

**İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ VE KIYI KENTLERİNİN HAMBURG'UN SELE KARŞI
DİRENÇLİLİĞİ AÇISINDAN İRDELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Merve ALKAN

Anabilim Dalı: Mimarlık

Programı: Mimari Tasarım Sorunları

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Ahmet TERCAN

TEMMUZ 2024

**İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ VE KIYI KENTLERİNİN HAMBURG'UN SELE KARŞI
DİRENÇLİLİĞİ AÇISINDAN İRDELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Merve ALKAN

Anabilim Dalı: Mimarlık

Programı: Mimari Tasarım Sorunları

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Ahmet TERCAN

TEMMUZ 2024

“Merve Alkan” tarafından hazırlanan “İklim Değişikliği ve Kıyı Kentlerinin Hamburg’un Sele Karşı Dirençliliği Açısından İrdelenmesi” adlı bu tezin “yüksek lisans” tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. Ahmet TERCAN

Tez Yöneticisi

Bu çalışma, jürimiz tarafından Mimarlık Anabilim Dalında yüksek lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. Ahmet TERCAN

Üye : Doç. Dr. Ayşegül KURUÇ

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Berna GÖL

Üye : _____

Üye : _____

Bu tez, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygundur.



Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kılavuzuna uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel etik kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- ücret karşılığı başka kişilere yazdırmadığımı (dikte etme dışında), uygulamalarımı yaptırmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

Merve ALKAN





Canım kızım Afife'ye,



ÖNSÖZ

Tez danışmanım Sayın Prof. Dr. Ahmet TERCAN'a, tez çalışmam boyunca sağladığı rehberlik, bilgi ve tecrübeleri için teşekkürlerimi sunarım.

Araştırmam süresince beni destekleyen, teşvik eden ve yorumları ile çalışmamın zenginleşmesine katkı sağlayan kıymetli kayınpederime, tüm eğitim ve çalışma hayatım boyunca takdir ve destekleri ile her zaman yanımda olan sevgili anne ve babama teşekkür ederim.

Son olarak, tez çalışmam süresince her türlü yardımı ve desteği esirgemeyen sevgili eşime, uzun çalışma saatlerimi sabır ve olgunlukla karşılayan canım kızım Afife'ye sonsuz teşekkür ederim.

Saygılarımla,

Merve Alkan



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	ix
İÇİNDEKİLER	xi
KISALTMALAR	xiii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xv
ŞEKİL LİSTESİ.....	xvii
ÖZET.....	xxi
ABSTRACT	xxiii
1. GİRİŞ	1
1.1 Amaç	3
1.2 Kapsam.....	3
1.3 Yöntem	4
2. KIYI KENTLERİ VE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN KIYI KENTLERİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ.....	5
2.1 Kentlerin Doğuşu	5
2.2 Kıyıların Kullanılması ve Liman Şehirlerinin Ortaya Çıkışı	6
2.3 Kıyı Yerleşimlerindeki Risk ve Tehditler	7
2.4 Küresel Isınma.....	9
2.5 İklim Değişikliği	11
2.5.1 İklim değişikliğinde güncel durum	12
2.5.2 İklim değişikliğinin geleceği ve riskler.....	13
2.6 İklim Değişikliğinin Kıyı Kentleri Üzerindeki Etkileri	17
2.7 Risk Altındaki Bazı Kıyı Kentleri	20
2.7.1 New York.....	22
2.7.1.1 New York City iklim stratejileri	23
2.7.2 Rotterdam.....	27
2.7.2.1 Rotterdam iklim stratejileri	28
2.7.3 Venedik	32
2.7.3.1 Venedik iklim stratejileri.....	34
2.7.4 Singapur	38
2.7.4.1 Singapur iklim stratejileri.....	40
3. DİRENÇLİLİK KAVRAMI VE İKLİME DİRENÇLİ KENTLER.....	46
3.1 Dirençlilik Kavramı (Resilience)	46
3.1.1 Ekoloji biliminde dirençlilik	46
3.1.2 Kentsel dirençlilik	47
3.2 İklim Kaynaklı Doğal Afetler	52
3.2.1 Tropikal siklonlar	53
3.2.2 Sıcak hava dalgaları	54
3.2.3 Orman yangınları	54
3.2.4 Kuraklık	55
3.2.5 Seller	57
3.2.5.1 Fluvial seller (Nehir selleri)	58

3.2.5.2 Pluvial seller (Yüzey selleri)	59
3.2.5.3 Kıyı selleri	60
3.3 Dirençli Kentler İçin Adaptasyon Yolları	61
3.3.1 Sosyal altyapı yoluyla adaptasyon	62
3.3.2 Doğa tabanlı çözümler yoluyla adaptasyon	63
3.3.3 Gri/Fziki altyapı yoluyla adaptasyon	64
4. SELE KARŞI DİRENÇLİ BİR KENT ÖRNEĞİ: HAMBURG.....	66
4.1 Hamburg'un Tarihsel Gelişimi.....	66
4.1.1 Hamburg Limanı	69
4.2 Hamburg'un Coğrafi Özellikleri	73
4.3 Hamburg'un Tarihindeki Sel Olayları ve 1962 Sel Felaketi	75
4.4 İklim Değişikliği ve Hamburg'un Geleceği	77
4.4.1 Hamburg iklim eylem planı.....	80
4.5 Hamburg'un Sele Karşı Dirençliliği: Hafencity Projesi.....	84
4.5.1 Hafencity projesi	85
4.5.2 Hafencity'nin sele karşı dirençlilik stratejileri	88
4.5.2.1 Yükseltilmiş platolar (Warft)	89
4.5.2.2 Sel önleme duvarları.....	90
4.5.2.3 Sel kapıları.....	92
4.5.2.4 Su geçirmez kapaklar	94
4.5.2.5 Köprüler ve yükseltilmiş yollar.....	95
4.5.2.6 Yüzer iskeleler.....	97
4.5.2 Hafencity'nin acil durum planı	97
5. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME	100
KAYNAKLAR.....	108
ÖZGEÇMİŞ.....	117

KISALTMALAR

ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
BMCR	: Brooklyn Bridge Montgomery Coastal Resilience
C40	: Cities Climate Leadership Group, Global Covenant of Mayors for Climate & Energy - Şehirler İklim Liderliği Grubu, İklim ve Enerji için Küresel Belediye Başkanları Sözleşmesi
CH4	: Metan
CO2	: Karbon dioksit
DSY	: Deniz Seviyesi Yükselmesi
ESCR	: East Side Coastal Resiliency
FHH	: Freie und Hansestadt Hamburg – Özgür ve Hansa Şehri Hamburg
GDS	: Global Deniz Seviyesi
GWP	: Global Water Partnership – Küresel Su Ortaklığı
GNSS	: Global Navigation Satellite System - Küresel Navigasyon Uydu Sistemi
IPCC	: Intergovernmental Panel on Climate Change – Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli
LMCR	: Lower Manhattan Coastal Resilience
M.Ö.	: Milattan Önce
MOSE	: Modulo Sperimentale Elettromeccanico – Elektromekanik Deneysel Modül
N2O	: Nitroz Oksit
NASA	: National Aeronautics and Space administration- Amerikan Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi
NATO	: North Atlantic Treaty Organization -Kuzet Atlantik Antlaşması Teşkilatı
NYSERDA	: New York State Energy Research and Development Authority – New York Eyaleti Araştırma ve Geliştirme Dairesi
PUB	: Public Utilities Board, Singapore’s Water Agency – Kamu Hizmetleri Kurumu, Singapur Su Ajansı
PPB	: Parts Per Billion – Milyarda Parça
PPM	: Parts Per Million – Milyonda Parça
RCI	: Rotterdam Climate Change Initiative – Rotterdam İklim Değişikliği Girişimi
RISA	: RegenInfraStrukturAnpassung – Yağmur Altyapı Adaptasyonu
SAR	: Synthetic-aperture Radar - Sentetik Açıklıklı Radar
SST	: Sea Surface Temperature – Deniz Yüzeyi Sıcaklığı
UHI	: Urban Heat Island – Kentsel Isı Adası
UNDRR	: United Nations Office for Disaster Risk Reduction – Birleşmiş Milletler Afet Riski Azaltma Ofisi
UNFCCC	: United Nations Framework Convention on Climate Change- Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi

UNEP	: United Nations Environment Programme- Birleşmiş Milletler Çevre Programı
UNESCO	: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. Birleşmiş Milletler Eğitim, Bilim ve Kültür Örgütü
UNICEF	: United Nations International Children's Emergency Fund – Birleşmiş Milletler Uluslararası Çocuklara Yardım Fonu
WADI	: Der Hamburger Sturmflutwarndienst – Hamburg Sel Uyarı Sistemi
WHO	: World Health Organization – Dünya Sağlık Örgütü
WMO	: World Meteorological Organization – Dünya Meteoroloji Örgütü



ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 1.1 : Arrhenius'un iklim modeline göre CO2 seviyesi ve sıcaklık değişimi (Herring, 1999)	1
Çizelge 2.1 : Sera gazı emisyonu senaryoları ve sıcaklık artışı (IPCC AR6, 2023)..	14
Çizelge 2.2 : İklim Olaylarındaki olası değişimler ve sonuçları (IPCC AR6'dan yararlanılarak yazar tarafından oluşturulmuştur).....	16
Çizelge 2.3 : Risk altındaki bazı kıyı kentleri ve iklim değişikliğine adaptasyon stratejileri (Yazar tarafından oluşturulmuştur)	21
Çizelge 4.1 : Hafencity'de arazi kullanımı (Hafencity, 2021).....	86
Çizelge 4.2 : Hafencity'de fonksiyon dağılımı (Hafencity, 2021)	86
Çizelge 4.3 : Acil durum seviyeleri, uyarılar ve alınan önlemler.....	99
Çizelge 5.1 : Tez kapsamında incelenen şehirlerin su kaynağı, rakım ve IPCC'nin en düşük ve yüksek karbon emisyonu senaryolarına göre hesaplanan 2100 yılı deniz seviyesi artışları (Yazar tarafından oluşturulmuştur).....	101



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 : Mezopotamya ve Bereketli Hilal (Url-1)	5
Şekil 2.2 : Yıllara göre deniz seviyesindeki yükselme (WMO,2022)	8
Şekil 2.3 : Paleoiklim verilerine göre sıcaklık anomalileri (Url-2)	10
Şekil 2.4 : Yıllık ortalama sera gazı konsantrasyonlarındaki artış (IPCC, 2021).....	10
Şekil 2.5 : Küresel yüzey sıcaklıklarındaki artış (IPCC, 2023)	13
Şekil 2.6 : Farklı sera gazı emisyonu senaryolarına göre gelecek nesillerin karşı karşıya kalacağı sıcaklık artışları (IPCC, 2023)	14
Şekil 2.7 : Yüzey sıcaklıklarının 1.5°C, 2°C, 3°C ve 4°C artması durumunda öngörülen iklimsel değişimler (IPCC, 2023).....	15
Şekil 2.8 : Deniz seviyesindeki artış (Url-3)	18
Şekil 2.9 : Sandy Kasırgası sebebi ile oluşan su baskını seviyeleri (PlaNYC, 2013) 23	
Şekil 2.10 : Big U projesi (Url-4)	24
Şekil 2.11 : East River Park'ta 2022 yılında montajı yapılan 45 ton ağırlığında ve yaklaşık 24.5m uzunluğundaki kayar sel kapısı (Url-5)	25
Şekil 2.12 : BMCR projesinde yer alan katlanır sel kapıları (NYC DDC, 2023).....	26
Şekil 2.13 : Battery Park bölgesinde kıyı şeridinin yükseltilmesi (Url-6).....	26
Şekil 2.14 : Benthemplein su plazası (Url-7)	29
Şekil 2.15 : Benthemplein su plazasının yağış sonrası durumu (Url-8)	29
Şekil 2.16 : Museumpark'ın yanında bulunan yeraltı otoparkının rampasının altına inşa edilen su rezervuarı (Url-9)	30
Şekil 2.17 : Çok amaçlı çatılar konsepti (Url-10).....	31
Şekil 2.18 : MOSE bariyerlerinin konumları (Url-11)	35
Şekil 2.19 : MOSE bariyerlerinin kesit detayı (Url-12)	35
Şekil 2.20 : MOSE bariyerlerinin kapatılmış görüntüsü (Url-12)	36
Şekil 2.21 : Yükseltelen kıyı şeridi (Mose Venezia, 2024).....	36
Şekil 2.22 : Vena Kanalındaki Bebek MOSE bariyeri (Mose Venezia, 2024).....	37
Şekil 2.23 : East Coast Park'taki kıyı korumaları (MEWR-MND, 2016).....	40
Şekil 2.24 : NEWater üretim aşamaları (Url-13).....	41
Şekil 2.25 : Deniz suyunu arıtma aşamaları (Url-14).....	42
Şekil 2.26 : 2011 yılında Mandai bölgesinde fırtına sebebiyle yıkılan ağaçlar (MEWR-MND, 2016).....	43
Şekil 2.27 : Sister's Island'da kurulan deniz parkı (Url-15).....	43
Şekil 2.28 : MRT girişine yerleştirilen modüler sel bariyeri (MEWR-MND, 2016) 45	
Şekil 3.1 : Birleşmiş Milletler'in kentsel ve kırsal nüfus dağılımı grafiği (UN, 2019)	48
Şekil 3.2 : Batık şehir Portus Magnus, İskenderiye (Url-16)	49
Şekil 3.3 : Batık şehir Portus Magnus kalıntıları (Url-17).....	49
Şekil 3.4 : 1970-2024 (Nisan) arasında bildirilen doğal afetler (Url, 18).....	50
Şekil 3.5 : Kentsel dirençlilik sisteminin 5 temel ayağı (UN-Habitat, 2018).....	51
Şekil 3.6 : İklim değişikliği-orman yangınları-sera gazı emisyonu döngüsü (OECD, 2023)	55

Şekil 3.7 : Fluvial sellerin oluşumu (Url-19).....	58
Şekil 3.8 : 2010 Pakistan sel felaketi (Url-20).....	59
Şekil 3.9 : Pluvial sellerin oluşumu (Url-19).....	60
Şekil 3.10 : Kıyı sellerinin oluşumu (Url-19).....	60
Şekil 3.11 : 2011 yılında Japonya’da oluşan tsunami dalgaları (Url-21)	61
Şekil 4.1 : Hamburg Metropolitan bölgesi (Url-22)	66
Şekil 4.2 : 17. Yüzyıla ait Hamburg haritası (Url-23)	67
Şekil 4.3 : Gomorrah Operasyonunun Hamburg’da yarattığı yıkım (Url-24)	69
Şekil 4.4 : İmparator I. Friedrichs Barbarossa’nın Hamburg’a gümrük serbestisi tanıyan mektubu (Kummereincke, 2022).....	70
Şekil 4.5 : Hidrolik mühendisi Johannes Dalmann (Url-25)	71
Şekil 4.6 : Speicherstadt kesiti (Url-26).....	71
Şekil 4.7 : 20. Yüzyılın başlarında Hamburg Limanı’nın görünüşü (Url-27)	72
Şekil 4.8 : Speicherstadt (Url-28)	72
Şekil 4.9 : Altenwerder Konteynır Terminali (Url-27).....	73
Şekil 4.10 : Elbe Nehri’nin günlük gelgit seviyeleri (Url-29)	74
Şekil 4.11 : Toprak bent ve yükseltilmiş plato konseptleri (Tez çalışması kapsamında yazar tarafından üretilmiştir).....	75
Şekil 4.12 : 1962 sel felaketinin etkilediği alan (Url-30)	76
Şekil 4.13 : 1962 sel felaketinde yıkılan bent (Url-31).....	76
Şekil 4.14 : 1881-2021 yılları arasında Hamburg’daki sıcaklık değişimi (Url-32) ...	78
Şekil 4.15 : Hamburg’un mevsimlere göre yağış miktarı dağılımı (Url-32)	78
Şekil 4.16 : St. Pauli’de ölçülen su yükseklikleri (Url-33).....	79
Şekil 4.17 : St. Pauli’de ölçülen fırtına dalgalarının yıllara göre dağılımı (Url-34) ..	80
Şekil 4.18 : 1990-2021 yılları arasında Hamburg’un karbon emisyonları (Url-35) ..	82
Şekil 4.19 : Karbon emisyonlarının sektörlere göre dağılımı (Url-35).....	82
Şekil 4.20 : Speicherstadt’ı şehirden ayıran Zollkanal (Url-36).....	85
Şekil 4.21 : Hafencity masterplanı (Url-37)	86
Şekil 4.22 : Elbphilharmonie ve Hamburg silüeti (Url-38)	87
Şekil 4.23 : Elbphilharmonie kesit perspektif (Url-39)	87
Şekil 4.24 : Hafencity’nin dönüşümden önceki hali (Bruns-Berentelg, 2014).....	88
Şekil 4.25 : Hafencity yükseltilmiş plato kesiti (Url-40).....	89
Şekil 4.26 : Hafencity yükseltilmiş plato yapımı (Url-41)	89
Şekil 4.27 : Tipik Hafencity kesiti (Url-42).....	90
Şekil 4.28 : Toprak bent kesiti ve 1962 yılına göre kıyaslaması (Buß, 2006).....	90
Şekil 4.29 : Sel duvarlarında yapılan yükseltme kesiti (Buß, 2006).....	91
Şekil 4.30 : Landungsbrücken sel duvarı (Yazarın kendi arşivi, 2024).....	91
Şekil 4.31 : Zaha Hadid Architects’in tasarladığı Niederhafen promenatı (Url-43) ..	92
Şekil 4.32 : Große Elbstraße’deki sel kapısının kapalı hali (Url-44).....	92
Şekil 4.33 : Kibbelstegbrücke’de bulunan katlanır kapı (Url-45)	93
Şekil 4.34 : Niederhafen promenadının basamaklarına gizlenmiş kayar kapı (Url-46)	93
Şekil 4.35 : Landungsbrücken’deki sel kapılarının açık hali saçak görevi görmektedir (Yazarın kendi arşivi, 2024).....	93
Şekil 4.36 : Sel sebebi ile su geçirmez kapakları kapatılmış bir işletme (Yazarın kendi arşivi, 2023)	94
Şekil 4.37 : Aynı işletmenin sel kapağı açık hali ve normal durumlardaki kullanımı (Yazarın kendi arşivi, 2024).....	94
Şekil 4.38 : Sel durumunda zemin kotundaki mekanları koruyan su geçirmez kapaklar (Lemcke Knoll, 2012)	95

Şekil 4.39 :	Yükseltilmiş yollar (Yazarın kendi arşivi, 2024).....	95
Şekil 4.40 :	Farklı kotlardan erişim sağlayan köprüler (Yazarın kendi arşivi, 2024)	96
Şekil 4.41 :	Acil durumlarda kurtarma araçlarının bölgeye erişimini sağlayan köprülerden biri (Yazarın kendi arşivi, 2024)	96
Şekil 4.42 :	Yüzer iskeleler (Yazarın kendi arşivi, 2024).....	97
Şekil 5.1 :	22 Aralık 2023 tarihinde gerçekleşen fırtına dalgası grafiği (Url-64)...	105
Şekil 5.2 :	22 Aralık 2023 tarihinde Sandtorkai'daki durum (Yazarın kendi arşivi)	105
Şekil 5.3 :	22 Aralık 2023 tarihinde Marco Polo Meydanındaki durum (Yazarın kendi arşivi)	106
Şekil 5.4 :	Selin kuvvetiyle devrilen şemsiyeler (Yazarın kendi arşivi, 2023).....	106
Şekil 5.5 :	Selin kuvvetiyle yıkılan saksı bitkileri (Yazarın kendi arşivi, 2023)....	107





İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ VE KIYI KENTLERİNİN HAMBURG’UN SELE KARŞI DİRENÇLİLİĞİ AÇISINDAN İRDELENMESİ

ÖZET

Dünya nüfusunun yaklaşık olarak %10’u alçak rakımlı kıyı bölgelerinde ikamet etmektedir. Özellikle deniz seviyesi artışı, fırtına dalgalanmaları, kıyı erozyonu, siklonlar ve sellerden etkilenen kıyı toplulukları, iklim değişikliğine karşı savunmasız haldedir. Aynı zamanda bu bölgeler, ticaret, balıkçılık ve turizm gibi faaliyetler ile yerel ekonomiler için hayati önem taşır. Bu toplulukların ve kentlerin korunabilmesi, ancak iklim değişikliğinin etkilerinin doğru anlaşılması ve gerekli adaptasyon stratejilerinin uygulanması ile mümkündür.

Deniz seviyesindeki yükselme, artan atmosfer ve okyanus sıcaklıkları, değişen yağış rejimleri ve sıklaşan aşırı hava olayları, iklim değişikliğinin kıyılarda yarattığı risklerin kanıtlarıdır. Okyanuslarda oluşan termal genleşme ve buzulların erimesi deniz seviyesi artışının ana sebepleridir. 21. yüzyıl boyunca dünya genelinde kıyıların %95’i deniz seviyesi artışı tehdidi ile yüzleşecek ve beraberinde ortaya çıkan seller, artan tuzluluk oranları, kıyı şeridinin değişmesi, yeraltı sularının tükenmesi gibi bir dizi probleme çözüm bulmak durumunda kalacaktır.

2004 yılından beri her yıl, dünya üzerinde bir bölgede en az bir kez katastrofik seller yaşanmış ve bu durum selleri küresel ısınmadan en belirgin etkisi haline getirmiştir. 2010 yılında Pakistan’da yaşanan sel felaketi 10 milyon kişiyi evsiz bırakmış, 9,7 milyar dolarlık hasara sebep olmuştur. Dünya’nın farklı bölgelerinde pek çok kıyı kenti artan sel tehdidi ile karşı karşıyadır. Bu bağlamda, yapılan çalışmada, risk altındaki bazı kıyı kentleri olarak Amerika kıtasından New York, Kuzey Avrupa’dan Rotterdam, Akdeniz Havzası’ndan Venedik ve Asya kıtasından Singapur’un iklim değişikliğine adaptasyon stratejileri incelenmiştir.

İklim kaynaklı doğal afetlerin sıklaşması kentsel dirençlilik kavramının önemini arttırmış, özellikle kıyı kentlerinin dirençli hale getirilmesini çok acil bir sorun olarak gündeme getirmiştir. Tez çalışması kapsamında, tarih boyunca sel tehdidi ile karşı karşıya kalan ve günümüzde su ile birlikte yaşamayı öğrenen bir şehir olarak karşımıza çıkan, Avrupa’nın en önemli liman ve ticaret merkezlerinden olan Hamburg şehri ele alınmıştır. Eski liman bölgesinin dönüştürülmesi ve şehre kazandırılması amacıyla ortaya çıkan Hafencity projesi ve bölgede hayata geçirilen sele karşı dirençlilik stratejileri detaylı bir şekilde incelenmiştir. Sel riskine karşı geleneksel yaklaşımların dışında nasıl önlemler alınabileceği irdelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: İklim Değişikliği, Kıyı Kentleri, Dirençlilik, Seller, Hamburg, Hafencity



AN ANALYSIS OF CLIMATE CHANGE AND COASTAL CITIES IN TERMS OF HAMBURG'S RESILIENCE TO FLOODING

ABSTRACT

Approximately 10% of the world's population resides in low-lying coastal areas. Coastal communities, particularly those affected by sea level rise, storm surges, coastal erosion, cyclones, and floods, are highly vulnerable to climate change. At the same time, these regions are crucial to local economies due to activities such as trade, fishing, and tourism. Protecting these communities and cities is only possible through a proper understanding of the impacts of climate change and the implementation of necessary adaptation strategies.

Rising sea levels, increasing atmospheric and ocean temperatures, changing precipitation patterns, and more frequent extreme weather events are evidence of the risks climate change poses to coastlines. Thermal expansion in the oceans and melting glaciers are the main drivers of sea level rise. Throughout the 21st century, 95% of the world's coastlines will face the threat of rising sea levels, necessitating solutions to a range of issues including floods, increased salinity, changing coastal lines, and depletion of groundwater.

Since 2004, catastrophic floods have occurred at least once annually somewhere in the world, making floods one of the most prominent impacts of global warming. The 2010 flood disaster in Pakistan left 10 million people homeless and caused \$9.7 billion in damages. Many coastal cities around the world are confronting the increasing threat of floods. In this context, this study examines the climate change adaptation strategies of selected coastal cities at risk: New York from the Americas, Rotterdam from Northern Europe, Venice from the Mediterranean Basin, and Singapore from Asia.

The increasing frequency of climate-induced natural disasters has underscored the importance of urban resilience, particularly highlighting the urgency of making coastal cities more resilient. This thesis focuses on Hamburg, one of Europe's major port and trade centres, which has historically faced the threat of floods and learned to live with water today. The Hafencity project, initiated to transform and revitalize the old port area, and the flood resilience strategies implemented in this region are examined in detail. The study explores how measures beyond traditional approaches can be taken to mitigate flood risks.

Key Words: Climate Change, Coastal Cities, Resilience, Floods, Hamburg, Hafencity



1. GİRİŞ

Günümüzde modern kentler bir dizi ağır problemle yüzleşmektedir: Nüfus artışı, savaşlar sebebiyle yaşanan göçler, terör kaynaklı güvenlik problemleri, altyapı yetersizliği, hava kirliliği ve diğer çevre sorunları bu problemlerin başlıcalarıdır. Son yıllarda etkisi daha güçlü bir şekilde hissedilmeye başlanan küresel ısınma ve iklim değişikliği de kentlerin gelecekte baş etmek zorunda kalacağı en önemli tehditlerden biri olarak gündemdedir.

İlk defa 1896 yılında, İsveçli bilim insanı Svante Arrhenius tarafından, atmosferik CO₂ seviyesinin artışının iklimi nasıl etkileyebileceği konusunda araştırmalar yapılmış ve bu durumun yüzey sıcaklıklarının yükselmesine sebep olacağı yönünde bir iklim modeli oluşturulmuştu (Crawford, 1997). Arrhenius bu çalışmaları kapsamında, fosil yakıtların kullanılmasının atmosferik CO₂ oranının üzerindeki etkisini hesaplamış, atmosferik CO₂ oranının 2 kat artmasının 500 yıl süreceğini ve dünyada 3°C-4°C'lik bir sıcaklık artışına sebep olacağını tahmin etmişti (Crawford, 1997). Arrhenius'un günümüzde iklim değişikliği teorisinin temeli olarak kabul edilen bu tahmini, endüstriyel faaliyetlerin küresel ısınmadaki rolü üzerine hazırlanmış ilk iklim modelidir.

Çizelge 1.1 : Arrhenius'un iklim modeline göre CO₂ seviyesi ve sıcaklık değişimi.(Herring, 1999)

Arrhenius'un iklim modelinin sonuçları	CO ₂	Sıcaklık
	0.67	-3.19
	1.5	+3.42
	2.0	+5.49
	2.5	+7.16
	3.0	+8.40

Arrhenius'un hesaplamaları şaşırtıcı derece doğru olsa da insanların üretebileceği CO₂ miktarında yanılmıştır: Son 100 yıl içerisinde CO₂ miktarı %23 artmış; ancak sıcaklık Arrhenius'un hesapladığı seviyede yükselmemiştir (Herring, 1999).

İkinci Dünya Savaşı sonrasında artan endüstriyel faaliyetler fosil yakıtların kullanımını hızlı bir şekilde yaygınlaştırdı ve açığa çıkan sera gazları atmosferde

birikerek gezegenimizin ısınmaya başlamasına sebep oldu. 1980'ler ve 1990'larda bilim insanları, insan faaliyetlerinin yüzey sıcaklıklarının yükselmesine sebep olduğunu yönünde kanıtlar bulmaya başladılar ve iklim değişikliğinin çok ciddi sonuçlar doğurabileceği konusunda uyarılarda bulundular.

Küresel ısınma ve iklim değişikliğinin olası etkilerini araştırmak için 1988 yılında Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP) ve Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO) tarafından Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) kuruldu (Riley, 2022) ve IPCC ilk raporunu 1990 yılında yayınladı. 1992 yılında Rio'da, Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma Konferansı toplandı. Bu konferansta ilk defa küresel çapta iklim değişikliği ile ilgili uluslararası bir çerçeve oluşturulmuş ve Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (UNFCCC) kabul edilmiştir. 1997 yılında imzalanan Kyoto Protokolü, ilk defa endüstriyel ülkelerin sera gazı emisyonlarını azaltma taahhüdünde bulunduğu bir protokol olması açısından önemlidir ancak ABD bu protokolü imzaladı ve 2007 yılında Avustralya, 2011 yılında da Kanada protokolden ayrıldılar. Daha sonra 2020 yılında sona eren Kyoto Protokolü'nün devamı niteliğinde, 2015 yılında Paris Anlaşması imzalandı. ABD'nin de katılımıyla imzalanan bu anlaşma, atmosferdeki sıcaklık artışının en fazla 2°C'de sabitlenmesini ve hatta kritik 1,5°C seviyesinde tutulmaya çalışılmasını hedefliyordu (Riley, 2022). Ne var ki 1,5°C'lik kritik eşik 2023 yılında ilk defa aşılmıştır.

Küresel ısınma ve iklim değişikliği, dünyanın farklı bölgelerinde farklı etkilerle karşımıza çıkmaktadır. Bazı bölgeler aşırı sıcaklar ve kuraklıkla karşı karşıya kalırken bazı bölgelerde ise sıklaşan şiddetli yağışlar, fırtınalar ve sel felaketleri şeklinde kendini gösterirken bunların yanı sıra, buzulların erimesi ve deniz seviyesindeki artış, düşük rakımlı pek çok kıyı yerleşimini tehdit etmektedir. Kıyı şehirlerindeki yoğun yapıları alanları, altyapıyı ve peyzajı bozan deniz fırtınalarının yoğunluk ve sıklık bakımından artmaya devam edeceği tahmin ediliyor (Pachauri, vd., 2007). Risk altındaki pek çok şehir, gelecekte öngörülen iklim kaynaklı tehditlere karşı hazırlıklı değildir: Bu bağlamda kentler, günümüzde de etkileri hissedilmeye başlanan bu tehditlere karşı direnç geliştirmek zorundadır.

1.1 Amaç

Mimarlık, sadece estetik bir anlayışın ötesinde, çevresel faktörlere karşı direncin tasarım ve planlama süreçlerine entegre edilmesi gereken bir disiplindir. Özellikle iklim değişikliği gibi küresel tehditlerle başa çıkmak, kentsel alanları bu değişen koşullara dirençli hale getirmeyi zorunlu kılmaktadır. Bu bağlamda, iklime dirençli kentlerin tasarımı ve uygulanması, günümüz mimarlık pratiğinde kilit bir öneme sahiptir.

Dünya genelinde pek çok kıyı şehri, şiddetli hava olaylarının sıklaşmasına bağlı olarak oluşan fırtına dalgalanmaları ve deniz seviyelerinin yükselmesi sebebiyle su baskını ve sel tehditleri ile karşı karşıyadır. Avrupa'nın en önemli liman şehirlerinden biri olan Hamburg şehri de düşük rakımlı toprakları sebebiyle risk altındadır. Bu tez, Hamburg-Hafencity bölgesini, özellikle sele karşı dirençliliği bağlamında ele alarak iklime dirençli kentler kavramını incelemeyi amaçlamaktadır.

1.2 Kapsam

Hamburg-Hafencity, kentsel dönüşüm projeleri ve sürdürülebilir mimari uygulamalarıyla dikkat çeken bir bölge olarak iklim değişikliği ile mücadelede etkili stratejiler geliştirme çabalarını içermektedir. Hamburg-Hafencity bölgesinde, büyük çoğunluğu tamamlanmış, kısmen inşaatı devam eden kentsel dönüşüm projesi, somut bir iklime karşı dirençli kent örneği olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu tez kapsamında, Hamburg'da uygulanan dirençlilik stratejileri incelenmiştir.

Bu tez çalışması beş bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde tezin amacı, kapsamı ve yöntemi anlatılmıştır.

İkinci bölümde, kıyı kentlerinin oluşumu ve kıyıların yerleşimler için sunduğu avantajların yanı sıra, tarihsel süreçte ve günümüzde, karşı karşıya kalınan risk ve tehditlere değinilmiştir. Küresel ısınma ve iklim değişikliğinin kıyı kentleri üzerindeki etkileri incelenmiş ve tehdit altında olan bazı kıyı kentlerinden örnekler verilmiştir.

Üçüncü bölümde, dirençlilik kavramı, iklim kaynaklı doğal afetler ve iklime dirençli kentler konusu ele alınmıştır.

Dördüncü bölümde sel riski altında olan Hamburg şehri incelenmiş, iklim stratejileri araştırılmış ve Hamburg-Hafencity bölgesinde uygulanan sele karşı dirençlilik stratejilerine detaylı bir şekilde yer verilmiştir.

Beşinci bölümde, tez çalışmasının sonuç bölümü ve değerlendirmeler yer almaktadır.

1.3 Yöntem

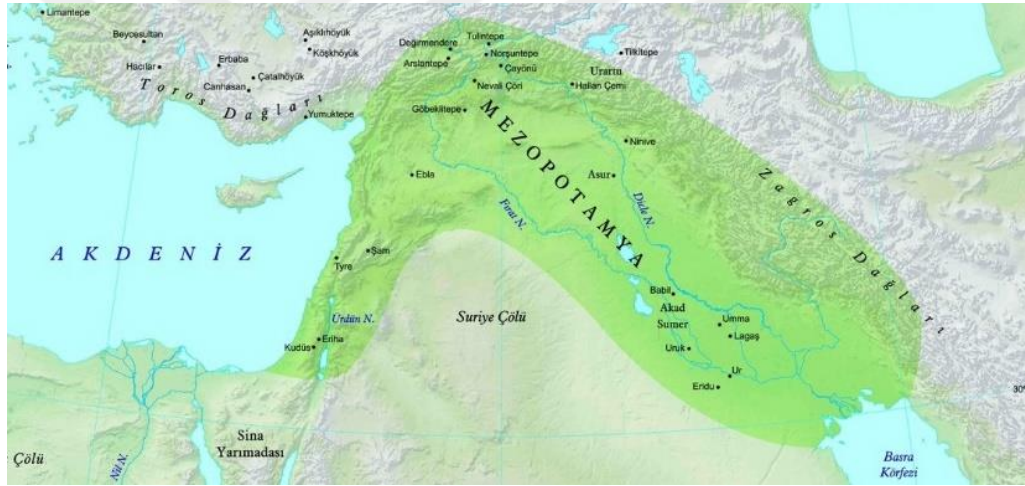
Tez kapsamında gerçekleştirilen çalışmada, uluslararası; çeşitli özel ve kamu kurumlarının hazırlamış olduğu rapor ve analizler, üniversite araştırmaları, akademik yayınlar, kitaplar, çeşitli sempozyumlar ve makalelerden yapılan literatür taramasından yararlanılmıştır.

Hamburg – HafenCity bölgesinde yaşanan, fırtına dalgalanmaları kaynaklı sel ve su baskınlarına karşı uygulanmış stratejilerle ilgili yerinde görsel analizler yapılarak araştırmaya katkı sağlanmıştır. Bu bağlamda, halen Hamburg'ta ikamet ettiğim için bölgedeki uygulamaları birebir gözlemleme şansım oldu. Araştırmalarımda elde ettiğim kentsel ve mimari ölçekteki detayları kendi fotoğraf arşivimdeki görsellerle destekleyebildim. Hamburg'da yayımlanmış yerel literatür kaynakları yerinde incelenmek, farklı üniversite ve yerel kütüphanelerdeki kaynaklara ulaşmak olanağı da bulabildim. Bunlara ek olarak bölgede yaşayan yerel halk ve iş yerleri ile görüşmeler yaparak uygulamadaki durum hakkında bilgi almaya özen gösterdim ve bölgeyle ilgili çalışılmış makale, tez ve kitaplar inceledim.

2. KIYI KENTLERİ VE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN KIYI KENTLERİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

2.1 Kentlerin Doğuşu

Neolitik dönemde, M.Ö. 10.000’li yıllarda, insanlar ilk kez yerleşik hayata geçmiştir. İlk köy yerleşimleri, Fırat ve Dicle nehirlerinin arasında kalan ve “Bereketli Hilal” (şekil 2.1) olarak bilinen bölgede ortaya çıkmıştır. Çayönü, Körtik Tepe, Hallan Çemi, Nevali Çöri ve Göbekli Tepe, insanlığın avcı toplayıcılıktan yerleşik tarımsal hayata geçişini simgeleyen bu köylerden bazılarıdır.



Şekil 2.1 : Mezopotamya ve Bereketli Hilal (Url-1).

M.Ö. 7000’li yıllara gelindiğinde Konya-Çatalhöyük yerleşimi karşımıza çıkmaktadır: Nüfusunun 10 bin civarında olduğu düşünülen Çatalhöyük, bilinen köy yerleşimlerinin çok ötesinde özelliklere sahiptir. Birbirine bitişik taş duvarlı evlerden oluşan karmaşık yapısı ile Çatalhöyük, ilk kentlerin ortaya çıkışının habercisi olmuştur (Kuhrt, 2009: 17-19).

Tarihte bilinen ilk kentler Sümerler tarafından M.Ö. 4000’li yıllarda Güney Mezopotamya’da kurulmuştur. Merkezde bir tapınağın çevresinde şekillenen diğer yapılardan oluşan kentlerin etrafı surlarla çevrilidir. Site adı verilen ve siyasal olarak birer devlet niteliğinde olan bu kentlere Ur, Uruk, Eridu, Lagaş, Kiş ve Larsa gibi site devletleri örnek verilebilir. (Kuhrt, 2009: 23-34)

İlk kentlerin ortaya çıkışı ile ilgili çalışmalar yapan Gordon Childe, ‘kentsel devrim’ dediği yaklaşımında, kentlerin toplumdaki organik dayanışmanın bir sonucu olarak ortaya çıktığını belirtmiştir (Huot-Valbella-Tahlmann, 2000: 42).

Mezopotamya’nın ardından Mısır’da da benzer örgütlenmeler görüldü. İlk kentlerin bu bölgelerde kurulmuş olması, Mısır’da Nil Nehrinin, Mezopotamya’da Dicle ve Fırat Nehirlerinin varlığı ile ilişkilidir. Su kaynaklarına kolay erişim imkânı ve tarım için elverişli verimli topraklara sahip olması, insan topluluklarının bu bölgelerde örgütlenmeye başlamasının başlıca sebeplerindendir.

Taşımacılık olanaklarının kısıtlı olduğu erken dönemlerde, bir şehir ancak sakinleri için yeterli yiyecek, su ve yapı malzemesi sağlayabilen bir bölgede kurulabilirdi: Toprak kalitesi ve iklim koşullarının, başlıca faaliyeti yiyecek toplamak veya yetiştirmek olmayan fazla sayıda yerleşimciye, nispeten az sayıda çiftçinin yeterli miktarda gıda üretebilmesine olanak tanınması gerekirdi. (Bosker, 2022)

Güvenilir bir su kaynağının mevcudiyeti, şehir sakinlerinin ve hayvanlarının temiz içme suyu ve tarımsal amaçlı sulama ihtiyacını karşılamak için hayati önem taşımaktadır. Bir nehre, göle veya başka bir tatlı su kaynağına yakın bir konum bu nedenle özellikle çekicidir; çünkü kişi suyu doğrudan kaynağından alabilir veya nispeten az bir çabayla, kurak dönemlerde kullanmak üzere, bir sulama veya su depolama sistemi kurabilir. Üstelik bir nehre veya göle doğrudan erişim, balık kaynağı sunar ve şehir atıklarının bertaraf edilmesi için kolay bir yol sağlar. (Bosker, 2022)

2.2 Kıyıların Kullanılması ve Liman Şehirlerinin Ortaya Çıkışı

Antik çağlarda; önemli sitelerin çoğunlukla kıyı mekanlarında konumlandığı, hatta zaman zaman denizin getirdiği imkanlar sayesinde kendi dönemlerine oranla çok büyük boyutlara ulaştığı bilinmektedir. Korunaklı ve çevreye hakim konumları sebebiyle iç kesimler ile ilişkilerin yok denecek kadar az olması deniz vasıtasıyla dış dünya ile ilişkilerin kurulduğu ve bu yolla uygarlığın deniz aşırı kolonilere ulaşabildiği gözlemlenmektedir (Karabey, 1978).

Ticaret faaliyetlerinin artması ve ilk gemilerin geliştirilmesiyle birlikte, su yolları taşımacılık amacıyla kullanılmaya başlandı ve böylece kıyı bölgeleri ekonomik anlamda cazip hale geldi. Mısırlılar ve daha sonra Fenikeliler, Yunanlılar ve

Romalılar da dahil olmak üzere erken Akdeniz uygarlıkları, kıyı bölgelerinin avantajlarını fark eden ilk halklardan bazılarıdır.

Kıyı denizciliğinin gelişmesiyle beraber kullanılan tekne ve gemilerin güvenli ve korunaklı bir alana olan ihtiyacı, ayrıca taşınan yüklerin yüklenip boşaltılabileceği ve depolanabileceği mekanlara duyulan gereksinim, su kenarlarındaki korunaklı ve girintili alanların liman olarak kullanılmaya başlamasına neden olmuştur (Hudson, 1996).

Akdeniz uygarlıklarından yaklaşık 1000 yıl kadar sonra, Vikingler çok daha farklı bir kıyı ortamına uyum sağlamışlardır. Baltık Denizi ve Kuzey Denizi çevresinde kolonileşirken, tekne yapımı ve denizcilikte ustalaşmışlardır.

Bu ilk kıyı uygarlıkları, verimli Nil deltasından Doğu Akdeniz'in limanlarına ve İskandinavya'nın fiyortlarına kadar, dünyanın çeşitli bölgelerinde deniz ve okyanuslardan yararlandılar. Kıyı bölgelerde iklimin iç bölgelere göre her zaman daha yumuşak olması yaşamı daha kolay ve konforlu bir hale getiriyordu. Aynı zamanda buralara yerleşip çoğalan popülasyon için denizler çok iyi bir protein kaynağı durumundaydı. Limanların oluşması ile dünyanın farklı bölgelerine taşımacılık yapılması mümkünleştirdi ve liman kentleri önemli ticaret merkezleri haline geldiler. Böylece kıyı bölgelerin cazibesi artmış, savunma ve askeri faaliyetler gündeme gelmiştir. Denizlerin askeri amaçlar için de kullanılabileceği düşüncesi ilk donanmaların geliştirilmesine olanak tanımıştır.

Medeniyet ilerleyip nüfus arttıkça, kıyı bölgeleri giderek daha önemli hale gelmiş, Avrupa'nın büyük şehirlerinin çoğu, kıyı şeridi boyunca veya kıyı şeridi yakınında limanlar ve ticaret merkezleri olarak gelişmiştir. Atina, Venedik, Roma, Lizbon, Londra, Amsterdam, Kopenhag ve Stockholm gibi önemli merkezlerden sonra Avrupalılar 17. ve 18. yüzyıllarda Amerika kıtasına yerleştikçe, kıyılarda veya ulaşım elverişli nehirler boyunca pek çok büyük şehir kurulmuştur; bunların arasında New York, Boston, Chicago, Washington, Toronto ve Montreal gibi günümüzde de halen önemli merkezler olan şehirler yer almaktadır. (Griggs, 2017)

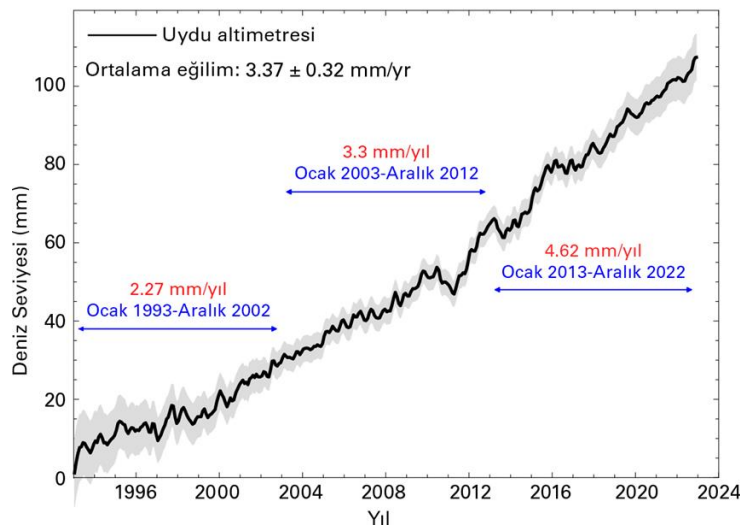
2.3 Kıyı Yerleşimlerindeki Risk ve Tehditler

Tarihsel süreçte, kıyı kentleri stratejik konumları, deniz ticareti ve liman faaliyetleri nedeniyle ekonomik öneme sahip oldu. Ne var ki sık sık, gel-git olayları sonucu

meydana gelen deniz seviyesindeki değişiklikler, fırtınalar ve işgaller gibi tehditlerle karşı karşıya kaldılar. Kıyı yerleşimleri, genellikle bu tür tehditlere karşı altyapılarını güçlendirerek ve savunma sistemleri oluşturarak direnç geliştirmeye çalışmışlardır. Örneğin, pek çok eski liman şehri genellikle surlar, kaleler ve diğer savunma yapıları ile donatılmıştır.

Günümüzde ise kıyı kentleri, iklim değişikliği, global deniz seviyesindeki artış, kıyı erozyonu, şiddetli kasırgalar ve bunlara bağlı fırtına dalgaları gibi doğal afetlerle başa çıkma konusunda daha sofistike bir dirençlilik geliştirmek zorundadır. Sürdürülebilir kentsel planlama, mimarlık ve mühendislik çözümleri, erken uyarı sistemleri gibi modern teknolojiler ve stratejilerle kıyı bölgeleri, olası tehditlere karşı daha hazırlıklı olmak durumundadır.

Dünyanın en büyük şehirlerinin çoğu, başlangıçta deniz seviyesinin yükselmesinin endişe verici olmadığı bir dönemde, deniz seviyesine çok yakın kıyı şeritleri boyunca inşa edilmişti. İklim değişikliğine bağlı olarak, gelecekte sıklaşması beklenen şiddetli fırtınalar veya aşırı olaylarla birlikte global deniz seviyesindeki yükseliş, insan uygarlığının karşılaştığı en büyük sorunlardan biri olacaktır. Dünya Meteoroloji Örgütü'nün (WMO, World Meteorological Organization) yayımladığı 2022 Küresel İklimin Durumu raporuna göre, dünya genelinde artan sıcaklık nedeniyle son 10 yılda deniz seviyesindeki yükselmenin 1990'lı yıllara kıyasla iki katına çıktığı görülmektedir (WMO, 2022). 1993-2002 yılları arasında yılda 2.27mm'lik artış ölçümlenirken, 2003-2012 yılları arasında 3.3mm, 2013-2022 yılları arasında ise 4.62mm artış gerçekleşmiştir (şekil 2.2).



Şekil 2.2 : Yıllara göre deniz seviyesindeki yükselme (WMO, 2022).

Birleşmiş Milletlere göre 2050 yılına kadar 6 milyardan fazla insanın şehirlerde yaşaması bekleniyor (Griggs, 2017). Dünyanın en büyük şehirlerinin yarısından fazlası liman şehirleridir. Bu şehirlerin alçak rakımları ve artan nüfusları nedeniyle benzersiz zorluklarla karşı karşıya kalacakları öngörülmektedir. Dünyanın dört bir yanındaki 130'dan fazla liman kenti, artan deniz seviyesi, şiddetli fırtınalar nedeniyle oluşan su baskınları ve bazı bölgelerde yerel arazi çökmeleri nedeniyle artan bir risk altında bulunuyor. Bu şehirlerin hiçbiri deniz seviyesinin yükselmesi düşünülerek planlanmamıştı. (Griggs, 2017)

2.4 Küresel Isınma

Küresel ısınma, Dünya'nın atmosfer ve okyanuslarının ortalama sıcaklığının zaman içinde artması olarak tanımlanır. Bu artışın temel nedeni, insan faaliyetleri sonucu atmosfere salınan sera gazlarının (karbon dioksit, metan ve azot oksitler) birikmesidir. Sera gazları, güneşten gelen ışınları yakalar ve atmosferde biriken sıcaklığı artırarak Dünya'nın ısınmasına neden olur.

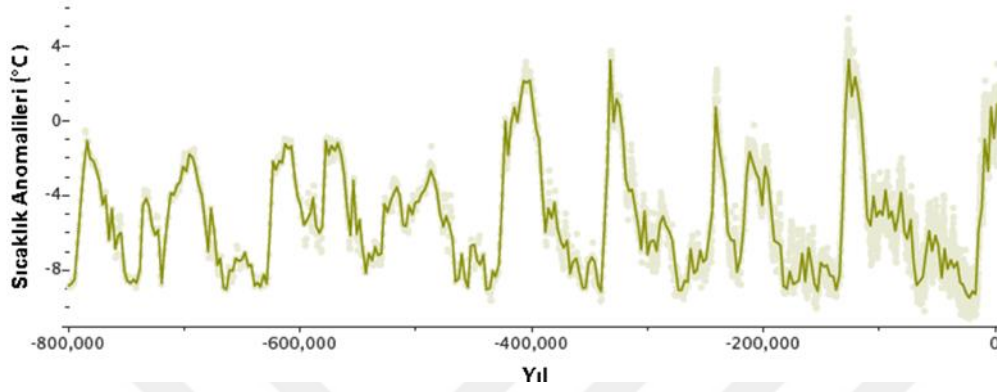
Amerikan Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi (NASA) küresel ısınmayı şu şekilde açıklamaktadır:

“Küresel ısınma, yeryüzündeki ve okyanuslardaki sıcaklıkların uzun vadeli bir artışını ifade eder. Bilimsel araştırmalar, sera gazlarının (örneğin karbon dioksit ve metan) atmosferde birikmesinin, bu artışın başlıca nedeni olduğunu göstermektedir. İklim bilimcileri, bu artışın çeşitli etkiler yaratacağını, bunlar arasında deniz seviyelerinin yükselmesi, aşırı hava olayları, sıcaklık değişiklikleri ve ekosistemlerde bozulmalar bulunduğunu belirtmektedir.”

Dünya'ya gelen güneş ışınlarının yaklaşık %30'u uzay boşluğuna geri yansıtılırken, geri kalan %70'inin büyük bir çoğunluğu okyanus ve kara parçaları tarafından, bir kısmı da atmosfer tarafından emilir (Riebeek, 2010). Kara parçaları, denizler ve hava ısındıkça ısı enerjisi yayarlar. Atmosfere dağılan bu enerji, su buharı ve sera gazları tarafından tutulur ve geri Dünya'ya yansıtılır. Doğal sera etkisi aslında Dünya için faydalı bir durumdur. Doğal sera etkisi olmasaydı Dünya'nın ortalama yüzey sıcaklığı 0°C olurdu (Riebeek,2010).

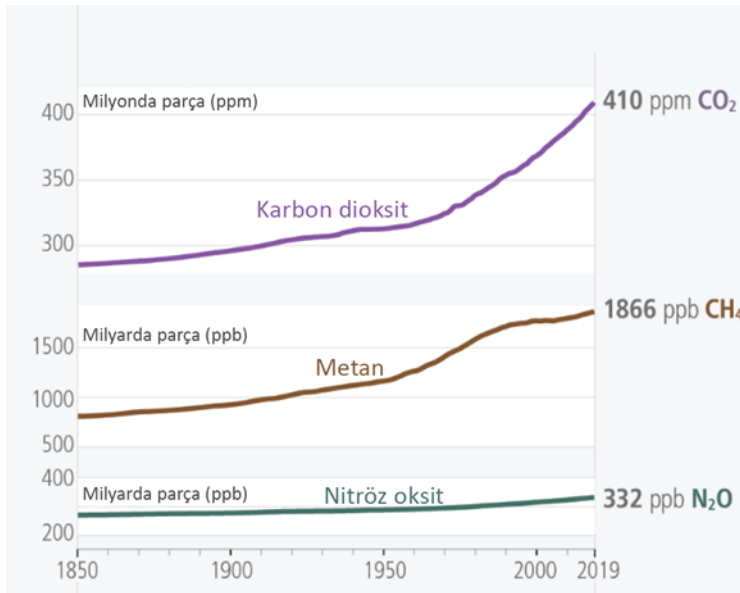
Sera gazlarının izleri 800.000 yıldan daha öncesine kadar sürülerek, Dünya'nın geçmiş iklimleri modellenmiştir. Bu paleoiklim verilerine göre (Şekil 2.3) Dünya'da

geçmişte buz devirleri yaşandığı gibi günümüzden daha sıcak dönemler de olmuştur. Ancak günümüzde yaşanan küresel ısınma Dünya'nın doğal döngüsüne göre çok hızlı bir şekilde gerçekleşmiştir. Geçmiş 5000 yıl boyunca küresel sıcaklığın 4-7°C kadar bir artış göstermesine karşılık sadece geçtiğimiz yüzyılda 0.7°C'lık bir ısınma ölçümlenmiştir. (Riebeek,2010)



Şekil 2.3 : Paleoiklim verilerine göre sıcaklık anomalileri (Url-2).

IPCC'nin 2021 yılında yayınladığı 6. değerlendirme raporuna göre, yaklaşık 1750 yılından beri atmosferdeki sera gazı konsantrasyonunda artışlar gözlenmektedir. 2019 yılında yapılan ölçümlere göre (Şekil 2.4) atmosferdeki yıllık ortalama karbondioksit (CO₂) konsantrasyonu 410ppm, metan (CH₄) 1866ppb ve nitroz oksit (N₂O) 332ppb'ye ulaşmıştır. Buna göre yüzey sıcaklıkları da artmaya devam etmiştir.



Şekil 2.4 : Yıllık ortalama sera gazı konsantrasyonlarındaki artış. (IPCC, 2021)

Küresel ısınmanın ana nedenleri şu şekilde sıralanabilir:

1. Sera Gazları: İnsan faaliyetleri, özellikle kömür, petrol ve doğalgaz gibi fosil yakıtların yanması ve endüstriyel süreçler, atmosferdeki sera gazı miktarını artırıyor. Karbondioksit, metan, kloroflorokarbonlar ve azot oksitler gibi sera gazları, güneş ışınlarının bir kısmını yakalayıp yeryüzüne geri yansıtarak dünyanın ısınmasına sebep oluyorlar.
2. Ormansızlaştırma: Ormanların kesilmesi, karbondioksitin atmosferden emilimine yardımcı olan fotosentez sürecini olumsuz etkilemektedir. Kesilen ağaçların çürümesi veya yakılması halinde ise CO₂ salınımına yol açıyor.
3. Sanayi ve Ulaşım: Endüstriyel süreçler, fabrikalar, enerji üretimi ve ulaşım gibi faaliyetler fosil yakıtların kullanıldığı süreçlerdir; bu durum atmosfere büyük miktarda sera gazı salınmasına sebep olmaktadır.
4. Tarım: Tarım uygulamalarındaki gübre kullanımı ve hayvan çiftliklerinde ortaya çıkan gübreler, hayvan yemi üretimi faaliyetleri kapsamında metan ve azotlu oksitler gibi sera gazlarının salınımı artırıyor.
5. Su Buharı: Güneş ışığının yeryüzüne ulaşmasının ardından ısınan su yüzeylerden buharlaşmaya başlamaktadır. Atmosfere salınan bu su buharı molekülleri, güneşten gelen ışığın bir kısmını tutar ve bu durum sera etkisine sebep olur.

2.5 İklim Değişikliği

İklim değişikliği, iklimin ortalama durumunda onlarca yıl ya da daha uzun yıllar boyunca devam eden istatistiksel olarak anlamlı değişimlerdir (Türkeş, 2008). Küresel ısınma iklim değişikliğinin bir biçimidir. Soğuma şeklinde de gerçekleşebilen iklim değişikliği bugün kuraklık, buzulların erimesi, ani hava olayları, fırtına, deniz seviyesinin yükselmesi gibi olaylarla kendini göstermekte ve dünya yüzeyinde geri dönüşsüz yıkımlara neden olmaktadır.

İklim değişikliğinin tarihsel değişimine bakıldığında dünyanın, oluşum sürecinden itibaren ısınma ve soğuma dönemlerini yaşadığı görülmektedir. Geçmişteki bu olaylar doğanın kendi döngüsü ve şartları içerisinde oluşmuştur ancak 1800'lü yıllarda başlayan Sanayi Devrimiyle birlikte doğrudan insan faaliyetleri sonucu

meydana gelen iklim değışikliğı bu yönüyle geçmişteki iklim değışmelerinden tamamen farklı bir olgudur (Akın ve diğ., 2004; Ersoy, 2006).

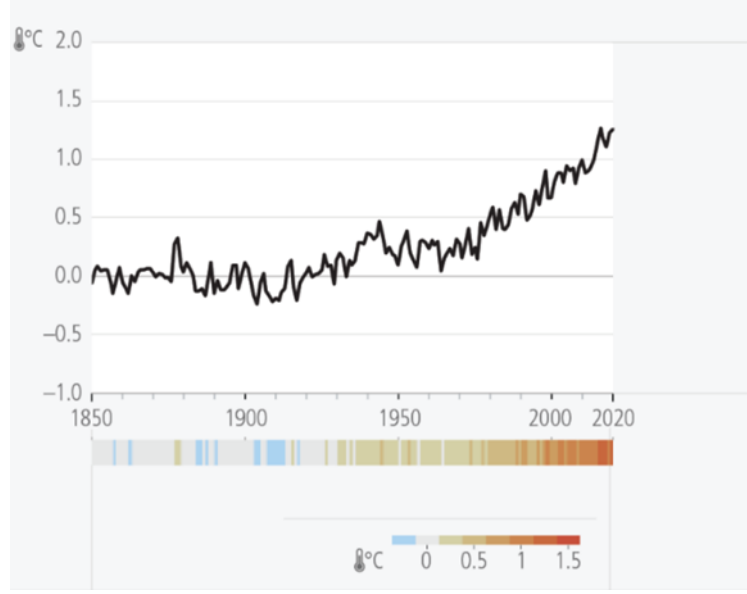
İklim değışikliklerinin olma ihtimalini 1896 yılında ilk kez Svante Arrhenious ifade etmiş ve meslektaşlarıyla birlikte volkanik patlamalar ve okyanus emilimi sonucu oluşan değışimleri değerlendirerek karbon döngüsünü araştırmışlardır. Bunun yanı sıra bir başka faktör olarak insan etkisini de ilk kez değerlendirmeye almışlardır. Yaptıkları çalışmalar sonucunda, atmosferde bulunan karbon iki katına çıktığı takdirde, dünyanın ısısının 5-6 derece artacağını, ancak bunun yüzlerce yıl süreceğini öngörmüşlerdir.

Birleşmiş Milletler Hükümetler Arası İklim Değışikliğı Paneli (Intergovernmental Panel on Climate Change-IPCC)'ne göre; iklim değışikliğı ifadesi, uzun bir zaman diliminde yapılan çalışmalarda iklim sisteminin sıcaklık, yağış gibi ana parametrelerinde tespit edilen doğal ya da insan faktörlü değışimler anlamına geliyor. IPCC'nin bu tanımı, BMİDÇS'nin (Birleşmiş Milletler İklim Değışikliğı Çerçeve Sözleşmesi) iklim değışikliğı tanımıyla da uyumludur ve her ikisinde de insan faktörü vurgusuyla, genel olarak insan faaliyetleriyle iklim değışikliğı arasındaki ilişkiye işaret edilmektedir (IPCC, 2007a: 30; UN, 1992: 3).

Yaklaşık 1750'den beri sera gazı konsantrasyonlarında gözlemlenen artışlar, kesinlikle insan faaliyetlerinden kaynaklanmaktadır. 1850–1900'dan 2010–2019'a kadar insan kaynaklı toplam muhtemel küresel yüzey sıcaklığı artışı 1,07°C'dir. Sera gazlarının 1.0°C ila 2.0°C'lik bir ısınmaya, diğer insan kaynaklı faktörlerin (esas olarak aerosoller) 0.0°C ila 0.8°C'lik bir soğumaya katkıda bulunduğu gözlemlenmektedir. Ayrıca, küresel yüzey sıcaklığını, doğal etkenler –0,1°C ila 0,1°C, iç değışkenlik ise –0,2°C ila 0,2°C aralığında etkilemiştir. Sera gazları 1979'dan beri troposferik ısınmanın ana etmenidir. İnsan kaynaklı stratosferik ozon incilmesi ise, 1979 ile 1990'ların ortaları arasında alt stratosferin soğumasının ana itici gücüdür. (IPCC, AR6 2023)

2.5.1 İklim değışikliğinde güncel durum

IPCC'nin 2023 yılında yayınladığı 6. iklim değışikliğı raporuna göre, sera gazı emisyonlarının artması sebebi ile insan faaliyetleri, kesin olarak küresel ısınmaya neden olmuş ve küresel yüzey sıcaklığı 2011-2020 döneminde 1850-1900 döneminin 1,1°C üzerine çıkmıştır (Şekil 2.5).



Şekil 2.5 : Küresel yüzey sıcaklıklarındaki artış. (IPCC, 2023)

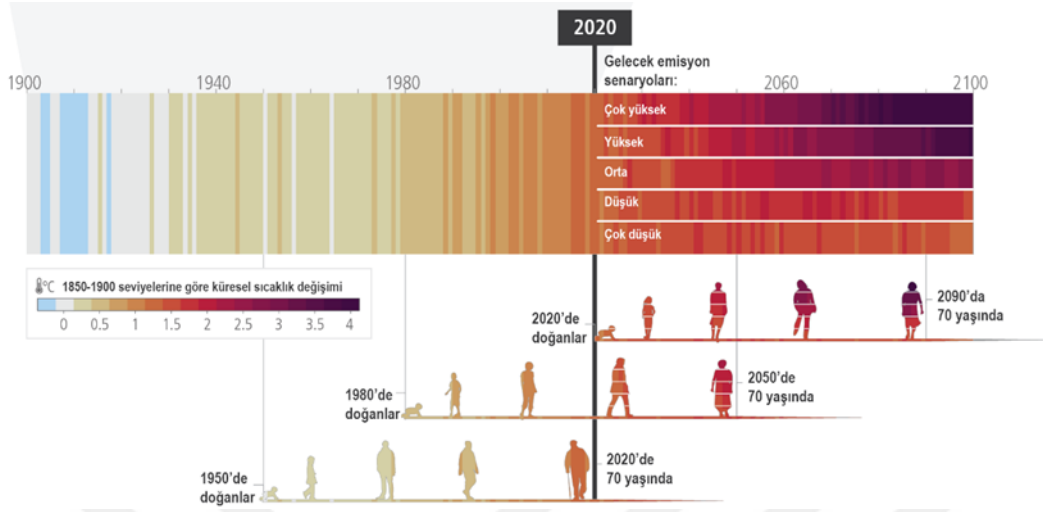
Küresel sera gazı emisyonları, sürdürülebilir olmayan enerji kaynaklarının kullanımı, yanlış arazi kullanımları ve arazi kullanımlarındaki değişiklikler, dünya genelinde eşit olmayan üretim ve tüketim kalıpları sebebiyle artmaya devam etmiştir. Atmosferde, okyanuslarda, kriyosferde (Kriyosfer, yalnızca katı buz veya kar şeklinde suyun bulunduğu Dünya üzerindeki tüm donmuş yerleri ifade eder.) ve biyosferde yaygın ve hızlı değişiklikler meydana gelmiştir. İnsan kaynaklı iklim değişikliği halihazırda dünyanın her bölgesinde birçok hava ve iklim aşırılığını etkilemektedir. Bu durum, doğa ve insanlar üzerinde yaygın olumsuz etkilere ve buna bağlı kayıp ve zararlara yol açıyor. (IPCC AR6, 2023)

İnsan kaynaklı iklim değişikliği şimdiden dünyanın her bölgesinde birçok ekstrem hava ve iklim olaylarına sebep olmaktadır. Sıcak hava dalgaları, yoğun yağışlar, kuraklıklar ve tropikal siklonlar gibi ekstrem hava olaylarında gözlemlenen değişiklikleri ve özellikle bunların insanlara etkileri, IPCC'nin 5. raporundan bu yana daha da güçlenmiş bulunuyor.

2.5.2 İklim değişikliğinin geleceği ve riskler

Küresel yüzey sıcaklığı, dikkate alınan tüm emisyon senaryoları altında en azından yüzyılın ortalarına kadar artmaya devam edecektir. Önümüzdeki yıllarda CO₂ ve diğer sera gazı emisyonlarında ciddi azalmalar olmazsa, 21. yüzyılda 1,5°C ve 2°C'lik küresel ısınma limiti aşılacaktır (IPCC AR6, 2023). Gelecek nesillerin nasıl

bir dünyada yaşayacağı ise sera gazı emisyonlarında gerçekleştirilecek olan azaltımlara bağlıdır (Şekil 2.6).



Şekil 2.6 : Farklı sera gazı emisyonu senaryolarına göre gelecek nesillerin karşı karşıya kalacağı sıcaklık artışları. (IPCC, 2023)

IPCC, farklı sera gazı emisyonu senaryolarına göre kısa vadeli, orta vadeli ve uzun vadeli sıcaklık artışları hakkında tahminlerde bulunmuştur (Çizelge 2.1). 1850–1900 ile karşılaştırıldığında, 2081–2100 döneminde ortalama küresel yüzey sıcaklığının, çok düşük sera gazı emisyonu senaryosu (SSP1-1.9) altında 1,0°C ila 1,8°C olması, orta seviye sera gazı emisyonları senaryosunda (SSP2-4.5) 2,1°C ila 3,5°C ve çok yüksek sera gazı emisyonları senaryosu (SSP5-8.5) altında 3,3°C ila 5,7°C olması muhtemeldir. Küresel yüzey sıcaklığı 1850–1900 dönemine kadar en son 3 milyon yıldan fazla zaman önce 2,5°C veya üzerinde olmuştur. (IPCC AR6, 2023)

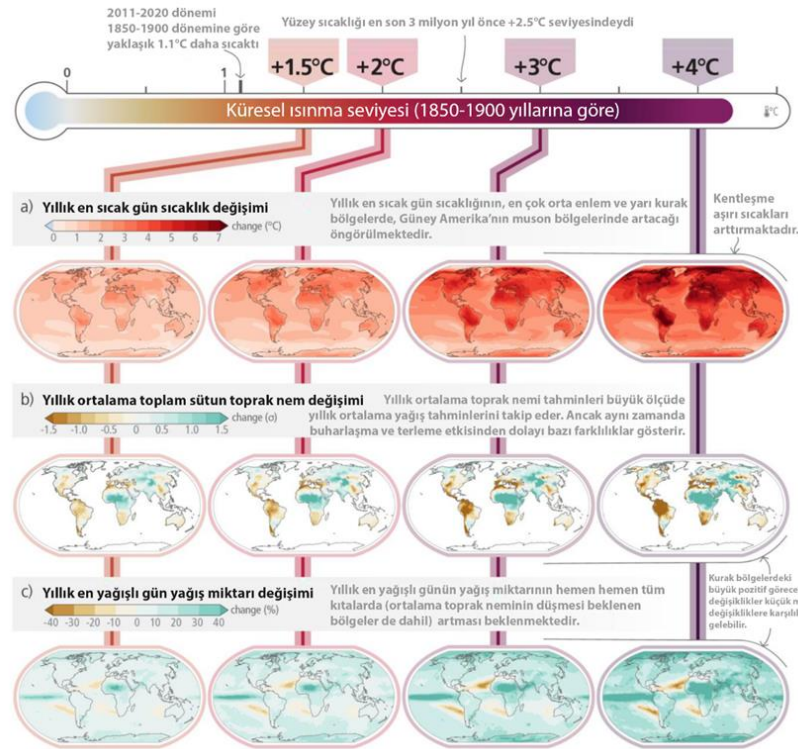
Çizelge 2.1 : Sera gazı emisyonu senaryoları ve sıcaklık artışı (IPCC AR6, 2023).

	2021-2040		2041-2060		2081-2100	
Senaryo	En iyi tahmin (°C)	Çok muhtemel aralık (°C)	En iyi tahmin (°C)	Çok muhtemel aralık (°C)	En iyi tahmin (°C)	Çok muhtemel aralık (°C)
SSP1-1.9	1.5	1.2-1.7	1.6	1.2-2.0	1.4	1.0-1.8
SSP1-2.6	1.5	1.2-1.8	1.7	1.3-2.2	1.8	1.3-2.4
SSP2-4.5	1.5	1.2-1.8	2.0	1.6-2.5	2.7	2.1-3.5
SSP3-7.0	1.5	1.2-1.8	2.1	1.7-2.6	3.6	2.8-4.6
SSP5-8.5	1.6	1.3-1.9	2.4	1.9-3.0	4.4	3.3-5.7

Çizelge 2.1’de gösterilen yüksek (SSP3-7.0) ve çok yüksek (SSP5-8.5) sera gazı emisyonu senaryoları altında, 1850–1900’e göre 2°C’lik küresel ısınmanın, 21. yüzyılda aşılacağı öngörülmektedir. Orta seviye sera gazı emisyonları senaryosunda

(SSP2-4.5) 2°C'lık küresel ısınma limitleri büyük olasılıkla aşılacaktır. Çok düşük (SSP1-1.9) ve düşük (SSP1-2.6) sera gazı emisyonu senaryolarında, 2°C'lık küresel ısınmanın aşılması pek olası değildir. Orta vadeli dönemde (2041–2060), 2°C'lık küresel ısınma seviyesinin aşılması, çok yüksek sera gazı emisyonları senaryosu (SSP5-8.5) altında çok muhtemel, yüksek sera gazı emisyonları senaryosu (SSP3-7.0) altında ise muhtemeldir. Orta seviye sera gazı emisyonları senaryosunda (SSP2-4.5) ise aşılma seviyesinin gerçekleşme olasılığı gerçekleşmeme olasılığından daha muhtemeldir.

Şekil 2.7’de ortalama yüzey sıcaklıklarının 1.5°C, 2°C, 3°C ve 4°C artması durumunda yıllık en sıcak gün sıcaklık değişimi, yıllık ortalama toprak nem değişimi ve yıllık en yağışlı gün yağış miktarı değişimi gösterilmiştir (IPCC, 2023). Buna göre, yıllık en sıcak gün sıcaklığının, en çok orta enlemlerde bulunan ve yarı kurak bölgelerde, Güney Amerika’nın muson bölgelerinde artacağı öngörülmektedir. Yıllık ortalama toprak nemi tahminleri ise büyük ölçüde yıllık ortalama yağış tahminlerini takip eder. Ancak buharlaşma ve terlemeden faktörlerinden dolayı farklılık gösterebilir. IPCC’nin tüm senaryolarına göre, yıllık en yağışlı günü yağış miktarının hemen hemen tüm dünyada artması beklenmektedir.



Şekil 2.7 : Yüzey sıcaklıklarının 1.5°C, 2°C, 3°C ve 4°C artması durumunda öngörülen iklimsel değişimler (IPCC, 2023)

Küresel ortalama sıcaklıklarda meydana gelen her yükselmede, aşırı iklimsel olaylar daha da belirgin hale gelecektir. Bu durumun denizlerdeki sıcak hava dalgalarının sıklaşıp yoğunlaşmasına, permafrost (donmuş toprak) erimelerinin artmasına, mevsimsel kar örtüsünün, buzulların, kara buzlarının ve arktik deniz buzlarında kayıplara sebep olacağı öngörülmüyor (IPCC,2023). Devam eden küresel ısınma, muson yağışlarını, çok kurak ve çok yağışlı dönemleri ve mevsimleri etkileyerek, küresel su döngüsünü değiştirecektir.

Küresel ısınma sebebiyle iklim sisteminde öngörülen değişiklikler, bu değişikliklerin gerçekleşme ihtimalleri ve ortaya çıkaracağı sonuçlar hakkında IPCC'nin 6. değerlendirme raporunda detaylı bir şekilde açıklamıştır. Çizelge 2.2'de küresel iklimin sıcaklaşması, sıcak hava dalgalarının ve şiddetli yağışların sıklaşması, kuvvetli tropical siklonların artması, deniz seviyesinin aşırı yükseldiği vakaların artması konusunda öngörüler ve beklenen sonuçlar özetlenmiştir. İklim değişikliğinin güncel durumu ve gelecek için öngörülen emisyon senaryoları dikkate alındığında, iklimin sıcaklaşmaya devam edeceği kesindir. Aşırı hava olayları ve deniz seviyesinin yükselmesi gibi olası etkiler yerleşimleri tehdit etmeye devam edecektir.

Çizelge 2.2 : İklim olaylarındaki olası değişimler ve sonuçları (IPCC AR6'dan yararlanılarak yazar tarafından oluşturulmuştur).

İklim Olaylarındaki Değişimler ve Gerçekleşme Olasılıkları	Sonuçlar
İklimin sıcaklaşması (Neredeyse kesin): Soğuk gün ve gecelerin azalması, sıcak gün ve gecelerin artması	• Isı adası etkisi • Soğutma ihtiyacının artması • Kentlerdeki hava kalitesinin düşmesi • Kış turizminin olumsuz etkilenmesi • Isınma talebi için gereken enerjinin azalması • Kar ve buzlanma sebebi ile yaşanan aksaklıkların azalması
Sıcak hava dalgalarının sıklaşması (Yüksek ihtimal)	• Su talebinin artması • Su kalitesinde problemler • Aşırı sıcaklar sebebiyle yaşlı, kronik hasta ve küçük çocukların üzerindeki risklerin artması • Sıcak bölgelerde yaşayan ve uygun yerleşimleri olmayan insan için hayat kalitesinin düşmesi

Çizelge 2.2 (devam) : İklim olaylarındaki olası değişimler ve sonuçları (IPCC AR6'dan yararlanılarak yazar tarafından oluşturulmuştur).

Şiddetli yağışların sıklaşması (Yüksek ihtimal)	• Yüzey ve yeraltı sularının olumsuz etkilenmesi • Su kaynaklarının kirlenmesi • Bulaşıcı solunum yolu ve cilt hastalıklarının artması • Seller sebebiyle yerleşimlerin, ticaret ağlarının, ulaşım ve altyapı sistemlerinin zarar görmesi • Zorunlu göçlerin artması • Kentsel ve kırsal altyapı üzerindeki yükün artması • Mülk kayıpları • Su stresinin kısa vadede hafiflemesi
Kuvvetli tropikal siklonların artması (Muhtemel)	• Elektirik kesintileri • Kamusal su kaynaklarında bozulma • Su ve gıda kaynaklı hastalıklarında artma • Sel ve şiddetli rüzgarlar sebebiyle aksaklar oluşması • Hassas bölgelerde risk teminatlarının sigorta şirketleri tarafından geri çekilmesi • Göçlerin artması • Mülk kayıpları
Deniz seviyesinin aşırı yükseldiği vakaların artması	• Tuzlu suyun tatlı suya karışması sonucu içme suyu kaynaklarının azalması • Sellere bağlı boğulma vakalarında artış • Mal ve can kayıplarının artması • Kalıcı erozyon ve sular altında kalan toprakların artması • Kıyı koruma maliyetlerinin artması • Nüfusun göç etmesi ve arazi kullanımının yer değiştirmesi

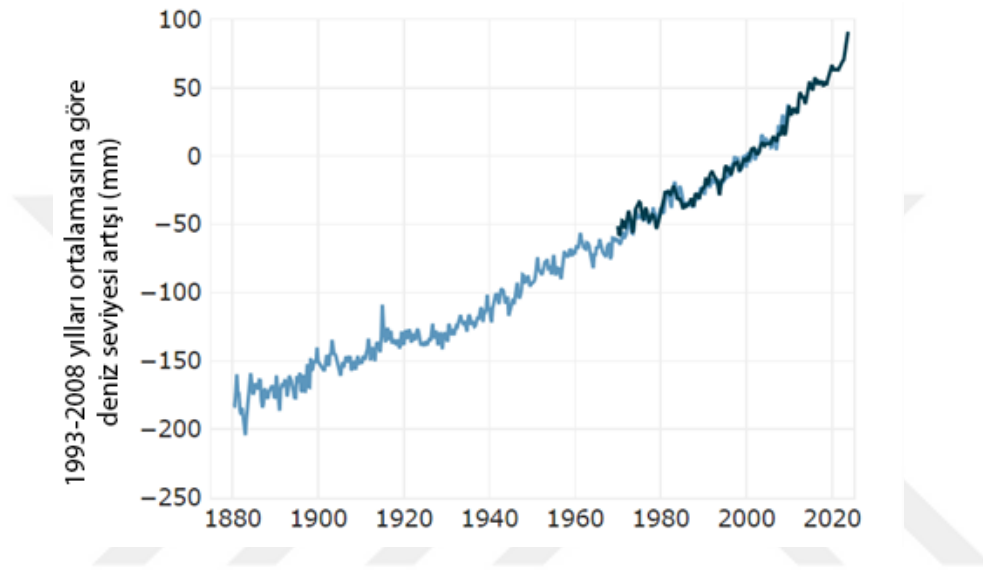
2.6 İklim Değişikliğinin Kıyı Kentleri Üzerindeki Etkileri

Dünya nüfusunun yaklaşık %10'u alçak rakımlı kıyı bölgelerinde yaşıyor. Kıyılar iklim değişikliğine karşı oldukça savunmasız bir durumdadır. Özellikle deniz seviyelerindeki yükselme, kıyı erozyonu, kasırgalar, fırtına dalgalarının yüksekliklerindeki artış ve seller kıyı yerleşimlerini tehdit etmektedir.

Kıyılar ticaretin, balıkçılığın ve turizmin odak noktalarıdır ve bu nedenle hem yerel hem de ulusal ekonomiler için hayati önem taşımaktadır. Kıyı kentlerinin korunması için iklim değişikliğinin etkilerinin doğru bir şekilde anlaşılması ve kıyılarda yaşayan nüfusun yeni koşullara adaptasyonun sağlanması gerekmektedir.

Deniz seviyesinin yükselmesi, daha yüksek atmosfer ve okyanus sıcaklıkları, değişen yağış oranları ve daha sık görülen aşırı hava olayları kıyılardaki iklim değişikliğinin başlıca kanıtlarıdır.

Deniz Seviyelerindeki Yükselme: Okyanuslardaki termal genişleme ve buzulların erimesi, deniz seviyelerindeki artışın temel nedenleridir. Global deniz seviyesi artışının, 21. yüzyıl boyunca kıyı bölgelerinin %95'ini tehdit etmesi beklenmektedir. Bu durum küçük ada devletleri için de çok acil bir sorundur.



Şekil 2.8 : Deniz seviyesindeki artış (Url-3).

Yükselen deniz seviyeleri (Şekil 2.8), alçak rakımlı kıyı bölgelerinin daha sık ve daha güçlü seller ile karşı karşıya kalmasına sebep olur. Bu durum kentsel alt yapının sular altında kalmasına, binaların, yolların ve tüm alt yapının zarar görmesine yol açabilir.

Deniz seviyelerindeki yükselme, kıyı erozyonunu arttırarak arazi ve mülk kayıplarına sebep olurken bu durum, kıyı kentlerinin ve topluluklarının uzun vadeli istikrarı için bir tehdit oluşturur.

Deniz seviyeleri yükseldikçe, tuzlu su ve tatlı suyun birbirine karışması sonucu içme suyu kaynakları kirlenebilir. Hem insan tüketimi hem de tarımsal faaliyetler için ihtiyaç duyulan tatlı su arzı olumsuz bir şekilde etkilenir.

Fırtınaların sıklığında ve şiddetindeki artış: Yükselen deniz seviyeleri, fırtınalarla birleşerek çok daha büyük fırtına dalgalanmalarını tetikleyebilir. Bu dalgalar, hızlı ve

şiddetli bir şekilde kıyılara ulaşarak kıyı sellerine yol açar. Kıyı selleri, kentsel alt yapıya ciddi hasarlar verirken, can güvenliği açısından da büyük bir tehdit demektir.

Kasırğa ve tayfunlar, binalar, limanlar ve diğer kritik altyapıya hasar verebilir. Bu olayların görülme sıklığı arttıkça, yeniden inşa ve onarım çabaları daha zor bir hale gelir.

Okyanus Asidifikasyonu: Okyanuslar atmosferdeki sera gazlarının dörtte birinden fazlasını soğurur. Karbondioksit güçlü bir sera gazıdır. Karbondioksit denizlerde çözünerek karbonik aside dönüşür ve bu da denizlerdeki asitlik seviyesini artırır. Bu olayın geniş çapta yaşanmasına okyanus asidifikasyonu denir. Bu durum mercan resiflerinin sağlığını olumsuz etkileyerek beyazlaşmasına sebep olur. Mercan resifleri, kıyıları fırtına dalgalanmalarından koruyan doğal bir bariyer olarak görev yapmaktadır. Mercan resiflerinin yok olması kıyıları daha da savunmaz bir hale getirir.

Ekstrem sıcaklıklar: Kıyı kentlerinin daha sık ve uzun süreli sıcaklık dalgaları yaşayabilecekleri tahmin ediliyor. Aşırı sıcaklar, özellikle küçük çocuklar ve yaşlılar gibi risk altındaki grupları olumsuz etkileyebilir.

Sıcaklıkların yükselmesi, daha fazla soğutma ihtiyacını da beraberinde getirerek, enerji talebinin artmasına sebep olur. Bu durum enerji sistemleri üzerindeki yükü ve dolayısıyla da enerji maliyetlerini yükseltir ve hatta potansiyel enerji kesintilerine yol açabilir.

Biyçeşitliliğin azalması: Kıyı ekosistemleri, mangrov ve sulak alanlar gibi iklim değişikliğine duyarlı habitatlar içerir. Yükselen deniz seviyeleri ve ekstrem sıcaklıklar, bu habitatların yok olmasına ve bu alanlara bağımlı yaşayan türlerin kaybına yol açabilir.

Ekonomik etkiler: Aşırı hava olaylarının yarattığı fiziksel hasarlar ve iklim değişikliğinin uzun vadeli etkileri, kıyı şehirleri için önemli ekonomik sonuçlar doğurabilir. Kıyılardaki hasar riskleri artıkça, buralardaki gayrimenkul değerleri düşecek, turizm olumsuz etkilenecek ve yerel ekonomiler üzerinde tehdit oluşacaktır.

Turizm ve balıkçılık gibi kıyı kaynaklarına dayalı endüstriler, ekosistem değişiklikleri ve altyapı problemleri sebebi ile aksamalara uğrayabilir. Limanların zarar görmesi ve işleyişinin bozulması hem yerel hem de ulusal ekonomileri olumsuz etkiler.

Göç: Yükselen deniz seviyeleri ve aşırı hava olaylarındaki artış, kıyı bölgelerde yaşayan insanların yer değiştirmesine sebep olabilir. Bu yer değiştirme, iklim mültecilerinin ortaya çıkmasına yol açabilir. Farklı yerlere göç etmek zorunda kalan nüfus, gittikleri bölgelerde konut ve sosyal hizmetler açısından ek bir baskıya neden olabilir.

Tüm bu etkiler ve potansiyel risklerle başa çıkabilmek için, sera gazı emisyonlarının azaltılmasına yönelik daha kararlı bir mücadele edilmesi ve kentsel dirençliliğin artırılması kritik bir öneme sahiptir. Kıyı şehirleri, değişen iklim koşullarının etkilerini en şiddetli olarak hisseden yerlerdir. Bu bölgelerin, gelecek tehditlere karşı hazırlıklı olması için sürdürülebilir dirençlilik politikaları benimsenmelidir.

2.7 Risk Altındaki Bazı Kıyı Kentleri

Dünya genelinde yaklaşık 1,6 milyon kilometrelik bir kıyı şeridi, denize kıyısı olan 140 ülke arasında paylaşılmaktadır. Dünyadaki büyük şehirlerin üçte ikisi bu kıyılardadır. Günümüzde 1 milyar insan, deniz seviyesinin sadece 10m üzerinde yaşıyor. Global deniz seviyesi, güvenilir uydu ölçümlerinin yapılmaya başladığı 1993 ile 2017 yılları arasında yılda 2,7mm ile 3,5mm arasında artış göstermiştir. Bu rakam ilk bakışta küçük gibi görünse de GDS'yi 1 santimetre yükseltmek 3 trilyon tondan fazla buzun erimesi anlamına gelmektedir. IPCC'nin verilerine göre, 20. yüzyılda deniz seviyesi yaklaşık 19cm yükselmiştir. Bu yüzyılda ise bunun en az iki katı kadar yükselmesi beklenmektedir.

Deniz seviyesindeki bir metre civarındaki bir yükselme dünyaya çok pahalıya mal olacaktır. Sıklığı ve şiddeti artan fırtınalar ve fırtına kabarmalarından kaynaklanan ölümleri bir kenara bırakırsak, 2014 yılında yapılan tahminlere göre 2100 yılına kadar deniz taşkınları sebebiyle risk altında olan mülklerin değeri 20 trilyon ila 200 trilyon dolar arasında olacaktır. Yapılan araştırmalara göre, Amerika'da günümüzde 1,1 trilyon dolar değerinde olan 2,5 milyon kıyı mülkü her iki haftada bir sel riski altında olabileceği tahmin edilmektedir. (Economist)

Bu noktada incelenmek üzere Amerika, Avrupa ve Asya kıtalarından olmak üzere farklı coğrafi bölgelerden, deniz seviyesi yükselme riski ve iklim değişikliğinin etkilerine yönelik çalışmaların yapıldığı bazı kentlerin üzerinde durmak gerekir: Amerika kıtasından New York, Akdeniz Havzasından Venedik, Kuzey Avrupa'dan

Rotterdam ve Asya'dan Singapur örnekleri ele alınmıştır. Bu kentlerin uyguladıkları iklim değişikliğine adaptasyon stratejileri Çizelge 2.3'te özetlenmiş ve ardından detaylı bir şekilde açıklanmıştır.

Çizelge 2.3 : Risk altındaki bazı kıyı kentleri ve iklim değişikliğine adaptasyon stratejileri (Yazar tarafından oluşturulmuştur).

	İklim Kaynaklı Riskler	Adaptasyon Stratejileri
New York	- Deniz seviyesi yükselmesi - Kasırgalar - Kıyı selleri - Pluvial seller - Sıcak hava dalgaları	- Big U projesi kapsamında sel bariyerleri, yükseltilmiş parklar, sel duvarları, altyapıda güçlendirme - İmar yönetmeliklerinde değişiklikler - Sera gazı emisyonlarını azaltma hedefleri - Ekstrem koşullara karşı toplum sağlığının korunması için önlemler
Rotterdam	- Deniz seviyesi yükselmesi - Kıyı selleri - Pluvial seller	- Sel bariyerleri - Bentler - Su plazaları - Çok amaçlı çatılar - Yeşil altyapı - Sera gazı emisyonlarını azaltma hedefleri
Venedik	- Deniz seviyesi yükselmesi - Kıyı selleri - Pluvial seller	- MOSE projesi kapsamında sel bariyerleri - Bebek MOSE projesi - Bazı kıyı bölgelerinde yükseltmeler - Altyapı ve drenaj sistemlerinde güçlendirme - STREAM ve AdriaClim Projeleri
Singapur	- Deniz seviyesi yükselmesi - Kıyı selleri - Pluvial seller - Kuraklık - Su kıtlığı	- Sele karşı güçlendirilmiş altyapı - Kıyı koruma duvarları - Bazı bölgelerde arazi yükseltmeleri - Yeşil bina standartları - Kullanılmış suyu arıtma (NEWater) ve tuzlu su arıtma tesisleri - Biyoçeşitliliğin güçlendirilmesi, mangrov alanlarının restore edilmesi

2.7.1 New York

New York eyaleti, küresel ticaretin merkezinde, pek çok farklı topluluğa ev sahipliği yapan ekonomik ve kültürel bir güç odağıdır. İklim değişikliği, eyaletin her bölgesinde etkilerinin hissettirmeye başlamış durumdadır. Geçim kaynakları ve dolayısıyla ekonomik ve sosyal kurumlar üzerinde tehditler oluşturmaktadır.

New York Eyaleti Enerji Araştırma ve Geliştirme Dairesi (New York State Energy Research and Development Authority, NYSERDA) tarafından hazırlanmakta olan, New York Eyaleti İklim Etkileri değerlendirme raporuna göre, New York eyaleti genelinde, ortalama hava sıcaklıkları artıyor. Şiddetli yağışlar ve aşırı sıcak hava dalgaları daha uzun süreli bir hale gelmiştir. Kıyı şeridi boyunca deniz seviyeleri yükselmektedir. NYSERDA tarafından yapılan araştırmalara göre, bu değişikliklerin görülmeye devam edeceği ve hatta hızlanacağı tahmin ediliyor.

New York eyaletinde iklim değişikliğinin toplum, ekonomi ve doğal ekosistemler üzerinde şimdiden derin bir etkisi vardır. Tarımsal büyüme mevsiminde dalgalanmalar yaşanırken bitki ve yaban hayatı popülasyonlarında değişimler görülmektedir. Kıyı ve iç kesimlerde sel baskınları daha sık yaşanmaktadır. Felakete yol açan hava olaylarının yaşanma olasılıkları artmakta ve bu felaketler sonucunda hem insan hayatı hem de yapıları çevre üzerindeki risk yükselmektedir.

2012 yılında ABD tarihinde en yüksek maliyetli ve hasarlı kasırgalardan biri olarak tarihe geçen Sandy Kasırgası 65 milyondan fazla nüfusu etkilemiş, can ve mal kayıplarına sebep olmuştur. ABD'nin en büyük şehirlerinin de aralarında bulunduğu 24 eyalet kasırgaya maruz kalmış, ülke genelinde Sandy'nin maliyeti 68 milyar doları bulmuştur (Halverson ve Robenhorst, 2013: 20-21).

New York'ta Sandy kasırgasından önce defalarca daha güçlü ve daha fazla yağış getiren fırtınalar yaşanmıştır (PlaNYC, 2013). Ancak Sandy'nin sebep olduğu fırtına dalgalarına bağlı olarak oluşan kıyı seli (Şekil 2.9) ortaya çıkan hasarın yıkıcı boyutlara ulaşmasına sebep olmuştur.

Sandy Kasırgasından sonra, New York kıyılarının ne kadar savunmasız olduğu bir kez daha ortaya çıkmış ve kıyı taşkını riski acil bir tehdit olarak gündeme gelmiştir.



Şekil 2.9 : Sandy Kasırgası sebebi ile oluşan su baskını seviyeleri.(PlaNYC, 2013)

2013 yılında, Birleşik Devletler Enerji Bakanlığı tarafından açıklanan rapora göre, deniz seviyeleri yükselmesi ve fırtına dalgalanmalarına bağlı sellerin yaşanma sıklığının 2100'e kadar 10 kat artacaktır. 2050 yılına gelindiğinde, bu etkilerin düşünüldenden çok daha şiddetli bir şekilde hissedileceği, daha fazla sayıda insanın artan sıklıklarla sıcaklık dalgalarına ve sellere maruz kalacağı öngörülmüyor. (New York City Panel on Climate Change, 2013)

2.7.1.1 New York City iklim stratejileri

2007 yılında New York City için kapsamlı ve uzun vadeli iklim politikaları bağlamında bir sürdürülebilirlik planı geliştirilmiştir. PlaNYC adı verilen bu plana göre iklim değişikliği ile mücadeledeki ana hedefler aşağıdaki gibi sıralanmıştır:

- Sera gazı emisyonlarının azaltılması ve takip edilmesi
- İklim değişikliğinden kaynaklanan risklerin ve güvenlik açıklarının değerlendirilmesi
- Şehrin doğal ve yapısal çevresinin dirençliliğinin artırılması
- Toplum sağlığının iklim değişikliğinin etkilerine karşı korunması

- Şehrin ekstrem iklim olaylarına karşı daha hazır bir hale getirilmesi
- Kamu yardımları ve bilgilendirmeler yolu ile toplumsal dirençliliğin artırılması

Sandy Kasırgası'nın New York'ta yarattığı tahribatın ardından, gelecek yıllarda artması beklenen kıyı taşkın riski için 2013 yılında çok katmanlı bir planlama ve tasarım yarışması açılmıştır. Yarışma sonucunda açıklanan kazanan projeler arasında en dikkat çeken, Bjarke Ingels Group ve Dutch One Architecture liderliğindeki çok disiplinli büyük bir ekip tarafından tasarlanan Big U isimli projedir (Şekil 2.10).



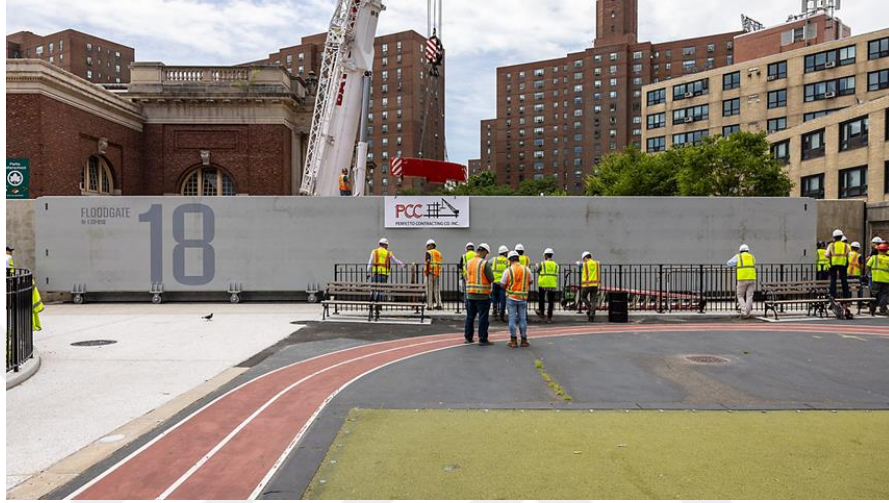
Şekil 2.10 : Big U projesi (Url-4)

Big U, batıda 57. Sokaktan başlayıp güneyde Battery Park ve Financial District bölgelerini çevreleyerek doğuda 42. Sokak hizasına kadar devam eden bir koruma hattıdır. Kesintisiz bir şekilde 10 mil (16km) uzunluğunda bir alanı koruma altına almayı hedefleyen proje, mahalle tipolojisinin yanı sıra yerel halkın ihtiyaçlarına da yanıt verecek bir şekilde tasarlanmıştır. Proje alanı, birbirinden izole edilmiş farklı kompartımanlara ayrılmıştır. Her biri kendi başına ayakta duracak şekilde tasarlanan bu kompartımanlar, birbirleri ile uyum içinde çalışan ama aynı zamanda fiziksel olarak birbirinden ayrı taşkın koruma bölgeleri içermektedir.

Big U'nun şimdiye kadar fonlanmış olan kısmı, doğuda 25. Sokaktan başlayıp batıda Chambers Street'e kadar uzanan bölgeyi kapsamaktadır. 2020 yılında inşasına başlanan koruma kalkanı 4 ayrı projeye bölünmüştür. Bunlar: East Side Coastal

Resiliency (ESCR), Brooklyn Bridge Montgomery Coastal Resilience (BMCR), Lower Manhattan Coastal Resilience (LMCR) ve The Battery Park City Resilience projeleridir. 2026 yılında bu dört projenin tamamlanmış olması hedeflenmektedir.

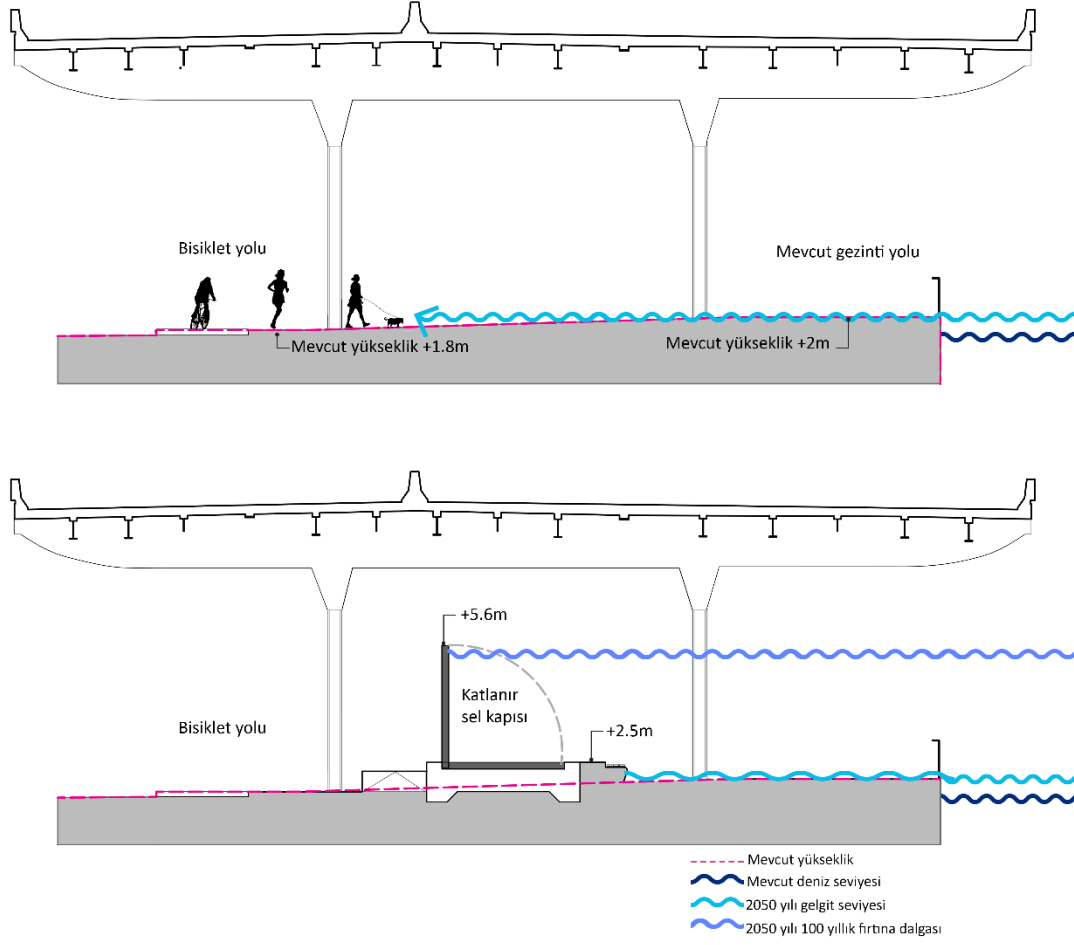
ESCR projesi, yükseltilmiş park alanları, taşkın duvarları, setler, sel kapıları ve hareketli sel kapakları ile Manhattan'ın doğu yakasında yaklaşık 5,5 kilometrelik bir alanı koruma altına almaktadır.



Şekil 2.11 : East River Park'ta 2022 yılında montajı yapılan 45 ton ağırlığında ve yaklaşık 24.5m uzunluğundaki kayar sel kapısı (Url-5).

Manhattan'ın Two Bridges bölgesinde, BMCR (Brooklyn Bridge-Montgomery Coastal Resilience) projesi, Brooklyn Köprüsünden Montgomery Caddesine kadar uzanan alanı kapsamaktadır. 2022 sonbaharında inşasına başlanan koruma hattı, kıyı şeridi boyunca sel duvarları, kayar kapılar ve kalkıp inen kapakların yardımı ile, mahalleyi 2050'lerde gerçekleşmesi öngörülen gelgit seviyeleri ve olası fırtına dalgalarına karşı korumayı hedeflemektedir.

BMCR projesi, bölgede yaşayan binlerce kişi için sel riskini azaltırken aynı zamanda kıyı ile olan görsel ve fiziksel bağı koparmayacak şekilde tasarlanmıştır. Kalkıp inen kapaklar fırtına sırasında açılacak ve dalgaların içerilere ulaşmasını engelleyecektir (Şekil 2.12). Fırtına dışı durumlarda ise, zemin içerisine gizlenerek kıyıya erişim devam edecektir. Proje hattı boyunca oturma alanları, spor ekipmanları ve spor sahaları ile bölge sakinleri için aynı zamanda yeni sosyal alanlar yaratılmış olacaktır.



Şekil 2.12 : BMCR projesinde yer alan katlanır sel kapıları (NYC DDC, 2023).

The Battery Park City Resillience projesi kapsamında, mevcut iskele promenatı 1,8m yükseltilerek yeniden inşa edilecektir (Şekil 2.13). 2024 yılının sonunda tamamlanması planlanan projede, bölgenin gelecekte öngörülen su baskınlarına karşı dirençli olması için gelişmiş drenaj sistemleri, geçirgen kaldırım taşları ve tuzlu suya dayanıklı bitkiler kullanılması gibi sürdürülebilir çözümlere yer verilmiştir.



Şekil 2.13 : Battery Park bölgesinde kıyı şeridinin yükseltilmesi (Url-6).

2.7.2 Rotterdam

Hollanda'nın ikinci büyük şehri olan Rotterdam, kuzeybatı Avrupa'nın en önemli kentlerinden biridir. Ren ve Maas nehirlerinin arasındaki deltada kurulmuş olan Rotterdam'ın %80'i deniz seviyesinin altında bulunmaktadır. Bu sebeple şehir geçmişten beri nehir, deniz ve yer altı sularının seviyelerindeki yükselmeler sebebiyle sürekli tehdit altında olmuştur. Artan yağışlar ve aşırı sıcakların yarattığı stres, bölgede majör sorunlar yaratmaktadır. Rotterdam İklim Değişikliği Girişimi (Rotterdam Climate Change Initiative, RCI) 2025 yılına kadar CO2 emisyonlarının %50 oranında azaltmayı ve şehri tamamen iklime dirençli hale getirmeyi hedefliyor ve bu bağlamda RCI, Rotterdam'ı temiz, çekici, ulaşılabilir ve güvenli bir liman şehri haline getirmeyi amaçlıyor. (Gode, 2021)

RCI, Rotterdam Limanı, Rotterdam Belediyesi ve diğer tüm devlet kurumları ile iş birliği halindedir. C40 Büyük Kentler İklim Liderlik Grubunda yer alan RCI, New York, Singapur, Şangay, Hong Kong ve Londra gibi kentlerle yakın koordinasyon içerisinde çalışmaktadır. Bu bağlamda ulusal ve uluslararası düzeyde önemli planlar ve hedefler ortaya konmuştur. RCI' nin ana hedefleri iki program üzerinde yoğunlaşıyor: Bunlardan birincisi CO2 emisyonlarının %50 oranında azaltılmasıdır. Bu amaca ulaşabilmek için aşağıdaki kavramlar geliştirilmiştir:

Sürdürülebilir şehir: Enerji tasarrufu ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması ile şehirdeki tüm binaların CO2 emisyonu en az %50 oranında azaltılacaktır.

Enerji limanı: Enerji verimli bir liman olma hedefi ile, Rotterdam Limanı, sürdürülebilir enerji kaynakları ve ürünlerinin ithalatı ve transitinde kuzeybatı Avrupa'daki bir enerji limanı olarak hizmet vermeye devam edecektir.

Sürdürülebilir trafik ve taşımacılık: Hem karayolu hem de su yolları üzerinde sürdürülebilir taşımacılık teşvik edilecektir. Daha temiz bir hava için, temiz yakıtlar ve alternatif araçlar trafik sistemine uyarlanacaktır.

Enerji veren şehir: Temiz ve sürdürülebilir bir Rotterdam için, kent sakinlerinin, şirketlerin ve organizasyonların katılımcı olması gerekmektedir. Bu bağlamda okullarda çevresel eğitim programları, şirketler için enerji koruma programları ve kentte yaşayanlar için iklim değişikliği kaynaklı sorunlara karşı verilen yanıtlar konusunda kapsamlı kampanyalar oluşturulacaktır.

İnovasyon laboratuvarı: Rotterdam inovatif girişimcilere ev sahipliği yapan bir şehirdir. Enerji temalı bilgi ve gelişmeler konusunda lider bir konuma gelebilmeleri için bu girişimlere her türlü destek sağlanmaktadır.

RCI nin odaklandığı ikinci program ise ‘Rotterdam Climate Proof’ programıdır. Şehri %100 iklim dirençli hale getirmeyi hedefleyen program aşağıdaki başlıklardan oluşmaktadır:

Sel güvenliği: 2025’e kadar, şehirdeki tüm sele karşı savunma elemanlarının etkili ve güçlü bir şekilde çalıştığından emin olunacaktır.

Ulaşılabilirlik: Hem şehir hem de liman için, iklim değişikliğine karşı dirençli bir ulaşım alt yapısı oluşturulacaktır.

Uyumlu binalar: 2025 yılına kadar, setlerin dışında kalan mevcut binalar sele dirençli hale getirilecek ve yeni inşaatlar bu konseptte uygun olarak yapılacaktır.

Kentsel su sistemi: Yüzey sularının drenajının yetersiz kalabileceği durumları engelleyebilmek için, fazla yağmur suyunun rezervuarlarda tutulması gerekmektedir. Ayrıca kurak zamanlar için, tatlı su tedariki güvenlik altına alınmalıdır.

Kent iklimi: İklim dirençli parklar, yeşil çatılar, gölge ve serin kamusal alanlar ile şehrin çevresel koşulları iyileştirilecektir.

2.7.2.1 Rotterdam iklim stratejileri

“Suyu Fırsatlarla Buluşturmak” teması üzerine odaklanan Rotterdam İklim Değişikliği Uyum Programı, 2008 yılında yürürlüğe girmiştir. İklim değişikliğinin kentsel ölçekte ortaya çıkardığı büyük riskler sebebiyle, mimarlar ve şehir plancıları değişen çevresel koşulların etkilerini azaltmaya yönelik çalışmalar yapmaktadırlar. 2025 yılı için ortaya koyulan %100 iklim dirençli kent hedefine ulaşmak üzere bazı yapısal önlemler planlanmış ve uygulamaya geçirilmiştir. Bunlar su plazaları, su rezervuarlı yer altı otoparkları ve çok amaçlı çatılardır.

Su plazaları: Rotterdam Belediyesi, aşırı yağışlar karşısında şehrin direncini arttırmak için yer altı su tankları, su geçirgen kaldırım taşları ve yeşil çatılar gibi pek çok yöntemi kullanmaktadır. İklim değişikliğinin yarattığı riskler doğrultusunda Rotterdam’ın mimarisi gelecek koşullara uyum sağlayacak şekilde yeniden tasarlanmaktadır. Bu bağlamda öne çıkan en önemli yaklaşımlardan biri su plazaları

oluşturulmasıdır. İlk su plazası 1800 m³ su kapasitesi olan Benthemplein meydanında 2013 yılında açılmıştır (Peinhardt,2021).



Şekil 2.14 : Benthemplein su plazası (Url-7).

Aşırı yağışların yaşanmadığı günlerde su plazaları amfi tiyatro, oyun ve spor alanı gibi sosyal işlevler görürken (Şekil 2.14), aşırı yağışlarda suyun kontrollü bir şekilde toplanmasını sağlamaktadır (Şekil 2.15). Geliştirilen sistemle, aşırı yağışlarda, binaların çatılarına ve diğer alanlara düşen yağmur suları, kanalizasyon sistemi yerine borularla su plazasına yönlendirilmekte, böylece kanalizasyon sistemi üzerindeki baskı azaltılarak olası arızalar ve taşmalar engellenmektedir. Yağışlar sona erdiğinde ise, su plazasındaki sular pompalarla filtreleme yapılarak yavaş bir şekilde (36 saat içinde) kanallara tahliye edilmekte ve tekrar kullanılabilir. Bu sistem, özellikle yoğun yerleşim alanları için geliştirilmiştir. Belediye, çok amaçlı bir çözüm olarak yaşam kalitesini artıran ve şehre dinamizm kazandıran su meydanlarının sayısını artırmayı planlamaktadır. (İkizer, 2021)



Şekil 2.15 : Benthemplein su plazasının yağış sonrası durumu (Url-8).

Şehir merkezlerinin dışında ise, yine sel sularının yönlendirilebileceği alanlar tasarlanmakta ve buralar yağışların yüksek olduğu dönemlerde su sporlarının yapıldığı merkezler, diğer zamanlarda ise farklı sportif faaliyetlerin icra edildiği alanlar olarak kullanılmaktadır. Örneğin, 10 hektardan fazla bir alanı kaplayan Eendragtspolder, yaklaşık olarak her on yılda bir taşma riskine sahip olan Rhine nehrinin taşkın sularının depolandığı bir yer olmanın yanı sıra Dünya Kano Şampiyonasının da gerçekleştiği popüler bir dinlence ve spor merkezi haline gelmiştir (Kimmelman, 2017)

Su rezervuarlı yer altı otoparkları: Rotterdam'da, yağışların yoğun olduğu dönemlerde karşılaşılan sorunların en önemlilerinden biri yağmur suları karşısında kanalizasyon sisteminin yetersiz kalması ve yağmur suyunun atık suyla karışarak kanalizasyon sisteminden taşmasıdır. Bu sorunun ortadan kaldırılabilmesi için kısa zamanda yüksek miktarda düşen yağmur sularının en azından bir bölümünün kanalizasyon sistemine girişinin engellenerek depolanması gerekmektedir. Bu amaca hizmet etmesi için geliştirilen çözümler arasında, su plazaları ve su rezervuarlı yeşil çatıların yanı sıra su rezervuarlı yeraltı otoparkları bulunmaktadır.

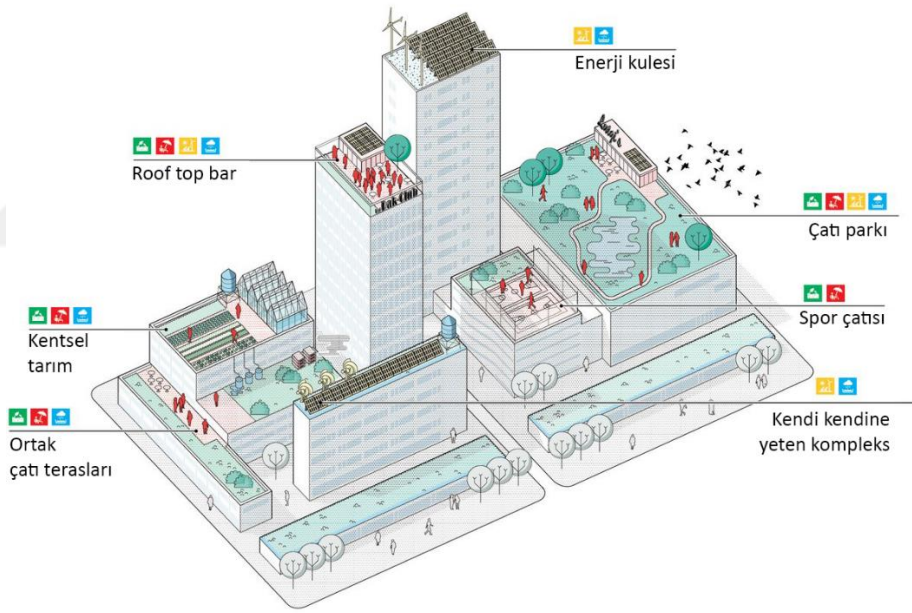


Şekil 2.16 : Museumpark'ın yanında bulunan yeraltı otoparkının rampasının altına inşa edilen su rezervuarı (Url-9).

Museumpark'ın yanında bulunan 1150 araçlık yeraltı otoparkı 2011 yılında yeniden inşa edilerek, 10.000m³ su kapasiteli bir rezervuara (yaklaşık olarak dört olimpik yüzme havuzu hacminde) sahip bir otopark haline dönüştürülmüştür (Şekil 2.16). Kanalizasyon sistemiyle su rezervuarı arasında bulunan borular aracılığıyla, aşırı yağışlarda rezervuar yarım saat içinde suyla dolmakta ve yağışın dinmesinin

ardından taşkın riskinin ortadan kalkmasıyla beraber rezervuardaki su tekrar kanalizasyon sistemine verilmektedir. Otoparkın giriş bölümünün altına inşa edilen rezervuarla otopark arasında herhangi bir bağlantı bulunmadığı için araçlar yağmur sularından etkilenmemektedir.

Çok amaçlı çatılar: Rotterdam Belediyesi, iklim değişikliği ve aşırı yağışlarla mücadele amacıyla, 2021 yılında Çok Amaçlı Çatılar Programı'nı (Programme for Multifunctional Roofs) açıklamıştır. Bu program kapsamında yayınlanan bildiriye göre, Rotterdam'da yaklaşık 18.500.000 m² düz çatı bulunmaktadır. Düz çatılar, sürdürülebilir enerji üretimi, su tutma, yeşil çatılar ve sosyal alanlar gibi pek çok farklı fonksiyon için muazzam bir potansiyel sunmaktadır (Şekil 2.17). Milyonlarca metrekareselik bu çatı alanının sunduğu potansiyelin kullanılması durumunda çok daha değerli ve dirençli bir şehir yaratılabileceği düşünülmektedir.



Şekil 2.17 : Çok amaçlı çatılar konsepti (Url-10).

Çok amaçlı çatılar programı kapsamında, düz çatılar 7 ayrı fonksiyona göre gruplara ayrılmıştır. Bunlar:

- Yeşil Çatılar: Şehrin yeşil alanlarını arttırarak biyoçeşitliliğe katkı sağlamaktadır.
- Mavi Çatılar: Yağmur suyunu depolamakta ve drenajı yavaşlatmaktadır.

- Sarı Çatılar: Sürdürülebilir enerji üretmektedir.
- Kırmızı Çatılar: Sosyal alanlara ev sahipliği yapmaktadır.
- Turuncu Çatılar: Helikopter pistleri içermekte ve ulaşım katkı sağlamaktadır.
- Mor Çatılar: Konut amaçlı kullanılan çatılardır.
- Gri Çatılar: Limana ait teknik fonksiyonlar içermektedir.

Çok Amaçlı Çatılar Programı sonucunda, Rotterdam'ın 20.000 m²'lik ek yeşil alan, 950 m³'lük su depolama alanı, yılda 745.000 kWh'lik sürdürülebilir enerji elde edeceği hesaplanmıştır. Ayrıca, uygulama bölgelerindeki sel riskini %20 azaltacağı ve yine bu bölgelerdeki sıcaklığı 0,5 °C düşüreceği öngörülmektedir. (Programme for Multifunctional Roofs, 2021)

2.7.3 Venedik

İtalya'nın kuzeydoğusunda Veneto bölgesinde yer alan Venedik, tarihi ve coğrafi özellikleri ile eşsiz bir şehirdir. Adriyatik Denizi'nin kuzeydoğu kıyısında, Venedik Lagünü'nün üzerine yayılmış 118 adadan oluşan bir yerleşim alanını içerir. Şehir, bir dizi kanal ve su yolu ağıyla birbirine bağlı olan bu adalardan oluşmaktadır. 2022 yılında yayınlanan son verilere göre, toplam nüfus 839.396'dır. (ISTAT, 2022) Bölgede denizcilik, liman faaliyetleri ve balıkçılığın yanı sıra turizm çok önemli bir gelir kaynağıdır. Pek çok kıyı kenti gibi Venedik de iklim değişikliği kaynaklı etkiler sebebi ile risk altındadır. Gelecek 100 yıl içerisinde deniz seviyesinde beklenen 1 metrelik artışın Venedik'in tamamını sular altında bırakacağı öngörülmektedir. 13 Kasım 2019'da son 50 yılın en yüksek gelgit seviyesine ulaşılmış ve sel suları deniz seviyesini 187cm aşmış, şehrin %80'inin sular altında kalmasına sebep olmuştur. (Comune di Venezia, 2019)

Tarih boyunca Venedik'in mücadele etmek zorunda kaldığı "acqua alta" olarak adlandırılan yüksek su seviyesi şu şekilde tanımlanmıştır:

"Venedik Lagünü'nü periyodik olarak su ile dolduran ve şehrin değişen derecelerde sular altında kalmasına sebep olan su seviyesi "yüksek sular" olarak adlandırılır.

Bir “acqua alta” ise güneydoğudan esen sirocco rüzgarlarının normal şartlarda yaşanan gelgit ile kesişmesi sonucunda, zaten yükselmiş olan su seviyesinin 20 – 50 cm kadar daha yükselmesiyle ortaya çıkan durumdur. Venedik’te yüzyıllardır kaydedilen acqua alta’ların bilinen en eski tarihlisi 782 yılına aittir. Günümüzde herkes tarafından bilindiği gibi, yaşanan sellerin sıklığı ve yüksekliği artmaktadır.” (Davis ve Marvin, 2004)

Birleşik Krallık Leeds Üniversitesi’nden Prof. Dr. Natasha Barlow’a göre Antarktika ve Grönland’daki buz tabakaları ve buz dağlarındaki erimeler dikkate alındığında, gelecek on yıllar boyunca global deniz seviyesinin yükselmeye devam edeceği kesindir. Barlow’a göre, deniz seviyesinde meydana gelen çok küçük miktardaki artışlar bile, gelgitler ve fırtına dalgaları sebebiyle yaşanan kıyı sellerinin sıklığında ve şiddetinde çok önemli bir etkiye sahiptir.

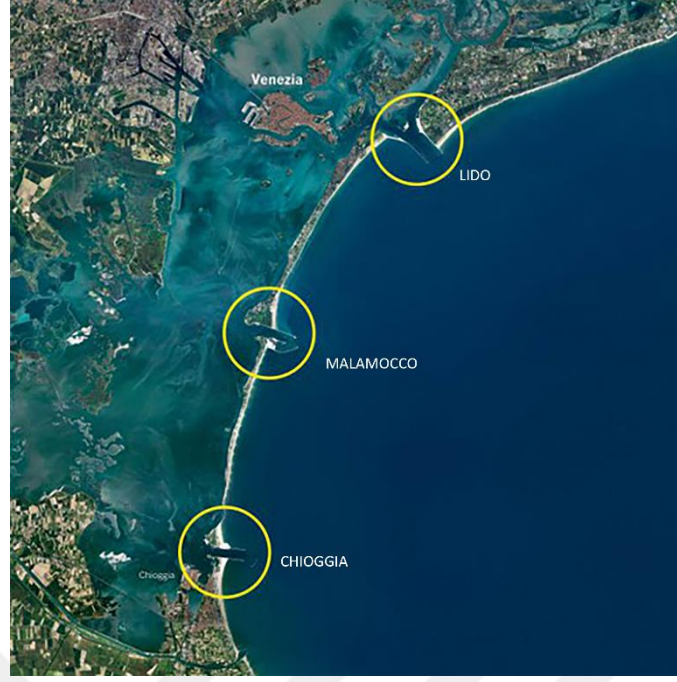
Küresel ısınma ve deniz seviyesindeki artışa ek olarak Venedik’te arazi çökmesi riski mevcuttur. Radyokarbon tarihleme yöntemi ile 2 milyon yıl öncesine kadar uzanan sürece ait elde edilen verilere göre Venedik’te doğal arazi çökmeleri yaşanmıştır. Tarih boyunca yaşanan bu doğal arazi çökmeleri tektonik ve jeodinamik süreçler tarafından kontrol edilmiştir. Ancak 1930’lardan itibaren arazi çökmesinde insan faaliyetleri faktörünün arttığı görülmektedir. Yoğun sivil ve endüstriyel gelişimin desteklenmesi amacıyla yeraltı suyu ve doğalgazın aşırı miktarlarda çekilmesi, arazi çökmesinin başlıca nedenidir. İkinci Dünya Savaşı’ndan 1970’lere kadar olan süreçte bu durum tüm Adriyatik kıyısı için bir problem haline gelmiştir. Endüstriyel gelişimin desteklendiği bu dönemde Venedik’te ortalama yıllık çökme 10cm’ e ulaşmıştır. 1966 yılında yaşanan büyük sel ile arazi çökmesi problemi gündeme geldi ve 1970 yılı itibari ile yeraltı suyu kullanımı sınırlandırıldı. Son yıllarda yapılan Küresel Navigasyon Uydu Sistemi (GNSS) ve sentetik açıklıklı radar (SAR) ölçümlerine göre Venedik’in yeraltı suyu çekilmesi sebebi ile çökmesin durduğu doğrulanmıştır. Ancak yerel ölçekte hala yeni inşaatlar ve mimari mirasın korunmasına yönelik yapılan çalışmalar Venedik’in zemin hareketlerini etkilemektedir. 1931-1970 arası dönemde yıllık 2.3 mm olarak görülen çökme 2014-2020 yılları arasında yapılan son incelemelere göre yıllık 0.9 ± 0.6 mm olarak ölçülmüştür. (Zanchettin ve diğ, 2021)

1990'lı yıllarda gelişen teknoloji ve ilerleyen ölçme kabiliyetleri sayesinde yapılan yeni değerlendirmeler sonucunda, Venedik'te insan faaliyetleri kaynaklı olarak yaşanan çökmenin durduğu kanıtlanmıştır. Ancak yerel incelemelere devam edilmiş ve özellikle MOSE projesinin inşa edildiği bölgelerde yıllık 20-70mm'lik lokal çökmeler tespit edilmiştir. Venedik'in tarihi kent merkezi ise son yüzyıllarda kentin yayıldığı yeni yerleşim bölgelerine göre daha stabildir. Bu durum eski yerleşimlerin iyi sıkışmış zemin bölgelerinde kurulmuş olmasının bir sonucudur. Yeni yerleşim bölgelerinin yayıldığı alanlarda ise konsolidasyon süreci halen devam ettiği için lokal çökmeler de devam etmektedir. 1872-2019 yılları arasını kapsayan dönem için yapılan araştırmalara göre Venedik'te meydana gelen zemin çökmesi, deniz seviyesindeki yükselmeyi yıllık 1.23 ± 0.13 mm arttırmaktadır. Bölgesel deniz seviyesi artışına zemin çökmesi verileri de eklendiğinde yıllık 2.5mm'lik bir artış ortaya çıkmaktadır. 2100 yılına kadar yapılan tahminlere göre, doğal arazi çökmeleri sebebi ile 10cm'lik bir deniz seviyesi yükselmesi söz konusudur. IPCC'nin 2100 yılı için oluşturduğu RCP2.6 senaryosuna göre Venedik'te toplam 21-52 cm arası bir deniz seviyesi artışı beklenmektedir. RCP8.5 senaryosuna göre ise bu rakam 48-100cm seviyesine çıkmaktadır. Genel olarak bütün farklı emisyon senaryolarına bakıldığında, lokal arazi çökmelerinin bölgesel deniz seviyesi artışındaki durumu daha kötü hale getireceği ise kesindir. (Zanchettin ve diğ, 2021)

2.7.3.1 Venedik iklim stratejileri

Venedik'in iklim değişikliği ve artan sel riskiyle mücadele edebilmesi amacıyla tüm Venedik Lagünü'nü kapsayan stratejiler ve projeler geliştirildiği görülmektedir. Akdeniz'in en büyük sulak alanı olan Venedik Lagünü 550 km² yüzey alanına sahiptir. (Mose Venezia, 2024) Lagünde yaşanan periyodik gelgitler sebebiyle yükselen su seviyesi ve gelgitlerin kuvvetli rüzgarlarla birleşmesi sonucu ortaya çıkan acqua alta'lara karşı Venedik'i koruma altına almayı amaçlayan projeler arasında Mose (Modulo Sperimentale Elettromeccanico) Projesi dikkat çekmektedir.

Mose sistemi, Adriyatik Denizi'nden lagüne doğru gelgit sularının yayıldığı kıyı şeridinin 3 kapısı olan Lido, Malamocco ve Chioggia girişlerinde konumlanmıştır (Şekil 2.18). Gelgit olayları sırasında, lagünü denizden izole ederek koruma altına alan mobil kapılardan oluşan entegre bir yapılar sistemi geliştirilmiştir.



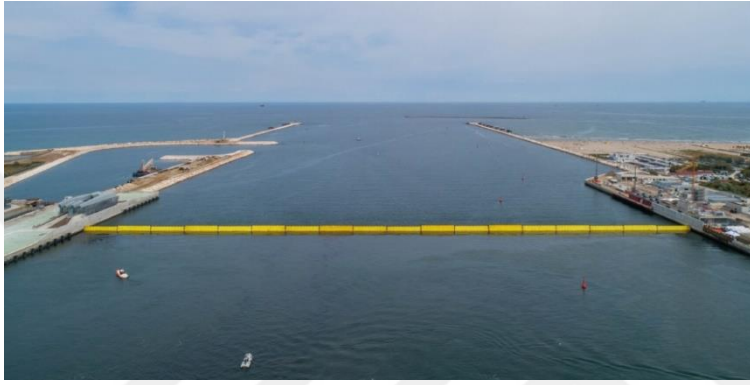
Şekil 2.18 : MOSE bariyerlerinin konumları (Url-11).

Her biri 20m genişliğinde ve yaklaşık 28m yüksekliğinde olan (Bariyerlerin yüksekliği bulundukları derinliğe göre farklılık göstermektedir.), toplam 78 adet bariyerden oluşan MOSE sistemi, sel riski bulunmayan durumlarda tamamen denizin içine gizlenmiş durumdadır. Yüksek seviyede gelgit ya da fırtına dalgası tehdidi oluştuğunda, sistem devreye sokularak bariyerler Şekil 2.19’da görüldüğü gibi teker teker yükselmeye ve lagünün girişlerini kapatmaya başlar.



Şekil 2.19 : MOSE bariyerlerinin kesit detayı (Url-12).

Bu sisteme ek olarak, en sık yaşanan gelgit seviyelerini hafifletmek amacıyla liman ağızlarında kaya duvarları oluşturulması gibi tamamlayıcı çalışmalar yapılmıştır. Lagündeki en alçak yerleşim bölgelerinde kaldırımların en az 110 cm yükseltilmesi planlanmıştır. Bu müdahaleler ile su kalitesinin, kıyı morfolojisinin, peyzajın korunmasını sağlayan ve liman faaliyetlerinin sürdürülebilmesini garanti altına alan işlevsel bir savunma sistemi tanımlanmıştır. (Mose Venezia, 2024) 1995 yılında tamamlanması planlanan proje ancak 2020 yılında tam kapasite ile uygulamaya sokulabilmiştir.



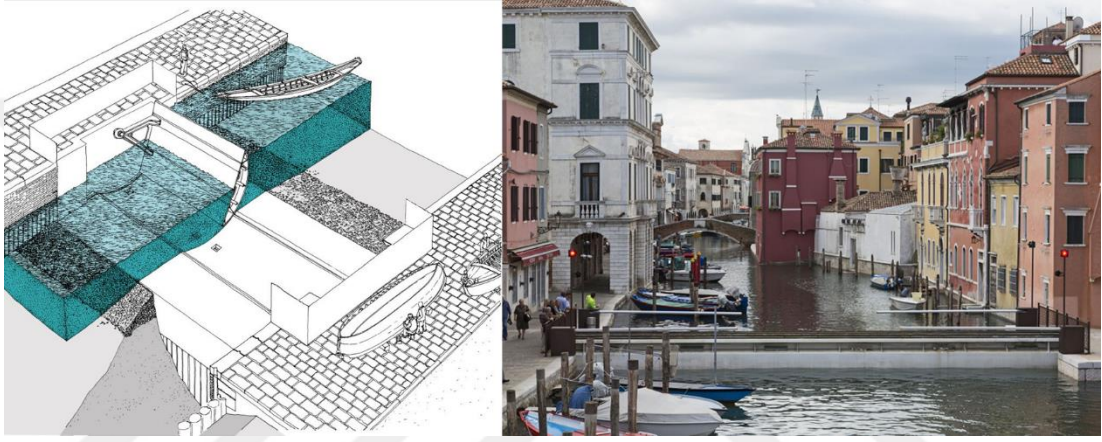
Şekil 2.20 : MOSE bariyerlerinin kapatılmış görüntüsü (Url-12).

Mose sisteminin operasyonunun optimize edilmesi ve yönetimin daha esnek bir hale getirilmesi için, lagünde bulunan kent merkezlerinde bazı yerel savunma stratejileri belirlenmiştir. Alınan önlemler arasında kaldırımların yükselmesi (Şekil 2.21) ve kanallara küçük sel kapıları yerleştirilmesi gibi uygulamalar bulunmaktadır. Ancak her bölgede aynı seviyede bir koruma sağlanması mümkün değildir.



Şekil 2.21 : Yükseltilen kıyı şeridi (Mose Venezia, 2024).

Kıyı bölgelerdeki yerleşimler daha yüksek seviyelerdeki gelgitlere karşı korunabiliyorken, alçak rakımlı tarihi kent merkezlerinin korunabileceği seviyeler daha düşüktür. Chioggia’da yerel savunma sistemleri şehri 130 cm’lik bir yükselmeye karşı koruyabilmektedir. Bunu sağlayabilmek için, kıyılarda kaldırım seviyeleri yükseltilmiş ve Vena Kanalı’na Bebek Mose ismini (Şekil 2.22) verdikleri 2 adet sel kapısı yerleştirilmiştir. Bu kapılar, sular yükseldiğinde kapatılarak tarihi kent merkezinin koruması sağlanmaktadır. Bebek Mose projesi kapsamında Vera kanalının kenarları güçlendirilmiş, yağmur suyu ve atık su toplama ve drenaj sistemleri modernize edilmiştir. (Mose Venezia, 2024)



Şekil 2.22 : Vena Kanalı’ndaki Bebek MOSE bariyeri (Mose Venezia, 2024).

Venedik’te son 50 yıl boyunca kaydedilen verilere göre gelgit seviyesi 10 defa 150cm ve daha yüksek seviyelere ulaşmıştır. Ancak bu sellerin 5 tanesi son 3 yıl içerisinde yaşanmış (Phelan, 2022), 2019 yılı Kasım ayında Venedik’te gelgit seviyesi 1966 yılından beri kaydedilen en yüksek seviyeye ulaşmıştır. Bu durum, MOSE sisteminin zamanında devreye alınamaması sebebiyle kentte 1 milyar Euro değerinde maddi hasara sebep olmuştur.

Venedik’te alınan yapısal önlemlerin yanı sıra uygulamaya koyulan yönetsel stratejiler de dikkat çekiyor: Avrupa Birliği İtalya-Hırvatistan ortaklığında taşkın risklerinin izlenmesi ve alınan önlemlere yönelik yönetim kapasitesinin artırılması için iki ayrı proje geliştirilmiştir. Bunlar STREAM ve AdriaClim projeleridir. STREAM projesinin ana hedefi söz konusu bölgelerde sel olayları hakkında bilgi ve bilincin artırılmasına katkı sağlamaktır. Yerel yönetimler ve acil durum servisleri sel risk yönetimlerini geliştirirken, halk da sel acil durumunda nasıl hareket edeceklerini öğreneceklerdir. Böylelikle hem can kaybı hem de sosyoekonomik zararlar

azaltılacaktır (STREAM, 2024). AdriaClim projesi ise, bilimsel verilere dayalı bölgesel ve yerel iklim değişikliği uyum planlarının geliştirilmesini amaçlayan bir programdır. Adriyatik Denizi için yeni uygulanan gözlem ve modelleme sistemleri aracılığıyla elde edilen güncel meteorolojik ve okyanus bilgilerine dayanarak iklim değişikliği tehditleri ile başa çıkmayı hedeflemektedir. (AdriaClim, 2024)

Venedik tarihi ve kültürel mirası ile her yıl ortalama 30 milyon turist tarafından ziyaret edilmektedir. Bu durum tarihi kent merkezine verilen zararın yanı sıra özellikle taşkın anında şehri daha da kırılgan hale getirmekte ve sel koşullarına adaptasyonu zorlaştırmaktadır. UNESCO'nun 2020 yılında yayınladığı raporda Venedik'in büyük yolcu gemileri ve kitle turizmi konusunda çok acil somut adımlar atması gerektiği belirtilmiş ve Venedik'in risk altındaki dünya mirasları kategorisine alınabileceği tartışılmıştır (UNESCO, 2020). Bunun ardından Venedik Belediyesi öncelikle büyük yolcu gemilerinin lagüne girişini sınırlandırma kararı almıştır. 25.000 tonu aşan gemilerin Giudecca Kanalı'nı kullanması ve tarihi kent merkezine girmeleri 1 Ağustos 2021 tarihi itibarı ile yasaklanmıştır. Ayrıca turist sayısının sınırlandırılması için de bazı stratejiler planlanmıştır. 2022 yazından itibaren Venedik'e girişler ücretli hale getirilmiştir. Ayrıca 1 Haziran 2024 itibarı ile 25 kişiden daha büyük turist gruplarının girişine izin verilmeyeceği açıklanmıştır. Alınan bu önlemler ile kitle turizminden kaynaklı risklerin azaltılması hedeflenmektedir. (Citta di Venezia, 2024)

2.7.4 Singapur

Singapur, Malezya yarımadasının güneyinde, 1°09 'K – 1°29' K enlemleri ve 103°36 'D – 104°25' D boylamları yer alan tropikal bir Güneydoğu Asya ülkesidir. Bir ada ve şehir devleti olan Singapur Cumhuriyeti, Singapur'un anakarası ve 58 küçük adadan oluşur. 1819 yılına kadar İngiliz kolonisi statüsünde olan Singapur, 1965 yılında tamamen bağımsız bir ulus haline gelmiştir. Günümüzde toplam 725,75 km²'lik bir araziye sahip olan ülkede yüksek yoğunlukta bir nüfus yaşamaktadır. (Oh ve diğ., 2018)

Bağımsızlık kazandıktan sonraki 50 yıllık süreçte Singapur önemli bir gelişim gösterdi ve kişi başına düşen milli gelir, 1960 yılında 428 dolar iken, 2017'de bu rakam 57.700 dolara yükseldi. Bu hızlı gelişimle birlikte enerji tüketimi de 13 kat arttı. Yaklaşık 7.697 kişi/km²'lik bir nüfus yoğunluğuna sahip olan ülke,

bağımsızlığın ardından %25 oranında arazi artışı elde etmiştir. Nüfusun üç kat artmasıyla birlikte, konut taleplerini karşılamak için yüksek katlı toplu konutlar öncelikli hale gelmiştir. Bugün, nüfusun %80'den fazlası, yüksek yoğunluklu bir bölge olan Konut ve Kalkınma Kurulu Birimleri adı verilen yerleşim alanlarında yaşamaktadır. (Oh ve diğ., 2018)

Ekvator ve kıyı ortamına yakın coğrafi konumu nedeniyle, Singapur'un iklimi çok yıllık yüksek sıcaklıklar, bağıl nem ve yağış ile tropikal iklime özgü düşük ortalama rüzgâr hızlarıyla karakterizedir. Sıcaklıklar gece 23-25 °C arasında, öğleden sonra 31-32 °C arasında değişmektedir. Sabahın erken saatlerinde bağıl nem % 90'dır ve günün geri kalanında % 60'ın üzerinde kalır. Singapur'un kentsel iklimi hem nüfusun artmasından hem de kentsel faaliyetlerden etkilenmektedir. Diğer birçok şehirde olduğu gibi, Singapur da 4 °C ila 7 °C arasında bir kentsel ısı adası (UHI, Urban Heat Island) etkisi görülmektedir (Hwang ve Yue, 2019).

Geçmişte Singapur, sınırlı bir araziye sahip, doğal kaynakları olmayan, kirlilikle mücadele edilen ve komşu Malezya ile su temini konusunda yapılan anlaşmalara bağımlı bir ülkeydi. Dünya Kaynakları Enstitüsü tarafından 2040 yılına kadar su stresi riski en yüksek olan ülkeler arasında birinci sırada gösterilmekteyken ülkenin Başbakanı Lee Kuan Yew Singapur'un son derece kirli olan alanlarına müdahale ederek ülkede kentsel yeşillendirmeleri teşvik etmiş ve Singapur “Bahçedeki Şehir” olarak ün kazanmıştır (Oh ve diğ. 2018). Singapur, Güneydoğu Asya metropollerleri arasındaki en yeşil şehir olarak kabul edilmektedir. Bitki örtüsü adanın toplam toprak yüzeyinin yaklaşık %40'ını kaplıyor. 1960'larda Başbakan Lee Kuan Yew (1923-2015)'in himayesinde bir yeşil alan kampanyası başlatılmıştır. Lee, şehir parklarının ve yeşil alanlarının kentin yaşam kalitesine katkıda bulunduğu, bir kentin küresel rekabetçiliğinde belirleyici bir faktör olabileceği konusunda yatırımcıları ikna ederek bugün dünyadaki “biyofilik kent” örneğinin ilk adımlarını atmıştır. (Newman, 2014)

Bağımsızlık sonrası dönemde, karayolları boyunca ulusal bir ağaçlandırma kampanyası ile 1970-1980 arasında Singapur'da 5 milyondan fazla ağaç dikilmiştir. Daha sonra yeni kentsel gelişmelerin devamında bu yeşil alan hareketi ada çapında bir yeşil koridor ağı önerisi olarak hız kazanmıştır. (Friess, 2017) Singapur hızlı kentleşen şehirler için yeşil yol planlaması için iyi bir modeldir (Tan, 2006).

2.7.4.1 Singapur iklim stratejileri

Alçak rakımlı ve yoğun nüfuslu bir tropik ada şehir-devleti olan Singapur, iklim değişikliğinin etkileri karşısında risk altındadır. Yakın geçmişte yaşanan bazı olaylar göz önüne alındığında Singapur'un iklim dirençli hale gelmesi için büyük adımlar atılması çok önemlidir. 2010, 2011 ve 2013 yıllarında aşırı yağışlar sonucunda ani seller yaşanmış ve ülkede ciddi hasarlara sebep olmuştur. 2014 yılında, 13 Ocak – 8 Şubat tarihleri arasında 27 günlük rekor bir kurak dönem kaydedildi. Ülkenin su ihtiyacını karşılayabilmek için su arıtma tesisleri neredeyse tam kapasite ile çalışmak zorunda kalmıştı. İklim değişikliğinin etkilerinin hissedildiği bir başka olay ise 2015 yılında yaşandı: Sıcak hava sebebi ile Johor Bağazı'nda planktonlar çoğaldı ve kitlesel balık ölümlerine yol açtı.

Singapur İklim Planı'na göre ülkenin karşı karşıya olduğu riskler ve iklim hedefleri 6 madde halinde sıralanmış, her bir risk faktörü ile mücadele etmek için amaçlar belirlenmiştir. Belirlenen bu hedeflere ulaşmak ve iklim değişikliğine adaptasyonu hızlandırmak için Singapur'da çeşitli önlemler alınmıştır.

Kıyıların korunması: Bir ada ve liman şehri olarak Singapur, kıyıları ile tanımlanan bir ülkedir. Pek çok kıyı yerleşimi gibi Singapur kıyıları da deniz seviyesi yükselmesi sebebiyle tehdit altındadır. Zamanında gerekli önlemler alınmazsa alçak rakımlı kıyı alanlarının şiddetli fırtınalar sonucu sel felaketlerinin yaşanacağı ve uzun vadede ise sular altında kalabileceği öngörülmektedir. Bu bağlamda Singapur'da kıyıları korumak için bazı önlemler alınmıştır. 2010 yılında East Coast Park'ta kumsalı stabilize etmek için kum torbalarından oluşan bir koruma duvarı inşa edilmiştir (Şekil 2.23). Bu sayede kıyı erozyonunun azaltılması ve alçak gelgit seviyelerinde kumsalın korunması amaçlanmıştır.

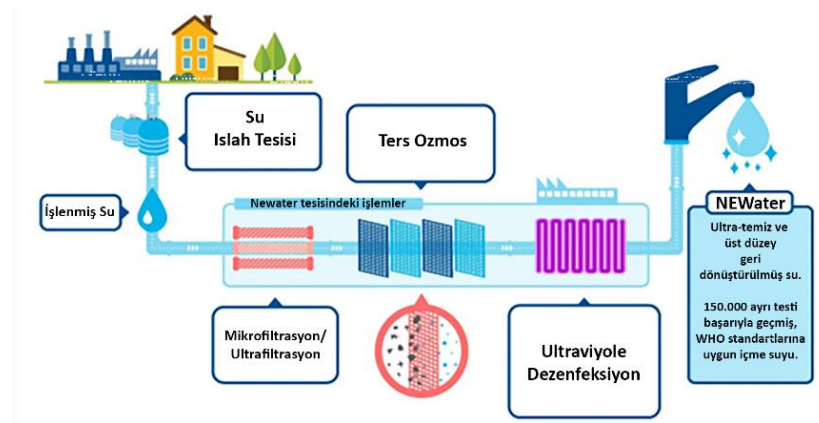


Şekil 2.23 : East Coast Park'taki kıyı korumaları (MEWR-MND, 2016).

East Coast Park'ta alınan bir diğer yapısal önlem kompozit basamaklı deniz duvarıdır (Şekil 2.23). Alt yarısı kayalardan üst yarısı ise prekast beton bloklardan oluşan bu basamaklar sular yükseldiğinde kıyıları korurken aynı zamanda park için bir seyir noktası görevi görmektedir. Bugün Singapur kıyılarının %70'inden fazlası kayalardan ya da kum torbalarından oluşan duvarlar ile koruma altındadır. Ayrıca yeni kazanılmış tüm arazilerin deniz seviyesinin ortalama 4m üzerinde olması zorunlu hale getirilmiş, Changi Coast Road ve Nicoll Drive gibi sahil bölgelerindeki yollar yükseltilmiştir.

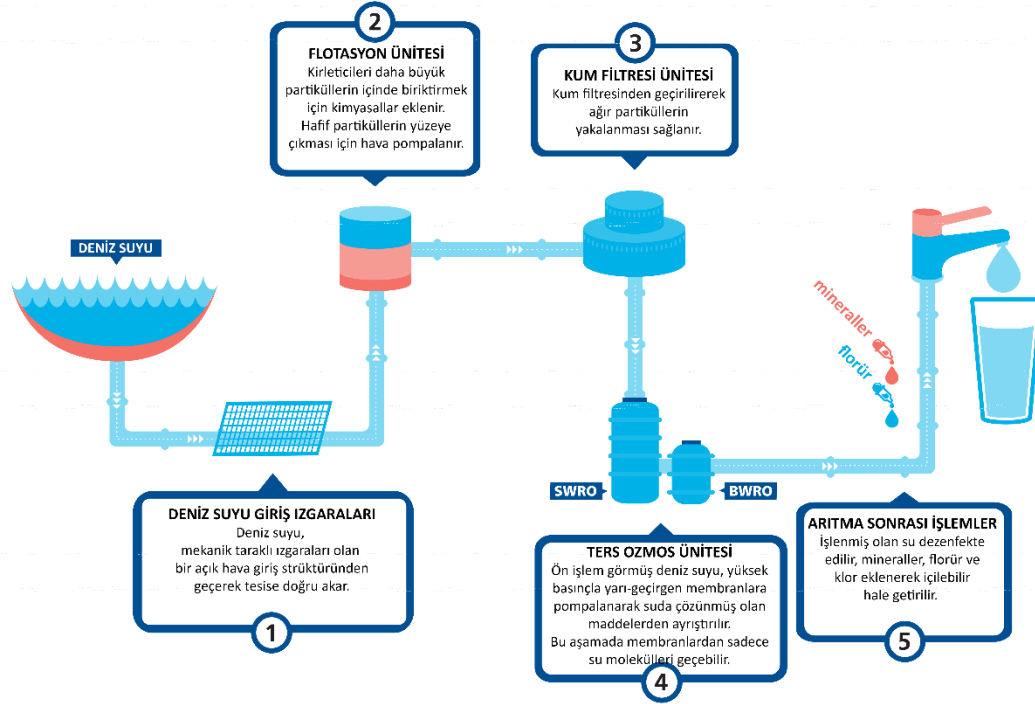
Suyun yönetilmesi ve sellerin azaltılması: İklim değişikliği sonucunda, yağışlı mevsimler daha yağışlı, kurak mevsimler ise daha kurak hale gelmektedir. Sıklaşan ve şiddetlenen kurak dönemler su kaynaklarını olumsuz etkilerken, ani ve şiddetli yağışlar, deniz seviyesindeki yükselme ile birlikte sel riskini artırmaktadır.

Singapur'un Ulusal Su Ajansı (PUB) 1970'li yıllardan beri, ülkenin su ihtiyacının yağış miktarından bağımsız hale gelebilmesi için hiçbir yatırımdan kaçınmamıştır. NEWater ve tuzdan arındırılmış su gibi alternatif kaynaklar sayesinde şehrin kuraklığa karşı dirençli hale gelmesi sağlanmıştır. Şu anda aktif halde çalışan 5 adet NEWater tesisi ve 5 adet deniz suyu arıtma tesisi bulunmaktadır. (PUB, 2024) NEWater tesislerinde her gün milyonlarca metreküp kullanılmış su artırılarak sisteme geri kazandırılmaktadır. Sırasıyla mikro ve ultrafiltrasyon, ters ozmos ve ultraviyole dezenfeksiyon aşamalarından geçirilen kullanılmış su, doğal su döngüsüne katılabilecek hale getirilmektedir (Şekil 2.24). Doğal su döngüsüne katılan bu NEWater (Yeni Su), ham su gölleri olan rezervuarlara belli oranlarda aktarıldıktan sonra içme suyu arıtma tesislerinden geçirilerek hanelere şebeke suyu olarak sunulmaktadır.



Şekil 2.24 : NEWater üretim aşamaları (Url-13).

Deniz suyu arıtma tesisleri yoğun enerji gerektiren tesislerdir. Deniz suyunun membranlardan geçirilerek çözünmüş tuz ve minerallerden arındırıldığı bir süreçtir. Ancak günümüzde Singapur bu tesislere ters ozmos teknolojisini adapte etmekte ve $3,5\text{kWh/m}^3$ enerji harcayarak deniz suyunu içme suyu haline getirebilmektedir (Şekil 2.25).



Şekil 2.25 : Deniz suyunu arıtma aşamaları (Url-14).

Singapur büyük yatırımlar yaparak ülkenin su stoğunu dirençli hale getirmiştir ancak su kaynaklarının sonsuz bir şekilde genişletilemeyeceği de açıktır. Bu sebeple su talebi iyi yönetilmeli ve su kullanımı daha sürdürülebilir seviyelere indirilmelidir.

1960'lı ve 1970'li yıllarda Singapur'da ciddi sel felaketleri yaşanmıştır. Geçtiğimiz 50 yıl boyunca drenaj sistemleri önemli ölçüde geliştirilmiştir. Ancak halen bazı yoğun yağışlar şehrin drenaj sistemini zorlayabilmektedir. İklim değişikliği ile aşırı yağışların sıklaşacağı ve şiddetleneceği ön görülmektedir. Bu sebeple sel riskini azaltmak için PUB, suyu yakalama, yönlendirme ve depolama yaklaşımını benimsemiştir. Zemin seviyesinin yükseltilmesi, kanalizasyonun genişletilmesi ve su depolama tankları inşa edilmesi gibi çeşitli önlemler alınmıştır.

Biyoçeşitliliğin ve yeşil alanların korunması: Yol kenarlarına ekilmiş milyonlarca ağaç Singapur'un tropikal ikliminde gölge alanlar yaratırken aynı zamanda kentin 'Bahçedeki Şehir' olarak ün kazanmasını sağlamıştır. Ancak bu ağaçlar, sıklaşan

aşırı yağışlar ve fırtınalardan hasar görebilmektedir. Ağaçların kırılması ve hatta kökünden sökülmesi sebebi ile toplumsal risk oluşturmaktadır (Şekil 2.26). Özellikle insan ve araç trafiğinin yoğun olduğu bölgelerdeki ağaçların iyi durumda olduğundan emin olunması ve iklim değişikliğinin etkilerine karşı dirençliliğin sağlanması amacı ile Ulusal Parklar Kurulu (The National Parks Board) tarafından yılda en az bir kez kontroller yapılmaktadır.



Şekil 2.26 : 2011 yılında Mandai bölgesinde fırtına sebebiyle yıkılan ağaçlar (MEWR-MND, 2016).

Singapur aynı zamanda birçoğu iklim değişikliğine karşı hassas olan çok çeşitli flora ve faunaya da ev sahipliği yapmaktadır. İklim değişikliği bu habitatları da tehdit etmektedir. Örneğin, yüksek deniz yüzeyi sıcaklıkları (SST'ler) nedeniyle 1998 ve 2010 yıllarında mercan ağarması meydana gelmiştir. Singapur'un deniz biyoçeşitliliğini korumak için, Ulusal Parklar Kurulu 2014 yılında Singapur'un ilk deniz parkını Sisters' Island'da kurmuştur (Şekil 2.27). Deniz parkı, nadir ve tehlikede olan deniz hayvanlarının yaşadığı bir ekosistemden oluşmaktadır. Singapur'un biyoçeşitliliğini korumak için alınan diğer önlemler arasında Singapur'daki mangrov alanlarının restore edilmesi de bulunmaktadır.



Şekil 2.27 : Sisters' Island'da kurulan deniz parkı (Url-15).

Uzayan sıcak ve kurak dönemler çalı yangınları riskini arttırmaktadır. Bu durum hem biyoçeşitliliği hem de yakın çevredeki yerleşim yerlerini tehdit etmektedir. Singapur sivil savunma ekipleri yangın devriyelerini arttırarak, olası tehlikelere erken müdahale edebilmeyi amaçlamaktadır. Aynı zamanda Ulusal Parklar Kurulu ve Singapur Meteoroloji Dairesi'nin ortaklaşa yürüttüğü bir Yangın Olasılık İndeksi projesi geliştirilmektedir.

Toplum sağlığı ve gıda kaynaklarının dirençliliğinin güçlendirilmesi: Hava durumu grafiklerindeki değişiklikler ve aşırı sıcaklar, sivrisineklerin üremesine ve virüslerin hızlı çoğalmasına uygun koşulların ortaya çıkmasına sebep olurken bu durum enfektif taşıyıcı popülasyonun artmasına ve Dang Humması virüsünün yayılmasına yol açabilmektedir. 2015'in sonlarında El Niño'nun neden olduğu hava değişiklikleri kısmen Dang Humması vakalarında artışa neden olmuştu. Ulusal Çevre Ajansı, Dang Humması ile mücadele için ülke çapında bir program yürütmektedir. Sivrisinek popülasyonunu bastırmaya yönelik teknolojiler üzerinde çalışılmakta ve üreme alanlarının ortadan kaldırılması için toplumsal çaba harcanması gerektiği vurgulanmaktadır.

Singapur gıda ihtiyacının %70'ini ithal eden bir ülkedir. Gıda kaynaklarında iklimsel sebeplerle bir aksama olması riskine karşı, ülkenin gıda ithalat ağını çeşitlendirme stratejisi yürütülmektedir. Farklı bölgelerde bulunan çeşitli ülkelerden gıda ihracatı yapılması sayesinde, herhangi bir bölgede kuraklık ya da iklimsel değişimlere bağlı olarak üretim problemi yaşanması halinde Singapur'un ihtiyacı olan gıda stoğunun minimum seviyede etkilenmesi amaçlanmaktadır. Aynı zamanda yerel üreticiler ile yakın ilişki içerisinde çalışılmakta, üretimi destekleyen yeni teknolojiler çiftliklere uyarlanmaktadır.

Temel hizmetlerin her koşulda iyi çalışabilir durumda tutulması: Aşırı yağış, deniz seviyesi yükselmesi ve sıcaklık değişiklikleri iletişim, enerji ve ulaşım altyapısını olumsuz etkileyebilmektedir. Her gün 2.7 milyondan fazla yolcu taşıyan MRT (Mass Rapid Transit) istasyonlarının sele karşı korunması amacı ile girişlere acil durumlarda takılıp çıkarılabilen sel bariyerleri yerleştirilmiştir.



Şekil 2.28 : MRT girişine yerleştirilen modüler sel bariyeri (MEWR-MND, 2016).

Yeni inşa edilen ve tamamlandığında dünyanın en büyük tamamen otomatik çalışan limanı olacak olan Tuas Limanı öngörülen deniz seviyesi artışından 2 metre daha yüksekte olacak şekilde planlanmıştır. Ayrıca elektrik ve telekomünikasyon altyapısının olası sel, fırtına ve yüksek sıcaklıklara karşı direncinin artırılabilmesi için servis sağlayıcıları ile yakın çalışmalar yürütülmektedir.

Binaların ve altyapının güvenli tutulması: Yapılan analizler sonucunda Singapur'daki binaların sıcaklık değişimleri, yağış ve rüzgâr hızlarına karşı dayanıklı olduğunu göstermiştir. Mevcut yönetmelikler doğru bir şekilde uygulanmaya devam ettiği sürece binaların risk altında olmayacağı düşünülmektedir. Ancak şevler aşırı ve ani yağışların risk oluşturduğu alanlardandır. Şevlerin stabilitesinin bozulması ya da çökmesi durumunda ciddi yaralanmalar ve mal kayıpları yaşanabilmektedir. Tepeye yakın kısımlarda oluşan çatlaklar, şevlerin stabilitesinin bozulduğu hakkında bilgi vermektedir. İklim değişikliği sebebi ile sıklaşan aşırı ve ani yağışlar şevlerin çökmesini tetikleyebilmektedir. Bu bağlamda, olası risklerin minimize edilebilmesi için adaptasyon stratejileri üzerinde çalışılmaktadır.

3. DİRENÇLİLİK KAVRAMI VE İKLİME DİRENÇLİ KENTLER

3.1 Dirençlilik Kavramı (Resilience)

“Resilience” teriminin kökeni Latince “geri sıçrama”, “geri dönme” gibi anlamlar taşıyan “Resilire” kelimesine dayanmaktadır. Orta çağda Fransızca ’da "Résiler" olarak kullanılmaya başlanan terim “iptal etmek” veya “geri çekilmek” anlamında kullanıldı. Ardından 1529 yılında İngilizcede “resile” fiili olarak, “geri çekilmek”, “vazgeçmek” ve “eski bir pozisyona dönmek” anlamlarıyla bazı resmi belgelerde kullanıldığı görülmüştür. “Resilience” kelimesinin İngilizcede ilk bilimsel kullanımı, Sir Francis Bacon’ın 1625’te yayınlanan, doğa tarihi üzerine bir derleme olan “Sylva Sylvarum” adlı çalışmasında karşımıza çıkmaktadır. (Alexander, 2013)

Türkçe’ye “Dirençlilik” olarak çevrilen “Resilience” kavramı aynı zamanda dayanıklılık ve esneklik gibi anlamlar barındırmaktadır. Fizikte bir objenin çarpmadan sonra eski pozisyonuna dönme yeteneğini, psikolojide şok ve travmayı başarılı bir şekilde atlatabilme kabiliyetini anlatmaktadır. Direnç, sistemin bozulma sonrası stabil denge noktasına dönebilme yeteneği, diğer bir bakış açısından sistemin iç ve dış süreçlerdeki değişime uyum ve alışma kabiliyetidir (Cartails, 2014). Direnç en genel anlamda bir sistemin uzun dönemli adaptasyon ve kısa dönemli başa çıkma kabiliyeti olarak tanımlanır (Sharifi ve Yamagata, 2014).

Bu tez bağlamında dirençlilik, iklim değişikliği sonucunda sıklaşan aşırı hava olayları ve deniz seviyesi yükselmesi sebebiyle ortaya çıkan riskleri emme, uyum sağlama ve açığa çıkan stres ile başa çıkabilme yeteneği olarak ele alınmıştır.

3.1.1 Ekoloji biliminde dirençlilik

Direnç kavramı ilk kez 1973 yılında Kanadalı araştırmacı Crawford S. Holling tarafından ekoloji alanında kullanılmış ve “bozulmadan önce kendisini oluşturan elementlerin arasındaki ilişkiyi kaybetmeksizin, bozulma ve değişimi karşılayabilme yeteneği” olarak tanımlanmıştır (Holling, 1973). Ardından 1996 yılında yine Holling direnç kavramını statik teknik direnç ve dinamik ekolojik direnç olarak ikiye ayırmıştır. Statik teknik direnç, bir sistemin önceki durumuna dönebilme kabiliyetine; dinamik ekolojik direnç ise sistemin bozulduktan sonra temel işlevlerini sürdürebilir durumda olmasına odaklanmaktadır (Meerow ve Nevell, 2019). Holling aynı zamanda direnç kavramını sosyo-ekolojik bir çerçeveye ile de ilişkilendirmiştir. Sosyo-

ekolojik yaklaşımda direnç, bir ürün olarak tanımlanır: sistemin bir miktar karışıklığa, durumunu değiştirmeksizin ve ana işlevlerini kaybetmeksizin karşı koyabilmesi, sistemin yeniden örgütlenebilme yeteneği, sistemin uyum ve öğrenme kapasitesi olarak özetlenebilir (Folke, 2006).

Holling'in direnç kavramı, verimlilik ve süreklilik, süreklilik ve değişim, tahmin edilebilirlik ve öngörülemeyen arasındaki gerilimlere dikkat çekmiştir (Alexander, 2013). Bazı bilim insanları, ekosistemlerin, bütünlüklerini korumak için dengeye doğru yönelmeleri gerektiği gerekçesi ile iç denge ile ilişkilendirilmiş bir tanım tercih etmişlerdir. Önde gelen Ekologlar Howard ve Eugene Odum, ekosistemlerin sağlamlığına ilişkin kapsamlı araştırmalar yapmışlar ve stres durumunda, ekosistemlerin kendi iç dengelerini korumaya yönelik tepkiler vereceklerini savunmuşlardır (Odum, 1985). Bu fikir pek çok araştırmacı tarafından sorgulanmıştır; örneğin Sundt (2010) bu denge beklentisini, ekosistem gelişiminin gerçekçi olmayan bir beklentisi olarak görmüştür. Sundt'a göre dirençlilik, bireysel organizmaların işlevi ve davranışı için kapsayıcı bir terimdir (Sundt, 2010). Bu bağlamda dirençlilik teriminin dengeli bir durumu işaret etmediğini, sürekli bir değişimi ifade edebileceğini savunmuştur. Dolayısıyla dirençlilik, bir ekosistemin belirli bir dengeye dönme eğilimi değil, sürekli olarak uyum sağlama yeteneğinin bir işareti olabilir (Alexander, 2013).

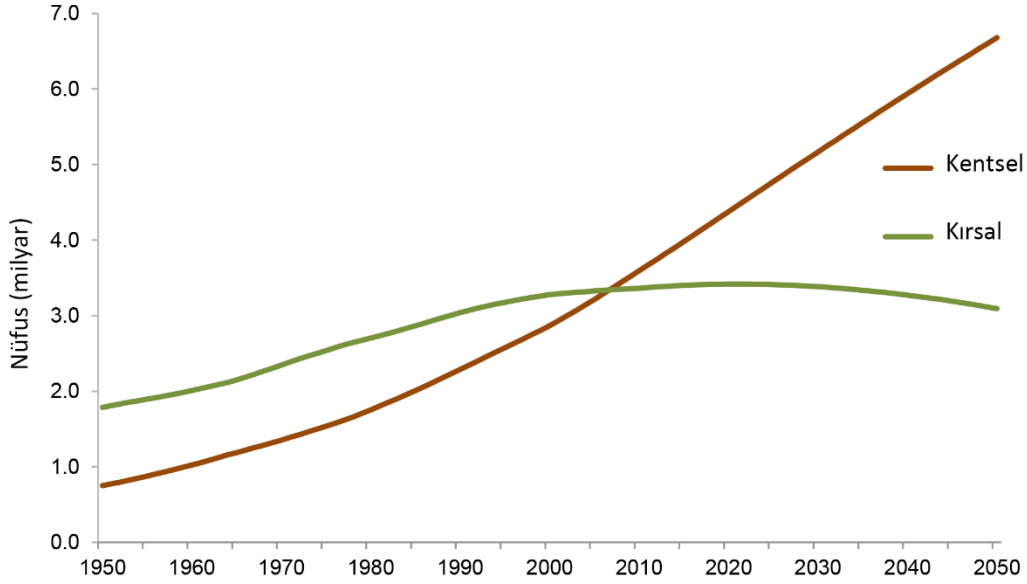
Sosyal bilimlerde, toplumların direnç düzeylerini inceleyen Timmerman (1981) dirençlilik kavramını en belirgin biçimde kullanan ilk araştırmacı olmuştur. Yazara göre dirençlilik; bir sistemin ya da parçasının, riskli bir olayın meydana gelmesinin ardından hayatta kalma yeteneğinin bir kriteridir (Yılmaz Börekçi ve Gerçek, 2019: 200).

3.1.2 Kentsel dirençlilik

Dirençlilik kavramı geniş anlamlarıyla birlikte ele alındığında dirençli yerleşimler, karşılaştığı risklere (doğal afetler, ekonomik ve sosyal krizler, salgın hastalıklar vb.) karşı dayanıklılık gösterebilen, günlük yaşam akışının kesintiye uğramadan devam edebildiği ve karşılaşılan sorunlarla baş edebilen yerleşimler olarak tanımlanabilir.

1950'lerde dünya nüfusunun sadece %30'u kentlerde yaşıyorken, 2007 yılında ilk defa kentlerle yaşıyan nüfus kırsalda yaşayan nüfusu aşmıştır. Bu artış eğilimi halen devam etmekte olup 2050 yılında toplam nüfusun yaklaşık %70'inin kentlerde

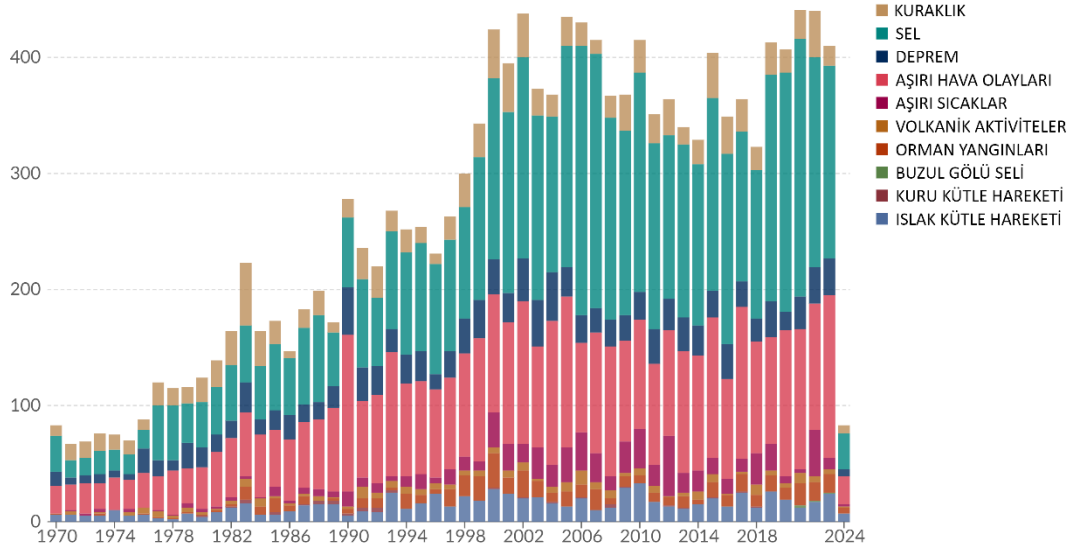
yaşıyor olacağı tahmin edilmektedir. 50.000'den fazla nüfusu olan kentsel yerleşimler yeryüzünün sadece %3'ünü kaplıyor olsa da, küresel enerji kaynaklı karbon emisyonlarının %71'inden bu alanlar sorumludur (IPCC, 2023).



Şekil 3.1 : Birleşmiş Milletler'in kentsel ve kırsal nüfus dağılımı grafiği (UN, 2019).

İnsan yerleşimleri, bulundukları bölgenin coğrafi ve jeolojik özellikleri, bu özelliklere bağlı çevresel faktörler ve değişen koşullara uyum sağlayabilme becerilerine göre tarihte varlığını sürdürebilmiş ya da yok olmuşlardır. Tarih boyunca pek çok iç ve dış tehdit ile karşı karşıya kalan yerleşimler en çok da iklimsel ve çevresel nedenlere bağlı afetlerden etkilenmişlerdir. Örneğin M.Ö. 331 yılında Büyük İskender tarafından kurulan İskenderiye şehri, doğaya yenik düşerek sular altında kalan yerleşimlerden biridir. Şehir, kısa sürede 100.000 kişiye ulaşan nüfusu, 130m yüksekliğindeki ünlü deniz feneri ve yaklaşık yarım milyon papirüs yazıt içeren büyük kütüphanesi ile antik dünyanın önemli merkezlerindendir. Cleopatra'nın sarayı, kraliyet bahçeleri, tapınakları ve limanının da yer aldığı Portus Magnus adı verilen bölge (Şekil 3.2), depremler ve gelgit dalgaları gibi bir dizi doğa olayı sonucunda tamamen sular altında kalmıştır (Goddio, 2024).

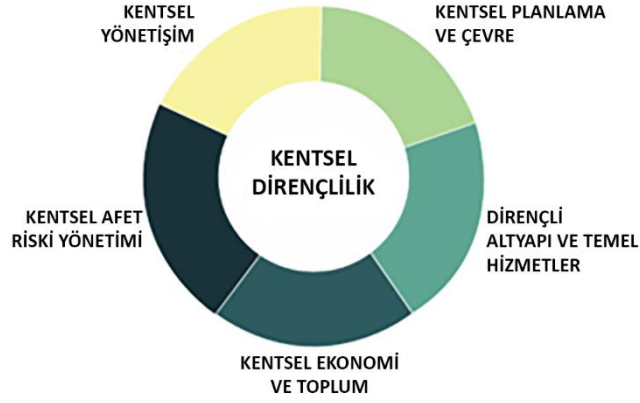
dirençlilik konusunda çeşitli programlar geliştirilmiştir. Bu programlar, afetlere karşı hazırlık, risk yönetimi, afet sonra toparlanma ve sürdürülebilirlik konularında çalışmaları içermektedir (Johnson ve Blackburn, 2014).



Şekil 3.4 : 1970-2024 (Nisan) arasında bildirilen doğal afetler (Url-18).

Uluslararası Afet Veri Tabanının (EM-DAT, The International Disaster Database) son verilerine göre, 1970 yılından 2024 yılının Nisan ayına kadar olan süreçte kaydedilen afetlerde önemli bir artış görülmektedir. Şekil 3.4'te gösterilen afet türlerine bakıldığında sel felaketleri ve aşırı hava olayları gibi iklim kaynaklı olaylar dikkat çekmektedir. Özellikle 2000'li yıllarla birlikte ölçülmeye başlanan bu ani yükselmeye iklim değişikliğinin rolü büyüktür.

Kentlerin büyümeye devam ettiği ve iklim değişikliğinin yarattığı belirsizlik ve tehditlerle başa çıkmaya çalıştığı bu günlerde kentsel dirençlilik kavramı giderek daha çok tercih edilen bir kavram haline gelmiştir. Kentsel dirençlilik Meerow ve diğ. (2016) tarafından şu şekilde tanımlanmıştır: “Kentsel dirençlilik, bir kentsel sistemin- ve tüm bileşenlerinin zamansal ve mekânsal ölçekler boyunca sosyo-ekolojik ve sosyo-teknik ağlarını- bir bozulmayla karşılaştığında istenen işlevleri koruma veya hızla geri dönme yeteneğini, değişime uyum sağlama ve mevcut veya gelecekteki uyum kabiliyetini sınırlayan sistemleri hızla dönüştürme kapasitesine sahip olma yeteneğini ifade eder.” (Meerow ve diğ., 2016)



Şekil 3.5 : Kentsel dirençlilik sisteminin 5 temel ayağı (UN-Habitat, 2018).

Kentsel dirençlilik sistemi 5 temel ayaktan oluşmaktadır (UN-Habitat, 2018). Bunlar kentsel yönetim, kentsel planlama ve çevre, dirençli altyapı ve temel hizmetler, kentsel ekonomi ve toplum, kentsel afet risk yönetimi olarak sıralanmaktadır.

Kentsel yönetim, yerel karar alma süreçlerine katılan ve kamu politikalarını etkileyen tüm yerel aktörlere olanak tanıyan süreçler ve yapılar olarak tanımlanır (UN-Habitat, 2018). Vatandaşlar ile yerel yönetim arasındaki ilişkiye odaklanarak, gelişmiş kentsel planlama ve kalkınma için gerekli yasal, politik, idari ve operasyonel bir çerçeve oluşturulur.

Kentsel dirençliliğin bir diğer ayağı olan kentsel planlama ve çevre, kentsel planlama ve tasarımın tüm boyutları ile birlikte, doğal çevrenin (hava, su, toprak) kalitesini, kamusal alanları ve yeşil alanları iklim değişikliği bağlamında ele alan bir süreçtir.

Dirençli altyapı ve temel hizmetlere eşit erişimin sağlanması, kentsel nüfusun temel ihtiyaçlarını karşılamak ve bir şehrin düzgün bir şekilde işleyip gelişmesine olanak tanımak için hayati önem taşımaktadır (UN-Habitat, 2018). Sokaklar, yollar, köprüler, drenaj, su ve elektrik temini, hijyen ve katı atık yönetimi, hastaneler, okullar gibi kritik unsurlar, kentsel dirençliliğin diğer bir ayağı olan dirençli altyapı ve temel hizmetleri oluştururlar.

Dirençliliğin kentsel ekonomi ve toplum ayağı, şehirlerin, ülkelerin veya bölgelerin sosyo-ekonomik gelişimini destekleyen süreçleri, mekanizmaları ve faaliyetleri ifade etmektedir (UN-Habitat, 2018). Bu süreçler istihdam olanakları oluşturmak, hane halkının gelirini arttırmak, sosyal gerilim ve suçları azaltmak, eşitlik ve kapsayıcılığı arttırmak, kentsel güvenliği arttırmak ve sosyal birleşmeyi teşvik etmek gibi prensipler içermektedir.

Kentsel dirençliliğin en önemli ayaklarından biri de afet riski yönetimidir. Afet riski yönetimi, yerel yönetimlerin ve toplulukların kapasite, bilgi, süreçler ve mevcut sistemler açısından şehirlerdeki doğal veya insan kaynaklı tehditlerin etkilerini önleme, öngörme, yanıt verme ve bunlardan hızla kurtulma yeteneğini ifade etmektedir (UN-Habitat, 2018).

Günümüz kentlerinin karşı karşıya kaldığı iklim değişikliği, salgın hastalıklar, terör, sosyal ve ekonomik tehditlere reaksiyon gösterebilmeleri için şehir plancıları ve mimarlar çözümler bulmaya çalışmaktadır. Bu çalışmalar kapsamında Amerika Birleşik Devletleri Ulusal Altyapı Danışma Konseyi (NIAC), kentsel dirençlilik bileşenlerini üç madde halinde sıralamıştır (NIAC, 2010):

1. Sağlamlık (Robustness): Şokları emebilme ve işlerliğini sürdürebilme yeteneğidir. Binalar ve kritik altı yapı (köprüler, barajlar, enerji tesisleri, ulaşım ve iletişim ağları vb.) tasarımının dayanıklılığını kapsamaktadır.
2. Yeteneklilik/Yaratıcılık (Resourcefulness): Krizi yönetme yeteneğidir. Hareket planlarını belirleme, iş sürekliliğinin planlaması, eğitim, tedarik zinciri yönetimi, zararı kontrol etme ve azaltmak için kararlı ve etkili bir şekilde iletişim kurmayı içermektedir.
3. Hızlı iyileşme (Rapid recovery): Bir kesintiden sonra normal akışa en kısa ve en etkili şekilde dönme veya yeniden kurma yeteneğidir. Acil durum planlarını, yetkin acil durum operasyonlarını ve doğru kişileri ve kaynakları doğru yere ulaştırmak için gereken araçları içerir.

3.2 İklim Kaynaklı Doğal Afetler

İklim kaynaklı doğal afetler çoğunlukla insan faaliyetleri ve ormansızlaşma dolayısıyla iklim sisteminde meydana gelen değişikliklerden doğan afetlerdir. Tropikal siklonlar, ısı dalgaları, orman yangınları, kuraklık ve seller olarak sıralayabileceğimiz bu afetlerin çevresel, toplumsal ve ekonomik etkileri büyüktür. Küresel ısınma ve iklim değişikliği sonucunda dramatik bir şekilde artışa geçmiş olan bu afetlere karşı dirençlilik geliştirebilmesi için etkilerinin ve sonuçlarının çok iyi anlaşılması gerekmektedir.

3.2.1 Tropikal siklonlar

Tropikal siklonlar, sıcak okyanus yüzeyinde oluşup hızla dönen, kuvvetli rüzgarlar ve yoğun yağış ile karakterize edilen bulut ve gök gürültüsü sistemidir. Kasırga ya da tayfun olarak adlandırılan siklonlar genellikle tropikal ve subtropikal bölgelerde, deniz yüzey sıcaklıklarının fırtına gelişimine uygun olduğu kesimlerde oluşurlar. Önce tropikal rahatsızlıklar olarak başlarlar, ardından tropikal depresyonlara, tropikal fırtınalara ve son olarak koşullar uygunsa tropikal siklonlara dönüşürler. (Zehnder, 2024)

Tropikal siklonlar genellikle kuzey yarımkürede temmuz-eylül ayları arasında, güney yarımkürede ise ocak-mart ayları arasında oluşur. Yüksek rüzgarlar tropikal siklonların en yıkıcı etkilerinden biridir. En yoğun siklonlarda rüzgâr hızı saatte 240km'ye kadar çıkabilir ve fırtına uçlarında saatte 320km'ye ulaşabilir (Zehnder, 2024). Tropikal siklonun doğrudan hedefi olan bir bölge saatler boyunca yüksek rüzgarlarla baş etmek zorunda kalabilir. Rüzgarların kuvveti, hızları arttıkça daha yüksek bir oranda artar. Örneğin saatte 100km hız ile esen bir rüzgâr metrekare başına 718 paskal kuvvet uygularken hızı ikiye katlanıp 200km hız ile eserse metrekare başına uyguladığı kuvvet 5 katına yükselir (Zehnder, 2024). Bu kuvvetli rüzgarlar pek çok bina ve altyapıya büyük hasarlar verebilir.

Tropikal siklonların bir diğer etkisi de kıyı bölgelerde sebep olduğu fırtına dalgalanmalarıdır. Bu güçlü rüzgarlar ve şiddetli yağmurlarla birlikte deniz yüzeyinde yüksekliği 6 metrenin üzerine çıkabilen fırtına dalgalanmaları oluşabilir (WMO, 2022). Bu durum kıyı yerleşimleri için çok ciddi tehlikelere yol açabilir. Tropikal siklonların etkilerini hafifletmek ve can kayıplarını azaltmak için gelişmiş tahmin ve erken uyarı sistemleri büyük önem taşır.

Kuşkusuz, küresel ısınma dünya çapında iklim desenlerini değiştirmektedir. Değişen iklim koşullarının tropikal siklonları nasıl etkilediği konusunda pek çok araştırma bulunmaktadır. 20. yüzyılın ortalarından itibaren belirgin bir şekilde artan deniz yüzeyi sıcaklıklarının tropikal siklonların oluşumuna katkısı olduğu bilinmektedir. Kuzey Atlantik Havzası'ndaki kasırga sıklığı ve yoğunluğunun iklim değişikliği ile olan ilişkisini inceleyen bilimsel araştırmalara göre deniz yüzey sıcaklığının artmasının kasırgaların sıklaşmasında önemli bir faktör olduğu öne sürülmektedir (Méndez-Tejeda ve Hernández-Ayala, 2023).

3.2.2 Sıcak hava dalgaları

Dünya meteoroloji örgütünün son bilimsel araştırmalarına göre, iklim değişikliğine bağlı olarak aşırı hava olaylarının gerçekleşme sıklığının ve yoğunluğunun artması beklenmektedir (WMO, 2003). Sıcak hava dalgaları doğal afetler arasında en tehlikeli olanlardan biri olmasına rağmen, yarattığı yıkım her zaman belirgin olmadığı için yeterli dikkati görmemektedir. Günlerce sürebilen sıcak hava dalgaları toplum için son derece tehlikeli bir durumdur. 1998 – 2017 yılları arasında 166.000 kişi aşırı sıcaklar sebebiyle hayatını kaybetmiştir (WMO, 2024). 2003 yılında Avrupa kıtasında yaşanan sıcak hava dalgaları sebebiyle Dünya Sağlık Örgütü'nün verilerine göre Fransa'da 14.802, Birleşik Krallık'ta 2045, Portekiz'de 2099 can kaybı yaşanmıştır (Koppe ve diğ., 2004).

Sıcak hava dalgaları, kırsal toplulukların geçim kaynaklarını olumsuz etkilerken kentlerde ise ısı adası etkisi sebebiyle daha ciddi boyutlarda sonuçları olabilir. Aşırı sıcaklar su, enerji ve ulaşım sistemleri üzerindeki yükü arttırarak kesintilere sebep olabilir. Tarım ve hayvancılık faaliyetlerindeki bozulmalar gıda krizine yol açabilir. Yüksek sıcaklıklar sebebi ile özellikle yaşlı ve küçük çocuklarda hayati riskler doğabilir. Bu sebeplerle, yetkililerin erken uyarı ve tavsiyeleri halk sağlığı açısından büyük önem taşımaktadır.

3.2.3 Orman yangınları

Orman yangınları, genellikle kırsal bölgelerdeki yabani bitki örtüsünde kontrolsüz bir şekilde ortaya çıkan yangınlardır. Belirli bir kıta ya da çevre ile sınırlı olmayan bu yangınlar ormanlarda, otlaklarda, savanalarda ve diğer ekosistemlerde çıkabilirler (National Geographic Society, 2023).

Orman yangınları insan kaynaklı bir kıvılcım ile başlayabileceği gibi çoğu zaman doğal bir olay (örneğin yıldırım düşmesi vb.) sonucu ortaya çıkar. Rüzgâr, yüksek sıcaklıklar ve yağış miktarının azlığı ağaçları, çalıları, dökülmüş yaprakları ve dalları kurutarak bir yangını beslemeye hazır hale getirebilir.

Yerleşim yerlerine yakın bölgelerde ortaya çıkan yangınlar çok tehlikeli sonuçlar doğurabilir: Örneğin, 2018 yılında Kaliforniya, Butte County'de çıkan yangın neredeyse bütün kasabayı yok etmiş ve 86 kişinin ölümüne sebep olmuştur.

İklim değişikliğine bağlı olarak artan sıcaklıklar, değişen yağış desenleri ve uzun süreli kuraklık dönemleri orman yangınlarının ortaya çıkmasına katkı sağlamış, pek çok yerel topluluğu ve ekonomileri etkilemiş ve dünya genelinde savunmasız ekosistemleri tehdit eder hale gelmiştir. 2016 yılında yapılan bir bilimsel araştırma sonucu, iklim değişikliğinin organik maddelerin kuruma sürecini hızlandığı ve 1984-2015 yılları arasında ABD'nin batısında oluşan yangınların iki katına çıkmasına sebep olduğu ortaya konmuştur (Abatzoglou ve Williams, 2016).



Şekil 3.6 : İklim değişikliği-orman yangınları-sera gazı emisyonu döngüsü (OECD, 2023).

İklim değişikliği ve orman yangınları bir döngü haline birbirini etkileyen süreçlerdir (Şekil 3.6). İklim değişikliği yangın riskini, sıklığını ve yoğunluğunu artırırken, yangınlar da sera gazı emisyonunun artmasına sebep olur. Sera gazı emisyonun artması ise iklim değişikliğini körükleyen bir etki olarak sistemde yerini alır.

Orman yangınları çoğunlukla yerel etkilere sebep olacakmış gibi düşünülse de örneğin Amazon bölgesinde çıkan büyük yangınlar bazı kritik eşiklerin aşılmasını tetikleyebilir. Bu durum bitki örtüsünde ani bir değişime yol açabilir ve bu da global karbon döngüsünün etkilenmesine sebep olabilir.

3.2.4 Kuraklık

Su ve iklim değişikliği birbirine ayrılamaz bir şekilde bağlı iki meseledir. İklim değişikliği dünyanın su sistemini kompleks bir şekilde etkilemektedir.

Öngörülemeyen yağışlar, buz tabakalarındaki küçülme, deniz seviyelerindeki yükselme, seller ve kuraklık gibi iklim değişikliği etkilerinin hepsi temelde su ile ilgili problemlerdir.

Kuraklık, dünya genelinde herhangi bir bölgede meydana gelebilen, doğal iklim döngüsünden daha uzun süren kuru bir dönem olarak tanımlanır (WHO, 2024). Yağışın olmamasıyla karakterize edilen, yavaş başlayan bir felakettir ve su kıtlığına neden olur. Kuraklık, sağlık, tarım, ekonomi, enerji ve çevre üzerinde ciddi olumsuz etkilere sahiptir.

Kuraklık, diğer doğal afetlerden farklı olarak, başlangıcının ve bitişinin belirlenmesi zor olan bir afettir. Tam etkileri zaman içerisinde yavaşça geliştiği için etkileri çoğu zaman hafife alınabilir. Ancak kuraklığın tüm canlılar alemi üzerinde çok ciddi ve uzun vadeli etkileri vardır. 1900 yılından bu yana, 11 milyondan fazla insan kuraklık sebebi ile hayatını kaybetmiştir (Rodgers, 2024). Kuraklık aynı zamanda çok büyük ekonomik kayıplara da yol açabilmektedir.

Çoğu kuraklık, düzenli hava desenlerinin kesintiye uğraması ve su döngüsünün bozulması sonucu ortaya çıkar. Atmosfer hareketlerindeki değişiklikler, fırtına rotalarının aylarca veya yıllarca duraklamasına neden olabilir. Bu kesinti, bir bölgenin normalde aldığı yağış düzeyini dramatik bir şekilde etkileyebilir.

Bazı iklim desenleri ile kuraklık arasında bir bağlantı tespit edilmiştir. El Niño, Pasifik Okyanusu'ndaki yüzey suyunun merkezi Güney Amerika kıyısı boyunca yükseldiği bir hava olayıdır. Bu daha sıcak sular fırtına desenlerini değiştirir ve Endonezya, Avustralya ve Güney Amerika'nın kuzeydoğusundaki kuraklıkla ilişkilendirilir. (Rodgers, 2024) La Niña olayı ise El Niño'nun karşıtıdır ve Güney Amerika kıyıları boyunca Pasifik Okyanusu'ndaki yüzey suyu sıcaklığının azaldığı bir durumdur. Bu daha serin sulardaki değişiklikler, Kuzey ve Güney Amerika'nın bazı bölgelerinde normalden daha kuru koşullara katkıda bulunarak fırtına desenlerini etkiler. Hem El Niño hem de La Niña genellikle yaklaşık bir yıl sürer. La Niña'nın hava desenleri üzerindeki etkileri genellikle El Niño'dan daha karmaşıktır. ABD tarihinin en yıkıcı iki kuraklığı- 1930'lardaki Toz Kasırgası ve 1988'deki Ortabatı'daki kuraklık- La Niña'nın etkileriyle ilişkilidir (Rodgers, 2024).

Dünya genelinde 2 milyar insan güvenli içme suyuna ulaşamamakta (SDG, 2022) ve dünya nüfusunun yaklaşık %50'si yılın en az bir bölümünde ciddi su kıtlığı

yaşamaktadır (Bates, 2008). Gezegenimizde bulunan suyun sadece %0.5'i kullanılabilir tatlı sudur ve iklim değişikliği bu su kaynaklarını tehdit etmektedir.

Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO) ve Küresel Su Ortaklığı (GWP) iş birliği ile 2011 yılında Entegre Kuraklık Yönetimi Programı (Integrated Drought Management Programme) açıklanmıştır. Programın genel yaklaşımı 4 temel ilke etrafında şekillenmektedir:

1. Kriz yönetiminden ziyade kuraklık azaltımı, savunmasızlığı azaltma ve hazırlıklı olma yoluyla reaktif yaklaşımdan proaktif önlemlere geçiş,
2. Bölgesel, ulusal ve topluluk düzeylerinde dikey planlama ve karar alma süreçlerini, özellikle tarım ve enerji gibi ana sektörleri de içeren çok paydaşlı bir yaklaşıma entegre etmek,
3. Kuraklık bilgi tabanının geliştirilmesini teşvik etmek ve tüm sektörlerdeki paydaşlara bilgi paylaşımı ve hizmet sağlama mekanizması oluşturmak,
4. Bölgesel, ulusal ve topluluk düzeylerinde çeşitli paydaşların kapasitesini arttırmak.

Entegre Kuraklık Yönetimi Programı sayesinde, kuraklıktan etkilenen bölgelerde iklim direnci oluşturulması, ekonomik ve sosyal kayıpları azaltılması ve yoksulluğun hafifletilmesi hedeflenmektedir (WMO/GWP, 2011).

3.2.5 Seller

Dünyanın hemen hemen tüm bölgelerinde sel yaşanabilmektedir. Seller bazen saatler hatta günler önceden tahmin edilebileceği gibi bazen de aniden ve hızlı bir şekilde oluşabilirler. En genel tanımıyla sel, normal şartlarda kuru olan bir yer yüzü parçasının çeşitli sebeplerle sular altında kalması durumudur.

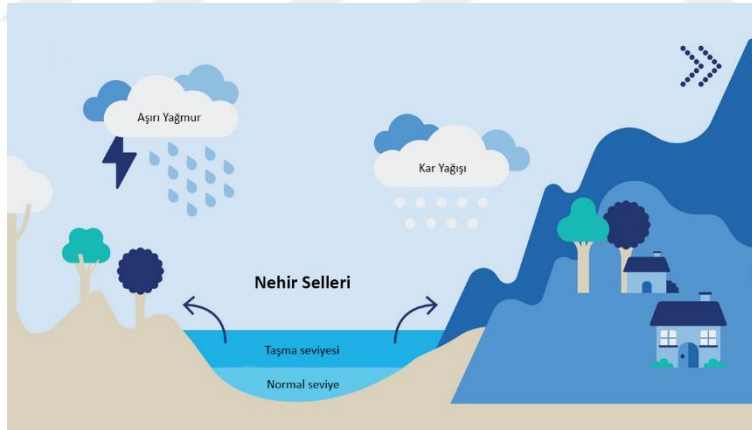
Temel olarak 3 çeşit selden söz edilebilir; fluvial seller (nehir selleri), pluvial seller (yüzey selleri) ve kıyı selleri. Nehir selleri, şiddetli yağış, setlerde kırılma ya da taşma, hızlı kar erimesi gibi sebeplerle nehir yataklarının dolması ve etrafındaki bölgeleri sular altında bırakması şeklinde gerçekleşir. Şiddetli bir şekilde akan su, hatalı kentleşme ile birleşince çok ciddi maddi hasar ve can kayıplarına sebep olabilmektedir. Pluvial seller (yüzey selleri) özellikle aşırı ve ani yağışların şehrin altyapısının taşıyamadığı bir noktaya ulaşması ve taşması sonucu gerçekleşir. Kıyı selleri, şiddetli fırtına ya da tsunami sebebiyle büyük su kütlelerinin kıyılara doğru

itilmesi sonu ortaya çıkan sellerdir. Bu tür sellerin önceden tahmin edilebilmesi mümkün olsa da gerekli uyarılar zamanında yapılmaz ve önemler alınmazsa çok ciddi can ve mal kayıplarına sebep olabilmektedir.

Sellerin gerçekleştiği bölgeye göre yıkıcı etkilerinin yanı sıra olumlu etkilerinde de söz edilebilir. Sel suları çekildiğinde, etkilenen bölgeler genellikle çamur ve alüvyonla kaplanır. Bu tortu, tarımsal faaliyetler için oldukça faydalı besin maddeleriyle doludur. Amerika'daki Mississippi Nehri vadisi, Mısır'daki Nil Nehri vadisi ve Orta Doğu'nun verimli hilali aslında dünyanın en önemli sel yataklarıdır. Yıllık gerçekleşen seller bu düzlüklere milyonlarca ton zengin toprak bırakmış ve binlerce yıl boyunca tarımı desteklemiştir.

3.2.5.1 Fluvial seller (Nehir selleri)

Nehir selleri ani bir şekilde ortaya çıkabilen ve büyük kayıplara yol açabilen sellerdir. Bir nehir taşıdığına pek çok doğal ya da inşa edilmiş strüktür bu güç karşısında kırılgan durumdadır. Köprüler, evler, ağaçlar ve arabalar sel sularının gücüne karşı koyamayarak su ile birlikte sürüklenerek ortaya çıkan kayıpların daha da büyümesine sebep olabilmektedir (Şekil 3.7).



Şekil 3.7 : Fluvial sellerin oluşumu (Url-19).

2007 yılı temmuz ayında Bangladeş'te gerçeklen sel felaketinde 1 milyondan fazla ev hasar görmüş ya da yıkılmıştır (Boudreau ve diğ., 2023). Bunların yanı sıra, sel sularının yarattığı bir diğer risk, çekildikten sonra geride keskin parçalar, tarım ilaçları, yakıt ve kanalizasyon atıkları gibi tehlikeli maddeler bırakmasıdır. Ayrıca sel suları yayılırken beraberinde hastalıklar taşıyabilir. Sel mağdurları haftalarca temiz suya erişim sağlayamayabilir. Bu durum tifo, sıtma, hepatit A ve kolera gibi ölümcül

salgın hastalıklara yol açabilir. 2000 yılında Mozambik'te Limpopo Nehrinin taşması sonucu mülteci kamplarına sığınan yüzlerce insan, hijyenik olmayan koşullar sebebi ile yayılan kolera ve çoğalan sivrisineklerin yaydığı sıtma hastalığına yakalanarak hayatını kaybetmiştir (Boudreau ve diğ., 2023).



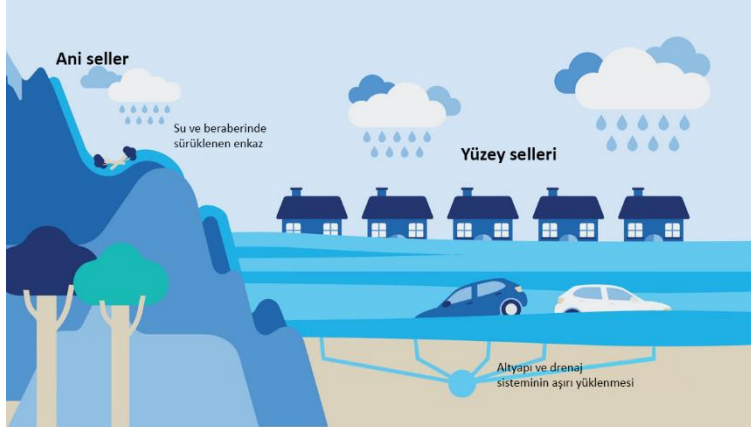
Şekil 3.8 : 2010 Pakistan sel felaketi (Url-20).

2010 yılı ağustos ayında Pakistan'da yüzyılın en büyük sel felaketlerinden biri yaşanmıştır. Muson yağmurlarının aşırı derecede güçlü yağması İndus Nehri'nin taşmasına sebep olmuştur. Neredeyse tüm ülke boyunca akan nehrin taşması tüm Pakistan'ı etkilemiştir. Milyonlarca kişi evlerini kaybetmiş, 2000'e yakın can kaybı yaşanmış, pirinç, buğday ve mısır tarlaları harap olmuştur. Felaketin etkileri muson yağmurlarının durulması ve İndus'un çekilmesinden uzun süre sonra bile devam etmiştir. Gıda kıtlığı, elektrik kesintileri, altyapı problemleri ve beraberinde kolera ve sıtma salgınları ortaya çıkmıştır. Uzmanlara göre yeniden inşa süreci 15 milyar dolara mal olacaktır.

3.2.5.2 Pluvial seller (Yüzey selleri)

Pluvial seller bir aşırı yağış olayının, taşan bir su kütlesi olmadan bağımsız olarak bir sel oluşturduğu durumdur. Yüzey selleri olarak da adlandırılan pluvial seller kentsel veya kırsal bir alanda, hatta yakınında su kaynağı olmayan bir bölgede bile gerçekleşebilir. Kentsel drenaj ve altyapı sisteminin aşırı yüklendiği durumlarda

meydana gelir. Ani ve yoğun bir şekilde gerçekleşen yağış sonucunda yüzey suyu seviyesi hızla yükselir ve su baskınlarına sebep olur.



Şekil 3.9 : Pluvial sellerin oluşumu (Url-19).

Pluvial seller ani seller şeklinde de gelişebilir. Yakınlardaki yüksek arazilerde meydana gelen aşırı yağışlar sonucu biriken su, aşağı bölgelere doğru şiddetli bir şekilde akmaya başlar. Yüksek hızla akan su beraberine kattığı enkaz ile birlikte çok daha tehlikeli ve yıkıcı sonuçlara sebep olabilir.

3.2.5.3 Kıyı selleri

Sel oluşumunda etkili diğer kuvvetler kasırga ve siklonlardır. Bu güçlü fırtınalar sırasında meydana gelen deniz seviyesi yükselmesine fırtına dalgalanmaları (storm surges) adı verilir. Fırtına dalgalanmaları bir tür kıyı selidir ve çok yıkıcı sonuçları olabilir. Güçlü rüzgarlar büyük miktarda su kütlelerini kaldırıp hareket ettirebilir. Bu şekilde fırtına dalgaları iç kesimlere doğru taşınabilir (Şekil 3.10).



Şekil 3.10 : Kıyı sellerinin oluşumu (Url-19).



Şekil 3.11 : 2011 yılında Japonya’da oluşan tsunami dalgaları (Url-21).

Kıyı selleri bazen depremler ve tsunami gibi başka bir doğa olayı tarafından tetiklenebilmektedir. 2011 yılında Japonya’da meydana gelen deprem, yüksekliği 40 metreye ulaşan bir tsunamiye sebep olmuş ve sular iç kesimlere doğru 10 kilometreden fazla bir alana ulaşmıştır (Şekil 3.11). Evler, iş yerleri, okullar, hastaneler ve Fukushima Nükleer Santrali sular altında kalmıştır.

3.3 Dirençli Kentler İçin Adaptasyon Yolları

IPCC’nin 6. değerlendirme raporuna göre, pek çok şehir ve yerleşim iklim değişikliğine karşı dirençlilik ve adaptasyon planları geliştirmiş olsa da bunlardan çok azı uygulamaya geçmiş durumdadır (IPCC, 2023). Hızlı kentleşme ve iklime duyarlı planlama eksikliğinin birleşmesi sonucu kentsel nüfus ve alt yapı üzerinde olumsuz etkiler ortaya çıkmaktadır. Sıklaşma ve şiddetlenme eğilimindeki aşırı hava olayları dünya genelinde ekosistemlere ve insanlara olduğu kadar, binalara ve altyapıya da zarar vermeye devam edecektir (Dodman ve diğ., 2022).

Günümüzde bazı ülkeler iklim değişikliğine adaptasyon politikaları kapsamında 2050 yılına kadar sıfır emisyonu ulaşma hedefi koymuşlardır. Buna rağmen 1,5°C’lik ısınma eşiğine yaklaşmakta olduğumuz bugünlerde, bulunduğumuz yüzyılın sonuna kadar dünyanın, sanayi öncesi dönemlere göre 2-3°C daha sıcak olacağı hesaplanmıştır (IPCC, 2023). İklim değişikliğine adaptasyonda hızlı adımlar atılmazsa bazı bölgelerin tamamen yaşanılmaz bir hale gelmesi riski bulunmaktadır.

3.3.1 Sosyal altyapı yoluyla adaptasyon

IPCC’de kentlerin iklime karşı dirençli hala gelebilmesi için bazı adaptasyon yolları açıklanmıştır. Bunlardan ilki sosyal altyapı yoluyla adaptasyondur. Burada sosyal altyapı, kayıpları telefi etmek ve riskleri azaltmak için kullanılabilecek kültürel, sosyal ve finansal faaliyetleri ve kurumları, binaları ve hatta nesneleri kapsayan bir sistem olarak tanımlanmaktadır (Dodman ve diğ., 2022).

Sosyal altyapı yolu ile adaptasyon yönteminin adımlarından ilki arazi kullanımının planlanmasıdır. Yerleşim yerlerinin ve altyapının doğru konumlandırılması dirençli bir kent için çok önemlidir. Doğru arazi planlaması yerleşimlerin risksiz alanlara kurulmasına ve yapılı çevrenin doğal çevre üzerinde olumsuz bir etki yaratmıyor olmasına odaklanır. Günümüzde pek çok kent iklim değişikliğine uyuma yönelik imar ve arazi kullanımı önlemini sınırlı bir şekilde uygulamaktadır; ancak Güney Kore gibi bazı ülkeler arazi planlama sistemlerinde afet riskini azaltma konusunu ele almaya başlamışlardır (Han ve diğ., 2019).

İklim kaynaklı risklerin geçim kaynakları ve özellikle kentlerde yaşayan yoksul kesim üzerinde nasıl bir etkiye sahip olduğunun anlaşılması ve bunların nasıl güçlendirileceğinin planlanması sosyal altyapı yoluyla adaptasyonun bir diğer adımıdır (Dobson ve diğ., 2015). Bu bağlamda kurulan sosyal güvenlik ağları ile bireyleri ve haneleri belirli bir yaşam standardının altına düşmekten korurken, aynı zaman gıda şokları gibi iklim değişikliği ile ilişkilendirilen savunmasızlıkları önlemek için doğrudan yardım sağlanmalıdır (Islam ve Hasan, 2019).

Acil durum ve afet yönetimi konusu sosyal altyapının en önemli parçalarından biridir. Küresel ölçekte pek çok kuruluş afet risklerini yönetmek ve kent hizmetlerini entegre etmek için gelişmiş teknolojiler ve erken uyarı sistemleri üzere odaklanmaktadır. Şehirlerde oluşan afet risklerindeki artış, yerel acil durum yönetimi ve afet riskini azaltma politikalarının ne kadar hayati bir öneme sahip olduğunu göstermektedir.

Dünya genelinde pek çok kentsel alanın kırsal alanlara göre sağlık hizmetlerine erişimi daha iyi durumdadır. Ancak sağlık hizmetleriniz yetersiz kaldığı büyük kentsel nüfuslar da bulunmaktadır (WHO, 2015). İklim değişikliğinden etkilenen en savunmasız kesimleri koruyabilmek için iklime dirençli sağlık sitemleri dirençli kent sisteminin önemli bir parçasıdır (WHO, 2020). Güçlendirilmiş bina tasarımı ve

kentsel planlama ile özellikle hastaneler gibi büyük sağlık kurumlarının yüksek sıcaklıklar ve sel risklerine karşı dirençli hale getirilmesi gerekmektedir.

Eğitim ve iletişim sosyal altyapının diğer önemli bileşenlerindendir. Çocukların okullarda geçirdiği uzun saatler dikkate alındığında, eğitim ve programların iklim değişikliğine adaptasyonu anahtar rol oynamaktadır. Birleşmiş Milletler Afet Riski Azaltma Ofisi (UNDRR), UNICEF ve Plan International gibi bazı sivil toplum kuruluşları çocuk merkezli riski yönetimi konusunu önceliklendirmiştir (Dodman ve diğ., 2022). Okullar aynı zamanda çocuklardan ailelere uzanan bilgi yayma ve topluluk organizasyonunun odak noktaları olarak görülmektedir. Üniversiteler, düşünce kuruluşları, yerel yönetimler ve topluluklar iş birliği içinde çalışarak, kritik eğitim kaynaklarının geliştirilmesi ve sosyal medya gibi yenilikçi iletişim yöntemlerinin yanı sıra iklim politikaları ve ilgili eylem planlarının tasarlanmasını ve uygulanmasını destekleyebilirler (Dodman ve diğ., 2022).

Kültürün kentsel politika ve planlamaya entegrasyonu, sürdürülebilir ve dirençli kentlerin geliştirilmesinden önemli bir faktör olarak kabul edilmektedir (Sitas, 2020). Özellikle sıcaklık ve su etkileşimlerindeki değişikliklere karşı hassas olan Filipinler'deki Cordilleras Pirinç Terasları ve Mali'deki kerpiç Djenné camisi gibi dünya mirasları, değişen iklim koşulları karşısında risk altındadır (UNESCO, 2021).

3.3.2 Doğa tabanlı çözümler yoluyla adaptasyon

İyi işleyen ekosistemler, şehirleri, yerleşimleri ve altyapıyı çeşitli ölçeklerde iklim tehlikelerinden korumada önemli bir rol oynayabilir. Doğa tabanlı çözümler, toplumsal sorunları etkili ve adaptif bir şekilde ele alırken aynı anda toplumun refahı ve biyoçeşitlilik faydaları sağlayarak doğal veya değiştirilmiş ekosistemleri korumak, sürdürülebilir bir şekilde yönetmek ve restore etmek için alınan önlemlerdir (Cohen-Shacham ve diğ., 2016). Afet riskini azaltma ve iklim değişikliği adaptasyonunda geniş çapta kabul gören önlemlerden yeşil ve mavi altyapı yatırımları ve kentlerdeki doğal alanların korunması, sıcaklık şoklarını azaltmak ve doğal sel savunmaları sağlamak gibi farklı ölçeklerde faydalar sağlayabilir (Dodman, 2022). Örneğin mavi altyapı, sürdürülebilir kentsel su yönetimi için kritik öneme sahip ekolojik ve hidrolojik işlevler sağlar (Ioja ve diğerleri, 2021). Kamu parkları, kent ormanları, sokak ağaçları ve yeşil çatıların yanı sıra göller, göletler ve akarsuların yerel soğutma ve nehir kenarı tamponları sağladığı bilinmektedir; ormanlık su havzaları yerleşimler

için sel ve kuraklığa karşı koruma sağlayabilir. Mangrov ormanları ve sulak alanlar kıyılardaki fırtına dalgalanmalarının etkisini azaltabilir.

Sıcaklık düzenlenmesi, doğa tabanlı adaptasyon stratejilerden biridir. Yeşil çatılar, yeşil duvarlar ve diğer kentsel bitkiler de dahil olmak üzere, özel ve kamusal alanları soğutarak aşırı sıcakların etkisini azaltabilir. Gölge alanlar, ortalama ışıma sıcaklığını azaltır, ki bu sıcaklık güneşli koşullar altında dış mekanlarda termal konforu baskın olarak etkileyen bir faktördür (Thorsson, 2014). Kentsel iklim modelleri, artan bitki örtüsünün hem ortalama sıcaklıkları düşürdüğünü hem de aşırı sıcakların etkisini azalttığını göstermektedir (Dodman, 2022).

Doğa tabanlı çözümler, şehirlerdeki hava kirleticilerini yutarak hava kalitesinin düzenlenmesine katkı sağlarlar. Hava kalitesinin iyileştirilmesinde doğa tabanlı çözümlerden maksimum fayda sağlanması için planlamacılar düşük alerjen emisyonuna ve kirletici tortuları hapsedme oranı yüksek türlerden ağaç seçimi yaparak, bunu temiz ulaşım politikaları ile destekleyebilirler. Çalışmalar yol kenarlarına dikilen ağaçların, hava kirleticiler üzerinde olumlu etkilere sahip olduğunu göstermektedir (Yang ve diğ., 2015).

Şiddetli yağış dönemlerinde, kentsel açık alanlar, parklar, sulak alanlar ve bazı motorlu cihazlar suyun depolanması ve emilmesi için alan sağlayarak yağmur sularının akış miktarını azaltmada önemli bir rol oynayabilir. Nehir kıyıları boyunca yapılan bitkilendirmeler sel olayları sırasında yapısal bütünlüğün korunmasını ve kıyı erozyonunun azaltılmasını sağlar. Bu bağlamda aşırı yağış, fırtına ve sel sularının yönetilmesinde doğa tabanlı çözümlerden ciddi faydalar sağlanması mümkündür. Doğa tabanlı çözümler arasında en önemlilerden biri de yağmur suyu hasadıdır. Yağmur suyu hasadı sürdürülebilir su kaynağı yönetimi sağlar ve iklim değişikliğine bağlı su kaynağı belirsizliklerine karşı halkı daha dirençli hale getirir (Boelee, 2017).

3.3.3 Gri/Fiziksel altyapı yoluyla adaptasyon

“Gri” ya da fiziksel altyapı, iklim değişikliğine duyarlılığı sebebiyle adaptasyon için bir önceliktir. Özellikle aşırı hava olayları sırasında, binalar ve tüm yapıları çevre dahil olmak üzere fiziksel altyapının performansı hayati önem taşımaktadır.

Tek bina ölçeğindeki mimari ve kentsel tasarım düzenlemeleri (imar yönetmelikleri ve yönergeleri), değişen iklime uyum sağlayan ve aşırı hava olayları sırasında

kullanıcı davranışını toplu olarak değiştirme potansiyeline sahip, iklime duyarlı binaları kolaylaştırmaktadır (Osman ve Sevinç, 2019). Bunlar, aşırı sıcak ve soğukların yanı sıra su baskınlarına karşı da kullanıcı konforunu sağlayacak şekilde uyarlanabilen binaları içerir (örneğin, kazıklar üzerinde inşa etmek ve amfibi yapılar). İklim değişikliğinin olumsuz sonuçlarına karşı binalar, özelliklerini değiştirerek uyum sağlayabilir. Örneğin, yalıtım değerlerini artırarak, gölgelendirme elemanları ekleyerek, doğal havalandırmayı artırarak, yatak odası pencerelerinin güneşe yöneltilmesini sağlayarak, bina dış yüzeylerinde yüksek albedo malzemeler kullanarak, termal kütleyi değiştirerek, kötü yalıtılmış binalara yeşil çatılar/cepheler ekleyerek ve su toplama için işlemler uygulayarak adapte edilebilir (Osman ve Sevinç, 2019).

Bilgi ve iletişim teknolojileri altyapısı, iklim değişikliği ile ilişkilendirilen kısa vadeli şoklara ve uzun vadeli eğilimlere adaptif yanıtlar vermede önemli bir rol oynarlar. Mobil cihazlar, SMS, radyo, sosyal medya gibi araçlar kullanılarak, acil durumlarda bilgilendirme ve uyarıların zamanında yapılması hasar ve kayıpların azaltılmasına yardımcı olabilir.

Temiz enerjili arabalar, trenler ve diğer araçların yaygınlaştırılmasının yanı sıra, şehirlerde güvenli ve kullanışlı yürüyüş ve bisiklet yollarının ulaşım altyapısına kazandırılması hem karbon emisyonunu azaltmaya hem de şehirlerdeki ısı adası etkisini hafifletmeye yardımcı olur. Gölgeleştirilmiş yürüme ve bisiklet yolları, yüksek sıcaklık, yağış ve nem gibi sebeplerle aktif ulaşımın kesintiye uğrama risklerini azaltabilir (Wong ve diğ. 2017).

Kuraklık ve su kıtlığına karşı hazırlıkla olabilmek için yağmur suyu hasadı, depolama, tuzdan arındırma, su kaynaklarındaki kirliliği azaltma gibi yöntemlerle su arzının artırılması veya sızıntıları azaltma, tüketimi düşürme, gri suların yeniden kullanılması gibi yöntemlerle su talebinin azaltılması yoluyla iyi bir su yönetimi dirençli bir kent için çok önemli bir faktördür (Dodman, 2022).

Fiziksel kıyı yönetimi altyapısı, sel ve kıyı erozyonu sebebiyle kayıpları azaltmada ve fırtınalardan kaynaklanan hasarları hafifletmede önemli bir rol oynar. Bu altyapı, deniz duvarları, setler, dalgakıranlar, mendirekler ve kıyı koruma duvarları gibi elemanları kapsar.

4. SELE KARŞI DİRENÇLİ BİR KENT ÖRNEĞİ: HAMBURG

4.1 Hamburg'un Tarihsel Gelişimi

Almanya'nın en büyük liman ve ticaret merkezi olan Hamburg, ülkenin kuzeyinde Elbe nehri üzerinde bulunan bir şehir eyaletidir. Toplamda 755 kilometrekarelik bir yüzölçümüne sahip olan şehir, Berlin'den sonra Almanya'nın 2. en büyük şehridir.



Şekil 4.1 : Hamburg Metropolitan bölgesi (Url-22).

Hamburg'un tarihi M.S. 808 yılına dayanmaktadır. İmparator Charlemagne, Slav kabileleri savunmak için Alster Nehri ve Elbe Nehri arasındaki bataklık araziye bir kale inşa edilmesini emretmiştir. Hammaburg adı verilen kale M.S. 834 yılında İmparator Louis the Pious döneminde, bir başpiskoposluk merkezi haline gelmiş ve genç Hamburg şehri Kuzey Avrupa'daki dini misyonlar için bir üs olmuştur. Şehir ilk defa 845 yılında olmak üzere bunu izleyen 300 yıl boyunca Vikingler tarafından 9 kez tamamen yakılmıştır. Her seferinde yeniden ayağa kalkmayı başaran Hamburg'un Kuzey Avrupa'daki ruhani rolü 11. yüzyılda sona ermiş ve şehrin karakteri ticaret üzerinden gelişmeye başlamıştır. 1189 yılında Frederick I Barbarossa, Hamburg'a Kutsal Roma İmparatorluğuna bağlı "Özgür İmparatorluk Şehri" unvanını vermiştir. Elbe Nehri boyunca Kuzey Denizi'ne kadar vergisiz

erişim sağlayan Hamburg, kısa zaman içerisinde Avrupa'daki önemli bir ticaret gücü haline gelmiştir. (McIntosh ve Thomsen, 2024)

Hamburg 1241 yılında, kuzey Avrupa'daki bir diğer ticaret şehri olan Lübeck ile, sonunda Hansa Ligi'nin doğmasına vesile olan bir ittifak kurmuştur. O dönemde Kuzey Avrupa'daki kıyı şehirleri arasında güçlü bir ticari ve savunma ittifakının kurulmuş olması, Hamburg'un dünya ekonomisindeki konumu için hayati öneme sahip olmuştur (McIntosh ve Thomsen, 2024). Birliğin mirası hala şehrin tam adına yansıtılmaktadır: Freie und Hansestadt Hamburg (zgr ve Hansa şehri Hamburg).

Hamburg 5 Ağustos 1284'te büyük bir yangın felaketi ile karşı karşıya kalmış ve şehrin neredeyse tamamı yok olmuştur (Kleinelmern & Ballhausen, 2007). Yaklaşık bir yüzyıl sonra, 1350 yılında ise insanlık tarihinin en ölümcül salgınlarından biri olan Kara Veba şehrin nüfusunun yarısının hayatını kaybetmesine sebep olmuştur (Hamburg, 2024). Afetler ve zaman zaman yaşanan korsan yağmalamalarına rağmen, Hamburg şehri küresel ölçekte büyümeye ve ticaret yollarını genişletmeye devam etmiştir.



şekil 4.2 : 17. Yüzyıla ait Hamburg haritası (Url-23).

Orta ağ'ın sonlarına doğru Hansa şehirler Birliği dağılmaya başlamış ve Hamburg ilerlemesine tek başına devam ederek 1550 yılında ekonomik anlamda Lübeck'i geçerek büyük bir önem kazanmıştır (McIntosh ve Thomsen, 2024). 1558 yılında, Londra ve Amsterdam'ın ardından Hamburg'da borsa kurulmuştur. şehrin sürekli

büyümesi ve refahı 1810 yılında Napolyon'un şehri işgal etmesi sebebiyle duraklamış ve pek çok ticari faaliyet kesilmiştir. Napolyon'un yenilmesinden sonra Hamburg bir kez daha özgürlüğüne kavuşmuştur. 1815 yılında Viyana Kongresi'nde Hamburg, Bremen, Frankfurt ve Lübeck ile birlikte yeni Alman Konfederasyonu içerisinde bir "Özgür Şehir" olarak adlandırılmıştır (Hamburg, 2024).

1842 yılında Hamburg bir kez daha büyük bir yangın felaketi yaşamış, 20.000'den fazla kişi evsiz kalmış, St. Petri Kilisesi, St. Niolai Kilisesi ve belediye binasının (Rathaus) da aralarında bulunduğu pek çok tarihi bina enkaza dönüşmüştür. (Kleinelütern & Ballhausen, 2007)

1860 yılında Hamburg'da, kilise ve devletin birbirinden ayrılmasını, basın, birlik ve dernek özgürlüklerinin garanti altına alınmasını içeren demokratik bir anayasa kabul edilmiştir. Kısa bir süre sonra, 1871 yılında Hamburg Alman İmparatorluğu'nun bir parçası haline gelmiş ancak özerkliğini korumayı başarmıştır.

Transatlantik ticaret, sonunda Hamburg'u Avrupa'nın 2. Büyük limanı haline getirmiş ve büyük bir refah oluşmasını sağlamıştır. Bu dönemde şehrin nüfusu 4 katına çıkarak 800.000'e ulaşmıştır. Artan nüfus karşısında Elbe'den elde edilen su kaynakları modernize edilmediği için 1892'de büyük bir kolera salgını baş göstermiş ve 8.600 kişi hayatını kaybetmiştir. (Hamburg, 2024)

20. yüzyılın başlarında Hamburg'un nüfusu 1 milyona ulaşmıştır. I. Dünya Savaşının patlak vermesiyle 230.000'den fazla kişi savaşa katılmış ve bunlardan 35.000'i hayatını kaybetmiştir. Savaş Hamburg'un ekonomisine büyük hasarlar vermiştir. Şehir, ticari filosunun çoğunu savaş tazminatları sebebi ile kaybetmiş, savaş sonrası Almanya'nın kolonilerini terk etmek zorunda kalması nedeniyle pek çok ticaret yolu elinden gitmiştir. (Hamburg, 2024)

II. Dünya Savaşı'ndan önce, Almanya'nın en büyük Yahudi toplulukları Hamburg'da yaşamaktaydı (Hamburg, 2024). Bu topluluklar, ülke genelindeki diğer Yahudi toplulukları ile aynı kaderi paylaşmış ve Nazi rejimi altında tamamen sınır dışı edilmiş ya da öldürülmüştür. Savaşın sonlarına doğru, İngiltere ve Amerika kuvvetleri Gomorrah Operasyonu olarak bilinen büyük bir operasyon başlatmış ve Mayıs 1945'te Nazi rejimi teslim olana kadar tüm şehri bombalamışlardır (Kummereincke, 2022).

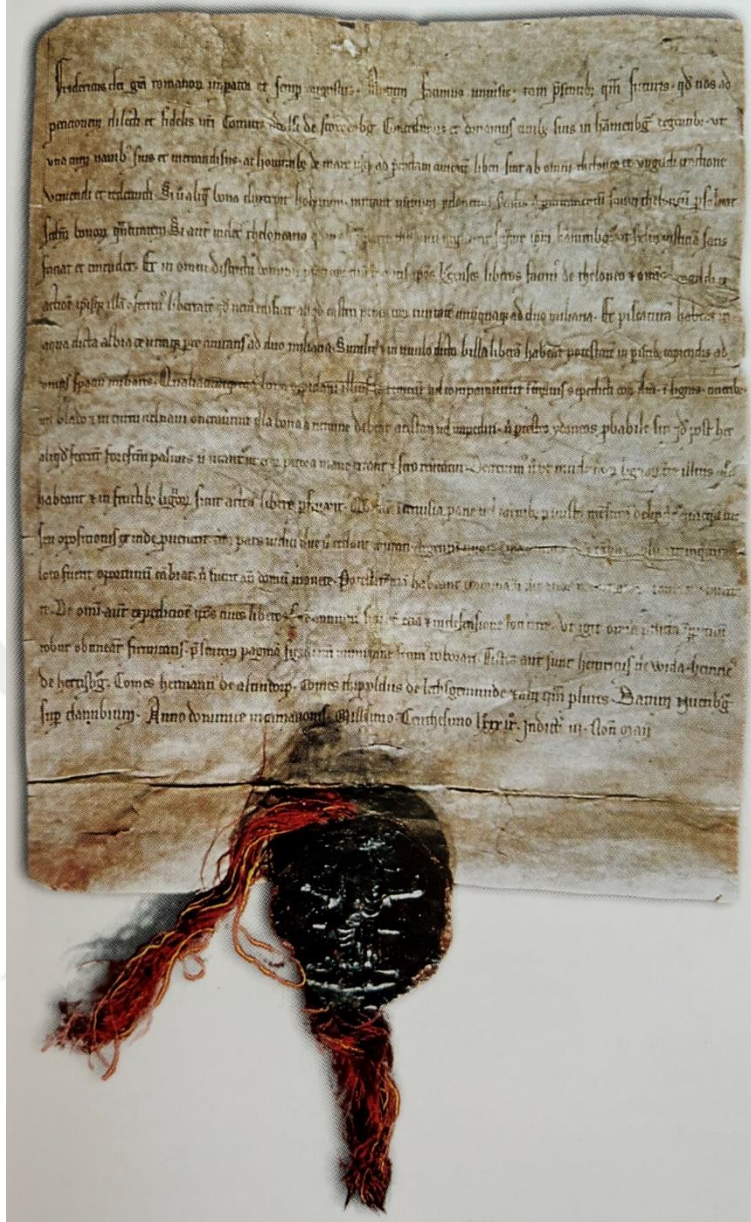


Şekil 4.3 : Gomorrah Operasyonu’nun Hamburg’da yarattığı yıkım (Url-24).

Şehrin üzerine toplam 39.000 ton bomba atılmış, 42.000 kişi hayatını kaybetmiş, yerel mülklerin %40’ı, endüstri alanlarının %50’si ve limanın %80’i yıkılmıştır (Hamburg, 2024). Savaştan sonra 1949 yılında Federal Almanya Cumhuriyetinin kurulması ile birlikte şehir, Freie und Hansestadt Hamburg adı ile Almanya’nın 16 eyaletinden biri haline gelmiştir.

4.1.1 Hamburg limanı

Hamburg’un deniz ticareti faaliyetleri neredeyse şehrin kurulduğu yıllara kadar uzanıyor olsa da İmparator I. Friedrichs Barbarossa’nın Hamburglulara aşağı Elbe boyunca Kuzey Denzine kadar gümrük vergilerinden muaf olarak yelken açma ayrıcalığını verdiği (Şekil 4.4) tarih olan 7 Mayıs 1189 (Köster, 2015), Hamburg limanının resmi doğum günü olarak kabul edilmekte ve her yıl büyük etkinliklerle kutlanmaktadır.



Şekil 4.4 : İmparator I. Friedrichs Barbarossa'nın Hamburg'a gümrük serbestisi tanıyan mektubu. (Kummereincke, 2022)

Özellikle 15. Yüzyılın sonlarında Amerika'nın keşfedilmesinden sonra Hamburg limanı büyük bir ivme kazanmıştır. Bu süreçte Baltık Denizi kıyısındaki bölgeler önceliklerini kaybederken Atlantik kıyısındaki ülkeler öne çıkmıştır. Bu durum Hamburg'un da üyesi olduğu Hansa Ligi'nin ilkelerine aykırı olsa da Hamburg yabancı limanlarla yakın ekonomik ilişkiler kurma çabasına girmiştir. 1850'lere gelindiğinde artık Hamburg bayrağı dünyanın bütün okyanuslarında görünür hale gelmiştir. (Hafen-Hamburg, 2021)

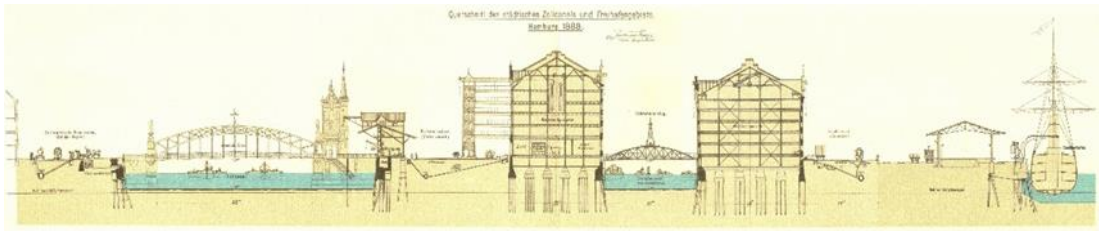
Artan kargo akışı göz önüne alındığında, yapılan genişlemelere rağmen liman yetersiz kalmış ve ardından 1862'de Hamburg limanında büyük bir modernizasyon

başlamıştır. Hidrolik mühendisi Johannes Dalmann (Şekil 4.5) yeni bir açık gel-git limanı (open tidal port) inşa edilmesine yönelik kapsamlı çalışmalar yapmıştır. 1866'da Elbe nehrinin iki yakasına da rıhtımlar ve depolar inşa edilmiş, 1872'de Kaiserkai'den ilk defa gemilerden demir yoluna transferler başlamıştır. (Hafen-Hamburg, 2021)



Şekil 4.5 : Hidrolik mühendisi Johannes Dalmann (Url-25).

1881 yılında Hamburg'un Almanya Gümrük Birliği'ne katılması ile birlikte şehir serbest liman özelliğini kısmen kaybetmiş, ancak sadece belirli bir bölgenin gümrüksüz ticaretine izin verilmiştir (Köster, 2015). Bu durum, Speicherstadt (Depo Şehri) adı verilen depo kompleksinin inşa edilmesine yol açmıştır. Speicherstadt meşe kazıklar üzerine inşa edilmiş (Şekil 4.6), dünyanın en büyük depo yerleşkesidir (Köster, 2015). Speicherstadt uzun yıllar boyunca bu bölgede gümrüksüz depolama ve yurtdışından gelen malların gümrüksüz aktarımı amacıyla hizmet vermiştir. Ancak 2013 yılında Hamburg limanı, şehrin gelişimi açısından, serbest liman olma özelliğini terk etmiş ve Avrupa Gümrüklü Deniz Limanı olmuştur (Hafen-Hamburg, 2021).



Şekil 4.6 : Speicherstadt kesiti (Url-26).



Şekil 4.7 : 20. Yüzyılın başlarında Hamburg Limanı'nın görünüşü (Url-27).



Şekil 4.8 : Speicherstadt (Url-28).

Deniz trafiğinin endüstrileşmesi ile 1967'de konteyner çağı başlamış ve hızla ilerlemiştir. 1968 yılında ilk defa bir hücresel yük gemisi (Hücresel yük gemisi, yük konteynerlerinin verimli bir şekilde depolanması için özel olarak tasarlanmış bir konteyner gemisidir.), American Lancer, Hamburg limanına yanaşmıştır (Hafen-Hamburg, 2021). 1990 yılında Altenwerder Konteynır Terminali'nin ilk aşama planlarına başlanmıştır. Günümüzde işlenen kargonun %98'inin konteynırlardan oluştuğu düşünüldüğünde, Altenwerder Terminali Hamburg için hayati önem taşımaktadır.



Şekil 4.9 : Altenwerder Konteynır Terminali (Url-27).

Terminal yüksek mekânsal verimliliğinin yanı sıra, limanın çevreye olan olumsuz etkilerini sıfırlamak hedefi ile türünün ilk iklim nötr örneği olması için çalışmalara devam edilmektedir (Hafen-Hamburg, 2021). Bu hedef doğrultusunda limana kıyı tabanlı güç üniteleri kurulmuştur. Bu sayede limana demirleyen gemiler dizel jeneratörlerini kullanmalarına gerek kalmadan enerji ihtiyaçlarını kıyıda sağlayabilmektedir. Günümüzde büyük birimlerin çoğu güneş enerjisi ve rüzgâr enerjisi gibi yenilebilir enerji kaynakları ile çalışmaktadır. Geleneksel terminallere göre CO2 emisyonu çok düşüktür. 2040 yılına kadar karbon emisyonlarının sıfıra indirilmesi hedeflenmektedir (2040 Port Development Plan, 2023).

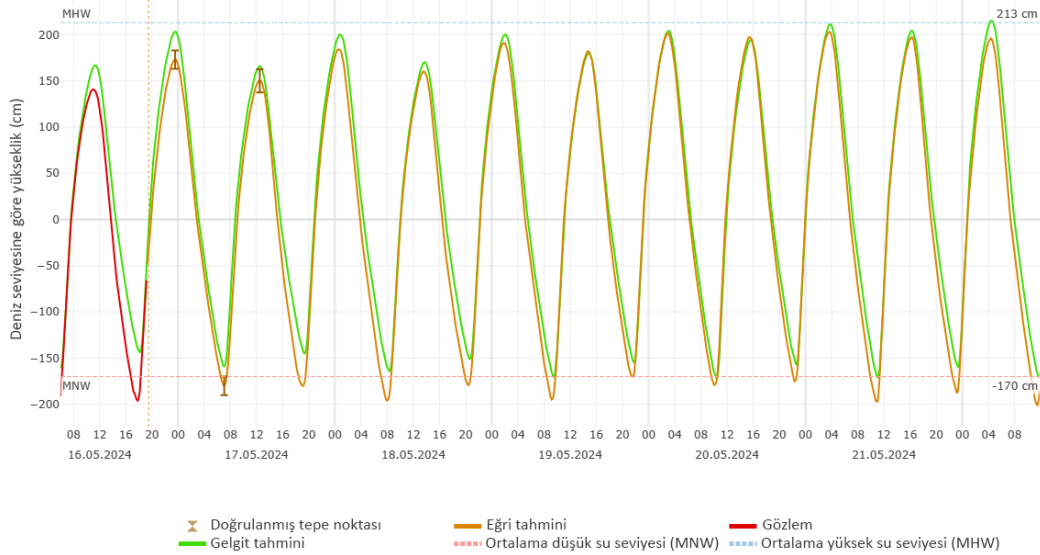
4.2 Hamburg'un Coğrafi Özellikleri

Hamburg, Almanya'nın kuzeyinde Elbe vadisi üzerinde, Kuzey Denizi'nden yaklaşık 100km içeride yer almaktadır. Şehrin kurulduğu günden bu yana Elbe Nehri Hamburg'un karakterini oluşturan en önemli tabiat faktörü olmuştur. Eski şehrin güneydoğusunda ikiye ayrılan Elbe Nehri (Norderelbe ve Süderelbe), şehrin batısında Altona bölgesinin tam karşısında yeniden birleşerek Unterelbe'yi oluşturur ve Kuzey Denizi'ne kadar devam eder. Hamburg'da Elbe Nehri'ne dökülen iki nehir daha vardır: kuzeyden gelen Alster ve doğudan gelen Bille. Almanya'nın dünyaya

açılan kapısı olarak görülen Elbe Nehri, tarih boyunca şehre kazandırdığı zenginlik ve refahın yanı sıra birtakım problemleri de beraberinde getirmiştir.

Polonya-Çek Cumhuriyeti sınırından başlayıp Almanya'yı geçerek Kuzey Denizi'ne dökülen Elbe Nehri toplam 1165km uzunluktadır (Grimm ve Friedrich, 2024). Kuzey Denizi ve Elbe Nehri yüksek seviyelerde gelgit olaylarının yaşandığı sulardandır. Bir diğer adı metcezir olan gelgit olayı, Ay ve Güneş'in Dünya üzerindeki çekim kuvvetleri sebebi ile, özellikle büyük denizlerdeki su düzeyinin alçalıp yükselmesi olarak tanımlanır (Gordon ve diğ., 2024).

Elbe Nehri'nin Hamburg'da ölçülen alçak ve yüksek su seviyesi arasındaki fark ortalama 3,66m'dir (Hafen-Hamburg, 2024). 24 saat içerisinde su seviyesi 2 defa zirveye ulaşırken 2 defa da en düşük seviyesine geri inmektedir (Şekil 4.10). Bu döngü, tarih boyunca Hamburg Limanı'nın işlerliğinde çok önemli bir rol oynamıştır. Sular yükseldiğinde Elbe'nin derinliği artmakta ve büyük gemilerin limana ulaşmasına ve limandan ayrılmasına olanak vermektedir. Su seviyeleri düştüğünde ise limanın bazı kısımlarına belirli büyüklüğün üzerindeki gemilerin ulaşması mümkün olamamaktadır.



Şekil 4.10 : Elbe Nehri'nin günlük gelgit seviyeleri (Url 29).

Elbe'nin değişken su seviyelerinin liman hizmetlerinde sağladığı avantajların yanı sıra, Hamburg'un sürekli mücadele etmek zorunda kaldığı ve nihayet onunla birlikte yaşamayı öğrendiği sel olaylarına sebep olabilmektedir.

4.3 Hamburg'un Tarihindeki Büyük Sel Olayları

Hamburg'un ilk sakinleri Norderelbe ve Süderelbe arasındaki verimli topraklara yerleşmişlerdir. Elbe'nin gelgitli suları karşısında savunmasız olan bu bölgeye yerleşim ancak "Warft" adı verilen yükseltilmiş platoların yapılması sayesinde mümkün olabilmiştir (Şekil 4.11). Terp olarak da adlandırılan bu platolar, farklı cinslerden toprakların katmanlar halinde yükseltilmesi ve toprak kütlelerinin yatay ve düşey ahşap kazıklar ve plakalar ile güçlendirilmesi yöntemiyle yapılmışlardır. Platoların dış katmanlarında kayalar ve çakıllar kullanılarak, dalga ve akıntıların sebep olduğu erozyona karşı bir kalkan oluşturulmuştur. (Lemke-Knoll, 2012)

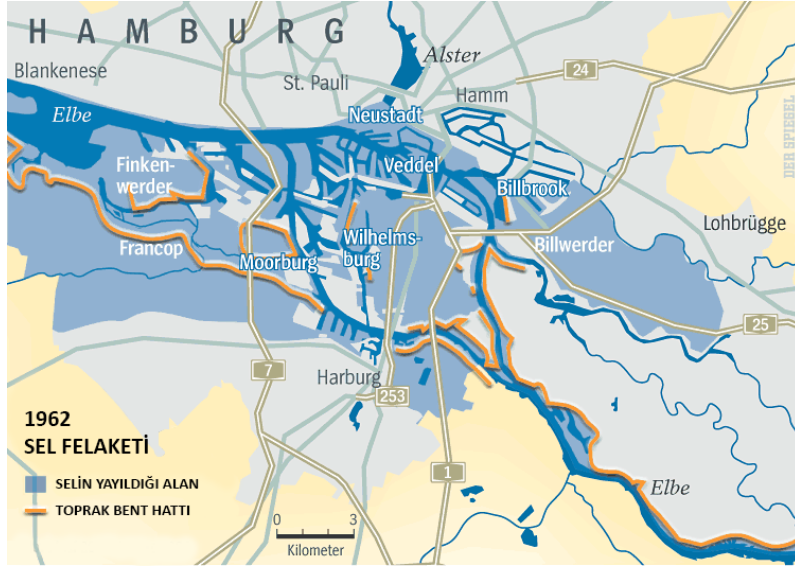
1219 yılında yaşanan sel olayından sonra terpler yetersiz kalmaya başlamış ve şehrin savunma sistemi geliştirilmeye karar verilmiştir. 1240 yılında şehrin etrafına bir dizi bent inşa edilmiştir.



Şekil 4.11 : Toprak bent ve yükseltilmiş plato konseptleri. (Tez çalışması kapsamında yazar tarafından üretilmiştir)

Almanca'da "Deich" olarak adlandırılan bentler toprak doldurularak oluşturulmuş tepelerdir. Uzun yıllar boyunca bölgeyi başarıyla koruyan bentler günümüzde halen şehrin koruma sisteminin bir parçasıdır.

Hamburg'un bugüne kadar gördüğü en büyük sel felaketi 1962 yılında yaşanmıştır. Vincinette kasırgası Kuzey Almanya kıyılarını vurmuş, devasa boyutlara ulaşan su kütlelerini Elbe'den şehre doğru itmiştir. 16 Şubat'ı 17 Şubat'a bağlayan gece, 5.7m yüksekliğe ulaşan dalgalar şehri koruyan bentleri 6 noktada kırıp güçlü bir şekilde iç kesimlere doğru yayılmıştır.



Şekil 4.12 : 1962 Sel felaketinin etkilediği alan (Url-30).

Elbe'nin suları şehrin 1/5'ini sular altında bırakmış (Şekil 4.12), altyapı tamamen çökmüştür. 315 kişi hayatını kaybetmiş, binlerce hayvan telef olmuştur (Mauch, 2012). Felaketin ardından sıradışı bir kurtarma operasyonu başlatılmıştır. Dönemin Hamburg İç İşleri Bakanı olan Helmut Schmidt, Kızıl Haç ve itfaiye teşkilatının yanı sıra Alman Silahlı Kuvvetlerini göreve çağırmış, NATO'nun uluslararası gönüllüleriyle birlikte afet bölgesinden yaklaşık 10.000 kişi kurtarılmıştır.



Şekil 4.13 : 1962 Sel felaketinde yıkılan bent (Url-31).

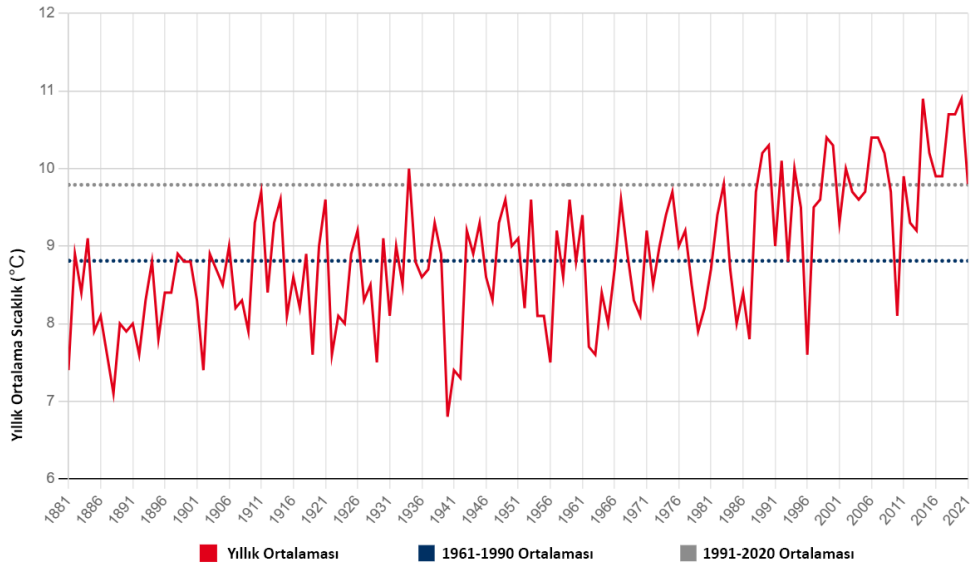
Yaşanan büyük şok ve kayıplar, mevcut önlemlere rağmen, şehrin sele karşı ne kadar savunmasız olduğunu gözler önüne sermiştir. Hamburg'un koruma bentleri yükseltilmiş; 1976, 1981 ve 2007 yıllarında da ciddi seller yaşamış olsa da 1962 felaketi kadar büyük hasarlara sebep olmamıştır.

1962'deki fırtına dalgası ve ardından gelen sel, Hamburg'un kentsel hafızasında yer etmiş çok önemli bir dönüm noktasıdır. Ortaya çıkan can ve mal kayıpları felaketin boyutunun anlaşılmasına yardımcı olsa da bir doğa olayını felakete dönüştüren faktörlerin anlaşılması kritik bir öneme sahiptir. Yaşanan tecrübelerin ve tarih boyunca süre gelen mücadelenin ardından, bugün Hamburg su ile birlikte yaşamayı öğrenmeye karar vermiş ve bu doğrultuda çok önemli projeleri uygulamaya almış bir şehir olarak karşımıza çıkmaktadır.

4.4 İklim Değişikliği ve Hamburg'un Geleceği

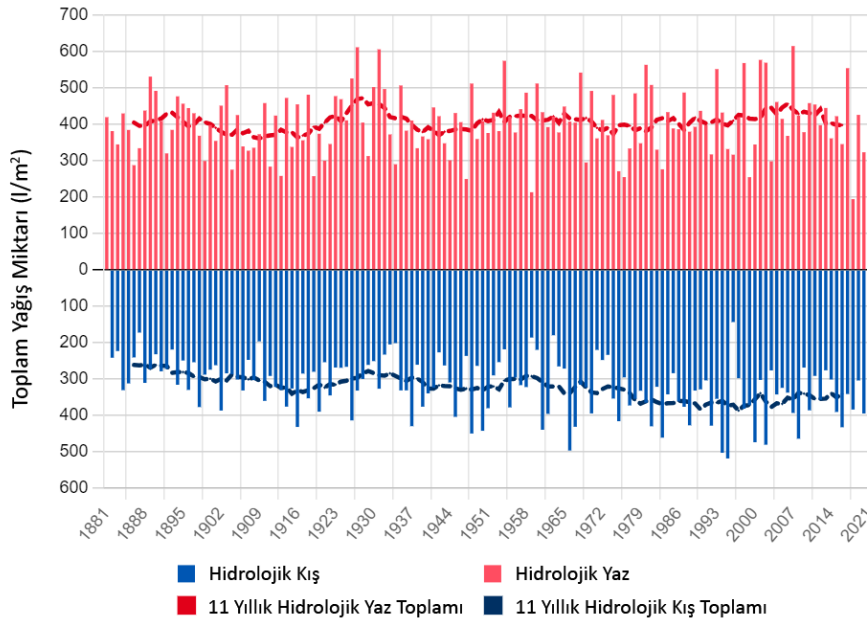
İklim değişikliği Hamburg'u birkaç farklı açıdan etkilemektedir. Yapılan son araştırmalara göre, içinde bulunduğumuz yüzyılın sonuna kadar Kuzey Almanya'nın ortalama sıcaklığının 2,8°C ila 4,7°C yükseleceği öngörülmektedir. Yağışların miktarı değişmese bile mevsimlere göre dağılımında değişiklik olacağı; yaz aylarında yüksek sıcaklıklar ve kuraklık, kış aylarında ise şiddetli fırtınalar ve yoğun yağışlar gibi ekstrem hava koşullarının daha sık gündeme geleceği düşünülmektedir. Kuzey Denizi'nden gelen fırtına dalgaları ve iç kesimlerden gelen yağmur ve kar erimesi nedeniyle Elbe Nehri'nin su seviyesi yükselecektir. Deniz seviyelerindeki artış da göz önüne alındığında Elbe'nin durumu Hamburg'un geleceğini etkileyen en önemli faktörlerden biri olacaktır.

Hamburg'da iklim değişikliğinin etkilerinin izleyip değerlendirebilmek için oluşturulan İklim Bilgi Sistemi mevcuttur. Buna göre, Hamburg'da yıllık ortalama sıcaklık yükselmektedir (Şekil 4.14). Özellikle 20. yüzyılın başlarından itibaren sıcaklıklarda belirgin artışlar tespit edilmiştir.



Şekil 4.14 : 1881-2021 yılları arasında Hamburg'daki sıcaklık değişimi (Url-32).

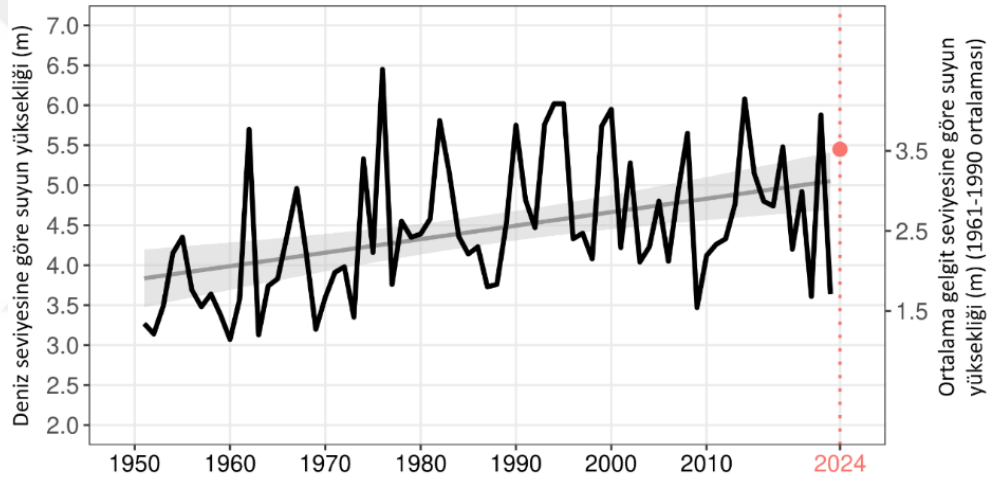
Yıllık yağış miktarına bakıldığında ise yağışların Hamburg'da onlarca yıldan beri artış gösterdiği, 2000'li yıllara girildiğinde ise en yüksek miktarlara ulaştığı görülmektedir (Şekil 4.15). Aynı zamanda yağışların dağılımında ve yoğunluğunda değişimler meydana gelmektedir. Son yıllarda özellikle yaz aylarında defalarca şiddetli yağışlar görülmüştür. Hamburg'da hidrolojik kış aylarında (1 Kasım –30 Nisan) görülen yağış miktarı artarken, yaz aylarındaki yağış miktarı sabit bir seviyede dalgalanmaktadır. Hidrolojik yaz (1 Mayıs-31 Ekim) hidrolojik kıştan daha yağışlı geçmeye devam etmektedir.



Şekil 4.15 : Hamburg'un mevsimlere göre yağış miktarı dağılımı (Url-32).

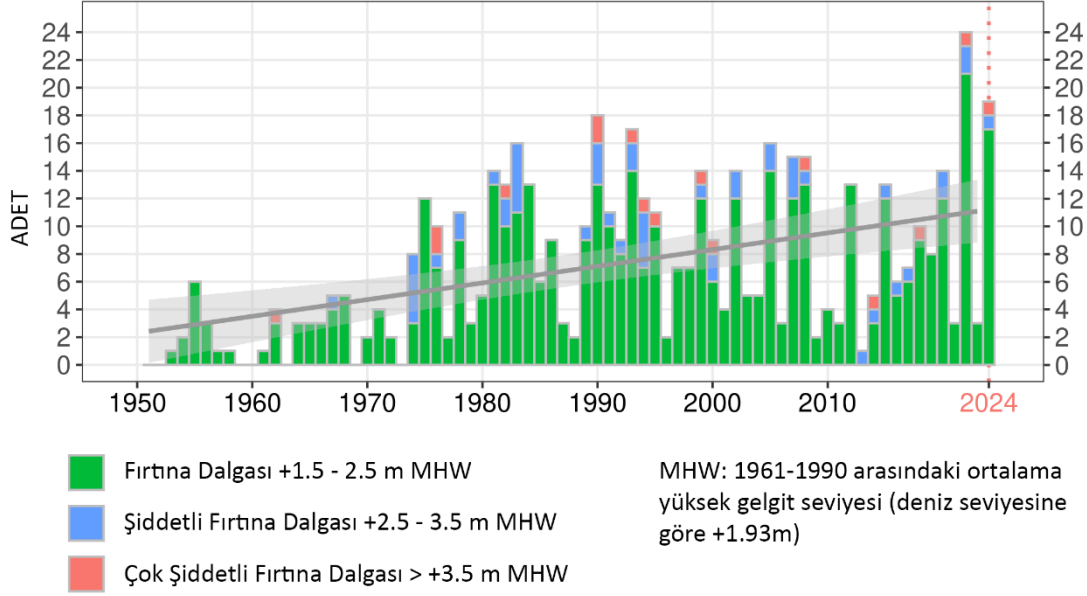
Almanya'nın Kuzey Denizi kıyılarındaki değişkenlikleri ve deniz seviyesinde meydana gelen uzun süreli değişiklikleri inceleyen pek çok bilimsel araştırma bulunmaktadır. Bu araştırmaların vardığı ortak sonuç itibariyle, son 100 yıl içerisinde Almanya'nın Kuzey Denizi kıyılarında deniz seviyeleri yükselmiştir (Liu ve diğ., 2022). Mevcut riskler ve gelecekte ortaya çıkabilecek gelişmeler sebebiyle, fırtına dalgalanmalarında meydana gelen uzun vadeli değişikliklerin takip edilmesi çok önemlidir.

1950'li yıllardan beri kayıt altına alınan verilere göre, Hamburg'da St. Pauli bölgesinde ölçümlenen gelgitlerin ulaştıkları seviyeler Şekil 4.16'da gösterilmiştir. Grafiğe göre Hamburg tarihine geçmiş en yüksek seviyeler 1962 yılında deniz seviyesine göre +5,7m, 1976 yılında +6,45m ve 2013 yılında +6,09m'dir.



Şekil 4.16 : St. Pauli'de ölçülen su yükseklikleri (Url-33).

Yine 1950'li yıllardan beri elde edilen verilere göre, Hamburg'da sel yaşanma sıklığı artmaktadır. Şekil 4.17'da yeşil renk ile ifade edilen seller, ortalama gelgit seviyesinin 1,5m-2,5m üzerinde oluşan sellerdir. Mavi renk ile gösterilen seller ise ortalama gelgit seviyesinin 2,5-3,5m üzerinde ortaya çıkan şiddetli sellerdir. Çok şiddetli seller olarak sınıflandırılan kırmızı renk ile belirtilmiş olan seller ise ortalama gelgit seviyesinin 3,5m üzerinde gerçekleşmektedir.



Şekil 4.17 : St.Pauli’de ölçülen fırtına dalgalarının yıllara göre dağılımı (Url-34).

4.4.1 Hamburg iklim eylem planı

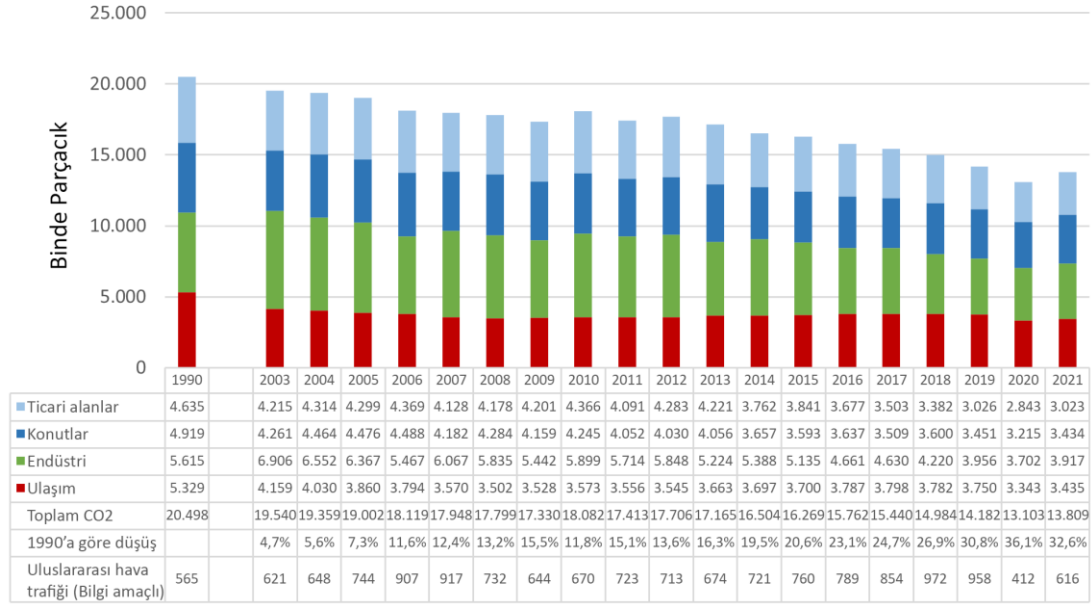
Hamburg şehri 2011 yılında, iklim değişikliği ile mücadele amacıyla ilk İklim Eylem Planını açıklamıştır. Buna göre 13 anahtar hedef belirlenmiştir. Bunlar:

1. Enerji kaynağı: Giderek artan bir oranda yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilen, sıfır karbonlu ya da düşük karbonlu elektrik ve ısınma sağlanacaktır.
2. Enerji tasarrufu: Özellikle endüstri alanları, ulaşım sistemleri ve binalar gibi yoğun sera gazı salınımı olan yerlerde enerji tasarruflarına öncelik verilecektir.
3. Yenilenebilir enerjiler: Rüzgâr enerjisi üretimi, özellikle eski rüzgâr tribünlerinin yeni ve daha güçlü tribünlerle değiştirilmesi sayesinde en az 100MW’a yükseltilecektir. Fotovoltaik paneller ve termal paneller yaygınlaştırılacak, atıklardan elde edilen biyoenerji kullanımı arttırılacaktır.
4. Enerji verimliliğinin arttırılması: Hamburg ekonomisinin uzun vadeli rekabetçiliğini arttırmak için, endüstrinin rekabetçi kalması sağlanırken ekonomik büyüme emisyonlardan ayrılmalıdır.
5. İklim değişikliğine adaptasyon: Hamburg iklim değişikliğinin etkilerine hazır olmak ve riskleri en aza indirmek için kapsamlı stratejiler hazırlamaktadır.

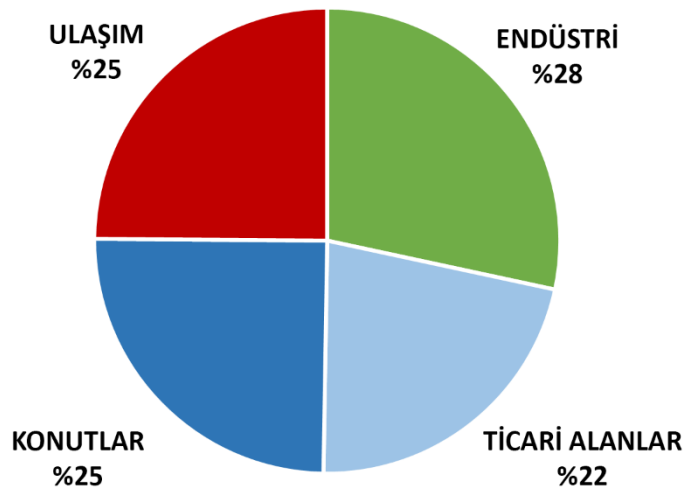
6. Binaların modernizasyonu: Karbon salınımını azaltma hedefleri, özellikle binaların ısıtma ve sıcak su gereksinimleri için harcanan enerji tüketiminde azaltmayı gerektirir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının ve iklim dostu kombine ısıtma ve enerji sistemlerinin kullanımının artırılması önemlidir.
7. Sanayi ve tesis mühendisliği: Hamburg endüstrisi, şirketler, odalar ve loncalar ile iş birliği yaparak, şirketlerin çevre koruma ve iklim planları iyileştirilecektir.
8. Hamburg yönetiminin örnek olma işlevi: Kamu binalarının enerji harcamalarının azaltılması, enerji verimliliğinin artırılması, karbon emisyonlarının düşürülmesi ve yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanmaları yoluyla yerel yönetim halka örnek olmalıdır.
9. Ulaşım: Hamburg senatosu tüm alanlarda sürdürülebilir ulaşım için uygun koşulları sağlayıp, toplu taşıma, bisiklet ve yayalar için altyapıyı iyileştirmektedir.
10. İklim değişikliği araştırmaları: Hamburg iklim alanındaki bilimsel araştırma ve eğitimde daha da gelişecek, iklim değişikliğinin etkilerinin azaltılması ve yönetilmesi konusundaki araştırma kapasitesini arttıracaktır.
11. İklim değişikliği iletişimi: Hamburg iklim değişikliği ve iklim koruması hakkında halkın farkındalığını arttıracak, Herkes için ulaşılabilir bir bilgi sistemi oluşturup geliştirecektir.
12. Ulusal ve uluslararası iş birliği: Hamburg kendisini bölgesel, ulusal, Avrupa ve uluslararası düzeyde bir iklim eylem merkezi olarak sunmaktadır. Bu süreçte edinilen deneyimler, iklim eylem planının geliştirilmesinde kullanılacaktır.
13. Değerlendirme izleme: Karbon salınımının izlenmesi, iklim eylem planının etkisi kontrol etmek ve gerektiğinde değişiklikler yapmak açısından çok önemlidir.

Hamburg'un iklim eylem planı 2013 ve 2015 yıllarında güncellenmiştir. 2015 yılı planlarında göre; 2030 yılına kadar karbon emisyonları 1990 yılı seviyelerine göre %50 ve 2050 yılına kadar %80 azaltılacaktır. Ancak hedefler IPCC'nin verilerine

göre tekrar adapte edilmiş, emisyon azaltma hedefleri 2030 için %55, 2050 yılı içinse %95 olacak şekilde değiştirilmiştir. Şekil 4.18’de görüldüğü gibi, 1990 – 2021 yılları arasında Hamburg’un karbon emisyonları azalmıştır. Buna göre 2021 yılında 1990 yılı emisyonlarından %32.6’lık bir azaltım gerçekleşmiştir. Sektörlere göre karbon emisyonları değerlendirildiğinde, %28 endüstri, %25 ulaşım, %25 konular ve %22 ticari alanlar kaynaklı gerçekleştiği görülmektedir (Şekil 4.19).



Şekil 4.18 : 1990-2021 yılları arasında Hamburg’un karbon emisyonları (Url-35).



Şekil 4.19 : Karbon emisyonlarının sektörlere göre dağılımı (Url-35).

Tüm bu veriler doğrultusunda, 2023 yılında Hamburg senatosu karbon emisyonu hedeflerini bir kez daha güncellemiş, 2030 yılına kadar %70, 2045 yılına kadar ise

%98'lik bir azaltım ile minimum karbon emisyonu seviyelerine ulaşılması hedeflenmiştir. 2023 yılında kabul edilen son iklim koruma yasasına göre:

- Elektrik altyapısı genişletilecek, elektrikli araçların şarj istasyonları çoğaltılacak, hidrojen ile ısınma altyapısı hızlandırılacaktır.
- 1 Ocak 2023 tarihinde yeni binalar için getirilmiş olan fotovoltaik panel kullanma zorunluluğu, brüt çatı yüzeyinin en az %30'unu kaplayacak şekilde güncellenmiştir.
- 2024 yılı içinde, mevcut binaların kapsamlı çatı tadilatı yapması durumunda, net çatı alanlarının %30'unu fotovoltaik panel ile kaplaması zorunlu hale getirilecektir.
- 2027 yılında fotovoltaik panellerin yanı sıra yeşil çatı sistemlerinin binalara uygulanması zorunlu hale getirilecektir.
- 2024 yılı itibari ile, 35 araçtan daha fazla araçlık otopark alanlarının %40'ının üzeri fotovoltaik paneller ile kaplanmak zorunda olacaktır.
- Kamusal binalarda, iklim dostu yapı malzemelerini ve yenilenebilir enerji sistemleri arttırılacaktır.

İklim değişikliğinin Hamburg'un yağış rejimi üzerindeki etkileri ve sıklaşan yoğun yağışlar sebebiyle, 2015 yılında Hamburg şehri ve Hafencity Üniversitesi iş birliği ile RISA (RegenInfrastructureAdaptation, Yağmur Suyu Altyapı Adaptasyonu) projesi başlatılmıştır. RISA projesi kapsamında şehrin yağmur suyu yönetimini geliştirilerek, özellikle aşırı yağışlara karşı dirençliliğinin arttırmak amaçlanmaktadır.

RISA projesi iklim değişikliğine adaptasyona 4 şekilde katkı sağlayacaktır:

1. Doğal su dengesini desteklenmesi: Doğada, yüzeylere düşen yağışlar toprağa sızar ya da buharlaşır. Ancak kentlerde doğal su dengesi insanların etkisi ile değişmiştir. Yağmur suyunun yer altına sızmasına izin verilmesi, kentsel yeşil alanların güvence altına alınması ve genişletilmesi ile doğal su dengesi desteklenebilir. Ayrıca su geçirgen zemin kaplamalarının kullanılması, yeşil çatı ve yeşil cephe uygulamalarının yaygınlaştırılması, yağmur suyunun depolanması ve yeniden kullanılması gibi önlemler doğal su dengesine katkı sağlar.

2. Yağmur suyunun arıtılması ve depolanması yoluyla şehrin su kaynaklarının korunması: Elbe, Alster ve daha birçok kanal Hamburg'un karakterini şekillendiren ve şehrin hayat kalitesi için büyük öneme sahip su kaynaklarıdır. Bu su kaynakları aynı zaman pek çok bitki ve hayvan için yaşam alanları oluşturmaktadır. Bu sebeple Hamburg'un su kaynaklarının korunması büyük önem taşımaktadır. RISA sayesinde, yağmur suyu uygun rezervuarlarda veya entegre su depolama hacmine sahip yeşil çatılarda depolanacak, suyun deşarjı geciktirilecek ve böylece hidrolik su kirliliğinin azaltılacaktır. Özel olarak tasarlanmış doğal bitki ve toprak filtreleri veya teknik artıma işlemleri ile yağışların kirlletici yükü azaltılacaktır.
3. Aşırı yağış koruması: Ani ve şiddetli yağışlar kentlerde yüzey sellerinin oluşmasına sebep olabilmektedir. Drenaj sistemlerinin yetersiz kalması sebebi ile can ve mal güvenliği tehlikeye girebilir. Aşırı yağış korumasının ilk adımı, şehir sakinlerinin yağışlar karşısında kendi şahsi risklerini bilmeleri ve uygun önlemleri almaları ile başlar. Bu sebeple Hamburg'da aşırı yağış risk haritası oluşturulmaktadır. Üç farklı yağış senaryosuna göre olası etkileri, su seviyelerini ve yüzey akış hızlarını gösteren harita, şehrin büyük bölümü için aktifleştirilmiş durumdadır.
4. Yağmur suyunun bir kaynağa dönüştürülmesi: Yağmur suyunun depolanması sayesinde, park ve bahçelerin sulanmasında yağmur suyu kullanılarak içme suyu kaynaklarının kullanımı azaltılacaktır.

4.5 Hamburg'un Sele Karşı Dirençliliği: Hafencity Projesi

Hamburg'un gümrük serbestisinin sadece liman bölgesi ile sınırlamasının ardından, Hafencity bölgesi adeta şehir içinde yeni bir şehir olarak gelişmeye başlamıştır. Şehrin yeni depo kompleksi kendi enerjisinin üretebiliyor, mal depolama ve aktarma faaliyetleri için en son teknolojiler kullanılıyordu. Alan Zollkanal (Gümrük Kanalı) adı verilen bir kanal ile şehrin geri kalanı ile ayrılmış durumdaydı (Şekil 4.20); kanalı geçmek isteyen herkes gümrük kontrollerine tabi tutuluyordu. Bu dönemde Speicherstadt, serbest liman bölgesinin kalbi haline geldi.



Şekil 4.20 : Speicherstadt'ı şehirden ayıran Zollkanal (Url-36).

1956 yılında yük konteynırlarının icat edilmesi ile limanlar için bambaşka bir çağ başlamış oldu. Şehre yakın mevcut liman alanı, büyük konteynır gemileri için çok küçük ve sığdı. Depolama alanları yeterli değildi. Bu sebeple Elbe'nin güney kıyısında bir alana konteynır terminallerinin yapılmasına karar verildi. Eski liman alanı küçük gemiler tarafından hala kullanılsa da bölgenin faaliyetleri giderek azaldı. 1997 yılında Hamburg Senatosu, Altenwerder'deki yeni limanın genişletilmesine ve eski liman bölgesi olan Hafencity'nin yeniden işlevlendirilip şehre kazandırılmasına karar verdi.

4.5.1 Hafencity projesi

Hamburg Limanı'nın tamamen Altenwerder'e taşınmasıyla birlikte boşalan 157 hektarlık alan şehir için büyük bir potansiyel ortaya çıkarmış ve 1999 yılı Nisan ayında bir kentsel tasarım yarışması açılmıştır. Yarışmayı Hollandalı KCAP ve Alman ASTOC mimarlık ve kentsel tasarım ofislerinin ortak projesi kazanmıştır. Masterplanın ana teması, mevcut ve yeni binaların su ile kuracakları yoğun etkileşim, binaların sel koruma sisteminin bir parçası olarak ele alınması, zemin katların kamusal karakterleri ve kullanımları gibi birçok ayrıntı üzerinden şekillendirilmiştir. 2020'lerin sonuna kadar aşamalı olarak tamamlanması planlanan bölgede 10 ayrı mahalle bulunmaktadır. Bunlar: Am Sandtorkai/Dalmannekai(1), Am Sandtorpark

/Grasbrook(2), Brooktorkai/Ericus(3), Strandkai(4), Überseequartier(5), Elbtorquartier(6), Am Lohsepark(7), Oberhafen(8), Baakenhafen(9) ve Elbbrücken(10)'dir (Şekil 4.21).



Şekil 4.21 : Hafencity Masterplanı (Url-37).

2010 yılında masterplanda yapılan son revizyona göre, alanın inşası tamamlandığında yaklaşık 16.000 kişilik konut alanı ve 45.000 yeni iş yeri barındıracaktır. İlk masterplana göre 1,5 milyon metrekarelik brüt inşaat alanı hesaplanmışken, toplam 2,3 milyon metrekareye ulaşılacaktır. Çizelge 4.1'de arazi kullanımı, çizelge 4.2'de fonksiyon dağılımları görülmektedir. Avrupa'nın en büyük kentsel gelişim projesi olan Hafencity'nin son halinin 2,5 milyar Euro kamu yatırımı gerektirdiği hesaplanmıştır. Bunun 1,5 milyar Euro'su arazi satış gelirlerinden, 8 milyar Euro'su özel yatırımlardan oluşturulmuştur (Bruns-Berentelg, 2014).

Çizelge 4.1 : Hafencity'de arazi kullanımı (Hafencity, 2021)

Binalar	Kamusal alanlar	Trafik alanları	Özel açık alanlar (Kamuya açık)	Özel açık alanlar (Kamuya Kapalı)
%32 35,6 Hektar	%24 26,4 Hektar	%23 25,3 Hektar	%14 15,2 Hektar	%7 7,4 Hektar

Çizelge 4.2 : Hafencity'de fonksiyon dağılımı (Hafencity, 2021)

Akademik, Eğitim, Kültür, Otel	Mağaza, Gastronomi, Zemin kat servisleri	Ofis	Konut
%16 447.000 m ²	%10 242.000 m ²	%39 1.000.000 m ²	%35 880.000 m ²

Eski liman alanlarının büyük çoğunluğunda yıkıma gidilmiştir. Dünyaca ünlü pek çok mimar, bu alanlarda projeler yapmak üzere davet edilmiş ve Hafencity'nin mimari anlamda da cazibeli bir bölge olması amaçlanmıştır. 2017 yılında yapımı tamamlanan, Herzog & de Meuron'un tasarladığı Elbphilharmonie binasına bugün Hamburg'un simgelerinden biri haline gelmiştir (Şekil 4.22).



Şekil 4.22 : Elbphilharmonie ve Hamburg silüeti (Url-38).

Elbphilharmonie'nin bazasını 19. yüzyılda depo olarak kullanılan Kaispeicher binası oluşturmaktadır. Kaispeicher binasının cepheleri korunmuş, içerisine ise Elbphilharmonie'yi taşıyacak strüktür inşa edilmiştir. Bina, filarmoni orkestrası salonu, müzik salonları, gastronomi alanları, konut alanları, otel, seyir terası ve otopark işlevlerinin barındırmaktadır (Şekil 4.23).



Şekil 4.23 : Elbphilharmonie kesit perspektif (Url-39).

4.5.2 Hafencity'nin sele karşı dirençlilik stratejileri

Hafencity'nin bulunduğu alan, şehri koruyan bentlerin dışında kalan bir alandır ve ilk defa bu savunmasız bölgede yerleşim kurulmasına karar verilmiştir. Alanın dönüşümü ile Hamburg'a büyük bir değer kazandırması ve cazibe merkezi haline gelmesi amaçlanmıştır. Bu bağlamda, bölgenin su ile bağlantısını görsel ya da fiziksel olarak kesecek geleneksel koruma yöntemleri yerine, Hamburg suyun içeri doğru gelmesine izin vererek su ile birlikte yaşamayı öğrenmeye karar vermiştir.



Şekil 4.24 : Hafencity'nin dönüşümden önceki hali (Bruns-Berentelg, J., 2014).

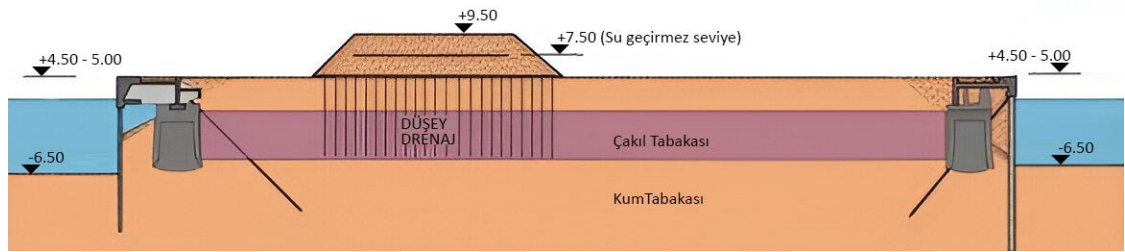
Hafencity gelişim alanının deniz seviyesinden yüksekliği 4,4m ila 7,2m arasındadır. Şehrin ana sel koruma hattı, batıda St.Pauli balık pazarından başlayarak, Baumwall taşkın bariyeri, Schaartor kilidi, Alster pompa tesisleri ve Nikolai taşkın bariyeri üzerinden geçerek, ardından Binnenhafen, Zollkanal, Oberhafen ve Oberhafenkanal tarafından oluşturulan kanallar sisteminin kıyısını takip ederek Elbe köprülerine kadar devam etmektedir.

Hafencity'nin sele dirençlilik konseptinde güvenli seviyeler, şehrin geri kalanını koruyan bentlerin seviyesi ile eşit olarak belirlenmiştir. Bu şekilde bölge, tamamen farklı bir konsept uygulanarak diğer bölgelerdeki ile aynı seviyede bir korumaya sahip olacaktır. Hamburg'un sel koruma standartlarına göre, en şiddetli kabul edilen fırtına dalgasının deniz seviyesinin 7,3m üzerinde olacağı öngörülmektedir. Rüzgâr koşullarına göre bu değere bazı toleranslar eklenmesi gerekmektedir. Bu sebeple, bazı bölgelerin korunma seviyesi 7,5m, rüzgâra açık daha riskli alanların korunma

seviyesi ise 8,5m olarak belirlenmiştir. Bu korunma seviyelerine ulaşabilmek için çeşitli stratejiler uygulanmıştır. Bunlar: Yükseltilmiş platolar (Warft konsepti), sel önleme duvarları, sel kapıları, su geçirmez kapaklar, köprüler ve yüzer iskelelerdir.

4.5.2.1 Yükseltilmiş platolar (Warft konsepti)

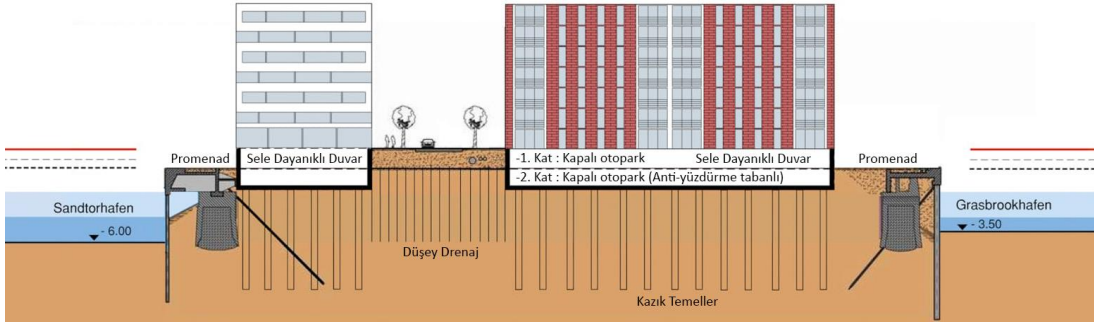
Mevcut çoğu rıhtımın korunması ve bölgenin su ile ilişkisinin kesilmemesi için, inşaat alanlarının deniz seviyesinden en az 7,5m yükseltilmesi planlanmıştır (Şekil 4.25). Bu durum tarih boyunca Hamburg'un geçmişte kullandığı "Warft" yani yükseltilmiş platolar sisteminin bir tür uyarlamasıdır. Bu sayede sadece bu platolar bile yüksek seviyede bir koruma sağlamış durumdadır. Ancak rüzgâra maruz kalan bölgelerde ek koruma gerekmektedir.



Şekil 4.25 : Hafencity yükseltilmiş plato kesiti (Url-40).



Şekil 4.26 : Hafencity yükseltilmiş plato yapımı (Url-41).

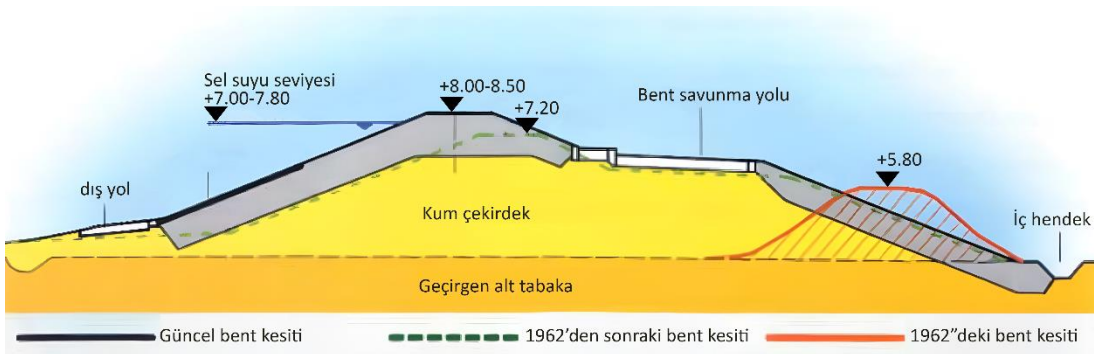


Şekil 4.27 : Tipik Hafencity kesiti (Url-42).

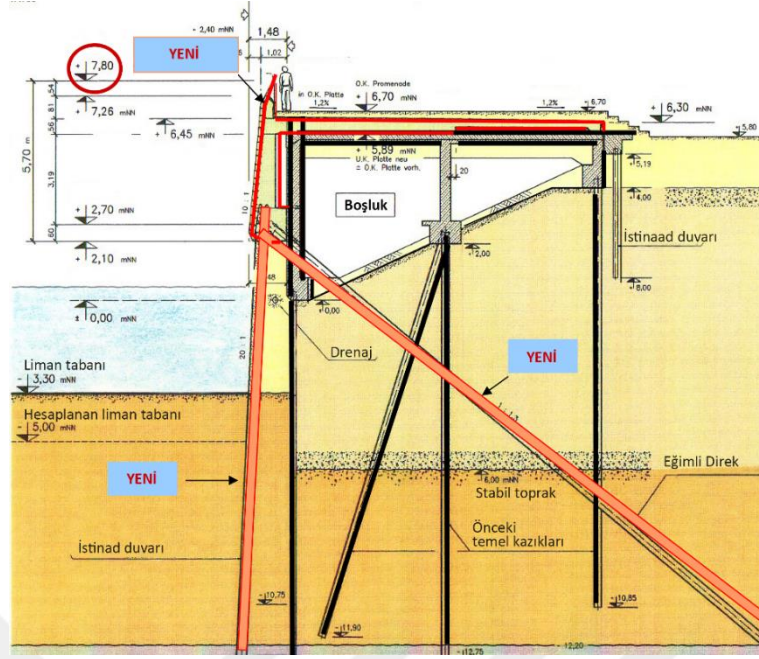
Warft konsepti, bütün bina parsellerini doldurarak yükseltmek anlamına gelmemektedir. Binalara bodrum kat yerine, tarihi limanının kotunda yapay birer baza inşa edilmiştir. Bu bazaların dış duvarları su geçirmez bir şekilde yapılmıştır. Su kenarına ulaşımın kesilmemesi ve tarihi rıhtım duvarlarına erişilebilmesi için birkaç istisna hariç su kıyısına bina inşa edilmemiştir. Bu sayede tarihi liman kotunda 10,5km uzunluğunda yeni bir yürüyüş aksı oluşturulmuştur.

4.5.2.2 Sel önleme duvarları

Elbe Nehri'nde günde ortalama 3,66m'lik bir gelgit oluşmaktadır (Hafen-Hamburg, 2024). Hamburg'da "Deich" (Şekil 4.28) adı verilen toprak bentlerin yapılamayacağı dar alanlarda sel duvarları bulunmaktadır. 1990'ların başından beri devam eden süreçte, bu duvar sistemleri ortalama 1m yükseltilerek, deniz seviyesinden 7,8m yukarıda olacak şekilde güçlendirilmiştir (Buß, 2006). Bu haliyle koruma duvarları 1962 yılındaki haline göre 2,5m daha yüksek bir seviyeye ulaştırılmıştır. Ayrıca gelecek yıllarda ihtiyaç halinde 80cm daha yükseltilebilecek şekilde bir planlama yapılmıştır. Bugün Hamburg'ta toplam 78km uzunluğunda torak bent ve 25km sel duvarı bulunmaktadır. (Lemcke Knoll, 2012)



Şekil 4.28 : Toprak bent kesiti ve 1962 yılına göre kıyaslaması (Buß, 2006) .



Şekil 4.29 : Sel duvarlarında yapılan yükseltme kesiti (Buß, 2006).



Şekil 4.30 : Landungsbrücken sel duvarı (Yazarın kendi arşivi, 2024).

Mevcut sel duvarlarındaki güçlendirmeler dışında, Hafencity projesi ile birlikte sel duvarının kentsel bir mekân olarak şehre kazandırılabilceği fikri ortaya çıkmıştır. Zaha Hadid Architects'in tasarladığı Niederhafen nehir promenade'i hem 625m uzunluğunda bir sel duvarı işlevi görmekte hem de yürüyüş alanı, bisiklet yolu, kafe ve restoranlar, amfiteyatro şeklinde seyir basamakları, etkinlik alanları gibi pek çok fonksiyon barındırmaktadır.



Şekil 4.31 : Zaha Hadid Architects'in tasarladığı Niederhafen promenatı (Url-43).

4.5.2.3 Sel kapıları

Sel kapıları Hafencity'nin sel koruma sisteminin önemli parçalarındandır. Sel sularının şehre doğru ilerlemesine engel olmak için hızla devreye sokulabilen bu kapılar, farklı büyüklüklerde ve farklı mekanizmalar ile çalışan sistemlerdir. Bazı örnekler bir köprü bağlantısını, bazı örnekler bütün bir caddeyi kapatabilmektedir (Şekil 4.32). Hatta demiryolu hatlarını ve yaya yollarını da kapsayan sel kapıları mevcuttur.



Şekil 4.32 : Große Elbstraße'deki sel kapısının kapalı hali (Url-44).



Şekil 4.33 : Kibbelstegbrücke’de bulunan katlanır kapı (Url-45).



Şekil 4.34 : Niederhafen promenadının basamaklarına gizlenmiş kayar kapı (Url-46).



Şekil 4.35 : Landungsbrücken’deki sel kapılarının açık hali saçak görevi görmektedir. (Yazarın kendi arşivi, 2024)

4.5.2.4 Su geçirmez kapakları

Bina ölçeğindeki sel koruma sisteminin en önemli parçalarından biri su geçirmez sel kapaklarıdır. Hafencity bölgesinde nehir kıyısında bulunan yürüyüş kotuna cephesi olan binalar su baskınlarından çok etkilenebilecek yerlerdir. Buralarda otoparkların yanı sıra restoran, kafe ve mağazalar gibi ticari mekanlar da bulunmaktadır. Bu sebeple, sel riski durumunda kapatılmak üzere, bina cephelerine su geçirmez sel kapakları entegre edilmiştir. Yüksek basınca dayanıklı bu kapaklar, erken uyarı sisteminden gelen bilgilendirme ile kapatılarak binalar güvenli hale getirilmektedir.



Şekil 4.36 : Sel sebebi ile su geçirmez kapakları kapatılmış bir işletme. (Yazarın kendi arşivi, 2023)



Şekil 4.37 : Aynı işletmenin sel kapağı açık hali ve normal durumlardaki kullanımı. (Yazarın kendi arşivi, 2024)



Şekil 4.38 : Sel durumunda zemin kotundaki mekanları koruyan su geçirmez kapaklar. (Lemcke Knoll, 2012)

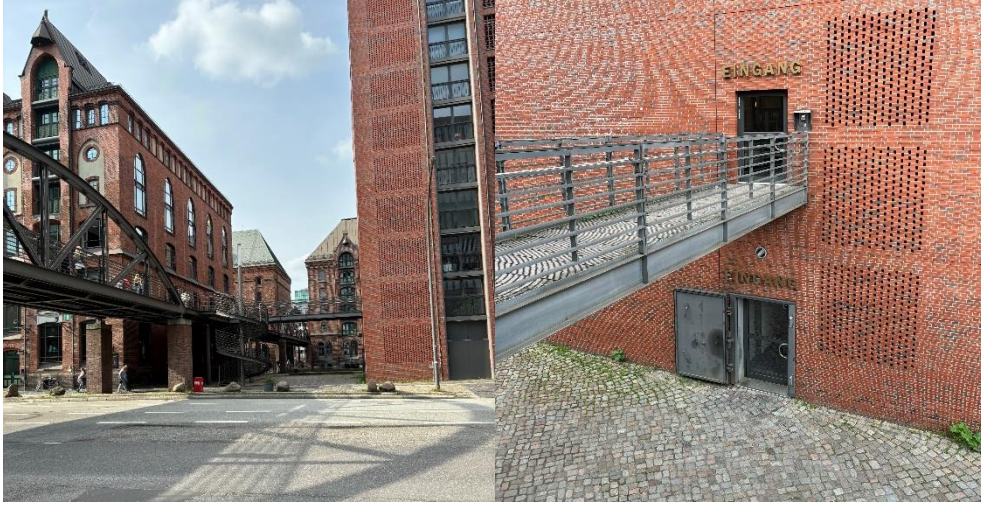
Yeni binalarda tasarımın bir parçası haline gelmiş bu kapaklar aynı zamanda mevcut binalara da uyarlanmıştır. Özellikle Speicherstadt ve Balık Pazarı bölgesinde korunmuş pek çok mevcut bina bulunmaktadır.

4.5.2.5 Köprüler ve yükseltilmiş yollar

Hafencity'nin sele karşı dirençliliğinin belki de en önemli parçası köprüler ve yükseltilmiş yollardır. Alınan sel koruma önlemlerinden farklı olarak, bu yükseltilmiş köprü ve yollar sayesinde, bölgede üst kotlarda yaşam neredeyse normal akışında devam edebilmektedir.

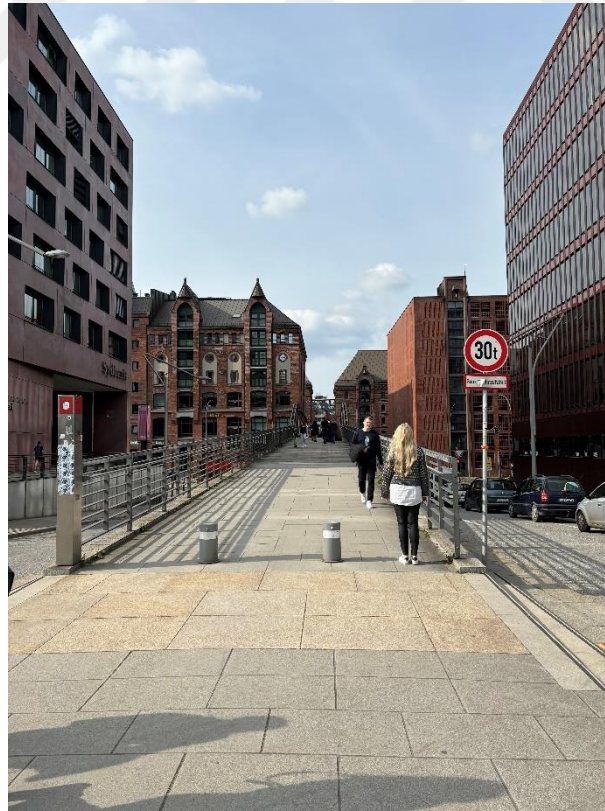


Şekil 4.39 : Yükseltilmiş yollar. (Yazarın kendi arşivi, 2024)



Şekil 4.40 : Farklı kotlardan erişim sağlayan köprüler. (Yazarın kendi arşivi, 2024)

Binaların hem alt kotta hem de üst kotta girişleri bulunmaktadır. Sel durumunda alt kottaki girişler su geçirmez kapaklarla kapatılmakta, giriş ve çıkışlar üst kotlarda bulunan köprü ve yollardan yapılmaktadır. Bu yükseltilmiş ulaşım sistemi aynı zamanda yüksek seviyeli alarm durumunda bölgenin tahliye edilmesi amacına da hizmet etmektedir.



Şekil 4.41 : Acil durumlarda kurtarma araçlarının bölgeye erişimini sağlayan köprülerden biri. (Yazarın kendi arşivi, 2024)

4.5.2.6 Yüzer iskeleler

Hamburg’da nehir üzerinden toplu taşıma ve ulaşımın sağlandığı güzergahlar bulunmaktadır. Elbe’nin günlük gelgit seviyelerine göre hareket edebilen yüzer iskeleler ile ulaşımın aksamaması sağlanmaktadır. Dört adet kazık temel üzerine inşa edilen platformlar su seviyesine göre düşey yönde hareket etmekte ve köprüler ile kıyıya bağlanmaktadır.



Şekil 4.42 : Yüzer iskeleler. (Yazarın kendi arşivi, 2024)

4.5.3 Hafencity’nin acil durum planı

Elbe Nehri’nin sularının aşırı yükseldiği durumlarda Hafencity’de sel baskınına sebep olabilmektedir. Acil durumlarda zamanında ve doğru bir şekilde organize olmak büyük önem taşımaktadır. Özellikle bina ölçeğinde uygulanan sel koruma önlemleri bölge sakinlerini sitemin bir parçası haline getirmektedir. “Flutschutzgemeinschaften” adı verilen, mahalle sakinlerinden ve mülk sahiplerinde

seçilen bir sel koruma topluluğu oluşturulmuştur (Schaerffer, 2012). Sele hazırlıklı olmak, bölge sakinlerini vaktinde uyarmak ve binalarda bulunan sel kapakları kapatmak bu topluluğun görev ve sorumluluğundadır.

2007 yılı Kasım ayında yaşanan bir sel olayında Bölgenin bir kısmı sular altında kalmıştır. Bu durum sel önlemlerinin gerçek anlamda ilk defa test edilmesini sağlamıştır. Birkaç adet sel kapağında sorun yaşanması sebebi ile bazı garaj ve depoları su basmıştır. Maddi hasara sebep olan selde, herhangi bir can kaybı ya da yaralanma yaşanmamıştır.

Hafencity’de sel riski planlama ve uygulama sorumlulukları kamusal ve özel olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Kamusal sorumluluklarının başında, Hamburg şehrinin vatandaşları selden koruma sorumluluğu gelmektedir. Bu sorumluluk Hamburg’un geçmiş tecrübeleri ve gelecekteki riskler tarafından körüklenmektedir. 1962 sel felaketinin yarattığı etkiler Hamburg’un yetkili makamları üzerinde hala çok tazedir (2012 yılında felaketin 50. yılı için anma etkinlikleri düzenlenmiştir). 2000’li yıllarda Almanya’da yaşanan sel felaketlerinden sonra, Almanya merkezi hükümeti yerel hükümetlere, vatandaşları sele karşı koruma görevleri konusunda daha fazla baskı uygulamaktadır. Hamburg yönetimi, Hafencity’nin şehrin geri kalan kısmı ile aynı seviyede bir sel koruması altında olmasına özellikle dikkat etmektedir. Bu durumda kamusal sel yönetimi üzerine büyük görev düşmektedir. Hamburg yönetimi, sel riskleri ve etkileri konusunda çok şeffaf bir yapıya sahiptir ve vatandaşlarla iletişimin kuvvetlendirilmesi için özel efor sarf edilmektedir.

Selden korunma uygulamalarında özel sorumluklar, mülk sahiplerinin gerekli sel koruma önemlerini uygulama ve finansa etmeleridir. Hamburg’un sel koruma yönetmeliğine göre, yatırımcılar proje arazilerini gerekli kota yükseltmek, sel kapakları gibi bina ölçeğinde uygulanan koruma mekanizmalarını binaya entegre etmek ve zemin katlarda konut alanı bulunmamasını sağlamakla yükümlüdür. Ayrıca mülk sahipleri “Flutschutzgemeinschaften” (sel koruma topluluğu) oluşturmak zorundadır. Uygulamada bu görev genellikle özel bir güvenlik şirketine devredilmektedir. Hamburg yönetimi, uygulamadaki görevlerin dikkate değer bir kısmını özellikle özel aktörlere zorunlu kılmaktadır. Bu sayede sel riskine ilişkin bir tür kollektif farkındalık yaratmak ve gerçek sel baskınına karşı hazırlığı teşvik etmek amaçlanmaktadır.

Sel riskinin oluşması durumunda, erken uyarı sistemi devreye girmektedir. Beklenen su seviyesinin yüksekliğine göre belirlenmiş 5 farklı uyarı seviyesi bulunmaktadır.

Çizelge 4.3 : Acil durum seviyeleri, uyarılar ve alınan önlemler.

Sel Seviyesi	Uyarı Şekli	Deniz Seviyesine Göre Su Yüksekliği (m)	Alınan Önlemler
0	Hoperlör anonsları	3.60-5.00	Bazı yolların kapatılması, gerektiğinde sel koruma sistemlerinin devreye alınması
1	Radio duyuruları, televizyon altyazıları, akıllı telefon uygulamaları uyarıları	5.01-5.50	Limanın bazı bölgelerinin kapatılması
2	İnternet uyarıları, gerekirse TV anonsları	5.51-6.5	Limanın büyük bir bölümünün kapatılması
3	TV uyarıları, eğer bentlerin aşılma tehlikesi var ise siren	6.51-7.3	Limanın tamamen kapatılıp tahliye edilmesi
4	Tüm medya kanallarından uyarılar ve siren	+7.31	Otoyolların trafiğe kapatılması, yaklaşık 21.500 kişinin tahliyesi (Wilhelmsburg, Finkenwerder, Harburg, Mitte, Veddel, Bergedorf)

5. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Sanayi Devrimi ile birlikte başlayan hızlı kentleşme ve artan endüstri faaliyetleri, gezegenimiz için geri dönüşü olmayan bir sürecin başlamasına sebep olmuştur. Dünya var olduğu günden beri farklı iklimsel çağlar geçirmiştir; ancak bu iklim değişiklikleri doğa kaynaklı ve çok uzun süreye yayılan durumlardır. İnsan kaynaklı iklim değişikliği ise çok hızlı bir şekilde gerçekleşmiş ve ortaya çıkaracağı sonuçların ciddiyeti geç anlaşılmıştır.

Küresel ısınma ve iklim değişikliğinin güncel durumu göz önüne alındığında, kentlerin iklim kaynaklı doğal afetlerle daha sık ve daha şiddetli bir şekilde yüzleşmek zorunda kalacağı bir gerçektir. Bu sebeple kentler iklim değişikliğine karşı dirençliliklerini arttırmaya yönelik politikalar geliştirmek ve en kısa sürede uygulamaya almak durumundadır.

Sürdürülebilirlik kavramı, değişen iklim koşullarına karşı dirençlilik geliştirme ve küresel ısınmanın etkilerini azaltma konusunda anahtar kavramlardan biridir. Sürdürülebilir tasarım, binaların, altyapının ve kentsel gelişmenin çevreye olan etkisini en aza indirmeyi, kaynakları verimli kullanmayı ve böylece yapılı çevrenin karbon ayak izini düşürmeyi hedeflemektedir. Kentsel dirençlilik kavramı da sürdürülebilir tasarımı tamamlayarak çeşitli stres ve şoklara karşı uyum sağlayabilen, esnek ve dayanıklı kentler oluşturmayı amaçlar. Bu bağlamda, mimarlara ve kentsel tasarımcılara, kentlerin sürdürülebilir, konforlu ve güvenli bir şekilde yaşanılabilir mekanlar olabilmeleri için önemli görevler düşmektedir. Kentleri kendi yerel sosyolojik, coğrafi, ekolojik ve iklimsel verileri doğrultusunda yeniden ele alarak geleceğe daha dirençli bir şekilde ulaşmaları için projeler geliştirilmeye devam edilmelidir.

Küresel ısınmaya bağlı olarak gerçekleşmesi öngörülen deniz seviyesi yükselmeleri pek çok kıyı kentini şimdiden tehdit etmektedir. Alçak rakımları sebebi ile fırtına dalgalarına karşı savunmasız olan bu kentlerin, kıyılarını iklim değişikliğine adapte etmeleri ve sel riskine karşı dirençlilik geliştirmeleri gerekmektedir.

Tez kapsamında, risk altındaki kıyı kentlerinden New York, Rotterdam, Venedik ve Singapur'un geliştirdikleri iklim stratejilerine değinilmiş ve Hamburg'un sele karşı dirençlilik uygulamaları detaylı bir şekilde incelenmiştir. Bu şehirlerden New York, Venedik ve Singapur bambaşka coğrafyalarda iklim değişimi ile mücadele eden

kentlerdir; Rotterdam ve Hamburg ise Kuzey Avrupa’da aynı coğrafyayı paylaşan iki liman şehridir. İncelenen şehirleri rakımlarına göre kıyasladığımızda, tamamen deniz seviyesinin altında topraklara sahip olan Rotterdam ve büyük çoğunluğu deniz seviyesinin altında olan Venedik deniz seviyesi yükselmesine karşı yüksek risk altındadır.

Çizelge 5.1 : Tez kapsamında incelenen şehirlerin su kaynağı, rakım ve IPCC’nin en düşük ve yüksek karbon emisyonu senaryolarına göre hesaplanan 2100 yılı deniz seviyesi artışları.

	New York	Rotterdam	Venedik	Singapur	Hamburg
Yakındaki Su Kaynağı	Hudson Nehri, Atlantik Okyanusu	Ren Nehri, Kuzey Denizi	Venedik Lagünü, Adriyatik Denizi	Singapur Boğazı, Johor Boğazı	Elbe Nehri, Kuzey Denizi
Rakım	Değişken, ortalama 10m	Deniz seviyesinin altında, ortalama -6m	Çoğunlukla deniz seviyesi altında, ortalama 1m	Değişken, çoğunlukla alçak rakımlı	Değişken, bazı bölgeleri deniz seviyesinin altında
2100 Yılı Deniz Seviyesi Artışı (SSP1-1.9)	0.59m	0.47m	0.42m	0.37m	0.46m
2100 Yılı Deniz Seviyesi Artışı (SSP5-8.5)	1.04m	0.86m	0.78m	0.77m	0.85m

Rotterdam’ın uyguladığı kapsamlı stratejiler şehrin direncini arttırmak için atılmış çok önemli ve etkili adımlardır. Venedik’in sel koruma stratejisi ise büyük ölçüde MOSE projesine dayanmaktadır. MOSE projesinin tamamlanıp devreye alınması planlanandan çok daha uzun sürmüştür. Pek çok uzmanın, projenin ilk planlandığı gibi 2100 yılına kadar Venedik’i koruyabileceği konusunda büyük şüpheleri var. MOSE bariyerlerinin gelecekte işlevini yitirmesi durumunda Venedik’in hayatta kalmasını sağlayacak bir strateji maalesef görülememektedir. Venedik gibi tarihi kentlerin iklim değişikliğine adaptasyonda, kültürel mirasları ve korumak istedikleri meydanları sebebi ile, geniş kapsamlı yapısal stratejiler geliştirmeleri mümkün olamayabilir. Venedik gibi eşsiz tarihi ve kültürel mirasa sahip olan kıyı kentleri için

uygulanabilecek adaptasyon stratejileri konusunda daha fazla çalışmaya ihtiyaç vardır. Bu noktada küresel ölçekte karbon emisyonlarının minimum seviyelere indirilmesi kilit rol üstlenmektedir. IPCC'nin düşük karbon emisyonu senaryosuna göre, örneğin Venedik'te 2100 yılına kadar 42cm deniz seviyesi artışı beklenmektedir; ancak karbon emisyonları hedeflenen seviyelere düşürülemez ise IPCC'nin yüksek karbon emisyonlu senaryosuna göre 78cm'lik bir deniz seviyesi artışı gündeme gelebilir. Bu fark, düşük rakımlı kentler için hayati derecede önemlidir.

Ülkemizi çevreleyen denizler iç denizler oldukları için tez çalışması kapsamında incelenen şehirlerde olduğu gibi belirgin bir gelgit tehdidi Türkiye kıyılarında bulunmamaktadır. Ancak ani ve şiddetli yağışlardan kaynaklanan pluvial seller, nehir ve dere yataklarına yapılan hatalı kentleşme sebebi ile fluvial seller pek çok şehrimiz için risk oluşturmaktadır. Son yıllarda giderek daha sık karşılaşmaya başladığımız deniz taşması ve kıyı selleri de Türkiye kıyılarını tehdit etmeye başlamıştır. 2023 yılında İstanbul, İzmir, Çeşme, Bodrum ve İskenderun gibi kıyı kentlerimizde şiddetli fırtınalar sebebi ile kıyı selleri meydana gelmiştir. Ülke çapında tüm ketlerimiz altyapılarının güçlendirilmesi, ani yağış ve sel risklerine karşı stratejiler geliştirilmesi gerekmektedir.

Türkiye'nin bir diğer ciddi problemi de kuraklık tehdididir. Türkiye'de kuraklık dönemleri belirgin bir şekilde uzamış ve yağış rejimi değişmiştir. Bu durum hem temiz su kaynaklarını hem de tarımsal faaliyetleri olumsuz etkilemektedir. Gelecekte ortaya çıkabilecek su ve gıda krizlerini göz önünde bulundurarak, su kaynaklarının verimli kullanılması ve halkın bu konuda farkındalığının artırılması çok önemlidir.

Bu bağlamda, tez çalışması kapsamında incelenen şehirlerde ülkemiz için örnek teşkil edebilecek pek çok başarılı uygulama mevcuttur. Gerek sele karşı dirençlilikte gerekse kuraklık ile mücadelede ülkemiz için yol gösterici olabilecek stratejiler bulunmaktadır.

Hafencity'nin sele karşı dirençliliği hakkında bir değerlendirme

Hamburg fırtına dalgalarına karşı, şehri çevreleyen toprak bentler tarafından korunmaktadır. Ancak Hafencity bölgesi bu koruma hattının önünde kalan ve Elbe'nin yükselen su seviyelerine karşı savunmasız olan bir bölgedir. 157 hektarlık alana yayılan kentsel dönüşüm projesi, Hamburg için büyük bir potansiyel

oluşturmuş ve sel riskini farklı bir bakış açısıyla ele almaya fırsat tanımıştır. Sele karşı dirençlilik geliştirme konusunun bölgedeki kentsel dönüşümün ana motivasyonu olduğu söylenemez; ancak Hafencity projesi, dirençlilik stratejilerinin geniş çapta bir siyasi ve ekonomik gündeme bağlanabileceğini ve bir kazan-kazan durumu yaratabileceğini göstermektedir. Projenin hayata geçebilmesi ciddi bir kamu isteği ve bölgeye yatırım yapmayı kabul eden özel yatırımcıların ekonomik gücü sayesinde mümkün olabilmektedir.

Projede kamunun üstlendiği kısım yükseltilmiş platformların (Warft konsepti) yapılması ve üst kotlardaki tahliye yollarının oluşturulması ile sınırlıyken, özel yatırımcılar inşaat, bina bazlı sel koruma elemanlarının entegrasyonu ve operasyonu, bodrum katların bakımı gibi maliyetleri karşılamaktadır. Bu durumda özel yatırımcıların bu ek maliyetleri karşılamayı neden kabul ettikleri sorusu gündeme gelebilir. Ancak yapılan büyük yatırımların bölge için sonuç verdiği ve Hafencity'nin Hamburg'un en değerli alanlarından biri haline geldiği görülmektedir. Proje süreçlerinin şeffaf ve katılımcılığı yüksek bir şekilde sürdürülmüş olması Hafencity'nin halk tarafından geniş oranda kabul gördüğü ve desteklendiği bir yatırım olmasını sağlamıştır.

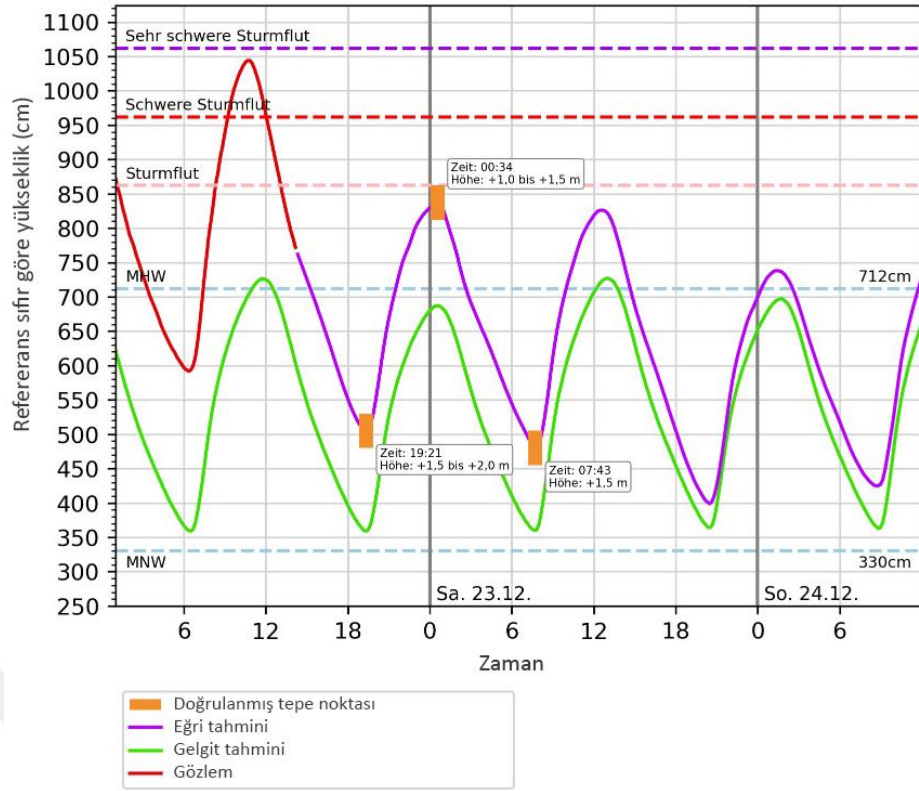
Hamburg'un sel rejimi, aşırı yağışlar nedeniyle oluşan ani sel baskınlarından farklı olarak, Elbe Nehri'nin gelgit seviyeleri ve Kuzey Denizi'nde oluşan fırtına dalgalarının birleşmesi sebebiyle gerçekleştiği için saatler öncesinden tahmin edilebilen bir yapıya sahiptir. Bu sebeple erken uyarı sistemleri sayesinde Hafencity'de uygulanan sel koruma mekanizmaları zamanında devreye sokulabilmektedir. Hamburg Limanı İşletmeleri ve WADI'den (Hamburg Sel Uyarı Sistemi) gelen uyarılara göre, sel koruma topluluğundaki görevliler tarafından bölgedeki binaların sel kapakları kapatılmakta ve gerekli hazırlıklar yapılmaktadır. Sistemin doğru bir şekilde çalışması ve binalara su girişinin engellenebilmesi için bu görevlilerin görevlerini tam ve eksiksiz bir şekilde yapmaları çok önemlidir. Her bir binada tek tek devreye sokulması gereken koruma mekanizmaları operasyonel olarak hata ya da aksaklık riskini yükseltebilir; ancak binaların işleyişinin bir parçası haline getirilmiş olan bu sistemler, sel riskine yönelik bölge sakinlerinin farkındalığını canlı tutmaya da yardımcı olmaktadır.

Bölgede yaşayan ve çalışan sakinlerle görüşüldüğünde, sel riski konusunda bir endişe duymadıkları ve Hafencity'nin güvenli olduğunu düşündükleri görülmektedir. Sel

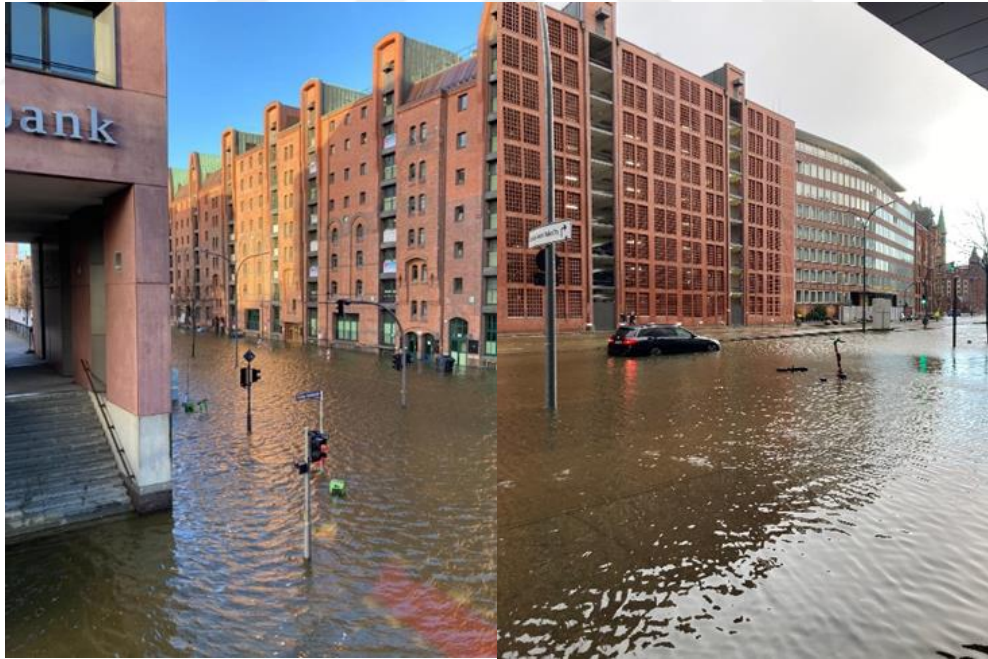
durumunda, üst kotlarda bulunan ulaşım hatları sayesinde binalara giriş çıkışlar devam edebilmektedir. Bu sayede aslında afet riski yüksek bir bölge olmasına rağmen, Hafencity gerek yaşama gerekse çalışma açısından tercih edilen lokasyonların başında gelmektedir. Bölge sakinleri ile yapılan görüşmelerde Hafencity'den taşınmayı düşünmedikleri, risklerin farkında oldukları ancak alınan önlemlere güvendikleri sonucu ortaya çıkmıştır. Bölge halkının, yetkililerin düzenli bilgilendirmelerinden, şeffaflıktan, sel koruma sistemleri ve altyapının düzenli olarak bakımının yapılmasından ve acil durum planları konusunda düzenli bilgilendirmeler yapılmasından memnun oldukları görülmektedir. Genel olarak Hafencity'de hayat kalitesinin yüksek olduğu, modern mimari ve altyapısı, su kenarında bulunması ve bölgenin canlı bir kentsel atmosfere sahip olması sebepleriyle tercih edildiği anlaşılmaktadır.

2023 yılı Aralık ayında Hamburg'da sık görülen seviyenin üzerinde bir sel olayı yaşanmıştır. Alanı şahsen gidip görme ve sel suları çekildiğinde oluşan bir hasar olup olmadığını gözlemlene şansım olmuştur. 22 Aralık seline ait gözlemlerim şu şekildedir:

- Bazı sokakları sel basmış olmasına rağmen, bölgeye tren ile ulaşmada hiçbir sorun yaşanmamaktaydı. Bazı yeraltı tren istasyonları geçici olarak kullanıma kapatılmıştı.
- Am Sandtorkai'da sokakta park halinde bırakılmış ve sel suları arasında kalmış bir araç dikkat çekmekteydi.
- Binaların su geçirmez kapakları kapatılmış durumdaydı.
- Evlerde ve ofislerde hayat normal seyrindeydi.
- Birkaç saat içerisinde tüm sular çekilmiş, zemin kotundaki mekanların sel kapakları açılmış ve sokaklarda hayat normale dönmüş durumdaydı.
- Devrilen bazı büyük saksı bitkileri ve kafelere ait şemsiyeler dışında fiziksel bir hasar oluşmamıştı.



Şekil 5.1 : 22 Aralık 2023 tarihinde gerçekleşen fırtına dalgası grafiği (Url-47).



Şekil 5.2 : 22 Aralık 2023 tarihinde Sandtorkai'daki durum (Yazarın kendi arşivi).



Şekil 5.3 : 22 Aralık 2023 tarihinde Marco Polo Meydanı'ndaki durum (Yazarın kendi arşivi).



Şekil 5.4 : Selin kuvvetiyle yıkılan şemsiyeler (Yazarın kendi arşivi).



Şekil 5.5 : Selin kuvvetiyle yıkılan saksı bitkileri (Yazarın kendi arşivi).

Hafencity’de bölge sakinlerinin Elbe ile bağlarının kopmamış olması, sel durumunda suların yavaş yavaş yükselmesine, taşmaya başlamasına ve nehrin güvenli bir şekilde şehrin içerisine doğru yayılmasına tanıklık ediyor olmaları çok ilginç bir tecrübeydi. Sel suları çekildikten sonra ise daha birkaç saat önce böyle bir doğa olayı yaşanmamış gibi sokakların, binaların, tüm ulaşım hatlarının normal işleyişlerine geri dönebilme kabiliyetleri çok etkileyiciydi.

Günümüzde kentleri dirençli hale getirmek artık sadece su kenarlarına bariyerler yaparak suyu kentten ayıran sert mühendislik yöntemleriyle ilgili bir durum değildir. Yerel yönetimler tarafından toplum merkezli bir şekilde, kamu ve özel ortaklıklar aracılığı ile kentsel dirençliliğin geliştirilmesi hedeflenmelidir. Süreçlerin şeffaf ve katılımcılığı yüksek bir şekilde yürütülmesi çok önemlidir. Riskli alanlarda yaşayan topluluklar bilinçlendirilmeli, farkındalıkları arttırılmalı ve kolektif sorumluluğun bir parçası haline gelmeleri sağlanmalıdır.

KAYNAKLAR

- Abatzoglou, J. T., & Williams, A. P.** (2016). Impact of anthropogenic climate change on wildfire across western US forests. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 113(42), 11770–11775.
- AdriaClim.** (2024). EU Italy-Croatia Interreg AdriaClim. Erişim: 10 Mart 2024, <https://programming14-20.italy-croatia.eu/web/adriaclim>
- Alexander, D. E.** (2013). Resilience and disaster risk reduction: An etymological journey. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 13(11), 2707–2716. <https://doi.org/10.5194/nhess-13-2707-2013>. Erişim: 18 Nisan 2024
- Bates, B. C., Kundzewicz, Z. W., Wu, S., & Palutikof, J. P. (Eds.).** (2008). *Climate change and water. Technical paper of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. IPCC Secretariat.
- Boelee, E.** (2017) Overcoming water challenges through nature-based solutions. *Water Policy*, 19 (5), 820–836.
- Bosker, M.** (2022). City origins. *Regional Science and Urban Economics*, 94. Erişim: 26 Ekim 2023. <https://doi.org/10.1016/j.regsciurbeco.2021.103677>
- Boudreau, D., McDaniel, M., Sprout, E., & Turgeon, A.** (2023). Floods. National Geographic. Erişim: 23 Nisan 2024, <https://education.nationalgeographic.org/resource/flood/>
- Bruns-Berentelg, J.** (2014). Die Hafencity Hamburg – Identität, Nachhaltigkeit Und Urbanität. Diskussionspapier zur HafenCity Nr. 3, Hamburg.
- Buş, T.** (2006). Sturmflutschutz in Hamburg. Behrde für Stadtentwicklung und Umwelt, Amt für Bau und Betrieb.
- Cartails, C.** (2014). Toward resilient cities: A review of definitions, challenges and prospects. *Advances in Building Energy Research*, 8(2), 259-266. <http://dx.doi.org/10.1080/17512549.2014.890533>
- Citta di Venezia.** (2024). Erişim: 1 Mart 2024, <https://live.comune.venezia.it/it/2023/12/gruppi-turistici-con-guide-non-pi-di-25-persone-la-giunta-licenzia-la-delibera>
- Citta di Venezia.** (2024). Erişim: 11 Mart 2024, <https://live.comune.venezia.it/it/2023/09/porto-di-venezia-una-nota-del-sindaco-brugnaro>
- Cohen-Shacham, E., Walters, G., Janzen, C., & Maginnis, S.** (2016). *Nature-based solutions to address global societal challenges*. IUCN, Gland, Switzerland.

- Crawford, E. (1997).** Arrhenius' 1896 model of the greenhouse effect in context. *Ambio*, 26(1), 6–11. <http://www.jstor.org/stable/4314543>
- Davis, R. C., & Marvin, G. R. (2004).** *Venice, the tourist maze: A cultural critique of the world's most touristed city*. Los Angeles: University of California Press.
- Dobson, S., Nyamweru, H., & Dodman, D. (2015).** Local and participatory approaches to building resilience in informal settlements in Uganda. *Environment and Urbanization*, 27(2), 605–620.
- Dodman, D., Hayward, B., Pelling, M., Castan Broto, V., Chow, W., Chu, E., Dawson, R., Khirfan, L., McPhearson, T., Prakash, A., Zheng, Y., & Ziervogel, G. (2022).** Cities, settlements and key infrastructure. In H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, & B. Rama (Eds.), *Climate change 2022: Impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (pp. 907–1040). Cambridge University Press. doi:10.1017/9781009325844.008
- Friess, D. A. (2017).** Singapore as a long-term case study for tropical urban ecosystem services. *Urban Ecosystems*, 20, 277–291.
- Folke, C. (2006).** Resilience: The emergence of a perspective for social-ecological systems analyses. *Global Environmental Change*, 16(3), 253–267. Erişim: 16 Nisan 2024, <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2006.04.002>
- Gerçek, M., & Yılmaz Börekçi, D. (2019).** "Resilience" kavramına örgüt bağlamında Türkçe karşılık önerileri. *Journal Of The Cukurova University Institute Of Social Sciences*, 28(2), 198–213.
- Griggs, G. (2017).** *Coasts in Crisis: A Global Challenge* (1. Baskı). University of California Press.
- Grimm, F., & Friedrich, H. (2024).** Elbe River. *Encyclopedia Britannica*. Erişim: 29 Nisan 2024, <https://www.britannica.com/place/Elbe-River>
- Goddio, F. (2024).** Alexandria. Erişim: 23 Nisan 2024, <https://www.franckgoddio.org/projects/sunken-civilizations/alexandria/>
- Gordon, A. L., Tricker, R. A. R., Groen, P., & Cenedese, C. (2024).** Tide. *Encyclopedia Britannica*. Erişim: 29 Nisan 2024, <https://www.britannica.com/science/tide>
- Hafen-Hamburg. (2021).** Erişim: 28 Nisan 2024, <https://www.hafen-hamburg.de/en/portofhamburg/geschichte/>
- Hafen-Hamburg. (2024).** Erişim: 29 Nisan 2024, <https://www.hafen-hamburg.de/en/tide/>
- Hafencity. (2021).** Facts and Figures, Important Information About Hafencity. Erişim: 19 Mayıs 2024, <https://www.hafencity.com/en/overview/facts-figures>

- Halverson, J., & Rabenhorst, T.** (2013). Hurricane Sandy: The science and impacts of a superstorm. *Weatherwise*, 66(1), 14-23. <https://doi.org/10.1080/00431672.2013.762838>
- Hamburg.** (2024). Erişim: 28 Nisan 2024, <https://www.hamburg.com/residents/about/11853158/history/>
- Han, W., Lee, B. J., Jo, M., & Jeong, Y.** (2019). Research on Natech disaster management coped with calamity: Focusing on disaster management mapping and application. KRIHS. https://library.krihs.re.kr/dl_image2/IMG/07/000000030226/SERVICE/000000030226_01.PDF
- Herring, D.** (1999). An introduction to climate modeling. Erişim: 7 Mayıs 2024, <https://earthobservatory.nasa.gov/features/ModelingIntro>
- Holling, C. S.** (1973). Resilience and stability of ecological systems. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 4, 1-23. JSTOR. <http://www.jstor.org/stable/2096802>. Erişim: 18 Nisan 2024
- Hudson, B. J.** (1996). *Cities on the Shore: The Urban Littoral Frontier* (1. Baskı). London: Pinter.
- Huot, J.-L., Thalmann, J.-P., & Valbelle, D.** (2000). *Kentlerin Doğuşu* (Çev. A. B. Girgin). Ankara: İmge Kitabevi.
- Hwang, Y. H., & Jonathan Yue, Z. E.** (2019). Intended wildness: Utilizing spontaneous growth for biodiverse green spaces in a tropical city. *Journal of Landscape Architecture*, 14(1), 54-63. <https://doi.org/10.1080/18626033.2019.1623548>. Erişim: 9 Nisan 2024
- Ioja, C. I., Badiu, D. L., Haase, D., Hossu, A. C., & Nița, M. R.** (2021). How about water? Urban blue infrastructure management in Romania. *Cities*, 110, 103084.
- IPCC.** (2023). Summary for policymakers. In H. Lee & J. Romero (Eds.), *Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (pp. 1-34). IPCC. <https://doi.org/10.59327/IPCC/AR6-9789291691647.001>.
- IPCC.** (2023). Sections. In H. Lee & J. Romero (Eds.), *Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (pp. 35-115). IPCC. <https://doi.org/10.59327/IPCC/AR6-9789291691647>
- Islam, M. S., & Hasan, A. R.** (2019). Social safety net program in strengthening adaptive capacity to disaster and climate change in South Asia: Problems and prospects. *Social Science Review*, 36(1), 63-76.
- Karabey, H.** (1978). *Kıyı Mekanının Tanımı, Ülkesel Kıyı Mekanının Düzenlenmesi İçin Bir Yöntem Önerisi*. İstanbul: Mimar Sinan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Kimmelman, M.** (2017). The Dutch have solutions to rising seas. The world is watching. *The New York Times*, 15 June 2017. Erişim: 8 Ekim 2023.

- Kleinelütern, U., & Ballhausen, H.** (2007). *Faszination Deutschland: Hamburg*. Münih: Kunth.
- Koppe, C., Kovats, S., Jendritzky, G., & Menne, B.** (2004). *Heatwaves: Risks and responses*. Health and Global Environmental Change Series, No:2. Erişim: 25 Nisan 2024, <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/107552/9789289010948-eng.pdf?sequence=1>
- Kuhrt, A.** (2009). *Eskiçağda Yakındoğu* (Çev. D. Şendil). İstanbul: İş Bankası Yayınları.
- Lemcke-Knoll, H.** (2012). *Sturmflutschutz in Hamburg gestern - heute - morgen*. Hamburg: Freie und Hansestadt Hamburg.
- Liu, X., Meinke, I., & Weisse, R.** (2022). Still normal? Near-real-time evaluation of storm surge events in the context of climate change. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 22, 97–116. <https://doi.org/10.5194/nhess-22-97-2022>
- Mauch, F.** (2012). The Great Flood of 1962 in Hamburg. *Environment & Society Portal, Arcadia* (2012), no. 6. Rachel Carson Center for Environment and Society. <https://doi.org/10.5282/rcc/3733>
- McIntosh, C. A., & Thomsen, H.** (2024). Hamburg. *Encyclopedia Britannica*. Erişim: 28 Nisan 2024, <https://www.britannica.com/place/Hamburg-Germany>
- Meerow, S., Newell, P. J., & Stults, M.** (2016). Defining urban resilience: A review. *Landscape and Urban Planning*, 147, 38-49.
- Meerow, S., & Newell, J. P.** (2019). Urban resilience for whom, what, when, where and why? *Urban Geography*, 40(3), 309-329. <https://doi.org/10.1080/02723638.2016.1206395>
- Méndez-Tejeda, R., & Hernández-Ayala, J. J.** (2023). Links between climate change and hurricanes in the North Atlantic. *PLOS Climate*, 2(4), e0000186. <https://doi.org/10.1371/journal.pclm.0000186>
- Ministry of Environment and Water Resources (MEWR) & Ministry of National Development (MND).** (2016). *Singapore's climate action plan: A climate-resilient Singapore, For a sustainable future*. Singapore.
- Mose Venezia.** (2024). Erişim: 29 Şubat 2024, <https://www.mosevenezia.eu/non-solo-mose/>
- National Geographic Society.** (2023). Erişim: 25 Nisan 2024, <https://education.nationalgeographic.org/resource/wildfires/>
- Newman, P.** (2014). Biophilic urbanism: A case study on Singapore. *Australian Planner*, 51(1), 47-65.
- New York City Panel on Climate Change.** (2013). *Climate risk information 2013: Observations, climate change projections, and maps*. C. Rosenzweig & W. Solecki (Eds.), NPCC2. Prepared for use by the City of New York Special Initiative on Rebuilding and Resiliency, New York, New York.

- National Infrastructure Advisory Council (NIAC).** (2010). *A framework for establishing critical infrastructure resilience goals – Final report and recommendations by the council*. U.S. Department of Homeland Security, Washington, DC.
- New York City Department of Design and Construction (NYC DDC).** (2023). *Brooklyn Bridge-Montgomery coastal resilience construction update* [Virtual Meeting Presentation]. Lower East Side Power Partnership. Erişim tarihi: 05.01.2024, <https://www.nyc.gov/site/lmcr/progress/presentations.page>
- Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD).** (2023). *Taming wildfires in the context of climate change*. OECD Publishing, Paris. <https://doi.org/10.1787/dd00c367-en>
- Oh, R. R. Y., Richards, D. R. R., & Yee, A. T. K.** (2018). Community-driven skyrise greenery in a dense tropical city provides biodiversity and ecosystem service benefits. *Landscape and Urban Planning*, 169. Erişim: 09 Nisan 2024. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2017.08.014>.
- Phelan, J.** (2022). Italy's plan to save Venice from sinking. *BBC*. Erişim: 10 Mart 2024, <https://www.bbc.com/future/article/20220927-italys-plan-to-save-venice-from-sinking>
- Programme for Multifunctional Roofs.** (2021). Working towards a Rotterdam roof landscape. *Programme for Multifunctional Roofs*. Erişim: 4 Ocak 2024, https://rotterdam.notubiz.nl/document/7994933/1/s19bb019909_3_58561_tds
- Riley, P.** (2022). Timeline of climate change. *Encyclopedia Britannica*. Erişim: 7 May 2024, <https://www.britannica.com/story/timeline-of-climate-change>
- Rodgers, A. I.** (2024). Understanding droughts. *National Geographic*. Erişim: 24 Nisan 2024, <https://education.nationalgeographic.org/resource/understanding-droughts/>
- Schaerffer, M.** (2012). Küstenschutz. Zwischen staatlichem Verantwortungsmonopol und zivilgesellschaftlicher Selbstregulierung. In: Scharting, J., & Mitterdorfer (Hg.), *DoKoNaRa 2011*. 5. In. *DoktorandInnenkolleg Nachhaltige Raumentwicklung Verantwortung für die Region* (ss. 163-176). Innsbruck University Press.
- Sharifi, A., & Yamagata, Y.** (2014). Resilient urban planning: Major principles and criteria. *Energy Procedia*, 61, 1491-1495. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2014.12.154>
- STREAM.** (2024). EU Italy-Croatia Interreg STREAM. Erişim: 8 Mart 2024, <https://programming14-20.italy-croatia.eu/web/stream/about-the-project>
- Sundt, P.** (2010). Conceptual pitfalls and rangeland resilience. *Rangelands*, 32. https://doi.org/10.2458/azu_rangelands_v32i4_sundt

- Tan, K. W.** (2006). A greenway network for Singapore. *Landscape and Urban Planning*, 76, 45-66.
- Thorsson, S.** (2014). Mean radiant temperature—A predictor of heat related mortality. *Urban Climate*, 10, 332-345.
- United Nations (UN).** (2019). *World Urbanization Prospects 2018: Highlights* (ST/ESA/SER.A/421). Department of Economic and Social Affairs, Population Division.
- UN-Habitat.** (2018). *City Resilience Action Planning Tool (CityRAP)*. Erişim tarihi: 05.04.2024, <https://unhabitat.org/city-resilience-action-planning-tool-cityrap>
- UNESCO.** (2020). *Report of The Joint Unesco/Icomos/Ramsar Advisory Mission to The World Heritage Property 'Venice And Its Lagoon'*. Erişim: 11 Mart 2024, <https://whc.unesco.org/en/documents/185773>
- World Health Organization (WHO).** (2015). *Operational framework for building climate resilient health systems*. World Health Organization, Geneva.
- World Meteorological Organization (WMO).** (2022). *State of the Global Climate 2022*. Erişim: 10 Ekim 2023, <https://library.wmo.int/records/item/66214-state-of-the-global-climate-2022>
- WMO/GWP.** (2011). *Integrated Drought Management Programme. A joint WMO-GWP Programme, Concept Note, Version 1.2*.
- Wong, L. P., Alias, H., Aghamohammadi, N., Aghazadeh, S., & Sulaiman, N.** (2017). Urban heat island experience, control measures and health impact: A survey among working community in the city of Kuala Lumpur. *Sustainable Cities and Society*, 35, 660–668.
- Yang, J., Chang, Y., & Yan, P.** (2015). Ranking the suitability of common urban tree species for controlling PM2.5 pollution. *Atmospheric Pollution Research*, 6(2), 267–277.
- Zehnder, J. A.** (2024). "Tropical cyclone". *Encyclopedia Britannica*, 21 Apr. 2024. Erişim: 25 Nisan 2024, <https://www.britannica.com/science/tropical-cyclone>
- Zanchettin, D., Bruni, S., Raicich, F., Lionello, P., Adloff, F., Androsov, A., Antonioli, F., Artale, V., Carminati, E., Ferrarin, C., Fofonova, V., Nicholls, R. J., Rubinetti, S., Rubino, A., Sannino, G., Spada, G., Thiéblemont, R., Tsimplis, M., Umgiesser, G., Vignudelli, S., Wöppelmann, G., & Zerbini, S.** (2021). Sea-level rise in Venice: historic and future trends (review article). *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 21, 2643–2678. <https://doi.org/10.5194/nhess-21-2643-2021>
- 2040 Port Development Plan.** (2023). *2040 Port of Innovation: Quality, Sustainability, Value Creation*. Erişim: 28 Nisan 2024, <https://hafen2040.hamburg/en/>

- Url-1** <<https://hayatitek.com/bereketli-hilal-kan-agliyor/>>, erişim tarihi 7.10.2023.
- Url-2** <<https://earthobservatory.nasa.gov/features/GlobalWarming/page3.php>>, erişim tarihi 01.05.2024.
- Url-3** <<https://www.climate.gov/media/14135>>, erişim tarihi 05.11.2023.
- Url-4** <<https://rebuildbydesign.org/work/funded-projects/the-big-u/>, erişim tarihi 26.11.2023.
- Url-5** < <https://spectrumlocalnews.com/tx/san-antonio/news/2022/07/18/manhattan-park-reopens-with-45-ton-moveable-flood-wall-in-place>>, erişim tarihi 26.11.2023.
- Url-6** < <https://www.nyc.gov/site/lmcr/progress/battery-coastal-resilience.page>>, erişim tarihi 26.11.2023.
- Url-7** < <https://www.ace-cae.eu/activities/net-arch-programme-and-eu-funded-projects/past-projects/connect-arch/20-projects-architectural-projects-against-climate-change/waterplein-bethemplein/>>, erişim tarihi 30.11.2023.
- Url-8** < <https://www.uncubemagazine.com/blog/13323459>>, erişim tarihi 30.11.2023
- Url-9** < <https://the-atlas.com/projects/museumpark-car-park-flood-defense>>, erişim tarihi 30.11.2023
- Url-10** < <https://www.urbanisten.nl/work/roofscapes>>, erişim tarihi 31.11.2023.
- Url-11** < <https://www.bbc.com/news/world-europe-53361958>> erişim tarihi 01.11.2023
- Url-12** < <https://www.technital.net/projects/marine-and-coastal/special-marine-works/ingenieria-maritima-y-costera-mobile-surge-barriers-at-the-three-inlets-of-the-venice-lagoon-mose-italy>>, erişim tarihi 01.11.2023
- Url-13** <<https://www.pub.gov.sg/Public/WaterLoop/OurWaterStory/NEWater>> erişim tarihi: 02.11.2023
- Url-14**
<<https://www.pub.gov.sg/Public/WaterLoop/OurWaterStory/DesalinatedWater>>, erişim tarihi: 02.11.2023
- Url-15** <<https://www.greatdeals.com.sg/2016/05/24/sisters-islands-marine-park-new-conservation-plans-2018>>, erişim tarihi: 02.11.2023
- Url-16** <<https://www.hiltifoundation.org/stories/webinar-franck-goddio>>, erişim tarihi: 04.04.2024
- Url-17** <<https://www.franckgoddio.org/projects/sunken-civilizations/alexandria/>>, erişim tarihi: 04.04.2024
- Url-18** <<https://ourworldindata.org/grapher/natural-disasters-by-type>>, erişim tarihi: 10.04.2024
- Url-19** <<https://www.zurich.com/en/knowledge/topics/flood-and-water-damage/three-common-types-of-flood>>, erişim tarihi: 01.05.2024
- Url-20** <<https://www.forbes.com/sites/brianbushard/2022/10/19/record-flooding-40-billion-of-damage-in-pakistan-as-monsoons-devastate-south-asia/?sh=644b9925481e>> , erişim tarihi: 01.05.2024

- Url-21** <<https://www.britannica.com/facts/Japan-earthquake-and-tsunami-of-2011>> ,
erişim tarihi: 01.05.2024
- Url-22** <<https://metropolregion.hamburg.de/karte/>> , erişim tarihi: 09.05.2024
- Url-23** <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Old_map_of_Hamburg_01.jpg> ,
erişim tarihi: 09.05.2024
- Url-24** <<https://worldheritage.hamburg/history/>>, erişim tarihi: 10.05.2024.
- Url-25** <<https://archiv.quartier-magazin.com/quartier25/wegbereiter>>, erişim tarihi:
10.05.2024
- Url-26**
<https://de.m.wikipedia.org/wiki/Datei:Hamburg_Speicherstadt_1888_Querschnitt.jpg>, erişim tarihi: 12.05.2024
- Url-27** <<https://www.hafen-hamburg.de/en/portofhamburg/geschichte/>>, erişim tarihi:
15.05.2024
- Url-28** <<https://www.unesco.de/kultur-und-natur/welterbe/welterbe-deutschland/speicherstadt-und-kontorhausviertel-mit-chilehaus>>,
erişim tarihi: 15.05.2024
- Url-29** <https://wasserstand-nordsee.bsh.de/hamburg_st-pauli?niveau=nhn>, erişim
tarihi:16.05.2024
- Url-30** <<https://www.spiegel.de/panorama/hamburgs-unvergessene-katastrophe-die-nacht-in-der-die-flut-kam-a-340974.html>>, erişim tarihi: 15.05.2024
- Url-31** <<https://www.hamburg.de/sturmflut-1962/15851146/hochwasserschutz-heute/>>, erişim tarihi: 09.05.2024
- Url-32** <<https://www.hamburg.de/klimaentwicklung-hamburg/>>, erişim tarihi:
11.05.2024
- Url-33**
<<https://hub.hereon.de/portal/apps/experiencebuilder/experience/?id=c157b389112c4207abe338ec5347ea0f&page=Hamburg&views=H%C3%B6he---->>, erişim tarihi: 14.05.2024
- Url-34** <
<https://hub.hereon.de/portal/apps/experiencebuilder/experience/?id=c157b389112c4207abe338ec5347ea0f&page=Hamburg&views=H%C3%A4ufigkeit---->>, erişim tarihi: 12.05.2024
- Url-35** < <https://www.hamburg.de/co2-bilanz-hh/>>, erişim tarihi: 13.05.2024
- Url-36** <
<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hamburg.Speicherstadtzollk anal.2010.wmt.jpg>>, erişim:15.05.2024
- Url-37** < <https://www.baunetz-architekten.de/astoc/31363/projekt/4789129>>, erişim
tarihi: 18.05.2024
- Url-38** < <https://www.hamburg.de/elbphilharmonie/>>, erişim tarihi: 18.05.2024
- Url-39** < <https://www.elbphilharmonie.de/en/the-halls#elbphil-house>>, erişim tarihi:
18.05.2024

- Url-40** < <https://www.db-bauzeitung.de/schwerpunkt/auf-sand-gebaut/#slider-intro-5>>, erişim tarihi: 16.05.2024
- Url-41** < <https://www.hafencity.com/en/urban-development/infrastructure>>, erişim tarihi: 16.05.2024
- Url-42** < <https://www.kcap.eu/projects/9/hafencity-hamburg>>, erişim tarihi: 16.05.2024
- Url-43** <<https://www.pietniemann.de/niederhafen-river-promenade>>, erişim tarihi: 19.05.2024
- Url-44** <<https://lsbg.hamburg.de/ueber-uns/unsere-geschaeftsbereiche/geschaeftsbereich-gewaesser-und-hochwasserschutz/sturmfluttouren>>, erişim tarihi: 20.05.2024
- Url-45** <<https://www.hamburg.de/innenbehoerde/sturmflut/3425196/sturmflut-technischer-sturmflutschutz/#detailLayer>>, erişim tarihi: 19.05.2024
- Url-46** <<https://www.hamburg.de/pressearchiv-fhh/4308754/bildergalerie-hochwasserschutz-baumwall/#detailLayer>>, erişim tarihi: 19.05.2024
- Url-47** <https://wasserstand-nordsee.bsh.de/hamburg_st-pauli>, erişim tarihi: 22.12.2023