hour.

However, its use is limited in humid areas, as plaster can absorb moisture and lead to mould growth. It can also become brittle in cold climates; therefore, its use is ideal in warm and dry regions. Plaster enhances the fire resistance of buildings in warm climates while also supporting energy efficiency (O'Shaughnessy, 2023).

Advantages:

It can be applied as a fire-resistant coating to almost any type of building material. Therefore, plaster is a versatile building material with good fire resistance and a wide range of applications.

Disadvantages:

The only disadvantage of plaster is that it is usually slightly more expensive than other fire-resistant materials (Çamuşoğlu, 2024).

Gypsum

Gypsum is one of the most commonly used natural rock types among fire-resistant building materials. Gypsum, obtained from this mineral containing calcium, sulphate, oxygen and water, is widely used, particularly in plasterboard and wall plastering. Plasterboard is a prefabricated material consisting of a plaster core sandwiched between two thin paper layers and is generally preferred for partition walls.

Advantages:

The chemical composition of plaster makes it highly fire resistant. The calcium sulphate and bound water molecules in its content absorb heat during a fire and slow down heat transfer by evaporating (Çamuşoğlu, 2024).

This allows plasterboard to delay the spread of fire and provide a safer evacuation time for people in the building (O'Shaughnessy, 2023).

Brett Fleury from USG explains this as follows: 'Plasterboard chemically contains two water molecules. This water absorbs heat at high temperatures and acts like a heat battery in fire tests'. Standard plasterboard panels can withstand fire for up to approximately one hour, while specially manufactured panels can withstand fire for up to two hours (Fleury et al., 2009).



Figure 8. Gypsum plaster

Source: <https://www.ippmagazine.com/fireproof-paint/fireproofing/> (URL 1)

Stone Wool

Stone wool is a non-combustible building material commonly used for thermal and acoustic insulation. Also known as mineral or rock wool, this material consists of fibrous strands obtained by melting volcanic rocks (basalt, bauxite, dolomite, etc.) or slag. Thanks to its inorganic structure, it is naturally non-combustible and provides high fire safety (Çamuşoğlu, 2024).

Advantages:

According to Brendan Knapman, ROCKWOOL Product Management Director: “Stone wool has been tested in accordance with the ASTM E136 standard and is resistant to temperatures up to 2,150°F (1,177°C).” Stone wool limits the spread of fire, slows heat transfer and does not contribute to smoke formation. It also offers unlimited insulation thicknesses to suit different projects.

ROCKWOOL meets the most stringent fire standards with a range of batt, slab and loose-fill solutions that comply with fire regulations. This energy-efficient material combines excellent insulation properties with fire resistance.



Figure 9. Stone wool (rockwool) application on steel.

Source: <https://www.ekoyapidergisi.org/yangina-dayanikli-yapi-malzemeleri-nelerdir>
(URL 2)

FLAME RETARDANT MATERIALS

Even if the material has high fire resistance, it may be necessary to provide the material with additional resistance under certain construction conditions.

Fire-resistant materials are resistant to flames due to their natural chemical structure. Flame-retardant materials are typically applied to combustible materials using chemical processes involving bromine, increasing their resistance to fire. These materials are used particularly in naturally combustible products and enhance their self-extinguishing capacity during a fire (Çamuşoğlu, 2024).

There are seven flame retardant substances. These are: chlorine, synergy, nitrogen, antimony, bromide, boron and aluminium.

Flame-retardant materials are designed to be thermally stable; they reduce the likelihood of ignition and slow the spread of fire; these properties make them important in reducing risks during events such as short circuits or accidental ignition. For a plastic to be classified as flame retardant, it must pass a combustion test, the most widely recognised of which is UL 94 certification. This test involves extinguishing the flame within a specified time frame or before the amount of burning material exceeds the permitted value. To ensure compliance with the required UL 94 standards, it is critical to select the correct material and thickness in accordance with the specific fire safety requirements for each application (Yıldırım et al., 2014).

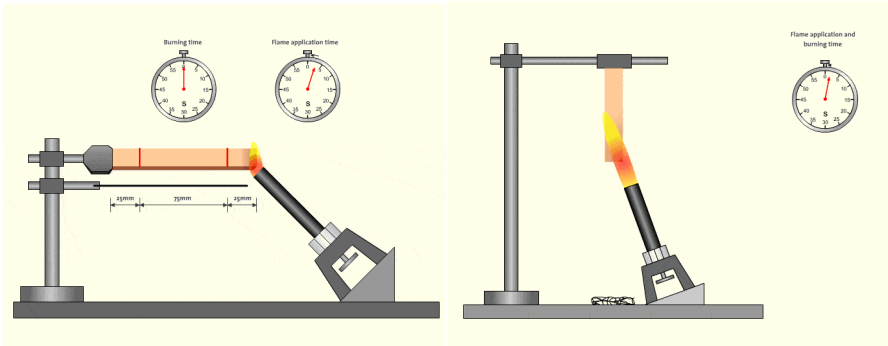


Figure 10. Flame resistance test standard UL94 HB and UL94 V0 V1 V2

Source: <https://sositarmould.com/ul94-v0/> (URL 4);

<https://xometry.pro/tr/makaleler/alev-geciktirici-malzemeler-ul-94/> (URL 5)

The flame-retardant material is obtained by immersing the material in chemicals containing flame-retardant substances such as chlorine, synergists, nitrogen, antimony, bromide, boron, and aluminium. During this process, endothermic reactions occur that absorb heat and reduce the temperature of the material, delaying ignition and the spread of flames. Additionally, char formation occurs, which acts as a protective barrier against further burning (Kracklauer, 1978).

The most common base materials for flame retardants include engineering-grade thermoplastics such as PA, ABS, PC, and certain TPUs. PC-ABS is most suitable for electronic devices. 3D printing filaments such as PPS and PVDF also possess flame-retardant properties.

CONCLUSION AND RECOMMENDATION

In recent years, increasing fire disasters have led to greater awareness in this area across all sectors. Particularly in today's construction industry, new standards in fire safety are being established through the selection of appropriate materials, strict quality control and the implementation of digital design applications. It is emphasised that architectural projects must be prepared with the support and consultation of fire experts who are knowledgeable in this field.

As experts, the main points to consider are as follows:

- Detailed Regulation Review: Full compliance with the local fire regulations of the country where the projects will be implemented and with international standards must be ensured.
- Testing Material Performance: All structural elements must be classified and documented according to their performance during a fire.
- Controlled Management of Production Processes: Production and assembly processes carried out in the factory environment must be conducted with meticulous care to minimise risks.
- Maximum Use of Digital Integration: BIM and similar digital tools should provide comprehensive fire safety management from the design stage to implementation.
- Continuous Training and Inspection: Staff training, regular inspections and keeping up to date with the latest technical information enable the establishment of a fire safety culture.

Consequently, concrete is among the best fire-resistant materials when all construction conditions and fire requirements are met, and is generally used in situations requiring structural integrity (Akbaş, et al., 2025).

Lightweight materials such as 10 mm x 2 plasterboard can provide approximately 60 minutes of fire resistance and are generally preferred for ceilings and walls in areas where fire is highly likely, such as nursing homes, hotels and hospitals, as well as kitchens, laundries, storage rooms and areas where gas cylinders are located (Akbaş & Çalışkan, 2025).

Safe building designs will also successfully fulfil the duty of protecting human life and our valuable assets. Making the most effective use of the opportunities offered by technology and engineering will not only reduce existing risks in fire safety, but will also form the basis for sustainable and reliable construction practices.

RESOURCES

- Akbaş, A., & Çalışkan, Ö. (2025). Binaların Yangın Güvenliği ve Alınacak Tedbirler.
- Akbaş, A., Çalışkan, Ö., & Şenol, A. F. (2025). Betonarme Yapılarda Modüler İnşaat: Prefabrikasyon ve Avantajları.
- Çamuşoğlu, N. (2024). Yangına Dayanıklı Yapı Malzemeleri Nelerdir? *Eko Yapı Dergisi*. 26 Aralık 2024.
- Çelik ve diğ., (2014). New Lightweight Colemanite-Added Perlite Brick and Comparison of its Physicomechanical Properties with Other Commercial Lightweight Materials. *Construction and Building Materials*, 62, s.59–66
- Erdoğan, 2005, Çimento Harçlarının Niteliklerinin İyileştirilmesi, s.12
- Eren, Ö., & Mayuk, S. G. (2013). Çelik Yapıların Yangına Karşı Korunma Yöntemlerinin Değerlendirilmesi. *Engineering Sciences*, 8(3), 157-170.
- Fleury, T., Day, K. M., & Gretzky, W. (2009). *Playing with fire*. Triumph Books.
- Kılıç, A. (2008). Betonarme ve Çelik Yapılarda Yangın Güvenliği.
- Kracklauer, J.I., (1978). *Flame Retardant Polymeric Materials*. New York: Plenum Pres, s.115-118
- O'Shaughnessy, T. (2023). Fireproofing Materials for Steel, Concrete, and Wood. *Industrial Paint and Protection Magazine*. April 8. (<https://www.ippmagazine.com/fireproof-paint/fireproofing/>)
- Yıldırım, S., & Çelik, E. (2014). Alev Geçiktirici Huntit ve Hidromanyezit Nanopartikül Takviyeli Polimetrik Kompozit Kaplamalar. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 14(3), 387-393.
- Yıldırım, M. (2025). Yangınlar. Yangına Dayanıklı Malzemeler ve Yapı Tasarımı. Recep DURSUN Yusuf Kenan HASPOLAT, 45.
- URL-1. <https://www.ippmagazine.com/fireproof-paint/fireproofing/>
- URL-2. <https://www.ekoyapidergisi.org/yangina-dayanikli-yapi-malzemeleri-nelerdir>
- URL-3.: <https://www.toughglaze.com/the-evolution-of-fire-resistant-glass>
- URL-4. <https://sositarmould.com/ul94-v0/>

URL-5. <https://xometry.pro/tr/makaleler/alev-geciktirici-malzemeler-ul-94/>

CHAPTER 12

FIRE RESISTANCE IN NEW PREFABRICATED BUILDING MATERIALS

Dr. Dicle ÖZAVCI¹

DOI: <https://www.doi.org/10.5281/zenodo.18067138>

¹ Siirt University, Faculty of Fine Arts and Design, Department of Architecture, Siirt, Turkey. E mail: dicle.ozavci@siirt.edu.tr ORCID ID: 0000-0001-9614-3871

INTRODUCTION

Prefabrication or prefabricated materials are building elements and materials that are manufactured in advance in factories (Aşıkoğlu, 2024). Fire resistance is the process of making a material or structure resistant to fire. Fire-resistant building materials are also known as ‘fireproof’ (Kılıç, 2008; Yıldırım, 2025).

Prefabricated modular construction, which is constantly evolving, stands out as a method that minimises production errors and enhances quality by carrying out production in the controlled environment of a factory.

Prefabrication applications in architectural design offer the alternative of spanning large openings in the load-bearing system and creating uninterrupted spaces. Factory production offers a wide range of surface qualities and the ability to use specific shapes and aggregates. For façades: it provides form, texture and colour richness, and offers the possibility of textured, washconcrete, acid-washed, polished concrete, panel, sandblasted or joint-filled façade elements. Furthermore, prefabricated production is carried out in a closed environment at normal room temperature, unaffected by adverse weather conditions (Akbaş, et al., 2025).

This system is preferred not only for its time and cost efficiency but also because it offers rapid solutions tailored to complex project requirements. However, no matter how perfect the process may be, fire safety elements must be integrated into the project. This is because these elements determine the performance of structures during a fire (Aşıkoğlu, 2024; Akbaş, et al., 2025).

Prefabricated building materials are generally produced based on three primary raw materials: steel, wood, and concrete. In this study, the fire resistance of all three prefabricated materials was compared and the results were presented. Firstly, the fire performance of steel, which is one of the most commonly used prefabricated materials in architectural structures, was examined:

STEEL PREFABRICATION MATERIALS

Steel is a construction material that effectively utilises the possibilities offered by the latest technological and engineering innovations and is highly popular today.

Designed to meet the needs and demands of a rapidly growing population and urbanisation, steel construction systems, which are the main load-bearing material in multi-storey buildings, also form the basis for sustainable design models (Zaimoğlu, 2009; Akbaş & Çalışkan, 2025).

The advantages and disadvantages of the material as a building structure in building design and field applications are as follows:

Advantages:

- * Steel is not a combustible material; it does not burn directly. In this respect, its 'contribution' to fire is lower.
- * Steel is highly advantageous in terms of prefabrication: it can be manufactured in the factory with high precision and assembled on site, resulting in high assembly speed (Of & Öztürk, 2022).

Disadvantages:

- * When exposed to high temperatures, steel rapidly loses its load-bearing capacity; particularly when temperatures exceed $\sim 500-600^{\circ}\text{C}$, steel may undergo shape changes such as bending or buckling.

In the event of a fire, the sudden collapse of steel structures poses a significant risk to both life safety and structural integrity (Koşatepe, 2020).

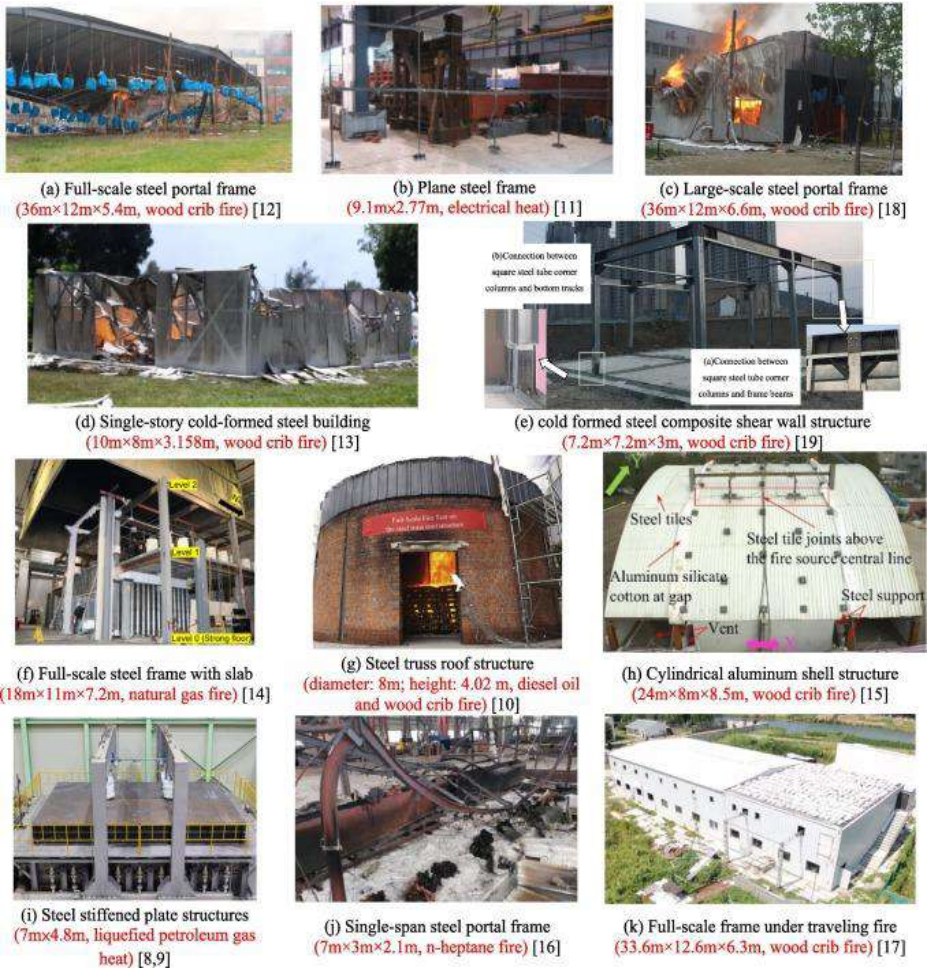


Figure 1. Fire resistance of steel

Source: <https://ars.els-cdn.com/content/image/1-s2.0-S0143974X23002122-gr1.jpg>
(URL 1)

* Although stone (rock) wool, which is used between lightweight steel panels, is a fire-resistant material, certain installation details such as welded-screw connections, fire connections and the design of fire compartments are critical factors in terms of the material's overall fire resistance (Eren, 2018).

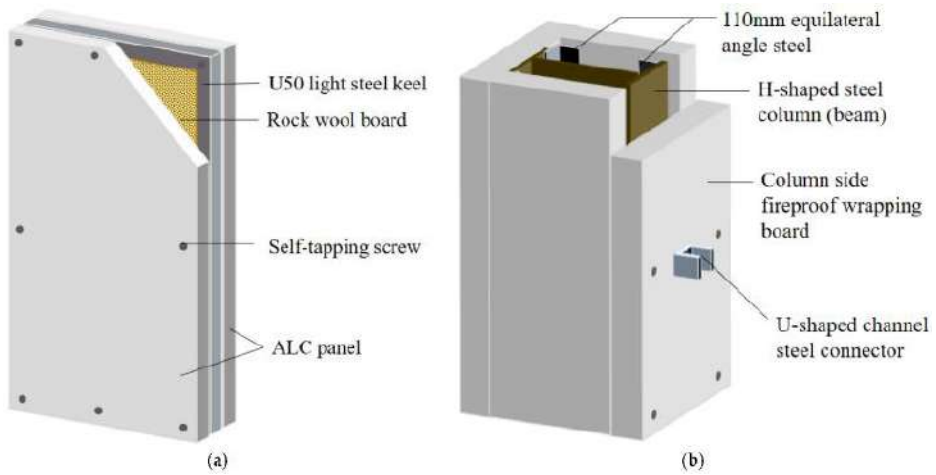


Figure 2. Stone wool using between lightweight steel panels

Source: https://www.mdpi.com/buildings/buildings-12-01582/article_deploy/html/images/buildings-12-01582-g001.png (URL 2)

In conclusion, steel material can be a safe option when appropriate fire protection measures are in place, but its performance is significantly reduced at high temperatures, particularly above 600°C, when unprotected and in its raw state (Eren & Mayuk, 2013).

WOODEN PREFABRICATION MATERIALS

Wood is a traditional building material that has been widely used in structural elements and load-bearing systems from the past to the present day. It is highly preferred due to its natural and sustainable properties and modern types of wood, especially 'mass/laminate wood', are widely used as prefabricated materials.

In new timber prefabrication, fire resistance is better ensured than in previous years with the help of technological and chemical applications. However, for timber to be the safest and most fire-resistant prefabricated material, all requirements, such as the correct construction technique and details, must be met without exception (Küçükosmanoğlu, 1993; Ulusoy & Peker, 2019).



Figure 3. Mass Timber Fire Testing

Source:https://www.nist.gov/sites/default/files/styles/480_x_480_limit/public/images/2017/11/15/img_0509.jpg?itok=Un7SpHtd (URL 3)

Advantages:

- * Thick-section timber, such as mass timber, can form a ‘char’ layer on its surface during a fire; this layer can only protect the underlying sound timber for a short period.
- * Timber structural elements are lightweight, offering advantages in terms of transport and installation, and timber is a material suitable for prefabrication.
- * The fact that timber is a natural material increases its importance in terms of sustainability and contributes to ecological balance (Erşahin, 2022).

Disadvantages:

- * Wood has a risk of burning; it burns directly. However, the ignition time of wood; the load-bearing time during a fire, the cross-section of the material, and protective measures (coatings, fire protection) are factors that influence this.



Figure 4. Grey Gum (Left), Tasmanian Oak/Victorian Ash (Middle) & Radiata Pine (Right) MASSLAM components after undergoing a 120 minute ‘loaded’ beam fire test.

Source: <https://ash.com.au/blog/understanding-the-fire-safety-of-mass-timber-construction/> (URL 4)

- * In modern architectural applications and high-rise buildings, the use of wood may require costly special measures in terms of fire regulations (Özdek, 2022).

Consequently, even with prefabrication, systematic measures must be taken for wooden materials, such as assembly details, joint areas, and fire compartmentation.

PRECAST CONCRETE MATERIALS

Precast concrete, produced from locally abundant natural raw materials (stones, gravel, sand, cement), is both an ecological product and creates a structure that is sustainable for many years. Especially, precast panels and precast concrete elements are widely used as prefabricated materials.

Low waste and the recycling of production waste enable recycling rates of almost 100% in the factory environment. The fact that concrete can be recycled at the end of its life and the reduction in material usage (e.g. through high-strength concrete and better design) result in the creation of long-lasting structures (Demirel & Şimşek, 2015; Tekin, 2021).

Concrete is a material with A1 fire safety classification. Concrete's non-combustibility under heat (non-flammable when exposed to heat) prevents fire from spreading from one building to another (Akbaş & Çalışkan, 2025).

	Thickness of concrete panel for noted fire endurance, in.			
	With no air space		With 6 in. air space	
Fire endurance, hour	2	3	2	3
Aggregate:				
Sand-lightweight	2.5	3.6	2.0	2.5
Carbonate	2.8	4.0	2.0	2.7
Siliceous	2.9	4.2	2.0	2.8

Figure 5. Table regarding the thickness of the concrete panel in terms of fire resistance

Source: <https://deltaprecast.com/wp-content/uploads/Fig-10.5.1-table.png> (URL 5)

Advantages:

- * Concrete generally exhibits excellent fire resistance: it is a non-combustible material and conducts heat more slowly than other materials, which can delay damage to structural elements from heat.
- * Precast concrete panels can be produced in modular systems and are advantageous materials in terms of fire resistance.
- * Structural elements made from concrete can remain standing even after a fire if they are constructed using good building techniques in

accordance with the building design conditions (Baş & Vural, 2019; Akbaş, et al., 2025).



Figure 6. Fire resistance of concrete

Source:<https://cloudfrontgharpediabucket.gharpedia.com/uploads/2019/03/Fire-Resistance-of-Concrete-01-0406050001.jpg> (URL 6)

Disadvantages:

- * When concrete is exposed to fire, damage such as spalling of surface fragments may occur due to the effects of evaporation and moisture, particularly at high temperatures.
- * Concrete structural elements can be more challenging in terms of logistics and foundations prior to transportation and installation, as they are heavy materials.
- * Furthermore, in precast concrete systems, it is crucial to pay attention to additional insulation or connection details.
- * Concrete is not a flexible or easily shaped material, and this characteristic limits all design decisions that can be made (Uzbaş, 2014).

In conclusion, the use of precast concrete materials in building or structure design can be considered one of the most ‘invincible’ options, particularly in terms of fire resistance and fire retardancy. However, as a

precaution against a possible fire, all details such as insulation, connections, and installation standards must be very well designed, and the structure must be constructed using a robust building technique.

COMPARISON AND CONCLUSION

Although fire-resistant prefabricated building designs have emerged today, the biggest disadvantage of prefabricated buildings, despite their many advantages, is still their fire resistance. Even if the outer coatings of the panels used are betopan or fibre cement, materials such as EPS, XPS, polyurethane foam, and styrofoam are generally used inside (between the coatings). The fire resistance of these materials is quite weak, and they melt significantly under high temperatures (Koşatepe, 2020; Gümüştaş, 2021).

Furthermore, even though those classified as B1-B2 generally have a low flame spread index (0–25) and are non-flammable, they can easily ignite and, when melted, can drip and produce smoke. Class A insulation materials, such as rock wool and glass wool, which are particularly used for sound and heat insulation, have much higher fire resistance (Çamuşoğlu, 2024).

However, these materials are more expensive than other insulation materials and have very low resistance to weight and water. When they come into contact with water, they lose all their insulation properties. For this reason, fire precautions need to be slightly better in prefabricated structures than in other structures.

Generally speaking, each of the three prefabricated materials compared to each other:

- * If the criterion of ‘preserving the load-bearing capacity of the structure's critical elements for as long as possible once a fire starts’ is taken as the basis, concrete emerges as a very strong option.
- * Steel is also a good option against fire, but the performance of directly unprotected steel elements can rapidly decline in the high-temperature phase of a fire; therefore, steel prefabricated materials require special additional fire protection, such as spray-applied fire-resistant material (SFRM), the use of fire barriers to seal gaps, or fire insulation (Kılıç, 2008).
- * Timber, especially large-section, fire-treated types such as ‘mass timber,’ can be quite durable on its own and is used in many projects

today; however, compared to traditional light timber frame systems, more fire protection measures are required for thin-section timber (Küçükosmanoğlu, 1993).

- * Considering the ignition time of timber, the melting of unprotected steel is likely to occur much more rapidly.

Therefore, it is generally possible to say that the highest natural resistance to fire in prefabricated buildings can be achieved with concrete material, but the combination of ‘material + detail + protective measures’ is always very important. Even if decisions regarding architectural design such as how many storeys the prefabricated structure will have, which materials will be used in its construction, and what construction technique will be employed are not specifically defined, then regardless of where in the world it is located, “fire safety” should be an important guiding factor in the design, alongside climate conditions, robustness, and earthquake resistance (Gümüştas, 2021; Akbaş & Çalışkan, 2025).

RESOURCES

- Akbaş, A., & Çalışkan, Ö. (2025). Binaların Yangın Güvenliği ve Alınacak Tedbirler.
- Akbaş, A., Çalışkan, Ö., & Şenol, A. F. (2025). Betonarme Yapılarda Modüler İnşaat: Prefabrikasyon ve Avantajları.
- Aşıkoğlu, A. (2024). Prefabrik Yapım Sistemleri ile İnşa Edilmiş Yapılarda Enerji Verimliliği Üzerine Bir Araştırma. *Online Journal of Art & Design*, 12(2).
- Baş, Y. G., & Vural, N. (2019). Prefabrike beton panel sistemlerin konut üretiminde kullanım olanakları. *Online Journal of Art and Design*, 7(4), 124-133.
- Çamuşoğlu, N. (2024). Yangına Dayanıklı Yapı Malzemeleri Nelerdir? *Eko Yapı Dergisi*. 26 Aralık 2024. file:///C:/Users/HsNZvC/Desktop/Yang%C4%B1na%20Dayan%C4%B1kl%C4%B1%20Yap%C4%B1%20Malzemeleri%20Nelerdir_.html
- Demirel, C., & Şimşek, O. (2015). Erken yaştaki atık betonların geri dönüşüm agregası olarak beton üretiminde kullanılabilirliği ve sürdürülebilirlik açısından incelenmesi. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 3(1), 226-235.
- Eren, Ö. (2018). Hafif Çelik Modüler Kutu Yapım Sistemlerinin Gelişim Süreci ve Temel Yapım İlkeleri: Hafif Çelik Modüler Kutu Yapım Sistemlerinin Gelişim Süreci ve Temel Yapım İlkeleri. *Tasarım+Kuram*, 14(26), 5-23.
- Eren, Ö., & Mayuk, S. G. (2013). Çelik Yapıların Yangına Karşı Korunma Yöntemlerinin Değerlendirilmesi. *Engineering Sciences*, 8(3), 157-170.
- Erşahin, M. M. (2022). Günümüz mimarlığında ahşap prefabrikasyon, malzeme kullanımı ve strandparken örneği (Master's thesis, Mimar Sinan Fine Arts University (Turkey)).
- Gültek, M., Avinç, G. M., Sarıcıoğlu, P., & Yıldız, A. (2023). Beton esaslı prefabrike cephe panelleri üzerine bir inceleme. *International Journal of Engineering Research and Development*, 15(3), 234-249.

- Gümüştaş, M. (2021). Farklı taşıyıcı sistemlerin yangın anındakidavranışı ve güvenlik önlemleri (Master's thesis, Istanbul Sabahattin Zaim University (Turkey)).
- Kılıç, A. (2008). Betonarme ve Çelik Yapılarda Yangın Güvenliği.
- Koşatepe, A. (2020). Çelik Yapılarda Kullanılan Birleşim Elemanlarının Yangın Etkisinin Deneysel Olarak İncelenmesi. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 10(4), 2692-2703.
- Küçükosmanoğlu, A. (1993). Ahşap malzemenin yanma özellikleri ve binalarda yangın güvenliği. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University*, 43(3-4), 145-152.
- Of, N., & Öztürk, S. (2022). Depremlerden sonraki yeniden yapılanma süreci üzerine küresel bir araştırma: Çelik prefabrik malzeme kullanımının gerekliliği. *Afet ve Risk Dergisi*, 5(1), 346-360.
- O'Shaughnessy, T. (2023). Fireproofing Materials for Steel, Concrete, and Wood. *Industrial Paint and Protection Magazine*. April 8. (<https://www.ippmagazine.com/fireproof-paint/fireproofing/>)
- Özdek, A. (2022). Ahşap prefabrikasyonun az katlı konut üretiminde uygulanabilirliğinin incelenmesi (Master's thesis, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi).
- Tekin, H. (2021). Hazır Beton Firmalarının Üretim Stratejilerinin Çevre Bilinci ve Sürdürülebilir Kalkınma Bakış Açısıyla Değerlendirilmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (32), 843-849.
- Ulusoy, H., & Peker, H. (2019, June). Yanma ve Ağaç Malzeme Üzerine Etkisi. In *SETSCI-Conference Proceedings* (Vol. 4, pp. 585-587). SETSCI-Conference Proceedings.
- Uzbaş, B. (2014). Beton için geliştirilen gerilme-şekil değiştirme modellerinin karşılaştırılması. *Politeknik Dergisi*, 17(3), 115-126.
- Yıldırım, M. (2025). Yangınlar. Yangına Dayanıklı Malzemeler ve Yapı Tasarımı. *Recep DURSUN Yusuf Kenan HASPOLAT*, 45.
- Zaimoğlu, M. (2009). Çelik Taşıyıcılı Konutlarda, Yapı Elemanı Tercihlerinin Örnekler Üzerinde İrdelenmesi.
- URL-1. <https://ars.els-cdn.com/content/image/1-s2.0-S0143974X23002122-gr1.jpg>
- URL-2. https://www.mdpi.com/buildings/buildings-1201582/article_deploy/html/images/buildings-12-01582-g001.png

URL-3.

https://www.nist.gov/sites/default/files/styles/480_x_480_limit/public/images/2017/11/15/img_0509.jpg?itok=Un7SpHtd

URL-4. <https://ash.com.au/blog/understanding-the-fire-safety-of-mass-timber-construction/>

URL-5. <https://deltaprecast.com/wp-content/uploads/Fig-10.5.1-table.png>

URL-6.

<https://cloudfrontgharpediabucket.gharpedia.com/uploads/2019/03/Fire-Resistance-of-Concrete-01-0406050001.jpg>



ISBN: 978-625-378-483-6