KENTSEL YÜZEY AKIŞI İÇİN DOĞA TEMELLİ ÇÖZÜM YÖNTEMLERİ

Çiğdem ÖZCAN

T.C.
BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KENTSEL YÜZEY AKIŞI İÇİN DOĞA TEMELLİ ÇÖZÜM YÖNTEMLERİ

Çiğdem ÖZCAN
0000-0002-4146-3517

Doç. Dr. Zeynep PİRSELİMOĞLU BATMAN
(Danışman)

YÜKSEK LİSANS TEZİ
PEYZAJ MİMARLIĞI ANABİLİM DALI

BURSA – 2025
Her Hakkı Saklıdır.

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

KENTSEL YÜZEY AKIŞI İÇİN DOĞA TEMELLİ ÇÖZÜM YÖNTEMLERİ

Çiğdem ÖZCAN

Bursa Uludağ Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Zeynep PİRSELİMOĞLU BATMAN

Kentlerin su ile ilişkisi, artan nüfus ve iklim değişikliğinin etkileriyle önem kazanmıştır. İklim değişikliği; şiddetli yağışlar, su kıtlığı ve kentsel ısı adası gibi sorunlara neden olurken, geçirimsiz yüzeyler suyun doğal döngüsünü engellemektedir. Yetersiz kentsel planlama ve su yönetimi hataları, kentlerde su stresi ve taşkın riskini artırmaktadır. Bu bağlamda suyu uzaklaştırmaya dayalı geleneksel deşarj yöntemleri yerine yağış sularının kaynak olarak ele alındığı suyu toplayan ve yeraltına sızdıran sürdürülebilir yaklaşımların geliştirilmesi kaçınılmaz olmuştur. Kentsel alanlarda doğa temelli çözümler bu sorunlara etkili bir yaklaşım sunarak; sel riskini azaltır, su kaynaklarını korur ve yeraltı sularını besler. Aynı zamanda kentsel ısı adası etkisini hafifletmek, biyolojik çeşitliliği arttırmak, şehir estetiğini desteklemek gibi peyzaj etki değerleriyle ekolojik, ekonomik ve sosyal yönden birçok fayda sağlamaktadır. Bu tez kapsamında kentsel yüzey akışı için doğa temelli çözüm yöntemleri kullanılarak yağış suyu yönetiminin sürdürülebilir şekilde düzenlenmesi, taşkın riskinin azaltılması ve yağış sonrası alanda yaşanan su sorunların giderilmesi için gerekli olan su yönetiminin etkin bir şekilde uygulanabileceği örnek model niteliğinde Çekmeköy Belediye Binası ve çevresi alanlar çalışma alanı olarak belirlenmiştir. Çalışma alanında yapılan doğal ve kültürel analizlerde topoğrafik veriler (eğim, bakı, yükselti) değerlendirilerek yağış suyu yönetimi için uygunluk haritaları elde edilmiştir. Swot analizi yapılarak sorunlar ve potansiyeller belirlenmiş, Tows analizi ile çalışma alanında doğa temelli çözüm yöntemleri kullanılarak kentsel tasarım ve peyzaj mimarlığı ölçeğinde kentsel yüzey akışı için stratejiler ve öneriler geliştirilmiştir. Doğa temelli yöntemlerle kentlerde iklim değişikliği etkilerinin azaltılması ve uyum sağlanması hem ekolojik sorunlara hem de toplumsal ihtiyaçlara bütüncül yaklaşımlar sunarak geleceğin kentlerinin daha dirençli ve sürdürülebilir olarak şekillendirilmesi hedeflenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kent hidrolojisi, Yüzey akışı, Yağış suyu yönetimi, Doğa temelli çözüm yöntemleri, Sürdürülebilirlik
2025, xvii+ 170 sayfa.

ABSTRACT

MSc Thesis

NATURE-BASED SOLUTİON METHODS FOR URBAN SURFACE RUNOFF

Çiğdem ÖZCAN

Bursa Uludağ University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Landscape Architecture

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Zeynep PİRSELİMOĞLU BATMAN

The relationship between cities and water has gained importance due to the increasing population and the impacts of climate change. Climate change leads to issues such as intense rainfall, water scarcity, and the urban heat island effect, while impervious surfaces disrupt the natural water cycle. Inadequate urban planning and poor water management further exacerbate water stress and flood risks in cities. In this context, it has become inevitable to develop sustainable approaches that consider rainwater as a resource, collecting and infiltrating it into the ground, rather than relying on traditional discharge methods that aim to remove water. Nature-based solutions in urban areas provide an effective approach to addressing these issues by reducing flood risks, preserving water resources, and replenishing groundwater. Additionally, these solutions offer various ecological, economic, and social benefits by mitigating the urban heat island effect, enhancing biodiversity, and supporting urban aesthetics through their landscape impact values. Within the scope of this thesis, an exemplary model has been proposed to sustainably regulate rainwater management, reduce flood risks, and address post-rainfall water-related issues by utilizing nature-based solutions for urban surface runoff. The study area has been designated as the Çekmeköy Municipality Building and its surroundings. In the natural and cultural analyses conducted within the study area, topographic data (slope, aspect, elevation) were evaluated to generate suitability maps for rainwater management. A SWOT analysis was performed to identify problems and potentials, while a TOWS analysis was utilized to develop strategies and recommendations for urban surface runoff at the scales of urban design and landscape architecture using nature-based solutions. The integration of nature-based methods aims to mitigate the effects of climate change and enhance adaptation in urban environments, offering holistic approaches to both ecological challenges and societal needs. This approach seeks to shape future cities into more resilient and sustainable urban landscapes.

Key words: Urban hydrology, Surface runoff, Rainwater management, Nature-based solution methods, Sustainability
2025, xvii + 170 pages.

TEŞEKKÜR

"Kentsel Yüzey Akışı İçin Doğa Temelli Çözüm Yöntemleri" başlıklı yüksek lisans tezi çalışma sürecimin her aşamasında anlayış ve sabırlarıyla yol gösteren, değerli görüş, öneri ve desteklerini esirgemeyen saygıdeğer danışman hocam Doç. Dr. Zeynep PİRSELİMOĞLU BATMAN'a teşekkürlerimi sunarım.

Tüm hayatım boyunca sevgiyle, ilgiyle, anlayışla ve destekleriyle hep yanımda olan hayattaki en değerlilerim sevgili annem Zeynep ÖZCAN, babam Arif ÖZCAN ve ablam Gizem TEKİN'e teşekkürlerimi sunarım. Çalışmam sırasında manevi desteklerini hep hissetiğim Elmas ÖZCAN'a ve tüm geniş aileme, arkadaşlarıma teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek lisans eğitimim boyunca yanımda olan ve desteklerini esirgemeyen meslektaşlarım ve çok sevgili dostlarım, başta her konuda yardımlarını esirgemeyen ve fikirlerini paylaşan Peyzaj Mimarı Betül Hümeyra ÇELİK olmak üzere Peyzaj Mimarı Merve TANFER'e, Peyzaj Mimarı Büşra YEŞİLBAĞLI'ya ve Peyzaj Mimarı Yasemin ŞENOL TEKGÖZ'e teşekkürlerimi sunarım.

Çekmeköy Belediyesi Temizlik İşleri Müdürlüğü, Park ve Bahçeler Şefliği yöneticilerime ve tüm çalışma arkadaşlarıma desteklerinden dolayı teşekkürlerimi sunarım.

Bu tez, koruma ve kullanma dengesi gözetilerek gelecek kuşaklara yaşanabilir bir dünya bırakmak adına yeğenim Zeynep Doğa TEKİN'e ithaf edilmiştir.

Çiğdem ÖZCAN
28/02/2025

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET viii
ABSTRACT ix
TEŞEKKÜR x
İÇİNDEKİLER xiii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ xiii
ŞEKİLLER DİZİNİ xiiiv
ÇİZELGELER DİZİNİ xiii
1. GİRİŞ 1
2. KURAMSAL TEMELLER ve KAYNAK ARAŞTIRMASI 3
2.1. KENTLEŞME, İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ VE KENT HİDROLOJİSİ 3
2.1.1. Kentleşme ve İklim Değişikliği 3
2.1.2. Kent Hidrolojisi 6
2.1.3. İklim Değişikliğinin Su Kaynakları Üzerindeki Etkileri ve Kentsel Sürdürülebilirlik 10
2.2. KENTSEL ALANLARDA YAĞMUR SUYU YÖNETİMİ 11
2.2.1. Yağmur Suyu Yönetimi 12
2.2.2. Geleneksel Yağmur Suyu Yönetimi 17
2.2.3. Sürdürülebilir Yağmur Suyu Yönetimi 19
2.3. KENTSEL YÜZEY AKIŞI İÇİN DOĞA TEMELLİ ÇÖZÜMLER 31
2.3.1. Biyolojik Su Tutma Alanları 34
2.3.2. Yağmur Bahçeleri 36
2.3.3. Bitkili Yağmur Hendekleri 42
2.3.4. Geçirgen Kaplamalar 45
2.3.5. Yeşil Çatılar-Çatı Bahçesi 48
2.3.6. Kent Ağaçlandırması-Yeşil sokaklar 54
2.3.7. Yeşil duvar-Dikey Bahçe 58
2.3.8. Yapılandırılmış Sulak Alanlar 61
2.4. DOĞA TEMELLİ ÇÖZÜM YÖNTEMLERİNİN PEYZAJ ETKİ DEĞERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ 64
2.4. 1. Doğa Temelli Çözümlerin Peyzaj Etki Değeri ve Bileşenleri 69
2.4.2. Doğa Temelli Çözümlerin Ana ve Alt Bileşenleri 70
3. MATERYAL ve YÖNTEM 76
3.1. MATERYAL 76
3.1.1. Çekmeköy' ün Konumu 77
3.1.2. Çekmeköy' ün Tarihçesi 79
3.1.3. Nüfus, İdari ve Sosyokültürel Yapısı 80
3.1.4. Çekmeköy'ün Ulaşım Durumu 81
3.1.5. Çekmeköy'ün İklimi ve Yağış Durumu 82
3.2.YÖNTEM 84
4. BULGULAR 88
4.1. Doluluk-Boşluk Analizi (Bina Yoğunluğu) 89
4.2. Yeşil Alan Analizi 89

4.3. Mevcut Durum Analizi 91
4.4. Yükselti Analizi 93
4.5. Eğim Analizi 94
4.6. Bakı Analizi 96
4.7. Yağış Suyu Yönetimi Uygunluk Analizi 97
4.8. Yağış Suyu Yönetimi İçin Uygun Alanlar Analizi 99
4.9. Coğrafi Analiz Tabanlı Alan Zonlaması 100
4.10. Swot ve Tows Analizi 103
5. TARTIŞMA VE SONUÇ 107
5.1. Çalışma Alanı Kentsel Yüzey Akışı İçin Doğa Temelli Çözüm Yöntemi Önerileri……. 111
KAYNAKLAR 149
ÖZGEÇMİŞ 170

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler	Açıklama
Cu	Bakır
CO_2	Karbon dioksit
NO_2	Azot dioksit
O_3	Ozon
Pb	Kurşun
SO_2	Kükürt dioksit
Zn	Çinko
°C	Santigrat derece

Kısaltmalar	Açıklama
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
ASLA	American Society of Landscape Architects
2B	6831 Sayılı Orman Yasası`nın 2.Maddesi (B) Bendi
BREAAM	Building Research Establishment Environmental Assessment Method
BM	Birleşmiş Milletler
CBS	Coğrafi Bilgi Sistemi
CNT	Center for Neighborhood Technology
ÇEDBİK	Türkiye Yeşil Bina Konseyi
DEM	Digital Elevation Model (Sayısal Yükseklik Modeli)
DIN1989	Rainwater Harvesting Systems
DGNB	Alman Sürdürülebilir Yapı Konseyi
EPA	Environmental Protection Agency (ABD Çevre Koruma Ajansı)
LEED	Leadership in Energy and Environmental Design
LID	Low Impact Development (Düşük Etkili Gelişim)
IPBES	The Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services
IPCC	Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli
IUCN	Uluslararası Doğayı Koruma Birliği
MGM	Meteoroloji Genel Müdürlüğü
NASA	National Aeronautics and Space Administration
PM10	Partiküler Madde
RCP	Representative Concentration Pathways
SITES	Sustainable Sites Initiative
SWOT	Strengths-Weaknesses-Opportunities- Threats
SDKT	Suya Duyarlı Kentsel Tasarım
SUDS	Sürdürülebilir Kentsel Drenaj Sistemi
SWMM	Storm Water Management Model
TOWS	Threats, Opportunities, Weaknesses, Strengths
UNDESA	Birleşmiş Milletler Ekonomik ve Sosyal İşler Departmanı
USGBC	ABD Çevre Dostu Binalar Konseyi
UV	Ultraviyole
VOC	Uçucu Organik Bileşikler
WWC	World Water Council
WWF	World Wide Fund for Nature (Doğal Hayatı Koruma Vakfı)

ŞEKİLLER DİZİNİ

		Sayfa
Şekil 2.1.	Hidrolojik döngü ana süreçleri.....	06
Şekil 2.2.	Toprağın hidrolojik katmanları.....	07
Şekil 2.3.	Doğal ve kentsel alanlar yüzeysel akışı.....	09
Şekil 2.4.	Kentleşmenin yağış üzerindeki etkileri.....	13
Şekil 2.5.	Yağmur suyu hasadı sistemi.....	17
Şekil 2.6.	Birleşik ve ayrık kanalizasyon sistemi.....	19
Şekil 2.7.	Gri, hibrit ve doğa temelli çözümler.....	32
Şekil 2.8.	Sokak kesitinde doğa temelli çözüm kurgusu.....	33
Şekil 2.9.	Biyolojik su tutma alanı kesiti.....	35
Şekil 2.10.	Biyolojik su tutma alanı Centennial Place Otoparkı, New Orleans.....	36
Şekil 2.11.	Yağmur bahçesinin şematik gösterimi.....	38
Şekil 2.12.	Yağmur bahçeleri genel görünüş ve nem bölgeleri…….....	39
Şekil 2.13.	Seattle yağmur bahçesi örneği……..	40
Şekil 2.14.	Minnesota şehrindeki Maplewood ilçesindeki konut alanında yağmur bahçesi ve Burnsville ilçesindeki ticari alanda yağmur bahçesi…….	42
Şekil 2.15.	Bitkili yağmur hendeği en kesiti ve Seattle kamu hizmetleri uygulama örneği.....	43
Şekil 2.16.	Bitki hendeği yol kenarı kesiti.....	44
Şekil 2.17.	Geçirgen zemin kesiti.....	46
Şekil 2.18.	Geçirgen asfalt, geçirgen beton ve geçirgen döşeme taşı veya ızgara.....	47
Şekil 2.19.	Yeşil çatı en kesiti.....	49
Şekil 2.20.	İnsensif çatı görseli.....	50
Şekil 2.21.	Ekstentif çatı bahçeleri ve İstanbul Tuzla Piri Reis Üniversitesi yeşil kampüsü……...	51
Şekil 2.22.	Becton Dickinson Kampüs Merkezi yeşil çatı örneği……..	52
Şekil 2.23.	Geleneksel çatı ve yeşil çatı yüzey akış grafiği.....	53
Şekil 2.24.	Kent ağaçlandırmasının su yönetimi açısından örnekleri.....	55
Şekil 2.25.	Ağaçların sağladığı faydalar.....	57
Şekil 2.26.	Yeşil duvar prensibi.....	58
Şekil 2.27.	Yeşil duvar uygulama yöntem örnekleri.....	59
Şekil 2.28.	Yeşil duvar örneği.....	60
Şekil 2.29.	Portland'ta mahalle parkında yapılandırılmış sulak alan örneği.....	62
Şekil 2.30.	Sulak alan örneği.....	63
Şekil 2.31.	Yapay sulak alan planı.....	63
Şekil 2.32.	Kentsel su yönetiminin zaman içinde artan kapsamı……..	
Şekil 2.33.	New York'taki High Line projesi öncesi ve sonrası.....	67
Şekil 2.34.	Atlanta'daki BeltLine projesi öncesi ve sonrası.....	67
Şekil 2.35.	Atlanta'daki BeltLine projesi; Historic Fourth Ward Park'ta bulanan göl.....	68
Şekil 3.1.	Çalışma Alanının; İstanbul ili, Çekmeköy ilçesindeki konumu.....	76

Şekil 3.2.	Çekmeköy İlçesinin İstanbul'daki konumu.....	77
Şekil 3.3.	Çekmeköy ilçesi ve mahalle sınırları……..……	78
Şekil 3.4.	İstanbul ili elmalı havzası koruma alanında bulunan çalışma alanı.....	79
Şekil 3.5.	Çalışma alanı ana arter ve toplu taşıma durakları.....	82
Şekil 3.6.	Çekmeköy Belediyesi önü Ceyhan Caddesi otobüs durağı	82
Şekil 3.7.	Yöntem akış şeması …….....	87
Şekil 4.1.	Çalışma alanı.....	88
Şekil 4.2.	Çalışma alanı doluluk-boşluk analizi (bina yoğunluğu)……..	89
Şekil 4.3.	Çalışma alanı yeşil analizi.....	90
Şekil 4.4.	Çalışma alanı mevcut durum analizi……	91
Şekil 4.5.	Alan içi teraslama ile oluşturulan fonksiyon alanları……...	92
Şekil 4.6.	Çalışma alanı mevcut arazi kullanımı grafiksel gösterimi…..	92
Şekil 4.7.	Çalışma alanı etrafı refüjler; a)Erenler Cad.- Harita Sk. keşimi, b) Piri Reis Cad.- Harita Sk. keşimi, c) Piri Reis Cad.- Ceyhan Cad. keşimi, d) Erenler Cad., e) Erenler Cad.- Harita Sk. keşimi.....	93
Şekil 4.8.	Çalışma alanı yükselti analizi.....	94
Şekil 4.9.	Çalışma alanı eğim analizi.....	95
Şekil 4.10.	Çalışma alanı bakı analizi.....	96
Şekil 4.11.	Çalışma alanı yağış suyu yönetimi uygunluk analizi……...	97
Şekil 4.12.	Çalışma alanın yağış suyu yönetimi için uygun alanlar analizi.....	99
Şekil 4.13.	Yağış suyu yönetimi uygunluk analizi doğrultusunda yapılan zonlama.	100
Şekil 4.14.	Zon 3 ve zon 5'te meydana gelen su sorunları.....	101
Şekil 4.15.	Çalışma alanı zonlaması grafiksel gösterimi…….....	102
Şekil 4.16.	Çalışma alanı yağış suyu yönetimi uygunluk ve alan kullanımı analizinin çakıştırılması.....	103
Şekil 5.1.	Çalışma alanı rastlanılan bazı su sorunları……...	111
Şekil 5.2.	Çalışma alanı zonlama analizi ve öneriler……	112
Şekil 5.3.	Çalışma alanında doğa temelli çözüm yöntemleri ile yağmur suyu yönetiminin kavramsal şeması…….	113
Şekil 5.4.	Zon'1 de bulanan kafe ve bahçesi……	114
Şekil 5.5.	Ağaç dikim çukuru en kesiti……..……...	116
Şekil 5.6.	Zon 1'de yer alan uygun ağaçlandırma alanları……...	117
Şekil 5.7.	Zon 1'de yeralan kafe ve depo binaları……	117
Şekil 5.8.	Patrick Blanc tasarımı bir okul binası ve cephe çizimi Drew School, San Francisco……..	118
Şekil 5.9.	Çalışma alanı zon 2 görselleri……..	119
Şekil 5.10.	Çalışma alanı zon 2'de şev alanı……..	120
Şekil 5.11.	Çalışma alanı zon 2'de şev alanı……..	120
Şekil 5.12.	Biyolojik su tutma alanı örneği……	121
Şekil 5.13.	Çalışma alanı zon 2'te yer alan çocuk oyun alanı ve su yönetimi sorunları……	121
Şekil 5.14.	Çalışma alanı zon 2'te yer alan çocuk oyun alanı ve su yönetimi sorunları……	122
Şekil 5.15.	Yağmur bahçesi kesiti ve nem bölgeleri……..	123

Şekil 5.16.	Yeşil çatı uygulama örneği……..	125
Şekil 5.17.	Yağmur Bahçesi ile entegre edilmiş bina yağmur suyu toplama hattı…….	126
Şekil 5.18.	Bitki hendeği yapılması önerilen alan……..	127
Şekil 5.19.	Bitkili yağmur hendeği örneği……..	127
Şekil 5.20.	Çalışma alanı açık otopark1 alanı……	128
Şekil 5.21.	Açık otopark1 ve rastlanılan su sorunları…….	129
Şekil 5.22.	Biyolojik su tutma alanı dar en kesiti ……..	129
Şekil 5.23.	Biyolojik su tutma alanı geniş en kesiti……...	130
Şekil 5.24.	İzmir Büyükşehir Belediyesi yeşil otopark ve otoparklar için güneş enerji sistemleri……..	131
Şekil 5.25.	Zon 2'de eğimli yeşil alan ile otopark alanı kesişimi ve su sorunları……	131
Şekil 5.26.	Yağmur bahçesi işleyişi……...	132
Şekil 5.27.	Yağmur bahçesi uygulama örneği……	132
Şekil 5.28.	Halı saha kenarında 2015 yılı içerisinde yaşanan su sorunları.	133
Şekil 5.29.	Kaymakamlık ihatası ve Kent park gezinti yolu arasındaki yeşil alan……...	133
Şekil 5.30.	Bitki hendeği uygulama örneği ve en kesiti…….	134
Şekil 5.31.	Çalışma alanı açık otopark2 alanı……	135
Şekil 5.32.	Çalışma alanı açık otopark2 alanı ve bina arasında kalan yeşil alan……...	136
Şekil 5.33.	Yağmur bahçesi detay kesiti……	136
Şekil 5.34.	Yağmur bahçesi genel görünümü ve özellikleri……...	137
Şekil 5.35.	Çalışma alanı zon 3'te bulunan çocuk oyun alanı ve su sorunları……	138
Şekil 5.36.	Çocuk oyun alanı kenarlarında uygulanabilecek yağmur bahçesi örnekleri……..	139
Şekil 5.37.	Çalışma alanı zon 3 alan görselleri……..	139
Şekil 5.38.	Dinlenme alanlarında yağmur bahçesi uygulamaları……...	140
Şekil 5.39.	Sızdırma çanağı……	140
Şekil 5.40.	Bitki hendeği uygulamasına örnek görselleri……...	141
Şekil 5.41.	Geniş bitkili yağmur hendeği işleyişi……...	142
Şekil 5.42.	Yapılandırılmış sulak alan kesiti ve uygulama örnekleri…….	143
Şekil 5.43.	Biyolojik su tutma alan kesiti ve uygulama örnekleri……..	144
Şekil 5.44.	Yağmur bahçesi ve biyolojik su tutma alanı örnek görseli…..	144

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge	2.1.	Doğa temelli çözümlerin ana ve alt bileşenlere göre karşılaştırılması……...…….	74
Çizelge	3.1.	Swot/Tows Analizi ……...….	86
Çizelge	4.1.	Geçirimli ve geçirimsiz alan miktarları ve yüzdeleri…….....	90
Çizelge	4.2.	Çalışma alanının su yönetim potansiyeli açısından uygunluğunun belirlenmesinde kullanılan kriterler ve kriterlere atanan değerler…….....	98
Çizelge	4.3.	Swot Analizi……	104
Çizelge	4.4.	Twos Analizi ……....….	106

1. GİRİŞ

Tarih boyunca insanların yaşam alanı olan kentlerin su ile ilişkisi giderek kuvvetlenmiş ve büyüyen kentlerde su talebi de paralel şekilde artış göstermiştir (WWF Türkiye, 2014). İklim değişikliğinin neden olduğu çevresel sorunlar, kentlerin su ihtiyaçlarını karşılamasını zorlaştırmaktadır. Kentlerdeki fiziksel altyapılar, yollar, binalar ve kamusal alanlar, genellikle suyun biriktirilmeden ya da yeraltına sızmasına izin vermeden doğrudan tahliye edilmesine neden olan geçirimsiz yüzeyler ve kanallar ya da mazgallar ile kaplıdır. Bu da suyun tutulmasını veya yer altına nüfuz etmesini engellemektedir. İklim değişikliğinin neden olduğu şiddetli yağışlar ise taşkın ve sel risklerini artırmaktadır. Günümüz kentlerinde yeşil alanların yetersizliği, geçirimsiz kentsel yüzeylerin sıcak hava dalgalarının etkisini hızlandırarak kentsel ısı adası etkisine ve sıcaklık artışına yol açmaktadır (Steeneveld ve ark., 2014; Argan, 2022). Yetersiz kentsel planlama, kaynakların yanlış kullanımı ve su yönetimindeki hatalar, kentsel alanlarda su stresi ve su kıtlığı gibi sorunları doğurmaktadır (WWC, 2018; Argan, 2022). Su kıtlığı, dünya genelinde birçok ülke için oldukça büyük bir sorun haline gelmiştir. Bu durum, kentlerde su döngüsünün yeniden düzenlenmesi, suyun tasarruflu kullanımı ve kentsel planlama ile tasarımda yeni stratejilerin geliştirilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır (Argan, 2022). Doğa temelli çözüm yöntemleri ile kentsel yüzey akışını düzenleyerek su yönetimini desteklemek sürdürülebilir kentlerin oluşmasına büyük ölçüde katkı sağlamaktadır. Bu araştırmanın amacı, iklim değişikliği ve artan nüfusun kentsel su yönetimi üzerindeki baskısını azaltmak için doğa temelli çözümler geliştirmektir. Yağış suyu yönetimine ve yağmur suyu hasadına odaklanan doğa temelli uygulamalar ile geçirimsiz kentsel yüzeylerin neden olduğu su akışı sorunlarının azaltılması, taşkın ve sel risklerinin minimize edilmesi, yağış sularının kaynak olarak değerlendirilmesi ve yeraltı su seviyelerinin korunması hedeflemektedir. Aynı zamanda, kentsel alanlarda biyolojik çeşitliliği artıracak, kentsel ısı adası etkisini hafifletecek ve toplumsal yaşam kalitesini iyileştirecek stratejilerin geliştirilmesi ve kentsel planlamaya entegrasyonunu sağlamayı amaçlamaktadır.

Dünya çapında nüfus yoğunluğu, kentleşme ve iklim değişikliğine bağlı kentsel alanlarda yaşanan su sorunlarına; topoğrafik, meteorolojik, hidrolojik vb. verilerin

analizi ile yağış suyu yönetimi uygunluk haritalarının oluşturulması üst kademe kentsel su yönetiminde yönlendirici stratejik kararların alınmasında veri sağlayabileceği düşünülmüştür. Bu konuda yerel yönetimlerin, içme suyu temini, atık suyun toplanması, altyapı projelerinin geliştirilmesi, su kaynaklarının korunması ve sürdürülebilir kullanımı gibi kentsel su yönetiminde önemli görevleri bulunmaktadır (Anonim, 2024s). Ayrıca su kaynaklarının kirlenmesini önlemek, bilinçlendirme kampanyaları düzenlemek ve kuraklık veya sel gibi kriz durumlarında müdahale planları oluşturmak da görevleri kapsamındadır (Anonim, 2024ş). Bu sebeple çalışma alanı olarak Çekmeköy Belediye binası ve yanında bulunan rekreasyon alanı Kent parkı bütün olarak ele alınmıştır. Çalışma alanında; doğal ve kültürel verilerin analizi ile uygunluk haritaları oluşturmayı, SWOT ve TOWS analizleri ile mevcut sorunları ve potansiyelleri belirleyerek, doğa temelli çözümler için uygulanabilir stratejiler geliştirmeyi amaçlamaktadır. Böylece, geleceğin kentlerinin daha dirençli olması sağlanarak ekolojik, sosyal ve ekonomik açıdan sürdürülebilir bir yapıya kavuşması için kapsamlı ve bütüncül bir yaklaşım ortaya konulması hedeflenmektedir. Doğa temelli çözüm yöntemleri yüzey akışının düzenlenmesinin yanı sıra ekosistemlerin korunmasını destekleyerek hem iklim değişikliğiyle mücadeleye hem de uyum süreçlerine katkı sağlayacaktır.

2. KURAMSAL TEMELLER ve KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. KENTLEŞME, İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ VE KENT HİDROLOJİSİ

Dünya nüfusunun artışı kentleşme hareketlerini hızlandırmaktadır. Kentleşme sonucunda artan kaynak ihtiyacı, doğal kaynaklar üzerinde baskı oluşturmakta ve kentlerin sürdürülebilirliğini tehdit etmektedir. Kentsel alanlarda ulaşım aksları, çatılar ve yapılar yoluyla geçirimsiz yüzey miktarının artması ve yeşil alanların azalması hidrolojik döngünün bozulmasına neden olmuştur. Günümüzde hava kirliliği, sıcak hava dalgaları, su kıtlığının yaşanması, yağış rejiminin değişmesi, yağmur suyunun sel ya da taşkınlara sebep olması şeklinde ortaya çıkan iklim değişikliğinin etkileri kentleşme ile ilişkilendirilebilmekte olup, bu etkilerin en yoğun hissedildiği alanlar da kentsel alanlar olmaktadır (Coşkun Hepcan, 2019). Bu sebeple, doğal kaynakların sürdürülebilirliğinin sağlanmasıyla kentleşmenin olumsuz etkilerinin azaltılması ve kentsel alanlarda yaşam kalitesinin iyileştirilmesi için son yıllarda doğa temelli çözüm yöntemlerinin geliştirilmesi önem kazanmıştır.

2.1.1. Kentleşme ve İklim Değişikliği

Kentleşme; sanayileşme ve ekonomik gelişime bağlı olarak kentsel alanlarda yapılaşmanın ve nüfusun artışı şeklinde tanımlanabilir (Keleş, 1996; Demirören Civan, 2022). Tabanlıoğlu'na (1991) göre kentleşme, mevcut kent merkezinin dışa doğru genişlemesi ve mevcut yapısal dokunun dönemsel ihtiyaçlara göre yeniden şekillenmesi anlamına gelmektedir (Demirören Civan, 2022). Kentleşme, şehirlerdeki kentsel suyun niceliğini ve kalitesini etkileyen temel faktörü temsil etmektedir. Kentlerin gelişim süreci, su geçirmez yüzeyler üzerindeki etkileri nedeniyle hem tepe akış hacimleri hem de akış hızı açısından akış desenlerinde önemli bir değişikliğe neden olmakla kalmaz, aynı zamanda kentsel yoğunluk ve dağılımdaki değişiklik nedeniyle sel tehlikelerine karşı kırılganlık da yaratmaktadır. Kentsel alanlarda arazi örtüsü değişiklikleri, örneğin bitki örtüsünün kaldırılması, ham arazinin su geçirmez yüzeylerle değiştirilmesi, doğal gölet ve akarsuların doldurulması, kirletici miktarını artırmakta ve kentsel su sistemlerinin kalitesine zarar verebilmektedir (Zhou, 2014).

Su akışındaki değişiklikler ve kentsel taşkınlar açısından kentsel su sistemleri üzerindeki beklenen etkileri nedeniyle küresel bir sorun olarak yaygın bir şeklide kabul edilen iklim değişikliğinde de (Zhou, 2014), insan faaliyetleri rolü büyüktür (IPCC, 2014). İnsan faaliyetleri sonucunda atmosfere salınan gazlar sera etkisi yaratarak sıcaklık artışına neden olur; bu duruma küresel ısınma denilmektedir (Tabak, 2006; Aydın, 2023). Küresel iklim değişikliği, "dünyamızın jeolojik tarihi boyunca gerçekleşen doğal iklim dalgalanmaları ve ek olarak insan etkisiyle meydana gelen değişimler" şeklinde tanımlanmaktadır (MGM, 2021). İklimde oluşan değişimlerin pek çok farklı etkisi gözlenmekte olup (NASA, 2021), çeşitli araştırmalar, iklim değişikliğinden en çok kentsel alanlardaki su kaynaklarının etkileneceğini göstermektedir. (Azhoni vd., 2018; Bates vd., 2008; Olmstead, 2014; WWC, 2018; Tarım ve Orman Bakanlığı, 2020; Argan, 2022).

Doğal su döngüsü üzerinde önemli etkileri bulunan iklim değişikliği, atmosferdeki su buharı seviyelerinin artmasına yol açmakta ve bazı bölgelerde düzensiz ve şiddetli yağışlar, sel felaketleri görülürken, diğer bölgelerde aşırı kuraklık yaşanmaktadır (Toyran, 2022). Küresel iklim değişikliği tahminlerine göre, Kuzey Yarım Küre'nin orta ve yüksek enlemlerinde belirgin bir ısı artışı beklenmektedir. Bu ısınmanın Türkiye'yi de etkileyeceği öngörülmekte olup, 2050 yılına kadar sera gazı salınımlarının artmaya devam edeceği düşünüldüğünden, Türkiye'deki sıcaklık artışının 1-3°C arasında olacağı tahmin edilmektedir. Yağış projeksiyonları incelendiğinde ise, Akdeniz Bölgesi'nde yağışlarda azalma, Marmara ve Karadeniz Bölgeleri'nde ise belirgin bir düşüş yaşanması beklenmektedir (Özdemir ve Bahadır, 2010; Aydın, 2023) İklim değişikliği büyük ölçüde insan faaliyetlerinden kaynaklanmakta olup, dünya sıcaklığının artması sonucu eriyen buzul ve kar tabakalarının okyanuslara karışmasıyla tatlı su rezervleri azalmaktadır. Tüm dünyayı etkileyen bu iklim değişikliği sonucunda su kıtlığı giderek artmakta ve ciddi sorunlara neden olmaktadır (Toyran, 2022).

İklim değişikliği süreci, hem toplum hem de doğa için ciddi riskler taşımaktadır. Bu riskleri azaltmak için iki temel toplumsal müdahale seçeneği olup, iklim değişikliği etkilerini azaltmak (mitigasyon) ve iklim değişikliğine uyum sağlamak (adaptasyon)

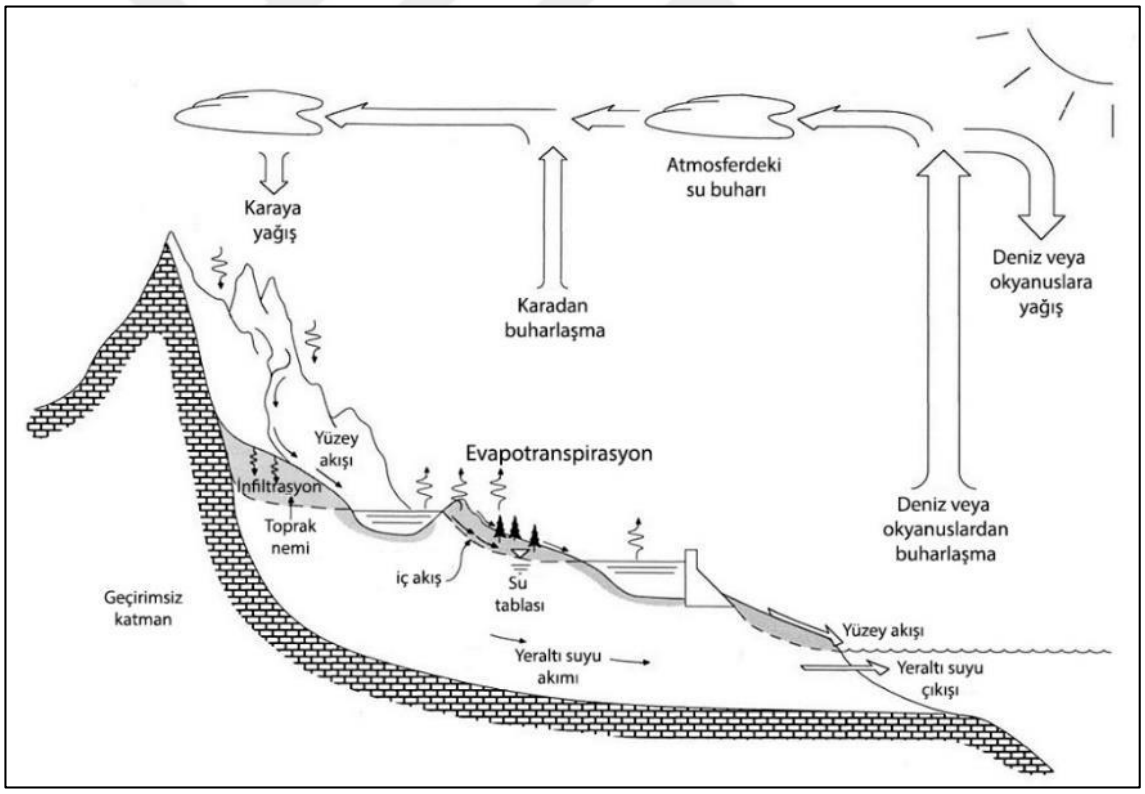
şeklindedir. İklim değişikliğinin etkilerinin azaltılması, sera gazı salınımlarının düşürülmesi veya karbon yutaklarının artırılması yoluyla küresel iklim değişikliğinin sınırlandırılması anlamına gelmektedir. Uyum sağlama ise, iklim değişikliğinin olumsuz etkilerini hafifletmek veya oluşabilecek fırsatları değerlendirmek amacıyla sistemin duyarlılığını önceliklendiren ve ona uygun olarak planlanan eylemlerin gerçekleştirilmesidir (Füssel, 2007; Argan, 2022).

Günümüzde dünya nüfusunun yaklaşık olarak yarısı kentlerde yaşamaktadır ve bu oranın giderek artacağı öngörülmektedir (Anonim, 2022a). Kentlerin hidrolojik ve topoğrafik yapısı, kentsel yerleşimlerin oluşumunda ve morfolojik yapının şekillenmesinde en önemli faktörlerden biridir (Bekiryazıcı, 2023). Büyük nüfuslara ev sahipliği yapan ve sosyo-ekonomik olarak önemli birer sistem olan kentler, global iklim değişikliğinin neden olacağı aşırı hidro-meteorolojik durumlara karşı hassastır (Karaca, 2020). Kentsel alanlarda belirli bir geri dönüş periyoduna göre taşıma kapasitesi planlanan mevcut drenaj sistemi artan su miktarıyla başa çıkmada yetersiz kalmıştır. Bu sebeple gelecekteki drenaj sistemi tasarımlarında yağışın artan sıklığını ve yoğunluğunu hesaba katarak aşırı yüklenme sıklığının korunması gerekmektedir (Zhou, 2014). Kentsel planlamada, kentlerin bu olaylara karşı dayanıklılığını ve uyum kabiliyeti artıracak stratejilerin geliştirilmesi, kentlerin sürdürülebilirliği açısından hayati önem taşımaktadır (Karaca, 2020). Geleneksel kent drenajı sistemlerini destekleyen doğa temelli yöntemlerin kentsel alanlara entegre edilmesinin gerekliliği ortaya çıkmıştır.

Su, iklim değişikliği bağlamında hem bir kaynak hem de bir tehdit unsuru olarak görülmektedir. Kaliteli su, kentlerde yaşayan ve sayıları giderek artan nüfusun refahı için temel bir ihtiyaçtır. Aynı zamanda, kent çevresindeki tarım, gıda ve içecek üretimi ile sanayi dâhil birçok ekonomik faaliyet açısından da kritik bir rol oynamaktadır. Ancak aşırı yağışlar, kuraklık, kirleticilerin artışı, kanalizasyon sistemlerinde yetersiz su akışı ve sel gibi durumlar su kaynaklarıyla ilgili büyük fiziksel tehditler oluşturmaktadır (Vicuña ve ark., 2018; Argan, 2022). Kentsel su tedariğinde en büyük zorluklardan biri ise gelecekteki su kaynaklarının varlığıdır. Günümüzde kent yönetimi tarafından alınan kararlar, gelecekte tarım, evsel kullanım ve sanayi için suya erişim üzerinde önemli bir etkiye sahip olacaktır (Argan, 2022).

2.1.2. Kent Hidrolojisi

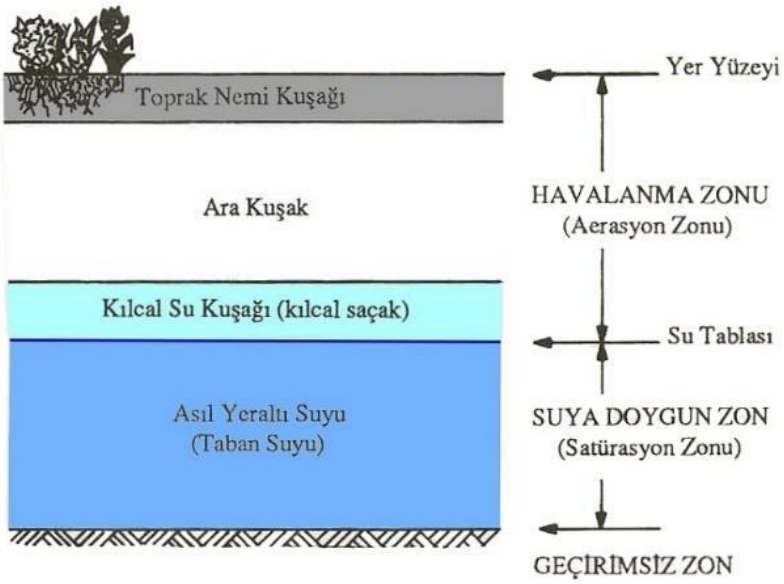
Hidrolojik döngü, suyun yeryüzündeki kaynaklardan buharlaşarak atmosfere ulaşması, ardından yoğunlaşarak yağış şeklinde tekrar yeryüzüne dönmesi ve burada toprak ya da su kütlelerinde birikerek yeniden atmosfere buharlaşmasıyla gerçekleşen döngüsel bir süreçtir. Şekil 2.1' de gösterilen bu döngü süreci, belirli bir başlangıç veya son noktası olmayan ve aynı anda birden fazla sürecin sürekli olarak meydana geldiği bir hareketler zinciridir (Chow vd., 1988; Karaca, 2020). Meteoroloji Genel Müdürlüğü e-kütüphanesinde kısaca; "Suyun bulunduğu kaynaklardan çeşitli faktörlerin etkisiyle sıvı halden gaz haline dönüşerek atmosfere yükselmesi ve ardından yoğunlaşıp yeniden yeryüzüne dönmesi sürecinde izlediği olaylar dizisine hidrolojik döngü (su döngüsü) adı verilir." şeklinde tanımlanmıştır (Anonim, 2024a).



Şekil 2.1. Hidrolojik döngü ana süreçleri (Chow vd., 1988, Karaca, 2020).

Yeryüzündeki su kaynaklarından atmosfere buharlaşan su bir süre atmosferde depolanarak bulutlarda tutulmaktadır. Uygun koşullar oluştuğunda doygun hale gelen

atmosferdeki su yağışa dönüşerek yağmur, kar, dolu vs. olarak tekrar yeryüzünde toprağa, bitki yüzeylerine ve su kaynaklarına dökülmektedir. Toprak tabakasının yüzeyine düşen yağış önce toprağı ıslatarak sonra toprağın infiltrasyon kabiliyetiyle içine girerek, toprağın su içeriğini arttırmaktadır. İnfiltre edilen suyun bir kısmı Şekil 2.2' de gösterilen toprağın hidrolojik katmanları arasında havalanma bölgesinde asılı kalırken, diğer kısmı daha derindeki doygun bölgede yer altı suyu depolarına doğru süzülerek hareketine devam eder**.** Genellikle bitki köklerinin ulaşamayacağı alt kısımlara doğru suyun hareketi derine sızma olarak adlandırılmakta olup, derine sızma yeraltı suyu beslenmesine katkı sağlamaktadır (Karaca, 2020).

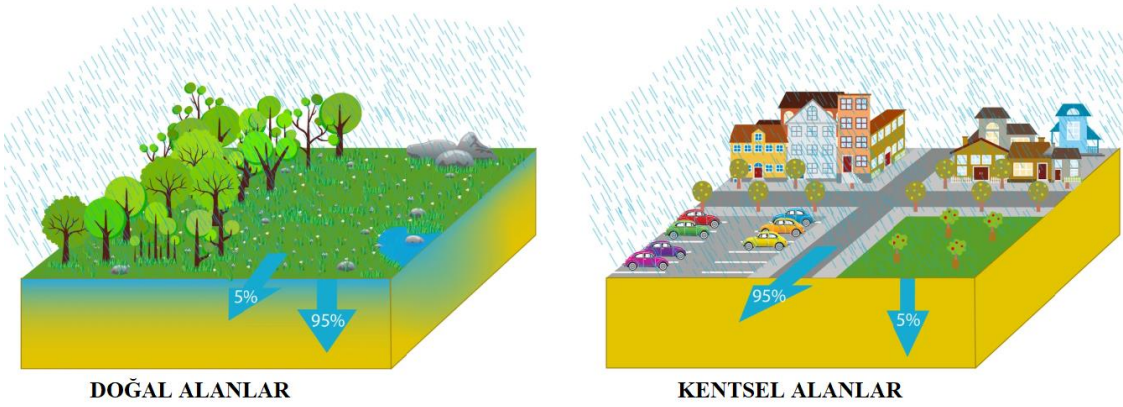


Şekil 2.2. Toprağın hidrolojik katmanları (Karaca, 2020).

Doğal alanlarda yağış hızının toprağın infiltrasyon hızını aştığı durumlarda toprak yüzeyinde bulunan çukurluklar dolmaya başlar. Bu durumda tutulan suya depresyon depolaması denilmektedir. Toprak yüzeyindeki depresyon depolarının dolması ile birlikte yağış suları eğim etkisiyle yönlenerek yüzeysel akışı oluşturmaktadır. Ayrıca, toprak profilindeki tüm boşlukların suyla dolu olduğu toprağın doymuş halinde de fazla su toprak yüzeyi üzerinde yüzey akışına geçmektedir. Toprağın yüzeyinde veya içinde yağış suyunun hareketi akış olarak tanımlanmaktadır. Yüzey ve yeraltı akışları akarsular aracılığıyla deniz ve okyanuslar gibi büyük su kütlelerine ulaşır ve daha sonra hidrolojik

döngü süreci aralıksız devam ettiğinden buharlaşarak atmosfere geri döner. Yağış suları su kütlelerine ulaşmadan önce toprak yüzeyinden, bitkilerden hatta havada yere ulaşmadan bile bir miktar buharlaşma olabilir. Bitkiler aracılığıyla buharlaşmaya terleme adı verilmektedir. Terleme ve buharlaşma sürecinin ayırt edilmesi zor olması sebebiyle bu iki süreç, tek bir süreç evapotranspirasyon olarak ele alınmaktadır. Ayrıca, yağış ile birlikte hava ve su sıcaklıkları, rüzgâr hızı ve güneş radyasyonu gibi meteorolojik etkiler de suyun buharlaşma oranı üzerinde belirleyici olduğundan akış sürecini etkilemektedir**.** Tüm bu hidrolojik döngü süreci alanın arazi ve toprak yapısı, meteorolojik ve topografik özellikleri, su ve bitki örtüsü varlığı gibi etkilere bağlı olarak farklılıklar göstermektedir. Aynı zamanda çevresel faktörlere ek olarak insan faaliyetlerinin değiştirici etkisi önem arz etmektedir (Karaca, 2020).

Kentsel alanlarda özellikle sert zemin oranının yeşil alanlara baskın hale gelmesi doğal hidrolojik döngünün bozulmasına neden olmaktadır (Gülcü 2021). Kentlerde yollar, çatılar, otoparklar sebebiyle artan geçirimsiz yüzeyler ve drenaj boruları aracılığıyla yüzey suyunun doğal alanlarda olduğundan daha hızlı şekilde akarsulara ulaştırılması doğal döngünün olumsuz değişmesi yanı sıra kent içinde biriken kirleticileri alıcı kaynaklara taşıyarak kirlenmesine sebep olmaktadır. Ayrıca geçirimsiz yüzeylerin infiltrasyon oluşumunu azaltması (Arnold Jr ve Gibbons, 1996; Cheng ve Wang, 2002; Haase, 2009; Karaca, 2020) kentsel alanlarda yeraltı su kaynaklarının beslenmesine engel olmaktadır (Leopold, 1968; Rumman vd., 2005; Karaca, 2020). Kentleşme; kentsel su miktarı ve su kalitesi etkileyen başlıca faktörlerden biridir (Zhou, 2014). Tüm bunlara yanında kentleşmeyle bağlantılı katı atık bertaraf tesisleri, kanalizasyon, endüstriyel deşarjlar ve yerinde sıhhi tesisat sistemleri gibi alanlar da doğal kaynaklar üzerinde tehdit oluşturan noktasal kirlilik kaynaklarıdır (Gwenzi ve Nyamadzawo, 2014; Karaca, 2020).



Şekil 2.3. Doğal ve kentsel alanlar yüzeysel akışı (Anonim, 2022f).

Kentleşme ile toprak yapısı değişmekte, kentsel alanlardaki toprak yapısı doğal alanlara göre farklılaşmaktadır. (J. Marsalek vd., 2006; Karaca, 2020). İnsan faaliyetlerine bağlı toprağın sıkışması infiltrasyon oluşumunun azalmasına ve yağışların akışa geçmesine neden olmaktadır (Karaca, 2020). Şekil 2.3'de yapılaşma öncesi doğal alanlarda yağış suyunun %95'i toprak altına sızarken, %5'i yüzeysel akışa geçmekte iken, yapılaşma sonrası kentsel alanlarda %5'i toprak altına sızıp, %95'i yüzey akışı oluşturduğu görülmektedir. Gün geçtikçe etkilerinin daha fazla hissedilen iklim değişikliği şiddetli ve yoğun yağışların artmasına neden olmakta ve buna bağlı olarak infiltrasyon fazlası yüzey akışı kentleri daha sık sel ve taşkınlara karşı karşıya bırakmaktadır (Gülcü 2021). Çoğunlukla insan yapımı kanallar ve kanalizasyonlarla doğal suyollarının ve akarsu yataklarının değiştirilmesi kentleşmenin olumsuz etkilerindendir. Önemli suyolları kanatlaştırılarak çevre ile bağlantısı koparılmakta, ıslah çalışmaları kapsamında değiştirilmektedir. Yapılan bu müdahalelerle akarsuların akış hızı artmakta ve özellikle aşırı yağışlarda pik akış değerleri oluşmaktadır (Karaca, 2020). Doğal koşullarda su kanalları değişen akış rejimine göre kendini ayarlama eğilimindeyken (Leopold, 1968; Karaca, 2020), kentsel alanlarda yapay olarak değiştirilmiş kanallar doğal adaptasyonu engellemekte ve taşkın frekansını ve büyüklüğünü arttırmaktadır. (Salvadore vd., 2015). Yağış ve akış rejimlerinde belirleyici etkisi olan diğer önemli kriter ise alandaki vejetasyon varlığıdır. Yağışın bir kısmı bitkiler tarafından yakalanır ve terleme ile atmosfere buharlaşır. Yağışın yakalanma oranı vejetasyon türüne, bitkinin büyüme evresine, mevsime ve rüzgar hızına göre değişebilmektedir (Ward ve Trimble, 2003;

Karaca, 2020). Kentlerde yeşil alan ve bitki örtüsünün giderek azalması yağış suyunun direkt olarak akışa geçemesine neden olmaktadır.

2.1.3. İklim Değişikliğinin Su Kaynakları Üzerindeki Etkileri ve Kentsel Sürdürülebilirlik

Dünyanın üçte ikisi sularla çevrili olmakla birlikte bu suların %97,5'lik kısmını tuzlu, %2,5'lik kısmını ise tatlı sular oluşturmaktadır. Tatlı suların %0,76'lık miktarı kullanılabilmekte, diğer kısmı yerkürede depolandığından kullanılamamaktadır (Demircan, 2022; Dağıdır ve Alıcı, 2024). Bilim insanları dünya nüfusunun 2050 yılında 9.4 milyar civarlarında olabileceğinden ve su kaynaklarının yetersiz kalacağından kaygılanmaktadır. Bugün ise suya erişebilirlik ile birlikte su kalitesine yönelik endişe duyulmaktadır (Sert 2013). 2000'li yıllar öncesi ülkemiz su varlığı yönünden zengin ülkeler arasında yer alırken, günümüzde su sıkıntısı yaşayan ülkeler arasındadır. Küresel iklim değişikliği, yağış rejimindeki değişimler, nüfus artışına bağlı artan su talebi, su yönetimindeki yanlış kararlar, su politikaları su kıtlığının temeli olarak kabul görmektedir (Aküzüm vd., 2010). Bu sebeplerden dolayı yaşamsal önem taşıyan suya erişim zorlaşmakta ve yaşamın devamı için su yönetimine ihtiyaç artmaktadır **(**Dağıdır ve Alıcı, 2024). İklim değişikliğinin kentsel su kaynakları üzerindeki etkisi, aşırı hava olaylarıyla daha belirgin hale gelmektedir. Örneğin, dünyanın farklı bölgelerinde yoğun yağışlar felaket seviyelerine ulaşmıştır. Hindistan'da muson yağmurları ciddi hasarlara neden olurken, Japonya'da şiddetli yağışlar toprak kaymalarını tetiklemiştir. Ayrıca, ABD'nin doğu ve güneydoğu kıyılarını vuran Florence ve Michael kasırgaları ile Orta Avrupa'da etkili olan Friederike Fırtınası da bu afet boyutundaki yağışlara örnek teşkil etmektedir (MGM, 2019; Argan, 2022).

Geçirimsiz yüzeylerin artmasıyla kontrol edilemez şekilde yüzeysel akış miktarının artması, infiltrasyonu azaltarak yeraltı su kaynaklarının beslenememesine ve kirleticileri, tortuları vb. maddeleri kentsel alandan hızlıca alıcı kaynaklara taşıyarak kirlenmesine yol açmaktadır (Niemczynowicz, 1999). Yüzeysel akış miktarındaki artış kentleri sel, su baskınları, heyelan gibi afetlere karşı kırılganlaştırmaktadır. Ayrıca bu

sebeple kentlerin, sadece kent yapısını değil, kentle ilişkili hidrolojik sistemleri, akış düzenini ve ekolojik sistemleri etkilediği görülmektedir (Bekiryazıcı, 2023). Kentlerde suyun doğru yönetimi, hem insanlar hem de dünyanın geleceği için kritik bir faktördür. Yerel ve bölgesel yetkililer, iklim değişikliğinin su kaynaklarına etkisi, su kıtlığı, su stresi ve suyla ilişkili afetlerin önlenmesi gibi zorluklarla mücadelede, kent direncini artırma ve sürdürülebilirliği sağlama konusunda önemli bir rol üstlenmektedir (WWC, 2018; Argan, 2022).

Sürdürülebilirlik kavramının kentlere odaklanmasının nedeni, doğal kaynak tüketimi ve atık üretiminde kentlerin ön planda olmasıdır (Gilbert vd., 2013). Kentleşmenin mevcut hızıyla devam etmesi, yaşanabilir alanların tahribine yol açabilir. Bayram'a (2001) göre, sürdürülebilir kentler bir zorunluluk haline gelmiştir ve bu süreçte, günümüz koşullarını ve geleceğin ihtiyaçlarını dikkate alan bir planlama anlayışı benimsenmelidir. Sürdürülebilir kentler, ekonomik ve ekolojik dengeleri koruyarak doğal değerleri geleceğe taşımayı hedefleyen kent kavramı olarak tanımlanmaktadır (Demirören Civan, 2022). Yapay ve doğal olanın birleştirilmesiyle sürdürülebilir kentsel modelin temelini oluşturan altyapı olarak işleyecek peyzajlar meydana getirilebilir. Gelişen kentlere bakıldığında su altyapılarında kullanılan teknik sistemler yerine doğal süreçleri içeren sistem ihtiyacı ortaya çıkmaktadır. Estetik ve rekreasyon değeri sunması, ekolojik toleransının yüksek olması, geleneksel sistemlere nazaran daha az teknik müdahale ve kontrol gerektirmesi sebebiyle doğal süreçlerden yararlanan kentsel peyzajlar avantaj sağlamaktadır (Stokman, 2008; Konyalı Dereli, 2020).

2.2. KENTSEL ALANLARDA YAĞMUR SUYU YÖNETİMİ

Kentlerin mimari düzenlemeleri; yollar, otopark alanları, çatılar gibi genellikle büyük ölçüde geçirimsiz yüzeyler içermektedir. Bu geçirimsizlik, yağmur sularının doğal akışını ve kanalizasyon sistemlerini hidrolik açıdan olumsuz etkilemektedir. Bu tür su çevrimi değişiklikleri, hem yer altı hem de yer üstü su kaynaklarının beslenmesini engelleyerek çevre kirliliğine neden olmaktadır. Yüzeyde biriken ve yer altına sızamayan yağmur suları, yüzeyde kaldığı süre boyunca kirlenir ve sonrasında yer altı suyu ile yüzeysel su kaynaklarını (sucul ekosistemleri) kirletmektedir. Bu durum,

kentsel altyapı sistemlerinin daha bütünleşik bir yaklaşımla ele alınmasını giderek daha önemli bir gereklilik haline getirmektedir (Üçüncü, 2022).

2.2.1. Yağmur Suyu Yönetimi

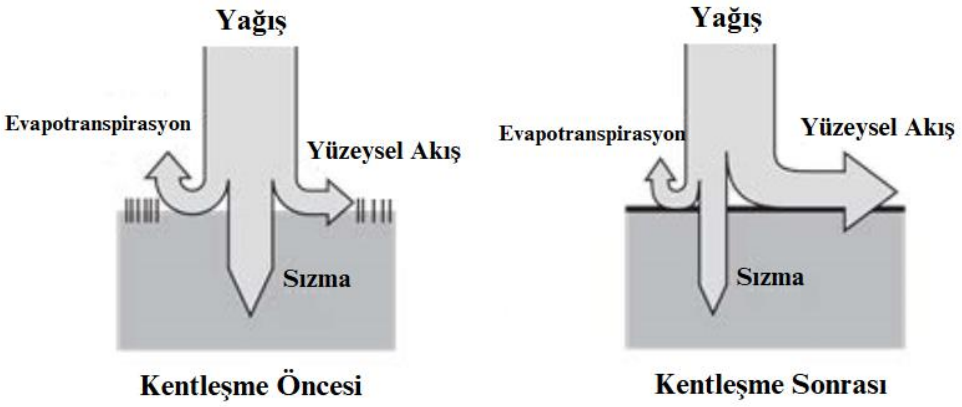
İklim değişikliği ve nüfus artışı koşullarında suyun kalite ve miktarını korumak giderek zorlaşmıştır (Sert 2013). Doğal Hayatı Koruma Vakfı'nın (WWF) 2014 yılında yayınladığı rapora göre 1970 yılından beri %37'lik kayıp ile en fazla su kaynakları kayba uğramıştır. Günümüzde dünya nüfusunun %95'i, 20 yıl öncesine göre daha az suya sahipken, Birleşmiş Milletler (BM) 2050 yılına kadar dünya genelinde 5 milyardan fazla insanın su kıtlığı ile karşı karşıya kalabileceğini söylemektedir (Argan 2022).

Yağmur suyunun yönetimi peyzaj mimarlığı, çevre mühendisliği vb. alanlarda bilimsel literatürde önemli yer tutmaktadır (Bekiryazıcı, 2023). Son yıllarda, kentsel alanlarda yağmur suyunun sorun olarak görülerek hızlıca uzaklaştırılması fikri üzerine kurulu kentsel drenaj çözümleri terk edilerek, doğal yöntemler aracılığıyla veya bu yöntemleri taklit eden yapıları kullanarak yağmur suyunu bir kaynak olarak ele alan ve maksimum faydalanmayı amaçlayan kentsel yağmur suyu yönetimi yaklaşımları denenmektedir (Karaca, 2020). Yağmur suyu sistemi temel bileşenleri; toplama, arıtım, depolama ve dağıtım olarak belirlenmiştir (Ontario, 2022). Yağmur suyunun toplanması, arıtımı ve depolanması için kanallar, borular, geçirimli yüzeyler, sulak alanlar, çatılar, sızdırma yüzeyleri, göletler gibi birçok sistem kullanılabilir (Smith, 2010; Aydın, 2023). Kentlerde yağmur suyu akışını düzenleme işlevleri ile birlikte rekreasyon imkanı sağlayan, su kaynaklarını ve termal konforu artıran ve kentsel alanlarda estetik peyzaj görünümleri ile ön plana çıkan bu tasarımlara daha fazla yer verilmeye başlanmıştır (Davis vd., 2010; Hamel vd., 2013; Bekiryazıcı, 2023).

Doğal su döngüsünü destekleyen tasarımlar kentsel çevrenin iyileşmesini sağlamaktadır (Poleto ve Tassi, 2012; Konyalı Dereli, 2020). Kentsel alanlarda yağmur suyu yönetimi ile sel, taşkınların ve buna bağlı ekonomik kayıpların önlenmesini sağlamak, erozyon ve sedimantasyon nedeniyle oluşacak arazi kaybını önlemek, kimyasal maddelerin suya karışmasını engellemek ve çevre kalitesini korumak hedeflenmektedir (Aydın, 2023).

Su yönetimi iyi planlandığında kentin refahı ve sürdürülebilirliğine katkı sağlamaktadır (Argan, 2022). Doğa temelli çözümlerle su yönetimi kentlerde geçirimsiz sert yüzeylerin artması ve açık yeşil alanların azalmasına bağlı olarak yüzeysel akışa geçen yağmur suyunun tutulması, filtre edilmesi ve su kaynaklarına iletilmesini sağlamaktır. Bu sayede kentlerde sızdırma kapasitesini arttırarak sel gibi doğal afetleri azaltmaya, yeraltı su kaynaklarının zenginleştirilmesine, su kaynaklarının korunarak kirlenmesinin önlenmesine, yağış sularının kent su döngüsüne geri kazandırılmasına yardımcı olarak kente ekolojik, ekonomik ve sosyal faydalar sağlamaktadır.

Kentsel alanlarda yağmur suları yere düştüğünde, şekil 2.4'de gösterildiği gibi bir kısmı buharlaşır, bir kısmı geçirgen yüzeylerden yer altına sızarken, bir kısmı da yollar, çatılar ve otoparklar gibi geçirimsiz yüzeylerde akmaya başlar. Bu suyun geçirimsiz zeminler üzerinden hareket etmesi "yüzeysel akış" olarak adlandırılır (Whitford, 2001, Bekiryazıcı, 2023). Yüzeysel akışın kontrolü, yağmur suyu yönetiminin en önemli ve temel unsurlarından biri olup, iyi bir planlama gerektirir. Aksi takdirde, kentlerde sel ve su baskını gibi sorunlara yol açabilir ve yüzeyde biriken kirleticilerin su kaynaklarına taşınmasına veya yeraltı sularına sızmasına neden olabilir. Dolayısıyla, yüzeysel akış kontrolü doğru şekilde planlanmadığında, su kaynaklarını kirlilik riskiyle karşı karşıya bırakabilir. Bu bağlamda söz edilen planlama, bir kentin hidrolojisi ve yağmur suyu yönetiminin dikkatlice ele alınmasıdır (Bekiryazıcı, 2023).



Şekil 2.4. Kentleşmenin yağış üzerindeki etkileri (Butler and Davies, 2004; Müftüoğlu ve Perçin, 2015).

Bilimsel literatürde kentsel alanlarda yağmur suyu yönetimi farklı konular dahilinde ele alınmaktadır (Bekiryazıcı, 2023). Bunlar taşkın yönetimi, yüzey akış kontrolü, su kirliliği ve yağmur suyu hasadı şeklinde sıralanabilir.

Taşkın Yönetimi

Plansız kentleşme sonucu geçirimsiz yüzeylerin artması, mevcut bitki örtüsünün yok edilmesi suyun doğal döngüsünü bozmakta ve kentlerde sel ve taşkınlara neden olmaktadır (Konyalı Dereli, 2020). Sel, dik eğimli yukarı havzalarda şiddetli ve uzun süreli yağışların etkisiyle oluşan, maddi ve manevi zarara yol açan, taşkınlardan daha büyük hız ve kinetik enerjiye sahip olup, dere yataklarında akarken taş, çakıl ve büyük kayaları da beraberinde sürükleyen akımlardır. Taşkın ise, bir akarsuyun debisinin hızla artması sonucu, suyun yatağından taşarak çevredeki arazilere, mülkiyete ve burada yaşayan insanlara zarar verebilecek bir durum yaratmasıdır (Balcı ve Öztan, 1987; Korkanç ve Korkanç, 2006; Bekiryazıcı, 2023). Kentsel alanlarda taşkınlar iki şekilde etkili olmaktadır. Birincisi havza alanındaki yağış ve akıştaki zamansal ve mekânsal farklılıklar nedeniyle nehirlerin taşkın ovalarında meydana gelen doğal taşkınlar kısaca; nehir kenarındaki alanların taşması ve toprak geçirimsizliği, ikincisi kanalizasyon veya su akışının engellenmesinin etkisiyle kentsel drenaj sisteminden su basması kısaca; kentleşmeden kaynaklanan su baskını şeklindedir. (Tucci, 2007; Bekiryazıcı, 2023) Taşkınlar, küresel iklim değişikliği etkisiyle gün geçtikçe insan yaşamını daha fazla etkileyen önemli bir sorun haline gelmiştir (Birkholz vd., 2014; Bekiryazıcı, 2023). Arazi kullanımı ve yerleşimler, taşkın yönetiminde kritik öneme sahiptir. Türkiye'de izinsiz ve plansız arazi kullanımı, sel gibi doğal afetlerin hasarlarını artıran başlıca nedenlerden biridir. Nüfus artışıyla birlikte plansız yerleşim ve yetersiz altyapı, drenaj ve taşkın önleme yapılarının işlevselliğini azaltarak büyük taşkınların kontrolünü zorlaştırmaktadır (Yüksek vd., 2013; Bekiryazıcı, 2023). Yağmur suyunu faydalı bir kaynak olarak değerlendirmeyen geleneksel yağmur suyu sistemleri yüzeysel akış fazlasının kentten hızla tahliye etmek üzerine tasarlanmış olup, taşkınların artmasıyla birlikte günümüzde yetersiz gelmeye ve maliyet açısından gitgide artmaya başlamıştır (Konyalı Dereli, 2020).

Yüzey Akış Kontrolü

Küresel ölçekte nüfus artışı, kentlerde arazi kullanımı ve örtü değişimleriyle bağlantılıdır (Bekiryazıcı, 2023). Bu artış, geçirimsiz yüzeylerin çoğalmasına yol açarak kent hidrolojisini ciddi şekilde etkiler; yağmur suyunun sızmasını azaltırken yüzey akışını artırabilir (Leopold, 1968; Whitford vd., 2001; Paul ve Meyer, 2001; Bekiryazıcı, 2023). Aynı yağış koşullarında, geçirimsiz yüzeylerin bulunduğu kentsel alanlarda yağışın %40-50'si yüzey akışına dönüşürken, ormanlık bölgelerde bu oran yaklaşık %13'tür (Bonan, 2015; Bekiryazıcı, 2023). Artan yüzey akışı, yerel gıda ve su döngülerini bozarak kentlerde sürdürülebilir kalkınma ve yaşam koşulları için ciddi bir tehdit oluşturur (Walsh vd., 2005; Pataki vd., 2011; Bekiryazıcı, 2023).

Kentlerdeki bitkilendirilmiş alanlar, çim sahalar ve tarım arazileri gibi mavi-yeşil altyapı unsurları, toprakta suyun depolanması, sızması ve bitkilerin gövde, sürgün ve tepe tacı gibi toprak üstü bölümleriyle suyu tutarak kentsel hidrolojiye olumlu katkılar sağlar (Gill vd., 2007; Zhang vd., 2012; Bekiryazıcı, 2023). Kentsel alanlarda yapılan saha çalışmaları, yeşil alanların yüzey akışını azaltmada etkili olduğunu göstermiştir (Yang vd., 2013; Bekiryazıcı, 2023). Armson vd. (2013), tek bir ağaç ve çukurunun, asfalt gibi sert yüzeylere kıyasla yüzey akışını %50 oranında azalttığını ortaya koymuştur. Bu araştırma, bitkilerin ve yeşil alanların yağışın toprak altına sızmasını artırmada ve yüzey akışını azaltmada oynadığı kritik rolü ortaya koymaktadır (Armson vd., 2013; Bekiryazıcı, 2023). Daha geniş ölçekte, bitkilendirilmiş alanlar, kentsel havzalardaki su akışını ve kirleticileri azaltmada önemli bir rol oynamaktadır (Sanders, 1986; Bekiryazıcı, 2023) ve yeşil alanların kentsel su yönetimi için en önemli unsurlardan biri olduğu da söylenebilir (Bekiryazıcı, 2023).

Su Kirliliği

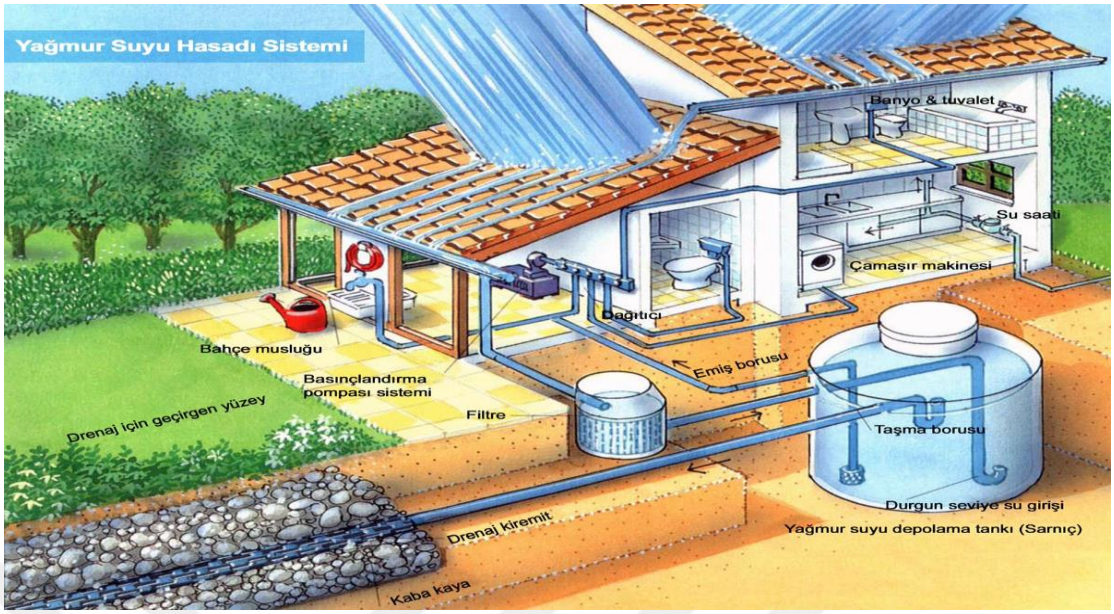
Sanayileşme ve kentleşmenin hızlı gelişimi, büyükşehirlerin birçoğunun derinden etkilenmesiyle ciddi su kıtlığı ve kirliliğine yol açmıştır (Zhou vd., 2021). Geçirimsiz yüzeylerdeki artış, artan yüzey akışı ve hidrolik verimlilik yoluyla kirleticilerin harekete

geçmesini hızlandırır. Kentsel yağmur suyu akışı sırasında çatılardan gelen ağır metaller, organik maddeler ve patojenler; yol ve otopark akışından kaynaklanan ağır metaller ve hidrokarbonlar; park alanlarından ise besin maddeleri, organik maddeler ve patojenler gibi kirleticiler suya karışmaktadır (Laurenson vd., 2013; Bekiryazıcı, 2023).

Yağış olmayan kuru günler geçirimsiz yüzeylerde kirletici birikimini belirleyen etkenlerden biridir (Huber ve Dickinson, 1988; Bekiryazıcı, 2023). Biriken kirleticilerin su kaynaklarına seyreltilmeden taşınmasında yağış süresince yağışın şiddetine ve akış hacmine bağlıdır. Otoyollarda trafik hacmi ile orantılı yol kenarında trafiğe bağlı kirleticilerin birikimi olmaktadır Bekiryazıcı, 2023). Ayrıca inşaat faaliyetleri yağmur suyu akışında büyük ölçüde ek kirliliğe neden olmaktadır (Boyd ve Gardner, 1990; Gupta vd., 1981; Bekiryazıcı, 2023)

Yağmur Suyu Hasadı

Sınırlı olan su kaynaklarının aşırı ve bilinçsiz kullanılması gibi birçok etken su kaynaklarının tükenmesine ve herkesin eşit faydalanamamasına sebep olmaktadır (Can, 2020). Küresel ölçekte su kıtlığı olarak büyük bir sorun ortaya çıkmaktadır. Demografik ve çevresel etmenler sebebiyle su kaynaklarındaki azalma, kullanılabilecek nitelikte olan tüm kaynakların değerlendirilmesine yönelik yağmur suyu hasadı gibi çalışmaların yapılmasını gerekli kılmıştır (Aydın, 2023). Yağmur suyu hasadı, yağmur suyunun toprağa karışması yerine yeniden kullanılabilmesi amacıyla biriktirilmesi ve depolanması sürecidir (Şimşek, 2020) Bu yöntem, yağmurun düştüğü alanda tutulmasını sağlayan bir su yönetim modelidir. Yağmur suyu hasadının temel stratejisi, suyun döngüde kalmasını sağlamak için akışını yavaşlatmak, yayılmasını ve toprağa emilimini kolaylaştırmak ya da depolarda birikimini sağlamaktır (WWF, 2020). Yağmur suyu hasadında suyun toplandığı yüzeylerin oluşturulması, depolanması ve iletimi temel üç unsurdur (Aydın, 2023).



Şekil 2.5. Yağmur suyu hasadı sistemi (Anonim, 2024j).

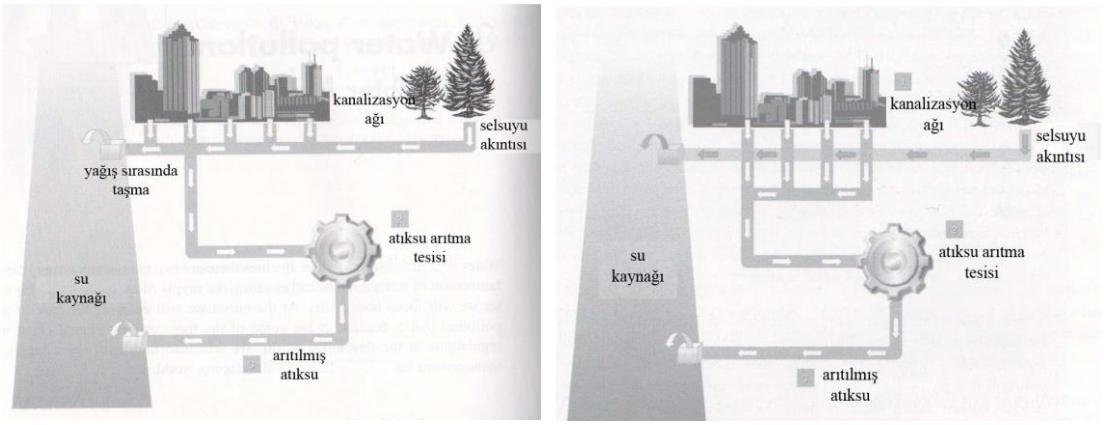
Kentsel alanlarda yağmur suyu hasadı sistemi, çatılardan, teraslardan, avlulardan ve diğer geçirimsiz bina yüzeylerinden toplanan yağmur suyunun depolanması, arıtılması ve yerinde kullanılması işlemidir. Toplanan yağmur suyu ile tuvalet sifonu, çamaşırhane, bahçe sulama, araba yıkama çeşitli ihtiyaçlar için kullanılabilmesini ve bu ihtiyaçlar için içme suyu kaynaklarının tüketimini azaltmayı amaçlamaktadır (Campisano vd., 2017; Bekiryazıcı, 2023). Dünyanın birçok şehri, binalar için alternatif bir su kaynağı olarak yukarıdaki şekil 2.5'de görülen yağmur suyu toplama sistemlerini kullanmaktadır. Özellikle binaların çatılarından toplanan yağmur suları, az arıtma gereksinimi ile en temiz alternatif su kaynaklarından biridir (Apostolidis ve Hutton, 2006; Bekiryazıcı, 2023). Yağmur suyu hasadı, yüzey akışını azaltarak su baskını riskini düşürmek, su kaynaklarını korumak ve kirlenmesini önlemek gibi birçok avantaj sunmaktadır (Zhang vd., 2009; Bekiryazıcı, 2023).

2.2.2. Geleneksel Yağmur Suyu Yönetimi

Geçmişten günümüzde geleneksel drenaj sistemleri yağmur suyunun ve atık suyun kentsel alanlardan toplanmasını ve uzaklaştırmasını sağlayarak kentlerin en önemli altyapı bileşenlerinden biri olmuştur (Chocat vd., 2007; Bekiryazıcı, 2023).

Kanalizasyon kanalları, su arıtma tesisleri ya da genellikle deniz, göl ve akarsu gibi alıcı ortamlara hızlıca yüzeysel akışa geçen suları mazgallar ve borular gibi yapısal elemanlarla iletmektedir (Zhou, 2014; Dereli, 2020). Kentsel alanlarda alanın özelliklerine göre belirlenmiş mazgallarla yüzey sularının toplanarak yeraltına iletilmesi, toplanan suların boru ve kanallar aracılığıyla taşınması veya gerekirse depolanması ile geleneksel yağmur suyu sistemleri çalışmaktadır. Eğim ve yer çekimi etkisiyle toplanan yağış suyu kanallar vasıtasıyla kentsel alanlardan uzaklaştırılır (Demir, 2012). Su geçirmez alanlarda ihtiyaç olduğunda kullanılmak üzere su veya yağmur suyunun toplanması için yeraltında inşa edilen sarnıçlar; yağış miktarının yeterli olduğu, yeraltı kaynaklarının kısıtlı olduğu ve su temini için altyapısı bulunmayan alanlarda kullanılabilecek ideal geleneksel yağmursuyu çözümlerden biridir (Şahin ve Manioğlu, 2011; Aydın, 2023)

Geleneksel (Konvansiyonel) yağmur suyu sistemleri tek amaca yönelik suyu uzaklaştırmaya dayalı sistem olması sebebiyle yeraltı sularının beslenememesine neden olmaktadır. İnfiltrasyon ve evapotranspirasyonu azaltarak kent iklimi olumsuz etkilemekte ve kentlerde kentsel ısı adası etkisi oluşturmaktadır. (Bekiryazıcı, 2023). Ayrıca bu sistemler; iklim değişikliğine bağlı dünyamızın birçok bölgesinde yaşanan ani ve şiddetli yağışların etkisiyle taşma riski taşımaktadır (Hoyer vd., 2011; Konyalı Dereli, 2020). Başlarda kullanılan birleşik kanalizasyon sistemleri ile kentsel yağmur suları ve kentsel atık suları beraber arıtma tesislerine taşınması ve kapasitenin yetersiz kaldığı durumlarda arıtılmadan deşarj edilmesi alıcı kaynakların kirlenmesine yol açmış ve bu sebeple kentsel yağmur suyu ve kentsel atık sularını ayırarak taşıyan ayrık kanalizasyon sistemi geliştirilmiştir (Karaca, 2020). Şekil 2.6'da birleşik ve ayrık kanalizasyon sistemi çalışma prensibi gösterilmiştir. Kentsel alanlarda bulunan kirleticilerin alıcı su kütlelerine taşınmasında etkin rol alarak su kalitesi sorununu gündeme getirmektedir. Her geçen gün etkilerinin daha fazla hissedildiği iklim değişikliği ve artan kentleşmeye uyum sağlaması ve esnekliği konusunda çevresel endişelerle birlikte geleneksel yağmur suyu sistemlerine karşı eleştiriler artmaktadır (Bekiryazıcı, 2023).



Şekil 2.6. Birleşik ve ayrık kanalizasyon sistemi (Short ve Short, 2008; Sert, 2013)

2.2.3. Sürdürülebilir Yağmur Suyu Yönetimi

Kentsel alanlarda yağmur suyu yönetiminden beklenen, yağış suyunun kaynak olarak kullanılması, ihtiyaç harici kısmının ise kentsel üstyapı ve altyapıya zarar vermeden uzaklaştırılmasıdır (Demir, 2012; Aydın 2023). Geleneksel yağmur suyu yönetiminde akış suyunu sadece uzaklaştırmak hedeflendiğinden, kentsel alanlardaki yeşil alanların altyapı olarak değerlendirilebileceği ve doğadan esinlenerek doğal su döngüsünün bozulmadan devamını hedefleyen sürdürülebilir yağmur suyu yönetim sistemleri gündeme gelmiştir. Bu sürdürülebilir sistemlerin yüzeysel akış miktarını azaltmak, su kalitesini arttırmak, akış kontrolünü sağlamak, yeraltı kaynaklarını geliştirmek, biyoçeşitliliği desteklemek, kirleticileri tutarak doğal kaynakların kirlenmesini önlemek (Woods Ballard vd., 2015; Konyalı Dereli, 2020) ve rekreasyon değeri sağlamak gibi önemli işlevleri üstlenmesi amaçlanmaktadır.

Kentleşmenin hızlı artışı ve iklim değişikliğinin giderek belirginleşen etkileri, kentsel alanlardaki yüzeysel akışları arttırmış ve geleneksel yağmur suyu yönetim sistemlerinin bu konuda yetersiz kaldığını göstermiştir (Eckart vd., 2017; Bekiryazıcı, 2023). Kentler genişledikçe, su altyapısı da sürekli olarak yeni unsurlar eklenerek genişlediği için sistemin hidrolojik yükü ve işlevi değişmektedir (Gülcü, 2021). Geçirimsiz yüzeylerdeki artış, yağmur suyunun her damlasının yüzeysel akışa dönüşmesine neden olmaktadır (Levi, 2007; Aydın, 2023). Kentsel alanlarda yağmur suyunun bekletilerek yeraltı su kaynaklarına karışmasının sağlanması, yağmur sularının yapısal değil ekolojik

yöntemlerle yönetilmesi ve su döngüsünün korunması gibi unsurlar sürdürülebilir yağmur suyu yönetimi için kritik öneme sahiptir (Müftüoğlu ve Perçin, 2015; Aydın, 2023).

Sürdürülebilirlik stratejileri açısından incelendiğinde, yağmur suyu hasadı yapabilen sistemlerin uygulanması, şebeke suyu ve tatlı suya olan bağımlılığı önemli ölçüde azaltmaktadır (Gülcü, 2021). Yerkürede sınırlı miktarda bulunan tatlı su kaynakları, hem insanlar hem de ülkeler için kritik bir öneme sahiptir. Bu nedenle, mevcut su kaynaklarının yönetimi, korunması, dağıtımı ve uzaklaştırılması gibi alanlarda iyi bir örgütlenme sağlanmalıdır. Sürdürülebilir yağmur suyu yönetim sistemleri, doğayı taklit etmeye dayalı sistemler olup, yağmur suyunu bitkiler aracılığıyla filtreleyerek yeraltı kaynaklarına veya alıcı ortamlara ileterek su döngüsünün korunmasını amaçlamaktadır (Aydın, 2023). Sürdürülebilir yağmur suyu sistemleri yüzeysel akışı azaltırken yağmur suyunu kaynağa en yakın biçimde yönetmeyi sağlamakta (Victoria Stormwater Committee, 1999; Konyalı Dereli, 2020) ve kentin ekolojik, ekonomik ve estetik bakımdan iyileşmesine yardımcı olmaktadır (Echols ve Pennypacker, 2015; Konyalı Dereli, 2020). Bu sistemler, tüm dünyada giderek yaygınlaşmakta olup, sadece yağmur suyu yönetimi sağlamakla kalmayıp, su kaynaklarının korunmasına, ekosistemlerin ve biyolojik çeşitliliğin gelişmesine katkıda bulunur. Ayrıca, oluşturduğu alt alanlarla kentsel peyzajın sosyal yönünü öne çıkararak, kentsel peyzajın bir altyapı gibi işlemesini sağlar (Gülcü, 2021). Kentsel yağmur suyu yönetimi, kentsel alanların gelişiminde kritik bir öneme sahiptir (Bekiryazıcı, 2023).

Sürdürülebilir yağış suyu yönetimi kapsamında yağmur suyu ile ortaya çıkabilecek olumsuz sonuçların etkilerini hafifletmek veya tamamen ortadan kaldırmak için dünya çapında yaklaşımlar geliştirilmiştir. Bunlar; Suya Duyarlı Kentsel Tasarım (Water Sensitive Urban Design), Düşük Etkili Gelişim (Low Impact Development), Sürdürülebilir Kentsel Drenaj Sistemleri (Sustainable Urban Drainage System), Sünger Şehir (Sponge Cities), Peyzaj Şehirciliği (Landscape Urbanism), Yeşil Altyapı (Green Infrastructure) şeklinde sıralanabilir. Sürdürülebilir yağmur suyu yönetimi açısından benzer özellikler gösterseler de yıllar içinde gelişerek farklı ülkelerde farklı yaklaşımlar benimsenmiştir ve farkı detaylandırılmıştır (Gülcü, 2021). Bu alternatif yağmur suyu

yönetim yaklaşımları, kavramsal ve mekânsal olarak farklı ölçeklere odaklansalar da, genel olarak yağmur suyunu bir kaynak olarak değerlendirmek, kentsel su döngüsünün sürdürülebilirliğini sağlamak, kentleşmenin etkisiyle değişen akış rejimini doğal seviyeye geri getirmek veya olabildiğince yaklaşmak, alıcı su ortamlarını ve su kaynaklarını korumak, kentsel peyzajı güçlendirmek ve kentsel memnuniyeti artırmak gibi benzer hedeflere sahiptirler (Karaca, 2020).

Suya Duyarlı Kentsel Tasarım

1990'lı yılların sonunda Avustralya'da ortaya çıkan (Argue, 2004; Gülcü, 2021), sürdürülebilir kentsel yağmur suyu yaklaşımıdır (Müftüoğlu ve Perçin, 2015; Solmaz, 2021). Ekosistem hizmetine dayalı yaklaşımlarıyla geleneksel drenaj sistemlerine katkı sağlayabileceği gibi yerine kullanılabilecek bir alternatif de olabilir (Gülcü, 2021). Suya duyarlı kentsel tasarım; geleneksel sistemlerdeki yağış sularının öncelikli olarak deşarj edilmesinin aksine; yağış sularını deşarj edilmeden önce durdurma, infiltrasyonu ve evapotranspirasyonu arttırma, hasat etme veya daha sonra kullanılmak üzere uygun alanlara transfer etme gibi aşamaları gerçekleştirmeyi amaçlayarak yağış suyunu potansiyel olarak değerlendirmektedir. Bu nedenle kentlerde sürdürülebilir su yönetimi ile kentsel planlama ve tasarım süreçlerinin kesişimde dikkate alınması gereken önemli bir kavramdır (Hoban ve Wong, 2006; Heke ve Pöneke, 2021; Aksu, 2022).

Suya duyarlı kentsel tasarım (SDKT) yaklaşımı; kentsel alanlardaki hidrolojik döngünün, doğal hidrolojik döngü şeklinde işlemesini hedefleyerek (Konyalı Dereli, 2020), sürdürülebilirlik ilkesi doğrultusunda mühendislik konusu olan altyapı sistemlerini birleştirmeye çalışır (Aksu, 2022). Bu doğrultuda kirlenmiş yağış suyu akışını azaltmak ve arıtmak için önlemler olarak iki ana başlık atında incelebilir. (Gülcü, 2021) Hoban (2019)'a göre yağmur tankları, geçirimli döşemeler, yeşil duvarlar, yeşil çatılar vs. uygulamalar kirlenmiş yağmur suyunun akışını azaltan önlemler iken, yağmur bahçeleri, biyolojik tutma alanları, hendekler, sokak ağaçları ve sulak alanlar ise kirlenmiş yağmur suyunun akışını hafifleten ve arıtan önlemlerdendir (Gülcü,2021).

Doğal kaynakların korunmasına dayalı bir kavram olarak suya duyarlı kentsel tasarım (Wong, 2006), kentleri çevresel kirliliğin etkilerinden korur ve ekolojik sürdürülebilir kalkınmaya destek verir (Konyalı Dereli, 2020). Kentsel alanlarda su miktarı ve kalitesi bakımından iyileştirici su yönetimiyle, nitelikli kentsel planlama ve tasarım ilkeleri bütünleşmesi sonucu yüksek kaliteli ve konforlu yaşama alanları oluşturmak mümkün olmaktadır (Austin, 2014; Tunçay, 2016; Aksu, 2022). Suya duyarlı kentsel tasarım ilkeleri; su duyarlılığı, estetik, işlevsellik ve kullanabilirlik olarak sıralanmaktadır (Hoyer vd., 2011; Solmaz, 2021).

- **Su Duyarlılığı:** yüksek buharlaşma ve yüksek sızma oranı ve düşük yüzey akışı ile doğal su döngüsünün sürdürülmesidir (Solmaz, 2021).
- **Estetik:** Kentsel alanlarda yağmur suyunun görünür kılarak tasarım ögesi olarak kullanılmasıdır (Konyalı Dereli, 2020).
- **İşlevselliği:** İklim, topoğrafya, bitki örtüsü gibi koşullar ile gelecekte iklim değişikliği, demografik yapı ve ekonomik koşulların etkisiyle oluşabilecek değişimler göz önünde bulundurularak bölgeye has planlama ve tasarım yapılmasıdır (Konyalı Dereli, 2020).
- **Kullanıbilirliği:** Doğayı koruma ile birlikte rekreasyon amacı olması gerekmektedir (Solmaz, 2021).

Tüm bu ilkeler doğrultusunda Hoyer vd., (2011); kentsel alanlarda doğal ile yapılı olanın entegrasyonu sağlayacak bütünleşik planlama gerekliliğini vurgulamamıştır (Konyalı Dereli, 2020). SDKT'nin diğer hedefleri arasında, yerel türleri destekleyerek biyoçeşitliliği artırmak, drenaj sistemlerini iyileştirmek, yağmur suyunun kalitesini yükseltmek, karbon emisyonlarını azaltmak ve estetik unsurları güçlendirmek yer almaktadır (Aksu, 2022). Suya duyarlı kentsel tasarım yaklaşımın başlıca hedefleri;

- Kentsel alanlardaki sulak alanlar, dere ve nehirlerin korunması,
- Yağmur suları ve gri suyun geri dönüşüm oranının artırılarak kentsel su dengesinin sağlanması,
- Doğal su kaynaklarının korunması ve güçlendirilmesi (Fletcher vd., 2014),
- Yağmur sularının arıtılmasının peyzajla uyumlu hale getirilmesi,
- Tepelerdeki akışların azaltılmasının sağlanması,

- Drenaj altyapılarının iyileştirilmesi (Fletcher vd., 2014),
- Sosyal, görsel, kültürel ve ekolojik değerlerin artırılması,
- Kolay ve düşük maliyetle uygulanabilirliğinin sağlanması şeklindedir (Solmaz, 2021).

Düşük Etkili Gelişme

Düşük Etkili Gelişim kavramı ilk kez ABD'de ortaya çıkan (Gülcü, 2021), kentleşmenin ve küresel iklim değişikliğinin olumsuz etkilerini azaltmak için geliştirilen kentsel yağmur suyu altyapısı iyileştirme stratejilerindendir (Bekiryazıcı, 2023). Yağış suyu atık olarak değil kaynak olarak ele alınır. Bu sebeple ana amacı, akışı biriktiren, sızdıran, buharlaştıran ve hapseden tasarım tekniklerini kullanarak alan hidrolojisini yansıtmaktır. Ayrıca yüzeysel akış miktarını azaltarak yeraltı su depolarını arttırmaya yardımcı olur. Her türlü alansal karar bölgenin hidrolojik tepkisini etkilediğinden, düşük etkili gelişim temel olarak alan hidrolojisine odaklanmaktadır. İlk önce hidrolojiyi etkileyen duyarlı alanların belirlenmesi ve korunmasıyla başlamakta bu sebeple alanın hidrolojisi üzerinde en az etkisi olmaktadır (Coffman, 1999; Gülcü, 2021).

Yağmur suyu yönetimiyle birlikte kentlerde yeşil alanları korumak ve geliştirmek önceliğinde geçirimsizliği en aza, süzülmeyi en yüksek düzeye çıkarmak amaçlanmaktadır (Konyalı Dereli, 2020). Düşük Etkili Gelişim modeli ile infiltrasyonun iyileştirilmesi, yüzeysel akış hacminde azalma (Ahiablame vd., 2013; Jia vd., 2012), tepe akışında azalma (Drake vd., 2013), gecikme süresinin uzaması, kirletici yüklerde azalma (Liu vd., 2015) ve taban akışında artış (Hamel vd., 2013) dahil olmak üzere doğal hidrolojik döngüde iyileştirmeleri amaçlayan bir çok işleve sahiptir (Bekiryazıcı, 2023).

Geniş açıdan bakıldığında yüzeysel akışı ve sel risklerini azaltmak, yer altı sularının beslemek, kentsel ısı adası etkisini azaltmak, enerji ve su tasarrufu sağlamak şeklinde faydaları sıralanmaktadır (EPA, 2009). Kentsel alanlarda geleneksel yağmur suyu altyapı sistemleri üzerindeki yükü azaltarak iklim değişikliği etkilerine uyum sağlamak konusunda kent esnekliğini oluşturur (Bekiryazıcı, 2023). Bunun sonucunda altyapı

sistemlerini en aza indirgeyerek ekonomik katkı sağlamaktadır (Van Roon ve Knight, 2003; Konyalı Dereli, 2020). Düşük etkili gelişim yaklaşımı olarak kullanılan yağmur suyu kontrol sistemleri arasında yağmur bahçeleri, yeşil çatılar, biyolojik tutma alanları, biyo hendekler, geçirgen kaplamalar, yağmur varilleri veya sarnıçlar, göletler, ağaç dikim çukuru filtreleri, sızma havuzları ve hendekleri gibi çeşitli yeşil altyapı unsurları yer almaktadır (Bekiryazıcı, 2023). Düşük etkili gelişim tasarımında temel hedefler;

- Drenaj ağını geliştirmek ve havzalarla birleştiği alanları korumak,
- Yüzeysel akış hacmini ve hızını azaltmak,
- Kimyasal ve biyolojik kirleticileri temizleyerek su kalitesini artırmak,
- Biyolojik çeşitliliği desteklemek ve canlı yaşamı için toprağın su varlığını korumak,
- Mevcut sulak alanları desteklemek için yüzey ve yer altı suyu kaynaklarını şarj etmek,
- Kentsel taşkınları engellemek,
- İklim değişikliği etkilerini azaltılmak ve kentleri entegre etmek şeklinde sayılabilmektedir (Konyalı Dereli, 2020).

Sünger Şehir

Son on yılda Çin'de yoğun nüfus artışıyla birlikte hızla gerçekleşen kentleşme, yetersiz su yönetimi ve kentsel drenaj problemlerini giderek artırmıştır. Çin hükümetinin yaptığı bir araştırma, 2008 ile 2010 yılları arasında şehirlerin %62'sinin su baskınlarına maruz kaldığını göstermektedir. 2012 yılında 184 şehri etkileyen kentsel taşkınların sayısı 2013 yılında 234'e yükselmiştir. Taşkınlar, çevresel ve sosyoekonomik açıdan ülke üzerinde olumsuz etkiler yaratmış ve ciddi bir kentsel sorun haline gelmiştir. Sünger şehir kavramı ise ilk kez 2012 yılında Pekin Üniversitesi'nde düzenlenen 2012 Düşük Karbonlu Kentsel ve Bölgesel Bilim ve Teknoloji Gelişimi Forumu'nda ortaya atılmıştır. Bu kavram, yağmur suyu kalitesini iyileştirmek, yer altı sularını desteklemek ve düşük karbon emisyonlarını teşvik etmek gibi unsurları içermektedir. 2014 yılında Sünger Şehirler kavramı resmileştirilmiş ve bir sünger gibi yağmur damlalarının

tamamını emen ve suyu yeniden kullanılmak üzere toplayan şehirler olarak tanımlamaktadır (Konyalı Dereli, 2020).

Sünger şehir kavramı, su geri kazanımını maksimize etmeyi ve suyun geri dönüştürülmesi ile su kaynaklarının ve rezervlerinin verimli kullanılmasını sağlayarak, kuraklık ve sel etkilerini en aza indirmeyi hedeflemektedir. Kent ve kentsel peyzajı ekolojik açıdan bütünleştirerek dengeli bir ekosistem koruması sağlanabilir. Sünger şehirler için oluşturulan yeşil alanlar, kent sakinleri ile doğanın bir arada uyumlu yaşamını teşvik ederken, su kirliliği ve yerel çevre yönetim maliyetlerini düşürür. Bu alanlar, şehir ve doğanın dengede olduğu sürdürülebilir kalkınmayı ve çevreyi destekleyen bir kent yapısı oluşturur. Sünger şehir yağmur suyunu düştüğü yerde yönetmeyi ve yağmur suyunu yeşil alan sulama için kullanmayı hedeflemektedir (Konyalı Dereli, 2020). Böylelikle son yıllarda dünyada artan su kıtlığı ve su kalitesi sorununa çözüm niteliği taşımaktadır.

Sünger şehir yaklaşımı; suya duyarlı şehirler, düşük etkili gelişme, sürdürülebilir kentsel drenaj sistemleri ve yeşil altyapı gibi sürdürülebilir su yönetimi yaklaşımlarının uygulamaları (Butler, vd., 2017) ve doğal hidrolojik döngüyü taklit etme açısından benzerlikler göstermektedir (Zevenbergen, vd., 2018; Bekiryazıcı, 2023). Sünger Şehir yaklaşımının ana hedefleri;

- Yağmur suyunun geri kazanılması ve kullanımı,
- Yeraltı su kaynaklarının desteklenmesi,
- Kentsel su baskınlarının azaltılması,
- Su kirliliğinin önlenmesi,
- Yeşil alanların artırılması ve ekosistem hizmetlerinin sağlanması,
- Daha düşük karbon ayak izi ile su yönetimi,
- Kentsel ısı adası etkisinin azaltılması şeklindedir.

Bu hedefler, sünger şehir yaklaşımının temel unsurlarını oluşturur ve şehirlerin iklim değişikliğine karşı daha dayanıklı olmasına katkı sağlamaktır.

Sürdürülebilir Kentsel Drenaj Sistemleri

Sürdürülebilir Kentsel Drenaj Sistemleri (SuDS) kavramı; hâlihazırdaki altyapıya aşırı yük sonucu taşkın sıklığının kabul edilemez boyutlara ulaşmasıyla İngiltere'de geliştirilmiştir (Andoh ve Iwugo, 2002; Konyalı Dereli, 2020). D'Arcy (1998), sürdürülebilir drenajın üç temel boyutu olarak miktar, kalite ve habitat/su özelliği kavramlarını içeren sürdürülebilir drenaj üçgeni kavramını ortaya atmıştır (Fletcher vd., 2014; Konyalı Dereli, 2020). 1999 yılında, İngiltere'de sürdürülebilir drenaj sistemleri resmi olarak kabul görmüştür (Andoh ve Iwugo, 2002; Konyalı Dereli, 2020).

Sürdürülebilir Kentsel Drenaj Sistemleri, yağmur suyunun nehirlere ulaşmadan önce akışının yavaşlatılması, doğal sistemler tarafından tutulması ve toprağa sızmasına ya da buharlaşmasına olanak veren çözümler geliştirilmek istenmektedir (Woods Ballard vd., 2015; Konyalı Dereli, 2020). Bu yaklaşımla doğayı taklit eden yöntemlerle yağışın düştüğü bölgede yönetilmesi ilkesini savunulmaktadır (Konyalı Dereli, 2020).

Sürdürülebilir kentsel drenaj sistemleri, yüzey suyu akışının yönetimini kentsel yapıya entegre eden suya duyarlı kentsel tasarım yaklaşımının önemli bir unsurudur. Bununla birlikte, suya duyarlı kentsel tasarım, yalnızca yüzey suyu yönetimiyle sınırlı kalmayıp, atık su ve su temini gibi tüm su döngüsünü kapsar ve suyolları ile taşkın yollarının kentsel planlama ve tasarımla daha geniş bir şekilde entegrasyonunu amaçlamaktadır. Sürdürülebilir kentsel drenaj sistemlerinin dört ana faydası su miktarı, su kalitesi, tatlı su kaynaklarının korunması (tuzlanmayı önleme vb. ile) ve biyolojik çeşitliliği korunmasına odaklanmaktadır. Bu yaklaşımın temel felsefesi, kentsel gelişimin olumsuz etkilediği doğal hidrolojik süreçleri taklit etmeye çalışmaktır (Radcliffe, 2019; Gülcü, 2021). Sürdürülebilir kentsel drenaj sistemleri yaklaşımını temel alan uygulamalarda kullanılan stratejileri

- Yakala, depola ve uzaklaştır: Yağmur suyu toplama sistemleri ve yeşil çatılar gibi yöntemler ile su yönetimi sağlamak.
- Yakala, depola ve işlemden geçir: Geçirgen zeminler, tutma havuzları ve biyolojik arıtma sistemleri kullanarak suyu toplamak ve arıtmak.

- Yakala, yönlendir ve arıt: Hendekler aracılığıyla suyu toplayarak taşımak ve temizlemek.
- Yakala, depola ve sızdır: Kuru drenaj kuyuları ve filtreleme/sızdırma şeritleri gibi yapılarla suyu toplamak ve yer altına sızdırmak şeklindedir (Gülcü, 2021).

Sürdürülebilir drenaj sistemleri doğa temelli çözümlerle suyu saklamayarak kentli için rekreasyon imkanı sağlayabilmektedir. Ayrıca çevre konularında sorumluluğu artıran, kentsel çevre kalitesi ile ilgili konulara odaklanarak toplumu ekolojik sorunlar hakkında bilinçlendiren sistemler olarak tasarlanmaktadır (Konyalı Dereli, 2020). Sürdürülebilir drenaj sistemlerinin temel hedefleri ise şunlardır:

- Yüzey akışını kontrol etmek,
- Yüzey akışına geçen suyun kalitesini iyileştirmek,
- Su varlığını korumak ve desteklemek,
- Havza yönetimine katkı sağlamak,
- Kentlerde sel ve taşkın kontrolüne destek vermektir (Poleto ve Tassi, 2012; Konyalı Dereli, 2020).

Bu hedefler sayesinde, yüzeysel akış hızları düşürülür, kirleticilerin alıcı kaynaklara taşınması engellenir ve su depolama kapasiteleri arttırılmaktadır (Konyalı Dereli, 2020).

Peyzaj Şehirciliği

Peyzaj şehirciliği kavramı doksanlı yılların başında kentleşme olarak peyzaj (landscape as urbanism) şeklinde anılmaya başlamıştır. Endüstrileşme sonrası kentlerde oluşan olumsuz etkilere çözüm arayan bu yaklaşımın olgunlaşması sonucu Peyzaj Şehirciliği (Landscape Urbanism) olarak 1997 yılında Chicago'da Charles Waldheim tarafından bir bildiri yayınlanmasıyla ortaya çıkmıştır. Peyzaj şehirciliği yaklaşımında, suyun yönetimiyle birlikte depolanması ve filtrelenmesi sağlanarak su kalitesinin artırılması, kentsel altyapı sistemlerinin (atık su, zemin suyu, ulaşım sistemleri ve diğer yardımcı hizmetler) entegrasyonu ile eğitim, eğlence ve kamu yönetimi gibi hizmetlerin bir arada sunulması hedeflenmektedir. Ayrıca, zarar görmüş habitatlar için aşamalı gelişim önerileri sunulmaktadır. Gray (2006) peyzaj şehirciliğini, peyzajı yapılaşmış çevrenin

bir parçası olarak gören bir açık alan tasarım ve planlama yaklaşımı olarak tanımlamaktadır (Gümüşsoy Kısar, 2017).

Peyzaj şehirciliği, estetik unsurlardan ziyade peyzajın fonksiyonel yönlerinden esinlenmektedir. Bu bağlamda, peyzaj şehirciliği kentsel altyapıları doğal sistemlerle entegre bir şekilde ele alarak önemli bir görev üstlenmektedir (Çiftçi, 2019). Bu yaklaşım, peyzajla kesintisiz bir yeşil kent dokusu oluşturmayı hedefler ve kentsel tasarımda bölünme yerine bütünleştirmenin önemine dikkat çekmektedir (Gümüşsoy Kısar, 2017).

Son on yılda peyzaj şehirciliği, özellikle yarışma projelerinde daha sık görülmeye başlamıştır. Bu kavram, kentlerdeki mekânsal desantralizasyon, ekonomik değişiklikler, çevre kirliliği ve kentsel tasarımda ortaya çıkan başarısızlıklara yanıt olarak gelişmiştir. (Çiftçi, 2019). Peyzaj şehirciliği, peyzajın kentsel tasarıma daha geniş ölçekte entegre edilmesine imkan sağlaması nedeniyle değerli bir yaklaşım olarak kabul edilmektedir (Gümüşsoy Kısar, 2017). Yeterince teorik bir altyapıya sahip olmamasına (Vicenzotti, 2017) rağmen; giderek artan bir şekilde peyzaj, şehircilik modeli olarak ortaya çıkmaktadır (Allen, 2002; Gümüşsoy Kısar, 2017).

Yeşil Altyapı

Yeşil altyapı kavramı ilk kez 1994 yılında arazi koruma yöntemlerinin geliştirilmesiyle alakalı Florida yerel yöneticiler tarafından doğal ve ekolojik sistemlerin gri altyapı kadar önemli olduğunu vurgulamak için kullanılan bir terim olarak karşımıza çıkmıştır (Shakouri 2016). Bir diğer tanıma göre yeşil altyapı; doğal türleri ve süreçleri sürdüren, hava ve su kaynaklarının devamlılığını sağlayan ve canlıların yaşam kalitesini destekleyen; birbirine bağlı suyolları, yaban hayatı habitatları, sulak alanlar, ağaçlık alanlar ve diğer doğal alanlar, yeşil yollar, parklar ve koruma alanları, ormanlar, çiftlikler ve diğer açık alanlar gibi doğal yaşam destek sistemleridir (Semiz 2016). Benedict ve McMahon (2002) ise yeşil altyapıyı; yeşil alanları birbirine bağlayarak bir ağ oluşturan, kentsel alanda doğal ekosistem fonksiyonlarını ve değerlerini koruyan ve insan nüfusuyla ilişkili sorunlar üzerinde olumlu etkileri olan bir planlama yaklaşımı

olarak tanımlamıştır (Shakouri 2016). Yeşil altyapı sistemi; ormanlar, çayırlık ve çalılık alanlar, sulak alanlar, akarsu koridorları gibi doğal alanlar ile kentsel alanlarda parklar, kent ormanları, spor alanları, konut bahçeleri, tarım arazileri, su kanalları, yollar, kadastral boşluklar gibi yarı-doğal ve kültürel bileşenlerden oluşmaktadır. Yeşil altyapı sistemi bileşenlerinin, ölçeksel farklılık ve çalışma alanına göre değişiklik gösterebileceği belirtilmiştir (Benedict ve McMahon, 2006; Kaplan, 2012; Bolat, 2022). Kentsel yeşil altyapı sadece parklar, oyun alanları, mezarlıklar ve özel bahçeler gibi açık alanları değil, daha küçük ölçekte geçirimli yüzeyler, yeşil çatılar ve duvarlar, kent ağaçları, yağmur bahçeleri ve sürdürülebilir kentsel drenaj sistemleri ile gölet, nehir ve kanalları da kapsamaktadır (Tülek ve Ersoy Mirici 2019).

Küresel ısınma ve iklim değişikliğinin olumsuz etkileriyle mücadelede önemli bir strateji olarak karşılaştığımız yeşil altyapı uygulamaları, günümüzde enerji ve maliyet etkin çözümler sunması, ekolojik temelli yaklaşımlarıyla halk ve çevre sağlığını koruması bakımından tercih edilmektedir (Aslan ve Yazıcı 2016). Sürdürülebilir yeşil alan planlaması ile birlikte; çevre sorunlarına doğal çözümler üretmek, kirliliği önlemek, insanların yeşil alanlara kolay erişebilmesini sağlamak, daha sağlıklı ve yaşanılabilir bir çevre oluşturarak yaşam kalitesini arttırmak, fauna ve floranın yaşam ortamını korumak gibi kent ekosistemini olumlu yönde etkileyen unsurların estetik bir biçimde gerçekleştirilmesini sağlamaktadır (Semiz, 2016).

Günümüzde suyun etkin kullanımının oldukça önemli hale geldiği kentlerde, yeşil altyapı sistemlerinin sağlamış olduğu en önemli hizmetlerden biri yağmur suyu yönetimidir. Yağmur suyu yönetiminde amaç, yağmur suyunu kaynak olarak kullanmak, kentsel su döngüsünün sürdürülebilirliğini sağlamak, kentleşme sebebiyle değişen akış rejimini doğal düzeye döndürmek veya olabildiğince yaklaştırmak, alıcı su kaynaklarını korumak, kentsel peyzajı desteklemek ve kentsel memnuniyeti geliştirmektir (Karaca 2020). Kentleşmenin geçirimsiz yüzeyleri artırması ve açık yeşil geçirgen alanların giderek azalması (Semiz, 2016), yüzeysel akışa geçen suyun miktarını ve yoğunluğunu büyük oranda arttırmaktadır. Artan yüzeysel akışın karşılanamaması kent içerisinde drenaj sorunlarının ve taşkınların ortaya çıkmasına sebep olmaktadır. Sürdürülebilir bir çevre oluşturabilmek için; yağmur sularının

infiltrasyonu, atık suların geri dönüştürülmesi, doğal su kaynaklarının korunması, sel oluşumunun önlenmesi gibi konular yeşil altyapı desteği ile karşılanmaktadır (Semiz, 2016). Yağmur suyu kalitesi ve pik deşarjı üzerinde yoğunlaşan Düşük Etkili Gelişim (LID), peyzaj mimarisini ve kentsel ekosistem hizmetlerini su döngüsü yönetimi ve enerji verimliliği ile ilişkilendiren yeşil altyapı konsepti ile tamamlanmıştır (Gülcü, 2021).

Su kaynaklarının yeşil altyapı sayesinde etkili ve kontrollü kullanılması doğal yöntemlerle su yönetimi sağlanmakta ve sürdürülebilir çevre için altyapıyı güçlenmektedir (Semiz, 2016). Yeşil altyapı uygulamaları ile yağış suyunun doğal yöntemlerle tutulması, filtre edilmesi ve su kaynaklarına iletilmesi için ekolojik çözümler geliştirilir (Hepcan Coşkun, 2019). Kent alanlarında yeşil altyapı kapsamında uygulanan çözümler; filtreleme, geçirgen ve gözenekli yer döşemeleri kullanımı, yağmur suyunu emen bitkilerin kullanımı ve yeşil çatılar, yağmur bahçeleri, yağmur varilleri, hendekler gibi unsurların imal edilmesi şeklindedir (Saygın ve Ulusoy, 2011; Semiz 2016). Yağmur suyunu tahliye etmek için kullanılan geleneksel gri altyapının aksine, yeşil altyapı, yağmur suyunu düştüğü yerde yönetmek amacıyla bitki örtüsü ve toprağı kullanır. Yeşil altyapı yalnızca yağmur suyu yönetimi sağlamakla kalmaz, aynı zamanda sel kontrolü, hava kalitesinin iyileştirilmesi ve doğal süreçleri yapının içerisine entegre ederek daha pek çok avantaj sunar (Fletcher vd., 2014; Gülcü, 2021).

Yeşil Altyapı Sistemlerinin yerel hava, iklim ve ekolojiye duyarlığı sebebiyle tasarımcıların bugün ve gelecekte yerel iklim koşullarını, yağış miktarını, buharlaşma ve infiltrasyon oranını gibi hidrolojik boyutlandırma ve modelleme katsayılarını belirleyen faktörleri göz önünde bulundurması gerekmektedir (Gülcü, 2021). Yapılan araştırmalar doğrultusunda Yeşil Altyapı uygulamaları için Seattle'da pilot cadde olarak seçilen İkinci Kuzeybatı Bulvarı uygulamaların ardından geleneksel gri altyapı uygulamalarına oranla taşkınların %99 oranında azaldığı görülmüştür. Uygulamada 100 adet herdem yeşil ağaç ve 1100 adet çalı kullanılarak yeşil altyapı elemanları 1,3 cm (0,5 inç) yağmur suyu yakalaması hedeflenirken, 1,9 cm (0,75 inç) yağmur suyu yakalayarak beklenenin üzerinde performans göstermiştir (Gülcü, 2021). Çoğu yeşil

altyapı uygulaması, yüzeysel akışı düzenlemek, sızma ve terlemeyi arttırmak için bitki örtüsünü kullanmaktadır (Rutgers, 2016; Konyalı Dereli, 2020).

Yeşil altyapı, yağmur suyu yönetiminin çok ötesinde bir kavram (Gülcü, 2021) olup, yeşil alan sistemini oluşturmayı hedefleyerek kentsel yeşil omurganın oluşturulmasında etkin rol almaktadır (Tokuş ve Eşbah 2010). Yeşil çatılar, yağmur bahçeleri, hendekler, geçirgen kaldırımlar, geliştirilmiş infiltrasyon sulak alanlar, yeşil alanlar ve kentsel doğal bitki örtüsü koridorlarının entegrasyonu, kentsel yaşam kalitesini artırmayı, sel ve kirlilik risklerini azaltmayı hedeflemektedir (Radcliff, 2019). Yeşil altyapı planlanmasının başlıca hedefleri;

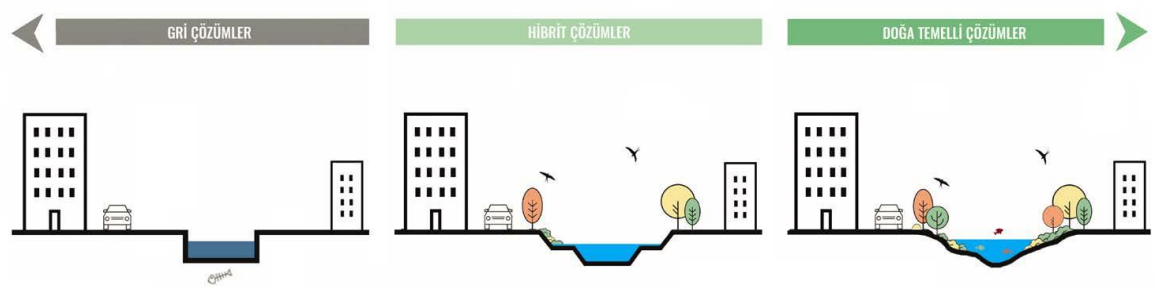
- Doğal ve kültürel alanların korunmasını sağlamak,
- Kentsel toplulukları ve şehir yaşamını yeniden canlandırmak,
- Sürdürülebilir kent toplumlarının oluşumuna destek olmak,
- Ekonomik sürdürülebilirliğe katkıda bulunmak,
- İnsan kaynaklarını geliştirmek ve desteklemek,
- Toplumun katılımını artırmak ve bu konuda farkındalık oluşturmak,
- İklim kontrolünü sağlamak,
- Taşkın önlemek,
- Yaban hayatı için barınma alanı oluştrarak biyoçeşitliliğe katkıda bulunmak,
- Kent ile doğa arasındaki kontrastı ortaya koyarak kitle-boşluk dengesini sağlamaktır (Barış ve Uğur, 2019).

2.3. KENTSEL YÜZEY AKIŞI İÇİN DOĞA TEMELLİ ÇÖZÜMLER

Doğa temelli çözümler, kentsel dirençliliği artırmayı ve ekosistem hizmetlerini korumayı hedefleyen uygulamaları içermektedir. Doğa temelli çözüm yaklaşımı, ekosistem hizmetleri, ekosistem yaklaşımı, ekosistem tabanlı uyum/azaltım ve yeşil-mavi altyapı gibi yakın ilişkili alanlara dayanır ve bunları destekler. Doğal çevrenin önemini vurgulayan bu yaklaşım, ekosistemlerin yapısını ve işleyişini anlayarak çevresel değişime sistematik bir çözüm sunmaktadır. Ayrıca, ekolojik, sosyal ve ekonomik hedeflere eş zamanlı olarak karşılama potansiyeline sahiptir (Kaçmaz, 2021). WWF (2020), doğa temelli çözümleri, iklim değişikliğinin uzun vadeli etkilerini

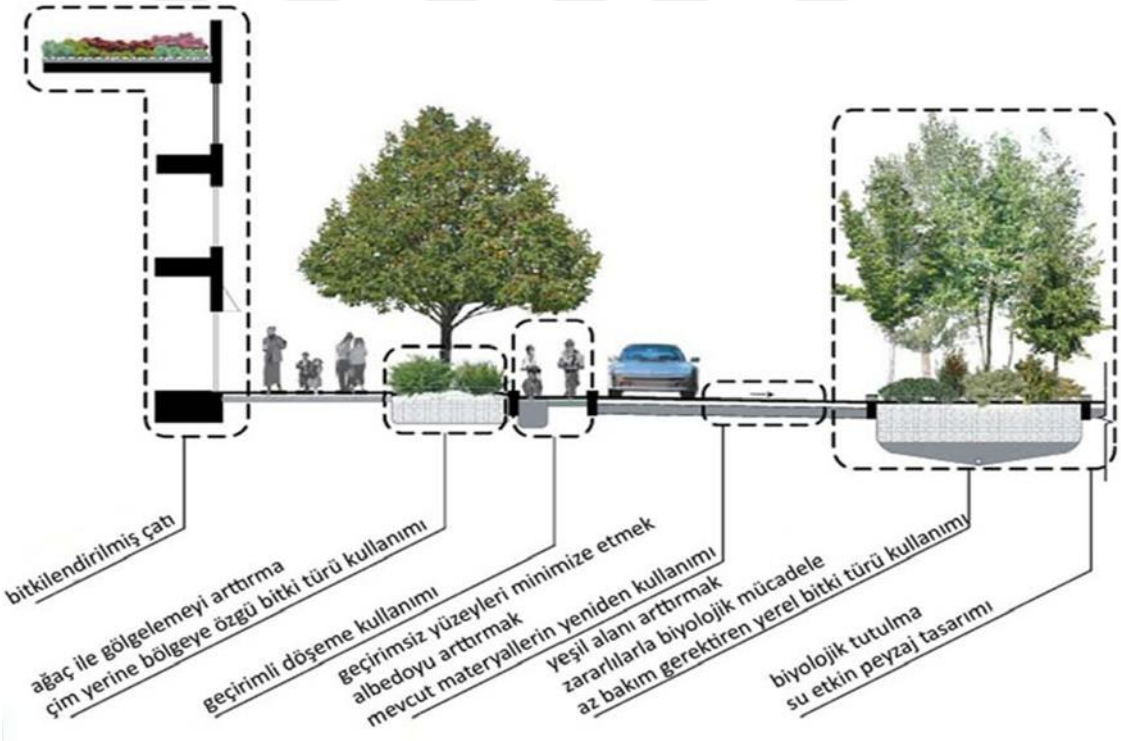
azaltabilen, doğaya yönelik beklenen iklim risklerini yönetebilen, hem insan hem de biyoçeşitlilik açısından ortak faydalar sunan, ölçülebilir şekilde olumlu iklim adaptasyonu ve/veya uyum imkânı sağlayan ekosistem koruma, yönetim ve onarım müdahaleleri olarak tanımlamıştır. Örneğin, setler ve taşkın duvarları yalnızca tek bir fayda sunarken, akarsu ekosistemine zarar verebilir ve uzun vadede yüksek bakım maliyetleri gerektirir. Buna karşın, taşkın yönetiminde doğa temelli çözümler kullanıldığında, taşkın riski azaltılırken su kalitesi, biyoçeşitlilik ve rekreasyonel olanaklar gibi ek faydalar sağlanır ve zamanla daha az bakım ihtiyacı doğar (WWF, 2020).

Doğal ekosistemler, değişken iklim ve çevre koşullarının etkisiyle bozulmalara uğrasa da, kendilerini onarma ve hayatta kalma yeteneklerine sahiptir. Bu direnç ve esneklik, iklim değişikliğiyle artan sorunlar karşısında kentsel alanlarda kritik bir öneme sahiptir. Doğa temelli çözümler, ekosistemlerin dirençliliğini artırmak, biyolojik çeşitliliği korumak ve aynı zamanda iklim değişikliğine uyum sağlama ile afet riskini azaltma gibi çeşitli toplumsal sorunlara çözüm sunan önemli bir araç olarak görülmektedir (IUCN, 2020). Ayrıca, değişen koşullara uyum sağlayabilme esnekliği sayesinde, doğa temelli çözümler gri çözümlere göre daha etkili ve ekonomik yaklaşımlar sunmaktadır (Feyen vd., 2020; Coşkun Hepcan, 2022). Doğa temelli çözümler doğal (doğal ekosistemler), yarı doğal (hibrit çözümler-yağmur hendekleri, yarı doğal akarsu koridorları, kıyı setleri vb.) ya da insanlar tarafından oluşturulan kültürel çözümler (çatı bahçesi, yeşil duvar vb.) şeklinde olabilir (Coşkun Hepcan, 2022) (Şekil 2.7).



Şekil 2.7. Gri, hibrit ve doğa temelli çözümler (Coşkun Hepcan, 2022).

Sağlıklı işleyen doğal altyapılar, kentlerde sel riskini azaltmada etkilidir. Mevcut yeşil alanların ve altyapıların iklime uyumlu hale getirilmesi için doğal süreçlerden ve doğa temelli çözümlerden yararlanmak, suyun korunması, tutulması ve arıtılmasını sağlayarak suya bağımlı tüm canlıların ve sistemlerin direnç ve uyum kapasitesini artırmaktadır. Sünger kent yaklaşımıyla hidrolojik ağın (örneğin dere yatakları, akarsu koridorları, göller, sulak alanlar) yeniden oluşturulması ve yağmur bahçeleri, yapay sulak alanlar, geçirgen yüzeyler gibi sürdürülebilir çözümlerle su akışının düzenlenmesi, yeraltı sularının beslenmesi ve su döngüsünün yönetimi, hem sel hem kuraklık riskini azaltır. Ayrıca, kentsel alanlarda ağaç taç örtüsünün artırılması, yüksek sıcaklık ve sıcak hava dalgalarının etkilerini hafifletirken, hava kalitesini iyileştirir ve biyolojik çeşitliliği destekler. Kent içinde mavi-yeşil altyapının yaygın ve dengeli dağılımı, riskleri azaltmada önemli rol oynamaktadır (Coşkun Hepcan, 2022). Bu doğrultuda kent içi ulaşım akslarında uygulanabilecek doğa temelli çözüm kurgusu aşağıdaki şekil 2.8' de verilmiştir.

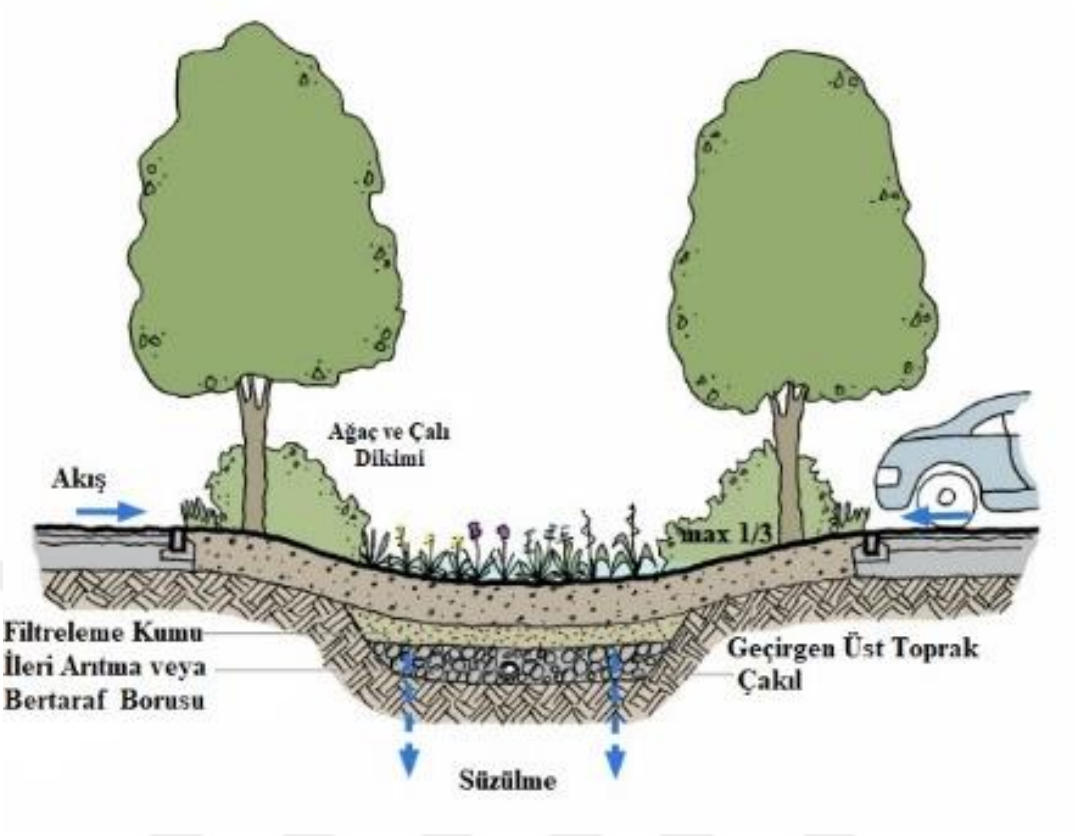


Şekil 2.8. Sokak kesitinde doğa temelli çözüm kurgusu (Sert, 2013)

2.3.1. Biyolojik Su Tutma Alanları

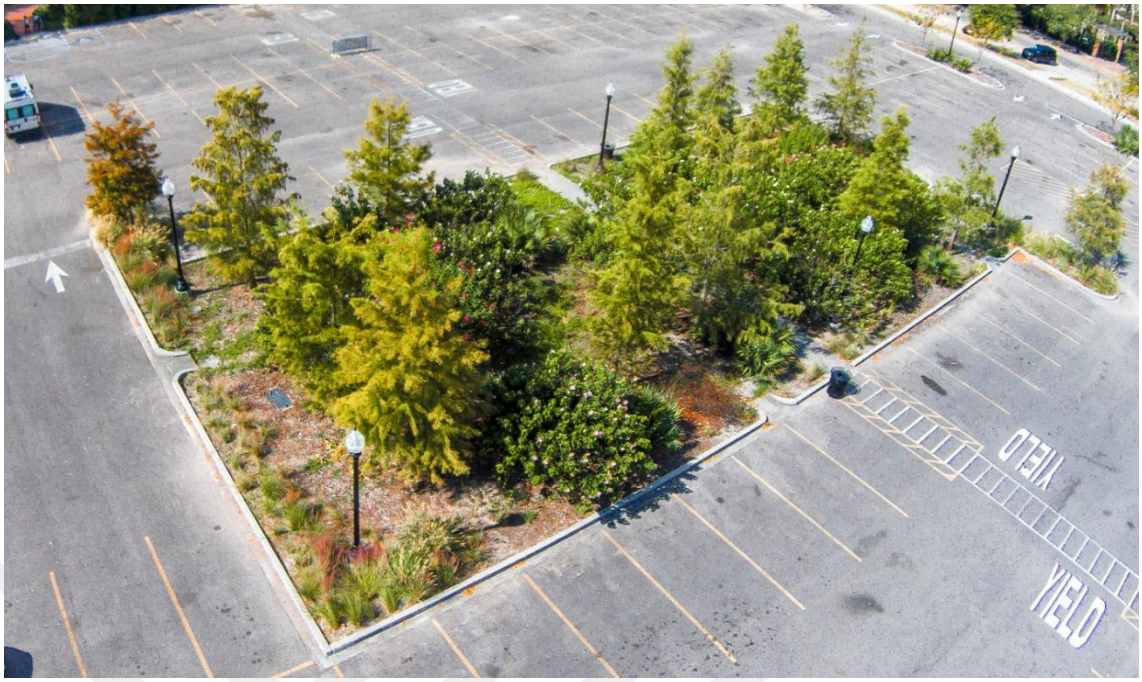
Kentsel alanlarda yeşil alanların yerini hızla geçirimsiz yüzeylere bırakması, arazi kullanımı ve arazi örtüsündeki değişikliklerle birlikte antropojenik faaliyetler sonucunda çevresel sorunlar meydana gelmektedir. Bu doğrultuda kentsel yağmur akışının doğa temelli yağmur suyu kontrol önlemleri kullanılarak yönetilmesi konusunda geniş bir fikir birliği oluşmuştur (Vijayaraghavan vd., 2021). Biyolojik tutulma (bioretention), karasal tabanlı bir uygulama olup bitkilerin ve toprağın çeşitli özelliklerinden yararlanarak su kalitesi ve miktar kontrol yöntemi olarak tanımlanır. Bu yöntem, doğada gerçekleşen süreçlerin benzer şekilde yeniden canlandırılmasına dayanmaktadır (Sert, 2013). Biyolojik su tutma sistemleri, biyolojik olarak aktif bitkiler ve topraklar aracılığıyla kirli yağmur suyunu filtreleyerek sudaki kirleticileri gidermektedir. Genellikle küçük, estetik açıdan hoş oldukları ve çok sayıda sürdürülebilir yağmur suyu yönetimi hedefine ulaştıkları bildirildiği için düşük etkili kalkınmanın veya suya duyarlı kentsel tasarımın uygulanmasında önemli bir rol oynamaktadırlar. (Davis vd., 2009; Trowsdale ve Simcock, 2011). Biyolojik tutulma hedefleri arasında yağmur suyu tepe akışının, akış hacminin ve yağmur suyu kirliliğinin yönetimi ve yeraltı suyu beslemesinin ve akarsu taban akışının kontrolü yer alır. Birincil amacı alıcı suların kirlenmesinin engellenmesi ve erozyon kontrolüdür (Davis vd., 2009; Trowsdale ve Simcock, 2011).

Biyolojik tutulma işlemi; tortu birikimi ve çökelme, yüzeyde tutma ve soğurma, filtreleme, buharlaşma, iyon değişimi, çürüme, bitkisel ve biyolojik arıtma, depolama gibi süreçleri içermektedir. Biyolojik tutulmanın önemli bir avantajı, akışı kaynağa yakın bir noktada kontrol edebilmesidir. Bu tür sistemlerin stratejik olarak yerleştirilmesi, daha yönetilebilir ve verimli bir akıntı kontrolü sağlar. Ayrıca, yerleşim öncesi hidrolojik koşulların yeniden oluşturulması veya en azından bu koşullara yaklaşılması hedeflenir. Biyolojik tutulma, düşük etkili gelişim stratejilerinin bir parçası olarak sel yönetiminde kullanılır (Sert, 2013). Şekil 2.9'da en kesiti verilen biyolijk su tutma alanları katmanları geçirgen üst toprak, suyun arıtılması için filtreleme kumu ve çakıl olmak üzere gerekli hallerde bertaraf borusu şeklindedir.



Şekil 2.9. Biyolojik su tutma alanı kesiti (Anonim, 2024k). Çiğdem Özcan tarafından Türkçeye çevrilmiştir.

Biyolojik su tutma alanlarının planlama ve tasarım sürecinde, arazi koşulları, arazinin işlevi, toprak tipi, sel suyu kirleticileri, toprak nemi, uygun deşarj imkânları, yeraltı suyu boşalımı, sel koşulları gibi faktörlere ve uygulanacağı kentin ilgili mevzuatına ve sağlık açısından tehlikeli alanlara dikkat edilmesi önemlidir. Ayrıca, yapının giriş katları, temelleri, mülkiyet sınırları, drenaj çıkışları, toprak koşulları, arsa drenajları, yeraltı su seviyesi, minimum derinlik kriterleri, mevcut eğimler, ağaçlık alanlar ve trafik adaları da göz önünde bulundurulmalıdır (Sert, 2013). Geniş otopark alanlarında akan suyun tutulmasını su kirliliğinin azaltılmasını ve aynı zamanda görsel katkı sağlayacak sürdürülebilir yaklaşım olarak önerilen biyolojik su tutma alanlarının bir örneği şekil 2.10.'da yer alan ABD'de New Orleans, Centennial Place Otoparkında tüm bitkileri bir arada ve merkezi bir alanda yoğunlaştırılarak araçlara manevra kabiliyetini iyileştirmesi için uygulanmıştır.



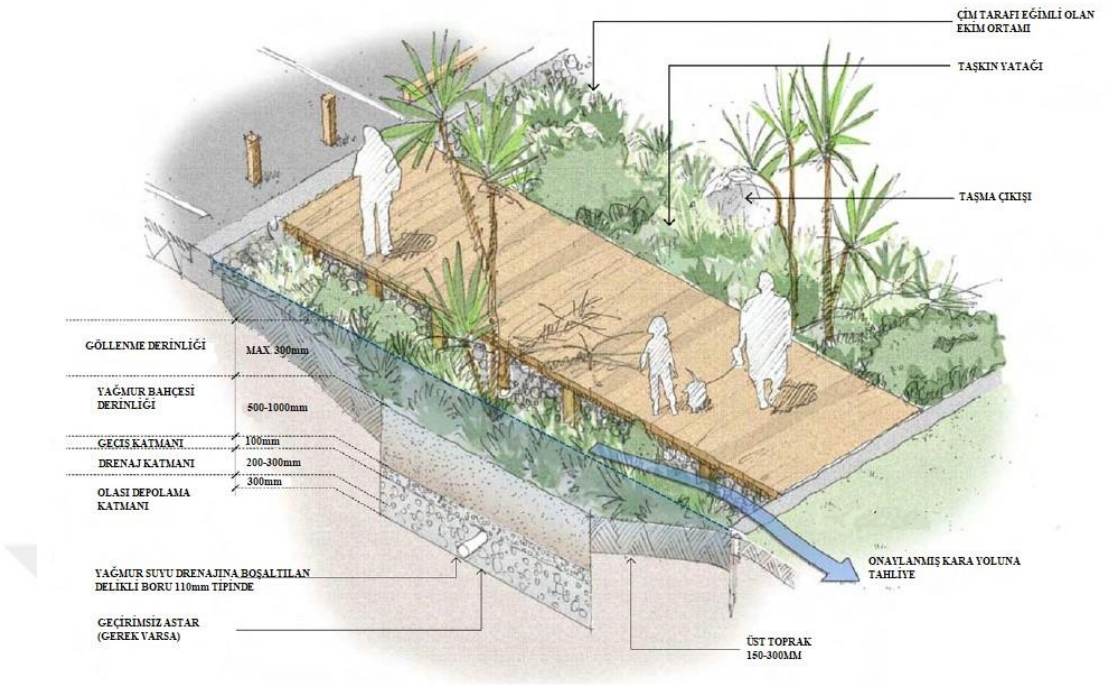
Şekil 2.10. Biyolojik su tutma alanı Centennial Place Otoparkı, New Orleans (Anonim, 2024l)

Yeraltı suyu yeniden yüklemesini ve taban akışını sürdürmek, yüzey ve yeraltı suyu kirleticilerini uzaklaştırmak, kanal korumasını sağlamak ve pik akıntı miktarını azaltmak biyolojik su tutma alanlarının amaçlarındandır. Biyolojik tutulmanın avantajları arasında akıntı hacminin azalması, filtre edilen su miktarının artması, su kalitesinin iyileşmesi ve hidrolojik performansın artması yer almaktadır. Biyolojik tutulmanın kullanımı sadece suyun miktarını ve kalitesini düzenlemekle kalmaz, aynı zamanda alanın peyzaj çeşitliliğini de arttırmaktadır. Bu yöntemin enerji tüketimini azalmak, hava kalitesini iyileştirmek, şehir iklimini dengelemek, yaban hayatı için habitat sağlamak ve alana özel bir mekân hissi yaratmak gibi birçok faydası bulunmaktadır (Sert, 2013).

2.3.2. Yağmur Bahçeleri

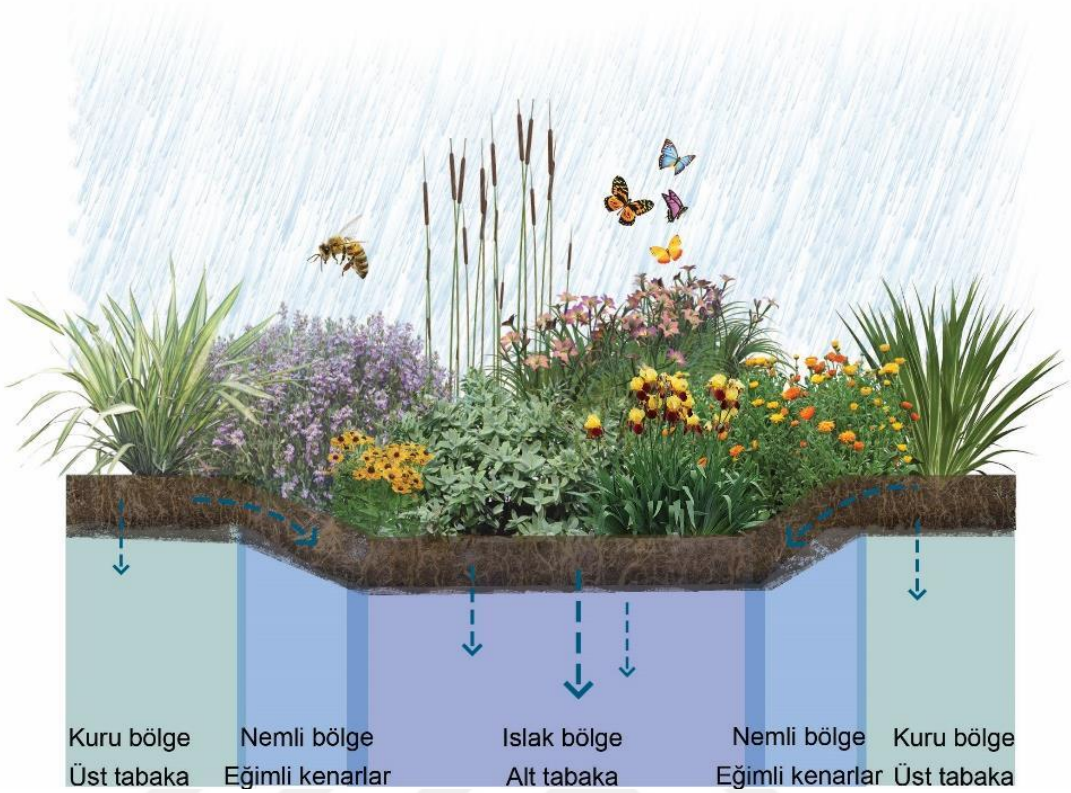
Kentlerdeki geçirimsiz alanların artmasıyla yağmur suyunun yüzeysel akışa geçmesi kolaylaşmıştır. Yağmur bahçeleri oluşturmak bu durumu en aza indirmek amacıyla geliştirilen yöntemlerden biridir. İlk olarak ‘‘biyolojik tutma’’ kavramından yola

çıkılarak 1980'lerin sonunda ABD Maryland'te bir otoparkta uygulanmıştır (Gülcü, 2021). Müftüoğlu ve Perçin (2015), yağmur bahçelerini; yağmur sularının herhangi bir işleme tabi tutulmadan doğrudan yönlendirildiği ve üzerinde bitkilerin yetiştirebildiği çok derin olmayan çukur alanlarda oluşturulan bahçeler olarak tanımlamıştır (Anonim, 2018a). Yağmur bahçeleriyle kuvvetli yağışlar sonrasında suların toplanması, biyolojik yöntemle arıtılarak su kalitesinin iyileştirilmesi ve yeniden kullanılması amaçlanmıştır. Bu sebeple yağmur bahçeleri biyolojik tutma alanı olarak da tanımlanabilir. Yağmur bahçelerinde kullanılan sistem, yağmur suyunun yüzeyden akıp gitmemesi, düştüğü yerde toprağa sızdırılması, toprağın suyu sünger gibi emebilmesi temeline dayanan akılcı, stratejik ve kolay bir uygulamadır (Müftüoğlu ve Perçin, 2015). Yağış sonrası geçirimsiz sert yüzeyli alanlardan yüzeysel akışla gelen su doğrudan yağmur bahçesine yönlendirilerek bahçenin tüm yüzeyi su ile kaplanmakta ve gelen su miktarına göre su yüksekliği artarak göllenme meydana gelmektedir. Bu göllenme yağmur şiddeti, suyun zemine sızma kapasitesi, bitki örtüsü ve yağmur bahçesinin yapısına göre değişiklik göstermekle birlikte genelde yüzeysel akış hızı suyun süzülme hızından fazla olduğundan ilk etapta 5-10 cm yüksekliğinde oluşmaktadır. Daha sonra göllenen su, yavaşça yağmur bahçesinin tabanından alt tabakalara doğru süzülmektedir (Doğangönül ve Doğangönül,, 2008; Bolat, 2022). Yağmur bahçesi örneği aşağıdaki şekil 2.11'de şematize edilmiştir.



Şekil 2.11. Yağmur bahçesinin şematik gösterimi (Malcolm ve Lewis, 2008; Dinçer, 2022)

Yağmur bahçeleri standart olarak dört ana katmandan oluşmaktadır. Bunlar; bitki dikim ve malç alanı, verimli üst toprak, çakıl ve drenaj tabakası, filtreleme ve toplama alanı olarak sıralanabilir. Yağmur bahçeleri, yüzeysel ve yüzey altı su filtreleme yöntemleridir. Yağmur suyunun kum katmanından geçirilmesiyle suyu kirletici maddelerden arındırır ve yağmur suyu akış hacmini azaltmak için barındırdığı bitkileri ve filtre sistemini kullanırlar. Yağmur bahçelerinde su tutma alanı; doğal ya da yapay tabakadan meydana gelir ve genellikle düz zeminlerde kazı yapılarak inşa edilir. (Konyalı Dereli ve Çay 2020). Tipik bir yağmur bahçesi, suyun tamamen nüfuz ettiği çöküntü tabanı, orta nemli olup zaman zaman suyla temas eden eğimli kenarlar ve kuru kalan üst bölge olmak üzere üç farklı nem bölgesinden oluşmaktadır (Şekil 2.12) (Gülcü, 2021). Peyzaj dokusunun desteklenmesi yanı sıra suyun miktarının düzenlenmesi ve suyun kirleticilerden korunmasını sağlayan bitkiler yağmur bahçesi tasarımlarında büyük önem taşımaktadır (Konyalı Dereli ve Çay 2020). Hem ekolojik hem de görsel fayda sağlayarak kentsel peyzajı farklı seviyeye taşır (Gülcü, 2021).



Şekil 2.12. Yağmur bahçeleri genel görünüş ve nem bölgeleri (Gülcü,2021).

Yağmur bahçesi uygulamalarında alana özgü bitki seçimi önemlidir. Tipik olarak aşırı kuraklık dönemlerini tolere ettiği ve kök sistemleriyle sızma ve buharlaşmayı desteklediği için doğal bitki türlerinin kullanılması avantaj sağlamaktadır (Konyalı Dereli ve Çay 2020). Yağış sonrası yüzey akış miktarının azaltılması, yeraltı sularının beslenmesini sağlaması ve kirletici maddelerin su kaynaklarına ulaşmadan tutulması amacıyla geliştirilen yağmur bahçeleri; özel mülkiyet ve kamusal alanlar için ekolojik yaklaşımlı ve düşük maliyetli yağış suyu yönetimi aracıdır (Jaber ve ark. 2012, Hepcan Coşkun, 2019). Kentsel alanlarda artan betonlaşma ve yeşil alanların yanlış kullanılmasından ortaya çıkan sel ve taşkın gibi afetlerin etkisini azaltmakta, yağmur sularının daha hızlı emilmesini sağlayarak ani su baskınlarının engellemeye yardımcı olmaktadır (Arslan, 2021). Yağmur bahçelerinin su taşıma işlevi bulunmamaktadır (Gülcü, 2021). Suyu kendi bünyelerinde depolamaktadırlar (Dinçer, 2022). Doğal yağışla beslenirler ve genellikle 24 saatten, en fazla 96 saate kadar bir sürede suyu tahliye edecek şekilde tasarlanırlar (Davis vd., 2009; Uncapher ve Woelfle-Erskine, 2012; Dunnet ve Yuan, 2018; Gülcü, 2021). Şekil 2.13'te ABD'nin Seattle şehrinde

yeşil alanları yağmur suyunu geçici depolama, drene etme ve temizleyerek altyapı olarak kullanılması için uygulanan yağmur bahçesi örneği gösterilmiştir.



Şekil 2.13. Seattle yağmur bahçesi örneği (Tokuş ve Özdemir, 2017).

Çatı, yol ve otopark gibi geçirimsiz yüzeylerdeki yağmur suyu akışını yakalanıp, toprakla kavuşturulması için tasarlanan yağmur bahçelerinde kullanılan bitkiler, yağmur suyuyla gelen kirletici maddeleri temizleyerek yeraltı su kaynaklarını beslemektedir. (Müftüoğlu ve Perçin 2015). Davis vd. (2009) tarafından yapılan laboratuvar ve saha çalışmaları sonucunda yağmur bahçelerinin çeşitli kirleticileri uzaklaştırmada en etkili yöntemlerden biri olma potansiyeline sahip olduğu ifade edilmiştir (Dinçer, 2022). Özellikle ağır metaller (Cu, Zn, Pb) ve askıda kalan katı maddeler bu alanlarda filtrelenerek yer altı sularına karışması engellenir. Bu sayede alıcı suların kirlenmesi önlenmektedir (Davis vd., 2001; Hatt vd., 2009; Dinçer, 2022). Ayrıca, kullanılan bitkiler kelebekler ve arılar gibi doğal polinatörler için yaşam alanı oluşturmaktadır (Müftüoğlu ve Perçin 2015). Yağmur sularının sürdürülebilir bir biçimde yönetilmesinde etkili olan yağmur bahçelerinin birçok faydası bulunmaktadır. Bu faydalardan bazıları;

•Yağmur suyu yüzey akış hızını düşürmek, kontrollü akışı sağlayarak beraberinde getirdiği toprak kaybını ve erozyonu önlemek,

•Yüzey akışla gelen yağmur sularını doğal filtre görevi yaparak temizlemek ve yeraltı sularının beslenmesini sağlamak,

•Flora ve fauna için uygun yaşam ortamı oluşturarak biyoçeşitliliği arttırmak,

•Yağmur suyunun verimli kullanımını sağlamak,

•Drenaj çözümlerine ekonomik ve sürdürülebilir katkı sağlamak,

•Ortamın nem dengesinin bozulmasını önlemek,

•Kuvvetli yağışla oluşabilecek sel, taşkın gibi afetlerin kontrolünü sağlamak,

•Yol, otopark gibi geçirimsiz alanlarda biriken suları doğaya geri kazandırmak,

•Ortama estetik katkı sağlamak (Anonim, 2018a),

• Evapotranspirasyonu artırarak kentsel alanlarda doğal su döngüsüne katkı sağlamak (Toyran, 2022),

• Karbon emilimini azaltarak iklim kontrolü sağlarken, aynı zamanda hava kalitesini iyileştirmek (Toyran, 2022),

• Ses emilimini artırarak gürültü seviyesini düşürmek şeklindedir. (CNT, 2010; Demirören Civan, 2022)

Yapılan araştırmalar, yağmur bahçelerinin yüzey ve tepe akışlarını azaltmada ve kirletici maddeleri filtrelemede oldukça etkili olduğunu göstermektedir. Örneğin, ABD'nin Virginia eyaletinde otopark yakınlarına kurulan bir yağmur bahçesi, yüzey akışını ve fosfor, nitrojen gibi kirletici maddeleri %99 oranında azaltmıştır. Avustralya'da yapılan deneysel bir çalışmada ise, yağmur bahçeleri akış hacmini %33, askıda katı maddeleri %90 oranında engellemiştir. Kanada'nın Quebec bölgesinde, yağış derinliğine bağlı olarak yüzey akışlarında %12,7–%19,4 oranında azalma sağlanmış, 22 mm'nin altındaki yağışların tamamı tuttuğu yapılan araştırma ile ortaya konulmuştur. ABD'nin Ohio eyaletinde, geçirgenliği düşük topraklarda dahi yağmur bahçeleri yüzey akışlarını %42–%59 oranında önlediği görülmüştür. Türkiye'de, Edirne'de yapılan bir araştırmada ise, iki siteye önerilen yağmur bahçeleri sayesinde yılda 400 ton su tasarrufu sağlanmıştır (Ertin vd., 2012). Sonuç olarak, yağmur bahçelerinin etkinliği, kullanılan bitki türleri, iklim, altyapı ve yüzey koşulları gibi faktörlere bağlı olarak değişiklik gösterebilse de genel olarak geçirimsiz yüzeylerde etkili bir su yönetimi çözümü sunduğu anlaşılmaktadır (Dinçer, 2022). Kentlerde yağmur suyu yönetimine alternatif bir doğa temelli çözüm olarak oluşturulan yağmur

bahçeleri geçirimsiz yüzeylerden kaynaklanan aşırı yüzey akışlarını doğrudan kaynağında çözümlemektedir**.** Bu bahçeler oldukça yüksek geçirgenlik özelliğine sahip olduğundan aynı büyüklükteki bir çim alanla kıyaslandığında, suyun %30 daha fazla toprağa sızmasına olanak sağlar (Dinçer, 2022). ABD'nin Minnesota şehrindeki Şekil 2.14'te örnekleri gösterildiği gibi yağmur bahçeleri kişisel bahçelerden geniş kamusal alanlara kadar birçok farklı ölçekte uygulanabilecek bir tasarım sunmaktadır (Sert, 2013). Gri altyapı çözümlerinden daha ekonomik, işlevsel ve sürdürülebilir olmasından kaynaklı yağmur bahçelerinin kullanımında hızlı bir artış görülmektedir (Bekiryazıcı, 2023).



Şekil 2.14. Minnesota şehrindeki Maplewood ilçesindeki konut alanında yağmur bahçesi ve Burnsville ilçesindeki ticari alanda yağmur bahçesi (Anonim, 2022b).

2.3.3. Bitkili Yağmur Hendekleri

Yağmur hendekleri, şiddetli yağışlar sırasında veya sonrasında meydana gelebilecek sel tehlikesini azaltmak için kentsel alanlarda genellikle yolların yakınında bulunan, bitkilendirilmiş, hafif eğimli doğrusal çukurlardır. Bu hendekler, çatı, sokak ve otopark gibi geçirimsiz yüzeylerden gelen yüzey akış suyunun yavaşça süzülmesini sağlayan, çim, çalı ya da ağaç gibi çeşitli bitki türleriyle donatılmış sığ suyollarıdır (Demirören Civan, 2022). Yüzeysel akışa geçen yağmur sularını depolamak, bitki örtüsü yardımıyla gelen kirleticileri filtrelemek, geçirgen alanlarda toprağa sızmasını sağlamak ve alıcı su kaynaklarına iletmek üzere geleneksel drenaj sistemlerine alternatif olacak şekilde sürdürülebilir kentsel drenaj sistemi olarak geliştirilmiştir. Hendeğe ulaşan suların akışı bitkiler tarafından yavaşlatılarak filtrelenir ve bir kısmı toprağa sızarken bir kısmı

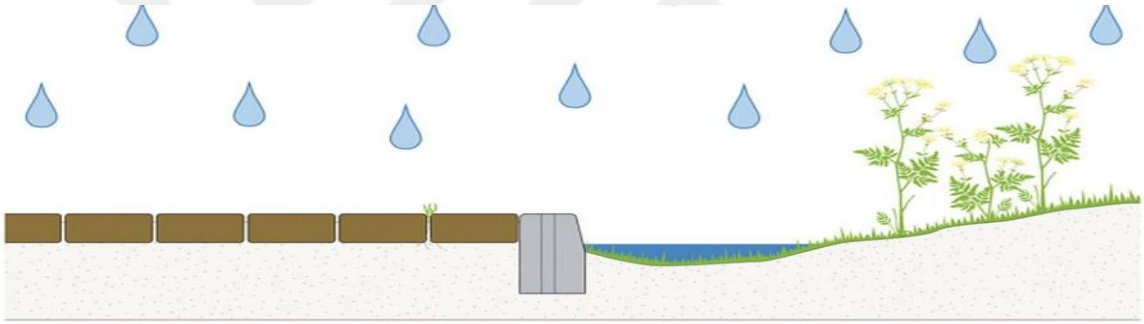
evapotranspirasyon yoluyla buharlaşmaktadır (Dinçer, 2022). %4'ten daha düşük eğimlere sahip alanlarda tasarım yapılmalıdır. %4'ü aşan eğimler, hızlı akışlarla erozyona yol açabilir ve kontrol barajları kullanılmadığında filtreleme veya sızma için yeterli süre sağlayamamaktadır (Sevinç, 2024). Suyun toprağa sızmasını engelleyen yüksek geçirgenliği olmayan topraklarda bazı araştırmacılar, delikli bir drenaj borusu döşenerek hendeğin etkinliğinin arttırılabileceğini belirtmişlerdir (Dinçer, 2022). Bitkili yağmur hendeği en kesiti ve biyolojik su tutma alanları olarak Seattle kamu hizmetleri tarafından uygulama örneği şekil 2.15'de gösterilmiştir.



Şekil 2.15. Bitkili yağmur hendeği en kesiti (Altun, 2024) ve Seattle kamu hizmetleri uygulama örneği (Anonim, 2022b).

Geleneksel yağmur hendekleri; standart nakil hendekleri, kuru yağmur hendekleri ve ıslak yağmur hendekleri olmak üzere üç çeşidi bulunmaktadır. Standart nakil hendekleri; yağmur sularını drenaj kanalları aracılığıyla alıcı su kaynaklarına ileten, geniş ve sığ bitki örtüsüne sahip borulu kanallardır. Özellikle hafif yağış olaylarını yönetmek için bitkisel filtrasyon sağlamak amacıyla tasarlanmıştır. Genellikle konut alanlarında tercih edilen kuru yağmur hendekleri; Suyu geçirimli toprak ve ek drenaj sistemleri tarafından emildiği için su birikmeyen, sürekli kuru kalan hendeklerdir. Biyolojik su tutma sistemlerine benzemektedirler. Islak yağmur hendekleri ise geçirimsiz tabanlı, sürekli ıslak kalan hendeklerdir ve bataklık benzeri koşullar oluştururlar. Sivrisinek oluşumu gibi sorun yaratabileceğinden yerleşim alanlarında kullanılmaları önerilmemektedir. Arazi karakteristiğine göre yağmur sularının yönetimi ve su kalitesi kontrolü için farklı özelliklerde tasarlanmıştır (Dinçer, 2022).

Bitkili yağmur hendekleri, geleneksel boru drenaj sistemlerinde kaldırım ve olukların yerine kullanılarak daha düşük maliyetli olması sebebiyle ekonomik açıdan tasarruf sağlayabilir. Yüzey sularını emer, depolar ve yönlendirir. Aynı zamanda filtreleme yoluyla suyun kalitesini artırarak akışın yoğunluğunu ve hacmini düzenler, her ölçüde topografya ve peyzaj düzenlemelerine uyum sağlamaktadırlar. Yağmur hendeğinde kullanılacak bitki türleri değişiklik gösterebilir, ancak derin köklü yerli bitkiler genellikle tercih edilen türlerdir (Demirören Civan, 2022). Başlıca fonksiyonu akış hızını düşürürken filtreleme aracı gibi hareket eden (Sert, 2013), bitki hendeklerinin kullanım alanı oldukça yaygındır. Kent içerisinde özellikle yol kenarlarında (şekil 2.16), kirleticilerin yoğun olduğu sanayi alanlarında, otoparkların yanında vb. diğer açık alanlarda hem yüzeysel akışların önlenmesi hem de kirletici maddelerin filtrelenmesi amacıyla kullanılmaktadır (Dinçer, 2022).



Şekil 2.16. Bitki hendeği yol kenarı kesiti (Anonim, 2024n)

Yağmur suyu yönetimi bakımından bitkili yağmur hendeklerinin birçok işlevi bulunmaktadır. Bazı sağladığı faydalar;

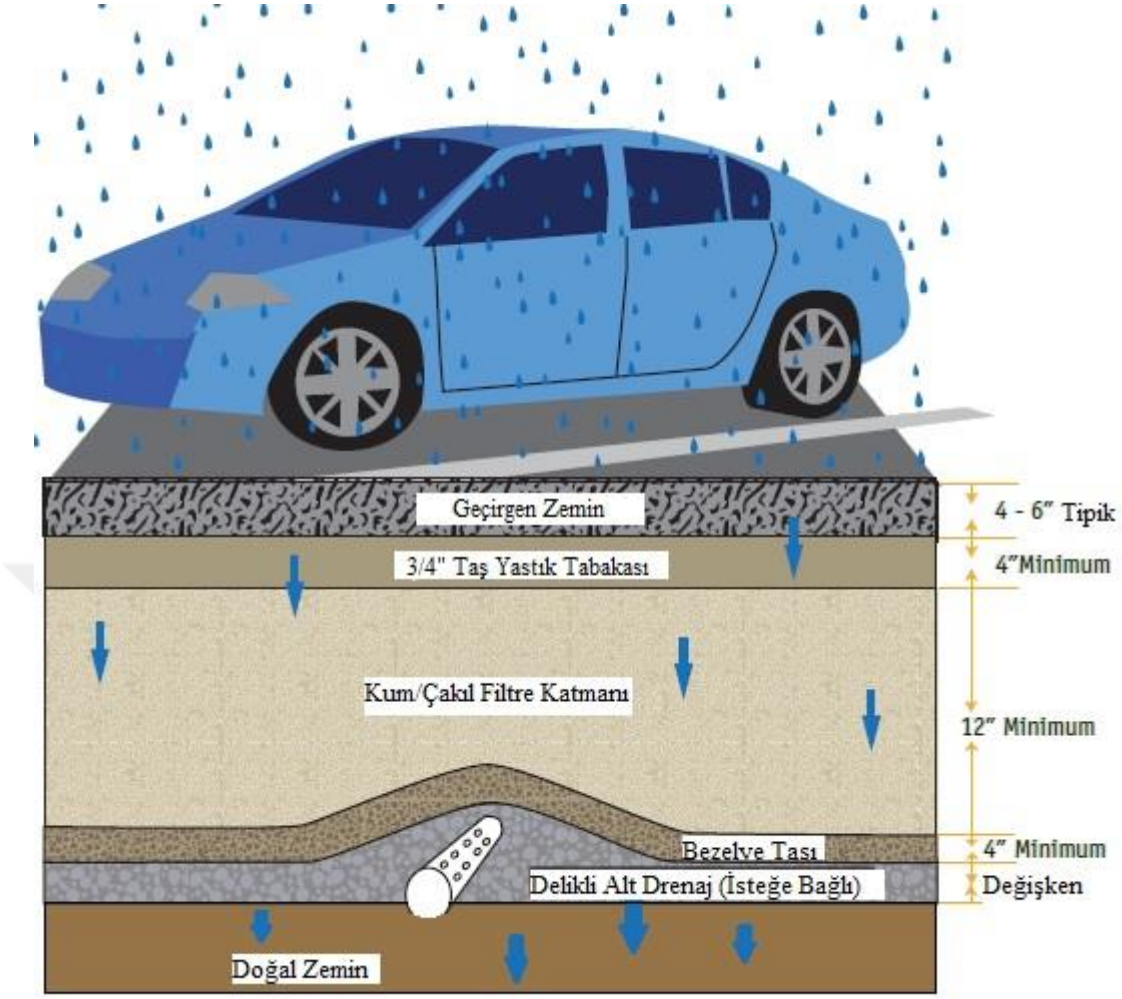
- Geleneksel boru sistemlerine kıyasla akış hızlarını azaltarak pik debileri düşürmek,
- Geçirimsiz yüzeyler arasında bağlantıyı keserek yüzey akışlarını azaltmaya katkı sağlamak,
- Bitki örtüsü aracılığıyla kirleticileri filtrelemek ve suyun toprağa sızmasını sağlamak,
- Toprağa sızan sudaki kirletici maddelerin bitki kökleri tarafından absorbe edilmesini destekleyerek alıcı kaynakların kirlenmesini önlemek,

• Peyzaj düzenleme projelerine kolayca entegre edilebilmek,
• Akış hızlarını ve hacimlerini düşürerek yüzeysel akışı sınırlamak,
• Düşük maliyetli ve bakımın kolay olması şeklindedir (Dinçer, 2022).

Bitkili yağmur hendekleri ve yağmur bahçeleri ile kıyaslandığında yağmur bahçeleri, çatıdan veya geçirimsiz yüzeylerden gelen suyu toplamak için eğim altına kazılır ve yerel türler ile derin kök geliştiren bitkilerle daha verimli çalışırlar. Bitkili su hendekleri ise otoparklar, yollar ve kaldırımlar boyunca inşa edilerek suyu yüzeyde tutar, kirleticileri yakalar ve dar yapıları sayesinde doğrusal tasarımlı yeşil sokak projelerine uygun olmaktadır (Konyalı Dereli, 2020).

2.3.4. Geçirgen Kaplamalar

Plansız gelişen kentlerde artan betonlaşma, yeşil alanların azalmasına ve geçirgen yüzeylerin yok olmasına neden olur. Bu durum, yer altı su kaynaklarını tehdit ederek iklim değişikliğinin kentler üzerindeki etkilerini artırır. Artan nüfusla birlikte betonlaşan şehirlerde yağmur suyu yüzey akışıyla kaybolmakta ve kentteki ısı adası etkisi artmaktadır (Korkut vd., 2016). Geçirgen kaplamalar, yağmur suyunu yüzeyden alt katmanlara geçirerek akış hacmini düşüren ve yüzey akışının oluşmasını önleyen sürdürülebilir kentsel drenaj sistemleridir (Dinçer, 2022). Kentsel alanlarda geçirimsiz yüzeylerin miktarını azaltmak amacıyla kullanılan geçirgen kaplamalar, suyun yüzeydeki akışını ve debisini düşürmenin yanı sıra yağmur sularını geçici olarak depolar ve fazla suyu yer altı kaynaklarına yönlendirir. Ayrıca kirleticileri su kaynağından uzaklaştırma gibi çeşitli işlevler de üstlenirler (Levi, 2007; Aydın, 2023). Geçirgen yüzeyler otoparklar, yürüyüş yolları, caddeler, spor sahaları ve oyun alanları gibi pek çok alanda kullanılabilir (Demirören Civan, 2022). Araç yolu için kullanılabilecek geçirgen zemin işleyişin kesiti şekil 2.17'de verilmiştir.



Şekil 2.17. Geçirgen zemin kesiti (Anonim, 2022c). Çiğdem Özcan tarafından Türkçeye çevrilmiştir.

Geçirgen kaplamalar, geçirgen yüzeyler ve gözenekli yüzeyler olarak ikiye ayrılır. Gözenekli yüzeyler, çakıl veya çimin derz malzemesi olarak kullanıldığı beton ya da asfalttan oluşurken, geçirgen yüzeyler beton blok bileşenlerinden yapılır. Bu tür yüzeyler suyun akış hızını %42 oranında düşürebilir (Scholz ve Grabowiecki, 2007). Geçirgen yüzeyler, yüzey akışını durdurup, suyun yer altına emilmesini sağlar ve böylece yıllık yağış miktarının yaklaşık %90'ının yer altı sularını beslemesi mümkün olur (Sevimli 2021; Aydın, 2023). Geçirgen kaplamalar kapsamında geçirgen beton, gözenekli asfalt ve kilitli parke taşları gibi malzemeler kullanılmaktadır. Öztürk (2017)'e göre, geçirgen beton ve asfalt sistemlerinin kullanıldığı kentlerde yağmur suyunun %50 ile %100'ü yer altına sızmaktadır (Dinçer, 2022). Gözenekli yüzeylere

sahip geçirgen kaplamaların, yağmur suyu akışını azaltarak sel ve taşkın gibi problemlerin önüne geçmekle birlikte suyun kalitesini de koruduğu görülmektedir (Demirören Civan, 2022).



Şekil 2.18. Geçirgen asfalt, geçirgen beton ve geçirgen döşeme taşı veya ızgara (Anonim, 2020a).

Geçirgen döşemenin şekil 2.18'de gösterilen ana kategorileri aşağıda listelenmiştir (Hoban, 2019).

Gözenekli asfalt: Daha fazla boşluk alanı yaratmak için ince parçacıkların çıkarılması dışında geleneksel asfalta benzemektedir. Genellikle daha fazla dayanıklılık sağlamak ve bozulmayı önlemek için katkı maddeleri ve daha yüksek kaliteli bağlayıcılar kullanılır.

Geçirimli beton: Karışımdaki ince taneciklerin azaltılarak birbirine bağlı boşlukların korunmasıyla üretilir ve standart betondan daha kaba bir görünüme sahiptirler.

Geçirgen birbirine geçen beton kaldırım: Kaldırım taşları arasındaki agrega dolu boşluklar aracılığıyla drenaj sağlayan birbirine geçen beton kaldırım taşlarından yapılır. Kaldırım taşlarının kendileri geçirgen değildir.

Izgara döşeme sistemleri (plastik veya beton) : Izgara döşeme sistemleri, çim ve/veya çakılla doldurulmuş modüler ızgaralardır. Açık hücreli beton veya plastik

yapısal birimler genellikle yüzeyden sızmaya izin veren küçük, düzgün dereceli çakılla doldurulur.

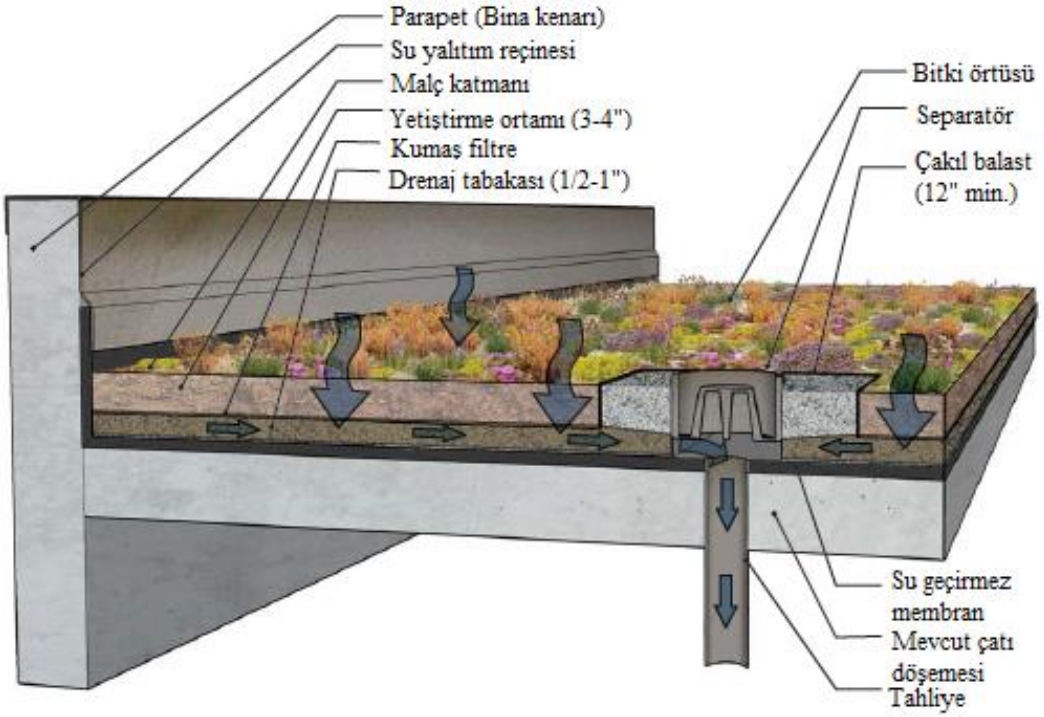
Gözenekli kaplamaların zamanla gözeneklerin tıkanarak geçirgenliklerinin azalması gibi dezavantajları da bulunmaktadır. Bu sebeple yapılan araştırmalar düzenli bakım gerektirdiği ve tıkanıkların basınçlı su jeti ya da vakumlu süpürgelerin kullanılmasıyla engellenebileceği şeklindedir. USEPA 1999 ise, gözenekli kaplamaların geçirgenliği yüksek topraklarda, içme suyu kaynaklarından uzak ve trafik yoğunluğunun düşük olduğu alanlarda kullanılmasını önermektedir (Dinçer, 2022). Geçirgen yüzeylerin, yağmur suyu yönetimine sağladığı katkılar ile birlikte çevresel olarak da birçok faydaları vardır. Bu faydalardan bazıları (Tennis vd., 2004; Scholz ve Uzomah, 2013; Anonim, 2018b) tarafından sıralanmıştır.

- Gözenekli yapısı ile yüzey akışını engellemek,
- Yağmur suyundaki kirleticilerin yer altı sularına karışmasını önlemek,
- Yüzey akışlarının sebebiye oluşan erozyonu önlemek,
- Kentsel ısı adası etkisini azaltmak,
- Yağmur suyunu depolayıp sulama için kullanılmasına olanak sağlamak,
- Su ve hava geçirgenliği yüksek olduğu için daha fazla yeşil alan yaratılmasına imkân oluşturmak,
- Açık renkli olması aydınlatma maliyetlerini düşürmesi ve yerel malzemelerin kullanılmasını teşvik etmektir (Dinçer, 2022).

2.3.5. Yeşil Çatılar-Çatı Bahçesi

Yeşil çatılar düz veya eğimli çatılarda, çeşitli izolasyon ve su yalıtım sistemleri ile bir yetiştirme ortamı kullanılarak kısmen ya da tamamen kaplanması ve üzerine ağaç, çalı ve yer örtücü bitkilerin yerleştirilmesiyle oluşan bir bitki örtüsü tabakasıdır. Genel olarak bir yeşil çatı şekil 2.19'da en kesiti gösterilen bitki örtüsü, yetiştirme ortamı, filtre membranı, drenaj tabakası, su geçirmez veya kök koruyucu tabaka ve su yalıtım (izolasyon) katmanlarından meydana gelmektedir (Dinçer, 2022). Yağış sularının bir kısmını kendi içinde barındırırken artan suyu yağış suyu giderine yönelten yapılardır

(Konyalı Dereli, 2020). Bu bitkisel çatılar, ekolojik çatılar, yaşayan çatılar veya canlı çatılar olarak da adlandırılmaktadır (Dinçer, 2022).



Şekil 2.19. Yeşil çatı en kesiti (Anonim, 2020a).

Yeşil çatılardaki katmanlar, bitkilerin yaşamını desteklemek, yağmur suyunu depolamak ve yapıya izolasyon sağlamak amacıyla tasarlanmıştır. En önemli katmanlardan biri olan yetiştirme ortamı, su tutma kapasitesi yüksek, hafif, sıkışmaya dayanıklı ve iyi havalandırma sağlayan mineral agregalar ve organik materyallerden oluşur. Bu ortamın toprağı ve nem koşulları, yağmur suyunun ne kadarının tutulacağını ve ne kadarının yüzey akışına geçeceğini belirlemektedir (Dinçer, 2022). Uygulama yapılacak yapı ve çatı yüzeyi ile ilgili taşıma kapasitesi, çatı eğimi, yalıtım özellikleri gibi birçok teknik detayın tespit edilmesi gerekmektedir. Planlanan alanın kullanımına ve bitkilendirme tipine bağlı olarak çatı bahçeleri (yoğun ya da insentif) ya da yeşil çatı sistemleri (basit ya da eksentif) sistemler olarak sınıflandırılabilmektedir (Ekşi, 2021).

İntensif Yeşil Çatı

İntensif (Yoğun) Yeşil Çatı sistemi, genellikle estetik amaçlarla tasarlanan, ağaç ve çalı türlerinin yetiştirilebildiği, 15-120 cm derinliğinde bir yetiştirme ortamına sahip ve drenaj ile su yalıtımı gibi yoğun sistemler gerektiren, bahçe görünümündeki yapı üstü alanları ifade eder (Dunnett ve Kingsbury, 2008; Ekşi ve Uzun, 2016; Dinçer, 2022). Aşağıdaki şekil (şekil 2.20) bir bina üzerinde intensif çatı uygulama örneğini göstermektedir.



Şekil 2.20. İntensif çatı görseli (Anonim, 2024ö).

Ekstensif Yeşil Çatı

Ekstensif (seyrek) yeşil çatı sistemi, 5-15 cm derinliğinde bir yetiştirme ortamına sahip, genellikle sedum türleri gibi kuraklığa dayanıklı ve kendini yenileyebilen yer örtücü bitkilerle kaplanmış, yoğun sistemlere ihtiyaç duymayan ve daha çok ekolojik amaçlarla oluşturulan, minimum bakım gerektiren alanlardır (Kosareo ve Ries, 2007; Dunnett ve Kingsbury, 2008; Ekşi ve Uzun, 2016; Dinçer, 2022). Aşağıdaki şekillerde (şekil 2.21) bir bina üzerinde ve İstanbul Tuzla Piri Reis Üniversitesi yeşil kampüsü içinde bir bina üzerinde ekstensif çatı uygulama örneğini göstermektedir.



Şekil 2.21. Ekstentif çatı bahçeleri (Anonim, 2020a), İstanbul Tuzla Piri Reis Üniversitesi yeşil kampüsü (Anonim, 2023c).

Ekstensif (seyrek) çatı bahçeleri, ince toprak derinliğine sahip sistemler olarak genellikle az sulama gerektiren ya da hiç sulama ihtiyacı olmayan bitkilerle doğal bir örtü sunar. Hafif yapıları sayesinde yapısal destek gereksinimleri minimum düzeydedir ve kurulumdan sonra oldukça az bakım gerektirmektedir. Buna karşılık, intensif (yoğun) çatı bahçeleri daha kalın toprak tabakalarına sahiptir, bu da bitkilere derin köklenme imkânı sağlayarak daha geniş bir bitki çeşitliliği sunar. Geleneksel bahçe veya park görünümleriyle estetik bir avantaj sunan bu sistemler, ağır yapıları nedeniyle daha fazla yapısal destek ve daha yüksek bir başlangıç yatırımı gerektirmektedir. Ayrıca, yoğun bakım ve düzenli bir özen isteyen sistemlerdir. Ekstensif sistemler daha düşük maliyetli ve az bakım gerektiren bir çözüm sunarken, intensif sistemler estetik ve çeşitlilik açısından daha zengin ancak daha maliyetli ve emek yoğun bir seçenektir. (EPA, 2021; Esringü ve Toy; 2021)

Geleneksel kentsel çatılardan akan yağmur suları, kanalizasyon kaynaklı sel risklerini artırmakta ve su kalitesi sorunlarına yol açmaktadır. Stovin ve ark. (2012) göre, geleneksel çatılar gelişmiş şehirlerdeki toplam geçirimsiz yüzey alanının %40-50'sini oluşturabilir. Kentlerdeki yapılaşma yoğunluğu göz önüne alındığında, bu oran oldukça büyük bir geçirimsiz alan miktarına karşılık gelmekte ve yüksek seviyelerde yüzey akışlarının meydana gelmesine neden olmaktadır. Yeşil çatılar geçirimsiz çatı alanlarının bitkilendirilmesiyle geçirimli yüzeylere dönüşmesini sağlamaktadır (Dinçer,

2022). Yeşil çatı sistemleri, çatıya düşen yağışın %40-80'ini tutma kapasitesine sahiptir. Ancak bu oran, iklim koşullarına ve çatının yapısal özelliklerine göre farklılık gösterebilmektedir (Ekşi, 2012). ABD'de bulunan bir araştırma merkezi Becton Dickinson Kampüsünde sürdürülebilirlik yaklaşımıyla mekânlar ve doğa arasında bağlantı kuraracak yeşil çatı uygulaması yapılmıştır (Şekil 2.22).

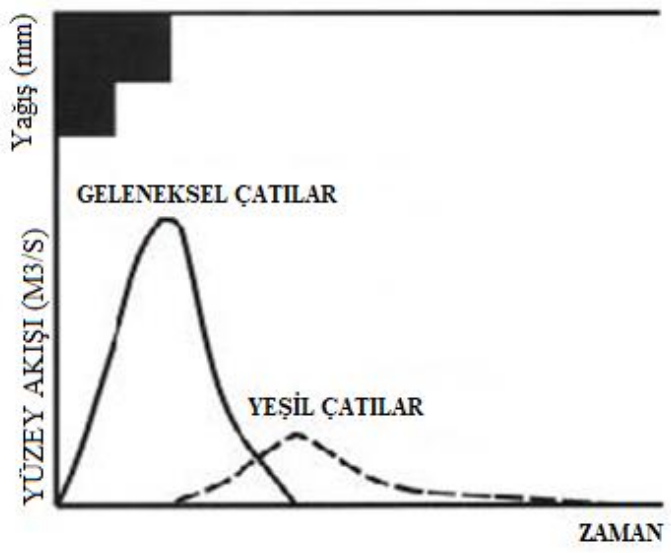


Şekil 2.22. Becton Dickinson Kampüs Merkezi yeşil çatı örneği (Demirören Civan, 2022).

Yeşil çatılar, binaların enerji verimliliğini artırmayı hedeflerken aynı zamanda kentsel yaşamın çeşitli yönlerine olumlu katkılar sağlamaktadır. Yeşil çatılar ve duvarlar, kentsel hava kalitesini iyileştirirken, günlük çiy ve buharlaşma döngüsü sayesinde özellikle sıcak yaz aylarında kentleşmiş alanları serinletme işlevi görmektedir (Green Infrastructure Guide, 2015). Yeşil altyapı kapsamında, uygun malzeme kullanımıyla yağmur suyunu toplama ve kanalizasyona iletme özellikleriyle önemli bir uygulama olarak öne çıkar. Ayrıca, yeşil çatı sistemleri yalnızca görsel estetik sunmakla kalmaz, bitki ve hayvan türlerine yaşam alanı sağlayarak biyoçeşitliliği destekler. Bunun yanında suyun filtrasyonu, ısı ve ses yalıtımı, drenaj maliyetlerinin düşürülmesi gibi pek çok fayda sunar. Yağmur suyunu drene ederek kanalizasyon sistemlerindeki yükü hafifletirken, drenaj maliyetlerini de en aza indirmektedir (Demirören Civan, 2022).

VanWoert ve ark. (2005) göre, yeşil çatılarla bitki örtüsü oluşturmak, yağmur suyu yüzey akışını azaltmaya yardımcı olmak ile birlikte kaybolan yeşil alanların yeniden

kazanılmasına da olanak tanımaktadır. Aşağıdaki şekil 2. 23'te geleneksel bir çatı ile yeşil bir çatının yüzey akışını karşılaştıran bir grafik gösterilmektedir (Dinçer, 2022).



Şekil 2.23. Geleneksel çatı ve yeşil çatı yüzey akış grafiği (Stovin ark., 2012; Dinçer, 2022).

Hilten ve ark., (2008), yeşil çatı modellemesinde, sistemin 2,54 mm/m²'den daha az yağışlarda etkin olduğunu ve bu miktarın altındaki yağışlarda yüzey akışını engellediğini belirlemişlerdir (Konyalı Dereli, 2020). Türkiye'de yağmur suyu deposu hacimlerinin hesaplanmasında, DIN standardındaki (DIN, 1989) değerlerin kullanılması önerilmektedir. Bu standartta, yağmur suyu depolarının beton, plastik veya korozyona dayanıklı çelik malzemelerden üretilmesi tavsiye edilmektedir. Çatı yüzeyinden toplanabilecek su miktarını hesaplamak için şu formül kullanılmaktadır:

Yağmur suyu verimi (m³) = Yağmur toplama alanı (m²) x Yıllık yağış miktarı (mm) x 0,8 x 0,9.

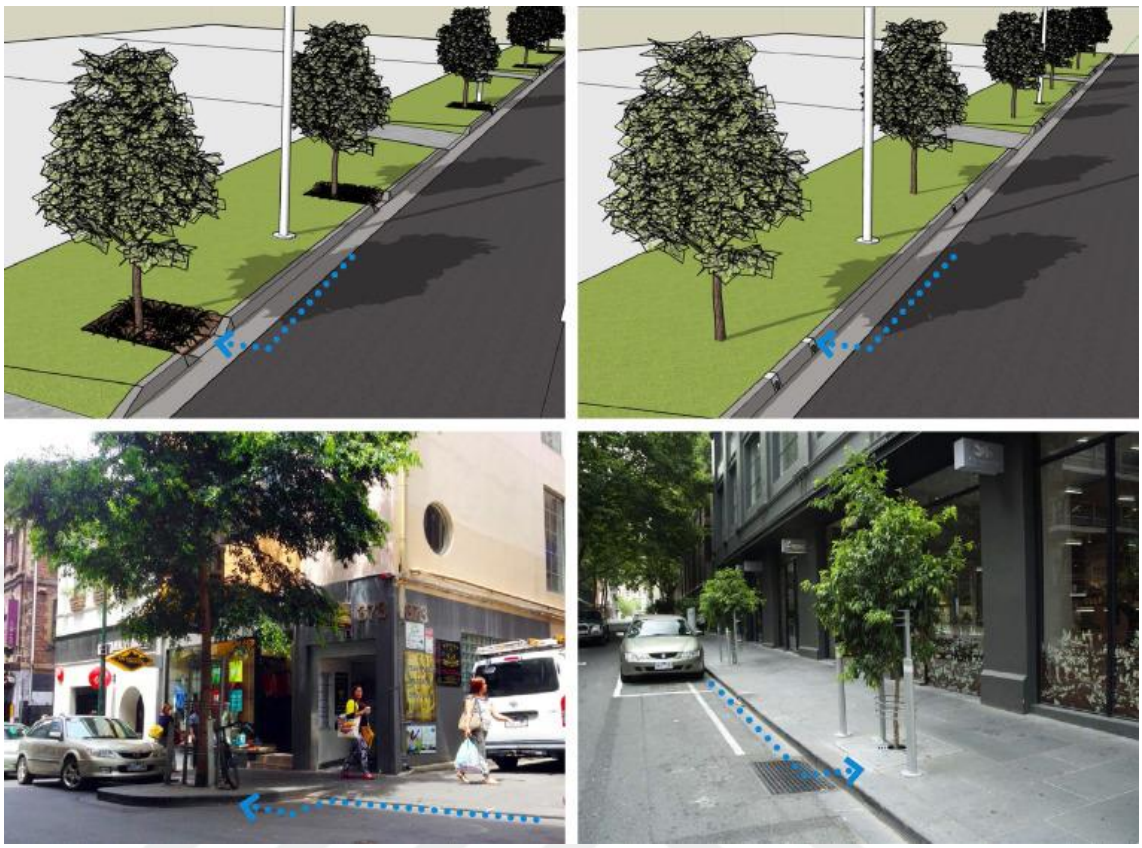
Formülün açıklaması şu şekildedir:

- Yağmur toplama alanı: Binaların çatı alanını ifade eder.
- Yıllık yağış miktarı: Meteoroloji Genel Müdürlüğü tarafından belirlenen yıllık ortalama yağış değeridir.
- Çatı katsayısı: DIN1989 Alman standartlarına göre 0,8 olarak belirlenmiş olup, çatıya düşen tüm yağmur suyunun geri kazanılamayacağını gösterir.

- Filtre etkinlik katsayısı: DIN1989 standartlarında 0,9 olarak belirtilmiştir ve çatıdan toplanan yağmur suyunun katı maddelerden ayrılmasındaki filtrenin verimliliğini ifade eder. Suyun bir kısmının filtreleme aşamasında kaybedileceği bu katsayı ile hesaplanır (Tema, 2017; Konyalı Dereli, 2020).

2.3.6. Kent Ağaçlandırması-Yeşil sokaklar

Kentsel alanlarda yapılan ağaçlandırma ve yeşil sokak çalışmaları yeşil altyapı sisteminin bir parçası olarak uygulanan önemli çalışmalardır. Bu çalışmalarla geçirimsiz asfalt yüzeyler, geçirgen parke taşları ve gözenekli betonla kaplı mevcut sokak formları arasına boşluklar bırakılarak çeşitli bitki türleri ve ağaçlar eklenir. Küçük ölçekli ya da geniş kapsamlı ağaçlandırmalar, kent ve doğa için birçok fayda sunmaktadır. Yağmur suyunun emilimini artırarak yüzeyde biriken suyun hacmini azaltır, hava kirliliğini düşürür, kent sağlığını iyileştirir ve ısı adası etkisini hafifletilmektedir. Ayrıca binaların cephesinde uzun ömürlü ağaçların kullanılması, soğutma ve ısınma sistemlerinde enerji verimliliği sağlamakta ve maliyeti düşürmektedir. Örneğin; ABD' de yapılan bir hesaplamaya göre, 55 cm çapındaki bir huş ağacı yılda 12.300 litre yağmur suyu tutmakta ve bu ülkeye yılda 265 dolarlık ekonomik fayda sağlamaktadır (Demiröreen Civan, 2022). Kent ağaçlandırmasının su yönetimi açısından çalışma prensibi şekil 2.24'te tasvir edilmiştir.

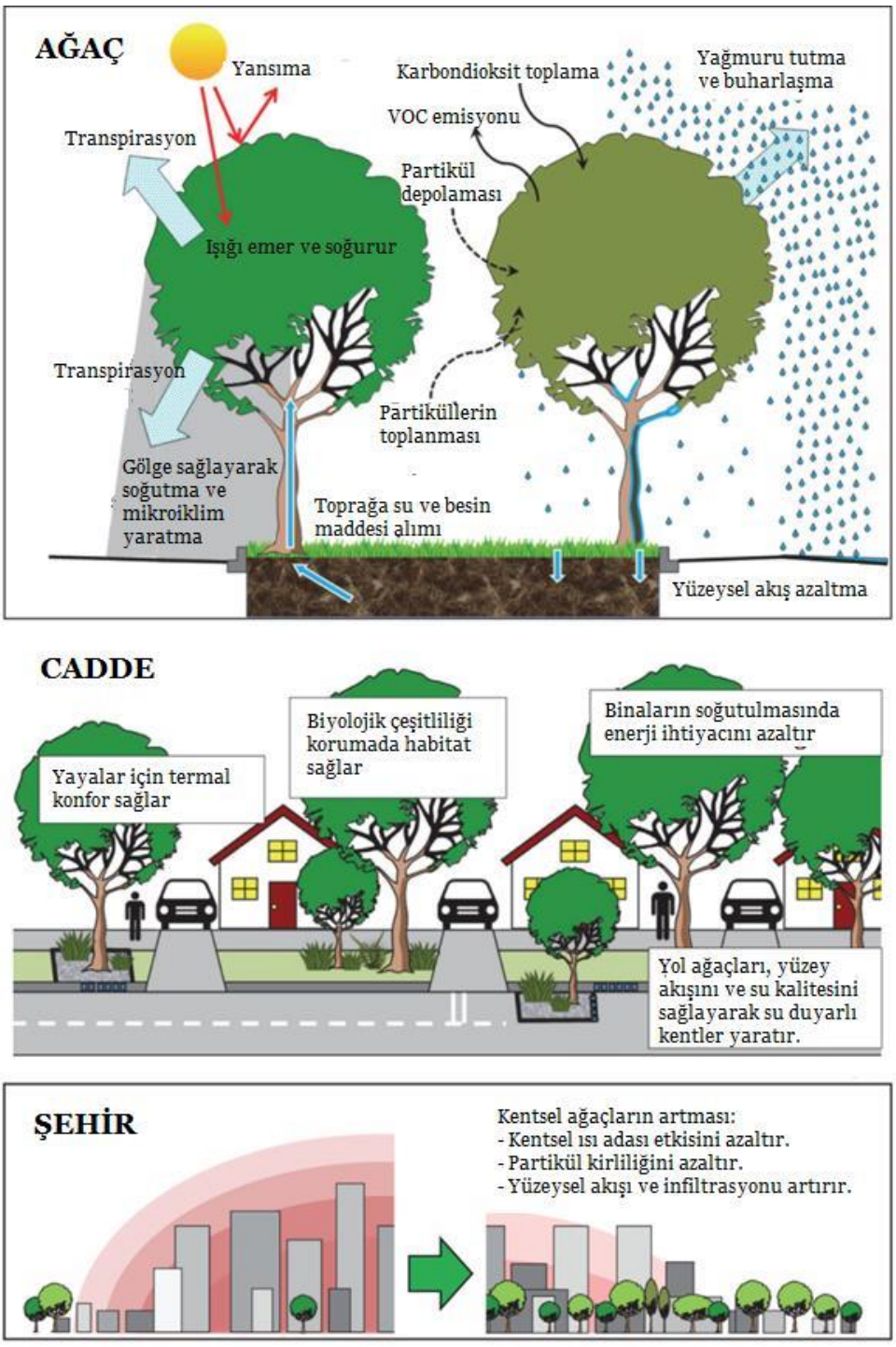


Şekil 2.24. Kent ağaçlandırmasının su yönetimi açısından örnekleri (Hoban, 2019).

Kentsel alandaki ağaçlandırma çalışmalarında ekolojik sürdürülebilirlik ilkesi doğrultusunda bitkisel tasarım çalışmaları, geniş çim alanlar ve mevsimlik çiçek parterleri yerine az bakım isteyen, çok yıllık ve yerel bitki türleri ile yapılmalıdır. Öncelikle mevcut bitki örtüsü korunarak tasarım amacına uygun şekilde değerlendirilmelidir. Yüksek bakım ve maliyet gerektiren egzotik türler yerine, bölgeye uyumlu, dayanıklı ve az bakım isteyen bitkiler tercih edilmelidir. Bu yaklaşım, kimyasal gübre ve zararlı ilaç kullanımını da en aza indirerek çevreye olan olumsuz etkileri azaltmaktadır (Korkut vd., 2017). Son yıllarda iklim değişikliğiyle ortaya çıkan su sıkıntısı ve kuraklık sorunlarını dikkate alarak suyun akılcı kullanımı ile beraber kurağa dayanıklı bitkilerin seçimi ve uygulanması önem kazanmıştır (Atik ve Karagüzel, 2007; Tırnakçı ve Aklıbaşında, 2023). Kentlerde sokak ağaçlandırmalarının sürdürülebilir yağmur suyu yönetiminde su tutma ve yüzey akışının kontrol edilmesi yanı sıra kent alanların sürdürülebilirliği ve yaşam kalitesinin arttırılması bakımından birçok faydası bulunmaktadır.

- Ağaçlar, sızma kapasitesini artırarak toprağın su tutma kapasitesini geliştirir. Yapraktan terleme yoluyla topraktaki nemi azaltarak yağmur suyu akışını düşürür ve yeraltı suyunun dolmasına katkı sağlar.
- Uygun şekilde yerleştirilen ağaçlar, gölge sağlayarak binaların soğutulması için gereken enerji miktarını azaltır. Aynı zamanda rüzgarı keserek soğuk bölgelerde ısınma ihtiyacını düşürür, bu da enerji tüketiminde azalmaya yol açar.
- Ağaçlar, hava kirliliğine yol açan maddeleri (örneğin; NO2, SO2 ve O3) emerek ve partikül maddeyi (PM10) filtreleyerek hava kalitesini artırır. Ayrıca sera gazı salınımını azaltarak iklim değişikliğiyle mücadeleye katkıda bulunur.
- Atmosferdeki karbondioksiti emerek CO2 seviyelerinin düşmesine yardımcı olurlar. Enerji tüketimini azaltmaları da bu etkiyi artırır.
- Ağaçlar, kentsel ısı adası etkisini azaltarak ısı kaynaklı sağlık sorunlarını ve ölümleri en aza indirir.
- Ağaç dikmek, gölge sağlayarak açık hava etkinlikleri için alanlar yaratır ve ses kirliliğini azaltarak yaşam kalitesini artırır.
- Yerel bitki türlerinin kullanılması, yaban hayatı için yaşam alanları oluşturur.
- Gelecekteki çevresel ve ekonomik zorlukları yönetmek için topluluk katılımı önemlidir. Yeşil altyapı, sürdürülebilir su yönetimi konusunda farkındalık yaratmak için bir fırsat sunar (CNT, 2010; Demirören Civan, 2022)

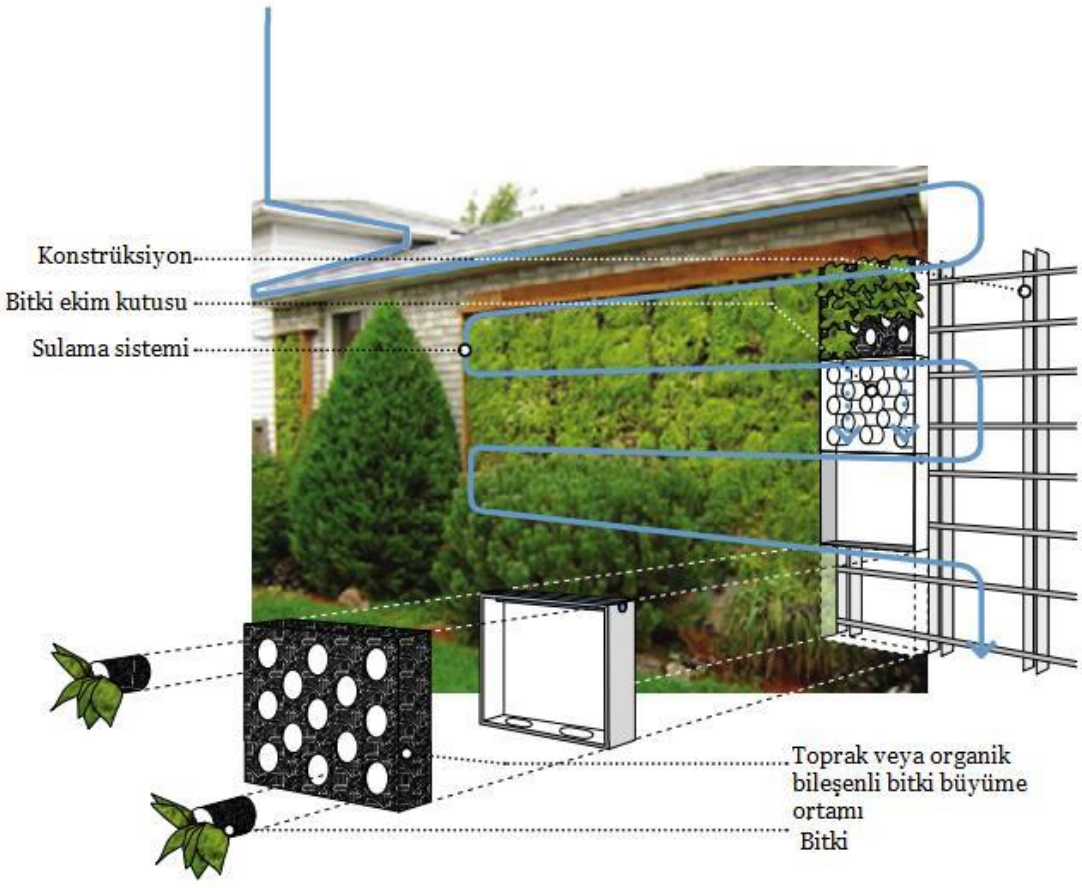
Yol ağaçlarının kente sağladığı pek çok fayda arasında yüzeysel akışın kontrolü, estetik değer katma, iklimi dengeleme ve enerji ihtiyacını azaltma, havayı temizleme ve gürültüyü azaltma gibi unsurlar bulunmaktadır. Ağaçlar, terleme yoluyla topraktan su çekerek akışı toplar. Yapraklar, dallar ve gövde sayesinde toprağa ulaşan su miktarı ve akış hacmi azalır. Ağaçlar, topraktan aldıkları suyu zararlı kimyasallardan arındırmaktadır (Konyalı Dereli, 2020). Ağaçların kentsel alanlarda sağladağı faydaların cadde ve şehir ölçeğinde şematik olarak şekil 2.25'te gösterilmiştir.



Şekil 2.25. Ağaçların sağladığı faydalar (Konyalı Dereli, 2020).

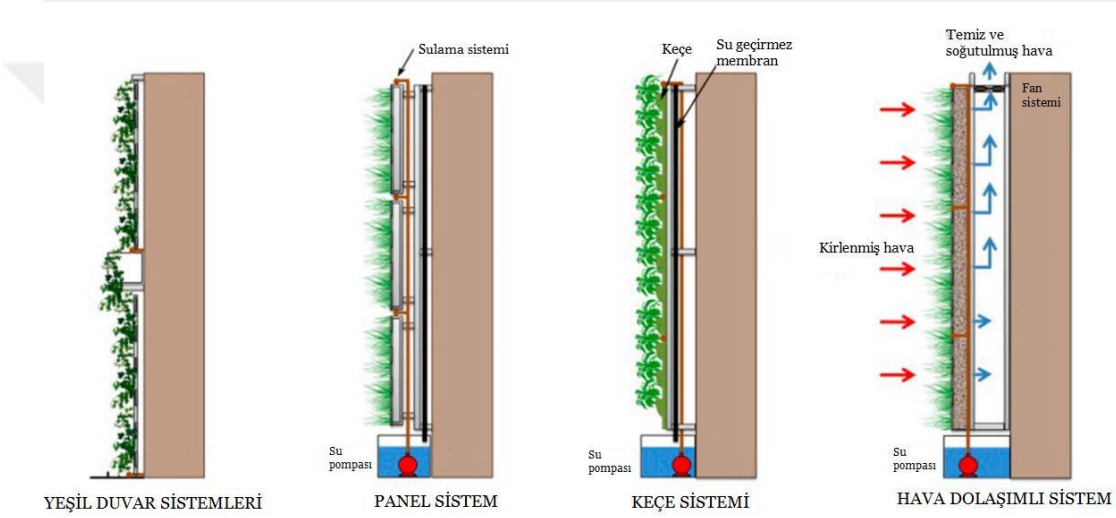
2.3.7. Yeşil duvar-Dikey Bahçe

Bitkisel materyalin yapı yüzeyinde geliştiği duvar sistemlerine yeşil duvar ya da dikey bahçe adı verilmektedir. Yapı yüzeyini kaplayan bitki örtüsü, yapının mikro iklimini düzenlemede etkili bir rol oynar (Konyalı Dereli, 2020). Cephelerde, toprak içerisinde, doğrudan duvar üzerinde veya saksılarda yetişen bitkisel elemanlarla yapı kaplanır (şekil 2.26). Bu sistemin temel unsurları; bitki, yetişme ortamı, kök tutucu katman, taşıyıcı katman, filtre katmanı, su yalıtımı, ısı yalıtımı, buhar kesici tabaka ve duvar taşıyıcı sistemden oluşur. Kullanılan malzeme türüne, malzemelerin sistem içindeki yerleşimine ve uygulandığı alana göre sisteme ek unsurlar dahil edilebilmektedir (Erdoğdu ve Çetiner, 2014).



Şekil 2.26. Yeşil duvar prensibi (Huber, 2010; Konyalı Dereli, 2020).

Dikey bahçeler, yapı cephelerinde iç ve dış mekân arasında bağ kurarak insan ve doğa etkileşimini arttırmaktadır. Hem iç hem dış mekânlarda uygulanabilen bu sistemler, kullanılan malzemeye, yapısal duruma ve bitki seçimine göre çeşitlilik gösterirler. Bitkiyi besleyecek ortam, sulama ve bakım teknikleri ile malzemelerin bağlantısı farklı yöntemlerle sağlanmaktadır. Dikey bahçeler; metal çit, panel, hidroponik panel, topraklı panel, modüler, keçe, asma ve hava dolaşımlı sistem gibi çeşitli uygulama yöntemleri mevcuttur (İpekçi ve Yüksel, 2012; Konyalı Dereli, 2020). Panel sistem, keçe sistemi ve hava dolaşımlı sistem örnekleri şekil 2.27'de gösterilmiştir.



Şekil 2.27. Yeşil duvar uygulama yöntem örnekleri (Pérez-urrestarazu vd., 2016; Konyalı Dereli, 2020).

Dikey bahçeler, kentsel alanlarda yaban hayatı için habitat oluşturulması ve biyolojik çeşitliliğin artırılmasına katkı sağlamaktadır. Bitkilerin biyolojik aktiviteleri sayesinde karbondioksit seviyesini düşürür, toz ve partikülleri emer, oksijen miktarını artırır ve hava kalitesini iyileştirirler. Ayrıca, yağmur suyunu kirletici kimyasallar, ağır metaller ve organik maddelerden arındırır ve UV ışınları ile aşırı sıcaklık değişimlerinin olumsuz etkilerinden koruma sağlar. Kentlerde ısı adası etkisini azaltmaya ve yağmur suyunun yüzeysel akışını kontrol altına almaya yardımcı olmaktadır. (İpekçi ve Yüksel, 2012; Kiper vd., 2017). Nitekim, Santiago'da yapılan bir araştırmada, bitki örtüsüyle kaplanmış duvarların diğer çıplak yüzeylere kıyasla 30°C daha serin olduğu

belirlenmiştir (Victorero vd., 2015; Kiper vd., 2017). Dikey bahçeler, çeşitli sosyolojik, psikolojik, ekolojik, rekreatif, ekonomik ve mimari amaçlarla geliştirilmiştir. Dikey bahçelerin uygulanma amaçları ve sağladığı başlıca faydalar şunlardır:

- Sanayileşme ve kentleşme nedeniyle artan hava kirliliği ile mücadele etmek,
- Kentsel ısı adası etkisini azaltmak,
- Yapılarda enerji verimliliği sağlamak ve ısıtma ile soğutma ihtiyacını karşılamak,
- İç mekân ile dış mekan arasında havalandırma sağlamak,
- Kent estetiğine katkıda bulunarak mimari açıdan görsel zenginlik yaratmak,
- Çevresel olumsuzluklara karşı yapıyı korumak,
- Yapıları doğal çevre ile uyumlu hale getirmek,
- Azalan doğal su kaynaklarının daha verimli kullanılmasını sağlamak ve kentsel altyapıya binen atık su yükünü azaltmak (Aygencel, 2011; Konyalı Dereli, 2020).



Şekil 2.28. Yeşil duvar örneği (Anonim, 2024o)

Şekil 2.28’ de bina üzerinde farklı yöntemler ile uygulaması yapılmış dikey bahçe örnekleri gösterilmiştir. Lau ve Mah (2018), Malezya'nın Kota Samarahan kentinde bir binaya dikey bahçe inşa ederek, USEPA SWMM 5.1 programı ile bu bahçenin yüzeysel akışını incelemişlerdir. Araştırma sonuçlarına göre, yoğun yağış dönemlerinde yüzeysel akışın %55 oranında azaldığı gözlemlenmiştir (Konyalı Dereli, 2020).

2.3.8. Yapılandırılmış Sulak Alanlar

Sulak alanlar, zengin biyolojik çeşitlilik ve yüksek biyolojik üretim potansiyeline sahip ekosistemlerdir. Bu alanlar, yeraltı dengesinin korunması, erozyonun önlenmesi, yeraltı suyu boşaltımı, rüzgâr engelleme, su baskınlarının kontrolü, atık ve toksinlerin birikiminin engellenmesi, sahil bölgelerinde iklimin düzenlenmesi, su transferi gibi işlevlerle önemli roller oynamaktadır. Ayrıca, rekreasyon ve turizme katkı sağlarken, birçok bitki ve hayvan türü için yaşam alanı sunar. Yapılandırılmış sulak alanlar, kentsel peyzajda geçirgen yüzeylerin oluşturulmasına yardımcı olur ve sulak alanların sağladığı benzer faydaları sağlamaktadır (Sert 2013). Sulak alanlar, estetik değerlerinin yanı sıra biyolojik çeşitliliği de desteklemektedir. Aynı zamanda taşkınlara karşı depolama kapasitelerini artıracak şekilde tasarlanabilmektedir. Sulak alanlarda kullanılan bitkiler ve algler, suyu filtreleyerek su kalitesini iyileştirmektedir. Bu nedenle, sulak alanlar sadece drenaj kanalları veya boru sistemleri ile küçük kentsel kanalizasyon alanlarında değil, aynı zamanda sedimantasyon yönetimi problemlerine çözüm olarak da görev alabilmekte ve tortu tutucu işlevi görebilmektedir (Poleto ve Tassi, 2012; Konyalı Dereli, 2020). Özetle, yapılandırılmış sulak alanların sağladığı başlıca işlevleri;

- Su akışını kontrol etmek ve su baskınlarını engellemek,
- Su kalitesini iyileştirmek ve yönetmek,
- Sucul faunaların üremesi ve beslenmesi için önemli bir rol oynamak,
- Kara faunası için yaşam alanı sağlamak ve biyoçeşitliliği korumak,
- Kirliliği kontrol eden ve filtreleyen sistemler olmak şeklinde sıralanabilmektedir (Poleto ve Tassi, 2012; Konyalı Dereli, 2020).

ABD'nin Portland kentinde yağmur suyunu tutma amacıyla düzenlenmiş Tanner Spring Park (Şekil 2.29); 0.92 hektar su tutma alanı ile başarılı bir örnek olarak kabul edilmektedir. Eskiden kurumuş bir göl ve ıslak alan özelliğinde ancak atıl durumda olan bu arazi, park olarak yeniden düzenlenmiş ve 2002 yılında kullanıma açılmıştır. Parkın dairesel hatları üzerinden gelen tüm yüzey suları toplanarak arazi üzerinde akış sağlanmaktadır. Suyun kanallarla drenaj hatlarına yönlendirilmesi yerine, bitkiler aracılığıyla filtrelenmesi şeklinde tasarlanmıştır (Tokuş ve Özdemir, 2017).



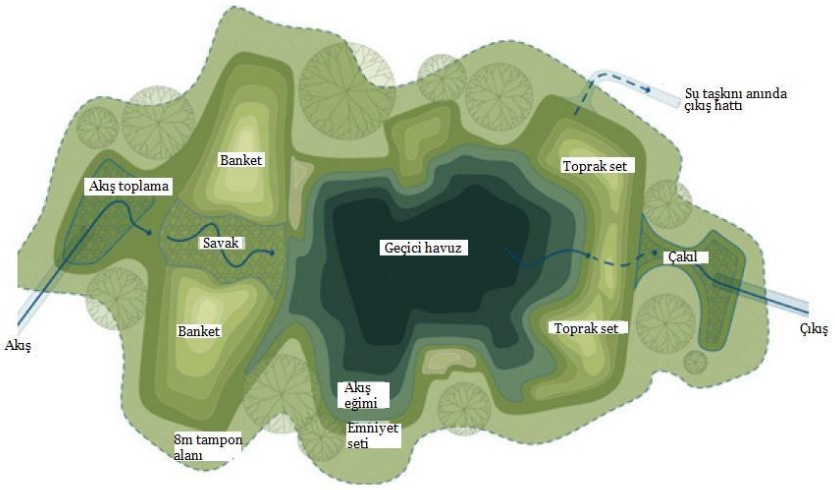
Şekil 2.29. Portland'ta mahalle parkında yapılandırılmış sulak alan örneği (Tokuş ve Özdemir, 2017).

Steiner vd. (1988), doğal sulak alanların suyu fiziksel, kimyasal ve biyolojik olarak filtrelediğini belirterek, yapay sulak alanlarının da benzer süreçleri destekleyen sistemlere sahip olduğunu vurgulamıştır. Bachand ve Horne (2000) ise, yapay sulak alanların yağmur sularını arıtarak azot geri kazanımının 4 ile 4.000 mg/m² arasında değiştiğini gözlemlemişlerdir (Konyalı Dereli, 2020). Yüzey akışının tutulması ve depolanması için kullanılan sulak alanlar (şekil 2.32); fırtına olayları sırasında öngörülemeyen kaynak fazlalığını aldıkça yükselebilen ve sistem taşkınını önlemek için suyu tutan kalıcı bir su seviyesine sahiptir (Anonim, 2023b). Böylece kentsel alanlarda su yönetimini düzenlemeye yardımcı olmaktadırlar.



Şekil 2.30. Sulak alan örneği (Anonim, 2023b).

Yapay sulak alanlar, kentsel ortamlarda doğal sulak alanların hidrolojik ve ekolojik işlevlerini taklit etmektedir. Yağmur suyunu toplayarak su filtrasyonu gibi ekosistem hizmetleri sunar. Düşük buharlaşma oranlarıyla yaz kuraklığına dayanabilir ve suyun toprağa yavaşça sızmasını sağlarlar. Tasarımında doğal sulak alan bitki türlerine ve kendi içinde bir su döngüsüne yer verilmelidir. Bu doğrultuda Şekil 2.31' de yapay sulak alan planı gösterilmiştir (Konyalı Dereli, 2020).



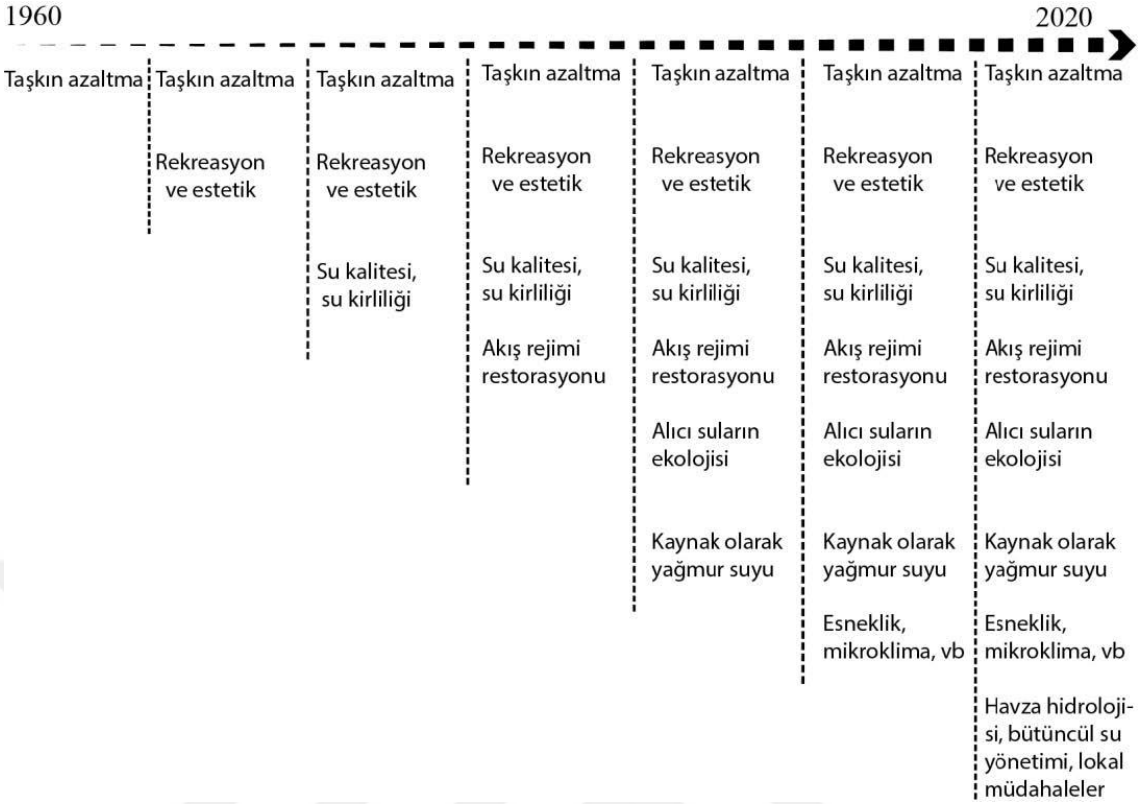
Şekil 2.31. Yapay sulak alan planı (Konyalı Dereli, 2020).

2.4. DOĞA TEMELLİ ÇÖZÜM YÖNTEMLERİNİN PEYZAJ ETKİ DEĞERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

1970'lerde, yağmur suyu yönetiminde geleneksel taşıma yaklaşımlarının olumsuz etkilerinin fark edilmesiyle birlikte, tutma, sızdırma ve geri bırakma (detention, retention ve recharge) kavramlarına odaklanılmaya başlanmıştır. Daha sonraki yıllarda, özellikle 1980 ve 1990'larda, yağmur sularının önemli bir kirlilik kaynağı olarak görülmesi, yerel su kaynaklarının korunması ve yönetimi için yeni yöntemlerin benimsenmesine zemin hazırlamıştır. Bu süreçte, göller, sulak alanlar ve kök alanı arıtımı gibi doğal ya da yapay biyolojik sistemler üzerinden akışın azaltılması ve arıtılması yöntemleri gündeme gelmiştir. Bu gelişmeler, yağmur suyu yönetiminin temel hedeflerini, ekolojik sistemlerin korunması ve doğal su döngüsünün desteklenmesi doğrultusunda şekillendirmiştir. Akış kontrolünün avantajları deneyimlendikçe, suyu kaynağında yönetme prensibine yönelik çalışmalar 1990'lardan itibaren hız kazanmıştır. Bu doğrultuda, sürdürülebilir kentsel drenaj sistemi (SUDS) Birleşik Krallık'ta, düşük etkili geliştirme (LID) ve yeşil altyapı ABD'de, suya duyarlı kentsel tasarım ise Avustralya'da şehir drenaj planlarına entegre (Gülcü, 2021), gri suyun yeniden kullanımı, güneş enerjisinin toplanması ve kullanımı, yeraltı suyu kaynaklarının yenilenmesi gibi uygulamalar, su tüketimini en aza indiren ve "Kurakçıl Peyzaj (Xeriscape)" dönem anlayışını yansıtan örnekler arasında yer almaktadır (Sert, 2013). Ayrıca akışı yerinde tutma yönetimi, yeşil bina derecelendirme sistemlerinde önemli bir kriter haline gelmiştir (USGBC, 2013; Gülcü, 2021). 1995'ten itibaren, yapılı çevrenin ekolojik ve ekonomik işlevlerini değerlendirmek amacıyla Amerika Yeşil Binalar Konseyi tarafından LEED sertifikasyon sistemi geliştirilmiştir (Brown vd., 1998; Sert, 2013; Gülcü, 2021). Sürdürülebilir mekânlar oluşturmayı desteklemek ve oluşturulan mekanların kalitesini yükseltmek için dünya genelinde farklı kriterlere dayalı sertifikalar ve ödüller verilmeye başlanmıştır (Gülcü, 2021). LEED ve BREEAM gibi sistemler yapı sektöründe sertifikasyon sağlarken, peyzaj mimarlığı için ASLA tarafından geliştirilen Sustainable Sites Initiative (SITES) ödül ve derecelendirme sistemi kullanılmaktadır. SITES'in sürdürülebilirlik kriterleri hidroloji, toprak, vejetasyon, malzeme ve insan sağlığı ve refahı başlıkları altında toplanmıştır. Hidroloji kapsamında, yağmur ve fırtına suyu yönetiminin tasarımda ele alınış biçimi önem

taşımaktadır. Yeraltı sularını koruma, su kalitesini artırma, çevresel estetiğe katkı sağlama ve rekreasyon alanları yaratma gibi unsurlar değerlendirme kriterlerindendir. Ayrıca, LEED'in su verimliliği kriteri, projelerde yağmur suyunun toplanması ve kullanılması uygulamalarını teşvik etmektedir (Gülcü, 2021).

Zamanla değişen koşullar çerçevesinde, çeşitli ülkelerde benzer yöntemler farklı yaklaşımlar doğrultusunda uygulanmaya başlanmıştır (Gülcü, 2021). Giderek artan bir şekilde doğa temelli çözümler yaklaşımına yönelim gözlenmektedir. Kentsel su yönetimi kapsamında, New York'un istiridye resiflerini restore etmesi, Seul'ün beton altına gömülü su akışlarını ortaya çıkarması ve Çin'in sünger şehir yaklaşımını geliştirmesi gibi örnekler dikkat çekmektedir. Bu şehirler yalnızca geleneksel mühendislik yöntemlerine güvenmek yerine, sel kontrolünün ile beraber rekreasyonel alanlar oluşturmak ve biyolojik çeşitliliği artırmak gibi birçok fayda sağlamak için doğal altyapıyı kullanmaktadır. Doğal altyapıya da odaklanarak, özellikle iklim değişikliğiyle mücadelede uyum ve dayanıklılık sağlamayı hedeflemektedir. (Anonim, 2024b). Başlangıçta taşkınları azaltmak amacıyla geliştirilen yağmur suyu yönetimi, birleşik kanalizasyon sistemlerinin alıcı suları kirleterek kentsel çevreyi olumsuz etkilemesiyle, su kirliliği ve su kalitesini de ele almaya başlamıştır. Saçaklanan kentlerde artan geçirimsiz yüzey oranı ve iklim değişikliğinin gündeme gelmesi, yağmur sularının kaynak olarak görülüp hasat edilmesine yönelik tekniklerin gelişmesine olanak sağlamıştır. Zamanla, kent hidrolojisinin topoğrafya, bitki örtüsü, akarsu ve yağış rejimleriyle yakından ilişkili olduğu anlaşılmıştır. Şekil 2.32'de gösterildiği gibi, başlangıçta taşkın azaltmaya odaklanan kentsel drenaj sistemleri, suyun bir ekosistem olarak kabul edilmesiyle havza hidrolojisine genişlemiş ve süreç, ekolojik, sürdürülebilir ve bütüncül bir yaklaşımla yorumlanmaya başladığı gösterilmektedir (Gülcü, 2021).



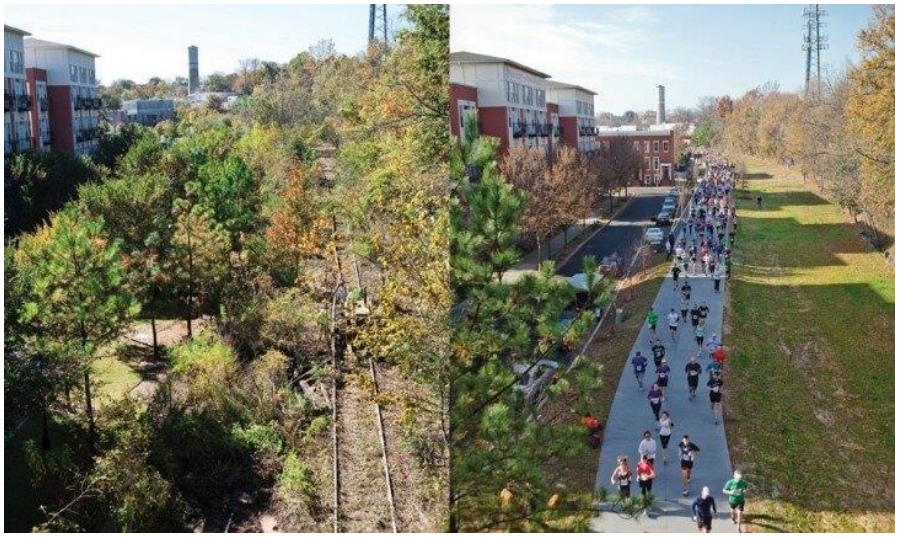
Şekil 2.32. Kentsel su yönetiminin zaman içinde artan kapsamı (Fletcher vd., 2014; Gülcü, 2021).

Kentlerde doğa temelli çözüm yöntemlerinin kullanılması kentsel ısı adası etkisini ve taşkın risklerini azaltarak artan yağış ve fırtına dalgalarına karşı koruma sağlamaktadır. Bitkiler, sadece toprakta veya çatılarda değil, bina cephelerinde de kullanılmakta; dikey bahçeler yaygınlaşmaktadır. Ayrıca, kentsel atık alanlar ve kullanılmayan endüstriyel altyapılar, yeniden doğaya kazandırılarak hem kentsel biyoçeşitlilik için habitat hem de şehir sakinleri için rekreasyon alanı sunmaktadır. New York'taki High Line (Şekil 2.33) ve Atlanta'daki BeltLine (Şekil 2.34) projeleri, bu dönüşümün öncü örneklerindendir (Anonim, 2024b).



Şekil 2.33. New York'taki High Line projesi öncesi ve sonrası (Anonim, 2022d).

New York'ta Manhattan'ın Batı Yakası'ndaki High Line Park, kullanılmayan yükseltilmiş bir endüstriyel demir yolu hattının parka dönüştürülmesiyle oluşturulmuş kamusal bir alandır. Terk edilen demir yolunda yetişen yabani otlardan esinlenerek doğal büyümeyi teşvik eden bir kaldırım sistemi tasarlamıştır. Sürekli değişen yüzeylere sahip kaldırımlar, yeşil alanlar, su öğeleri, oturma ve dinlenme alanları ile gösteri mekânları gibi çeşitli bölümler sunarak ziyaretçilere parkı istedikleri gibi deneyimleme fırsatı tanımaktadır (Anonim, 2022d).



Şekil 2.34. Atlanta'daki BeltLine projesi öncesi ve sonrası (Anonim, 2024t).

Atlanta Şehri'nde bir zamanlar şehrin iç kesimlerinde gelişen endüstriye hizmet etmek amacıyla inşa edilmiş 22 mil uzunluğundaki terk edilmiş demir yolu koridoru; günümüzde yeniden kullanımı için uyarlanarak kente kazandırılmıştır. BeltLine projesi, 45 mahalleyi toplu taşıma, yürüyüş yolları ve açık alanlarla birbirine bağlamayı hedeflemektedir. Bu proje, topluluk oluşturma, gönüllülük faaliyetleri, spor etkinlikleri ve yardım amaçlı etkinlikler için dinamik bir ortam sunmaktadır. Aynı zamanda, kamusal sanat sergilerine ve yerel müzik performanslarına ev sahipliği yaparak Atlanta'nın kültürel zenginliğine önemli bir katkı sağlamaktadır. Proje dâhilinde Historic Fourth Ward Parkı, yüzyılda bir meydana gelebilecek sellere dayanma kapasitesine sahip, yağmur suyu tutma havzası görevi gören iki dönümlük göl içermektedir (Şekil 2.35) (Anonim, 2024t).



Şekil 2.35. Atlanta'daki BeltLine projesi; Historic Fourth Ward Park'ta bulanan göl (Anonim, 2024t).

Dünya nüfusunun kentsel alanlarda yaşayan oranı, 1950'de %30 iken 2018'de %55'e yükselmiş ve 2050'de %68'e ulaşması beklenmektedir; bu artışın %90'ının Asya ve

Afrika'da gerçekleşeceği öngörülmektedir (UNDESA, 2019). Kentler, küresel gayri safi yurt içi hasılanın yaklaşık %60'ına katkıda bulunarak ekonomik büyümenin merkezleri olsalar da aynı zamanda küresel karbon emisyonları ve doğal kaynak kullanımının önemli bir bölümünden sorumludurlar (BM, 2019). Kentsel alanlar, 1992-2018 yılları arasında iki kattan fazla büyüyerek biyolojik çeşitliliğin kaybına yol açmıştır (IPBES, 2019). Ayrıca, kentleşme, kentsel ısı adası etkisi nedeniyle kent merkezlerinin çevrelerinden daha sıcak olmasıyla küresel ısınmanın etkilerini daha da artırmaktadır (IPCC, 2021). Giderek daha fazla insanın kentsel alanlarda yaşamasıyla birlikte, iklim değişikliği ve doğal kaynak kaybının kötüleşen etkileri sonucunda kentsel sürdürülebilirlik sorununu daha da büyütmekte ve kararlı eylem ihtiyacını her zamankinden daha acil hale getirmektedir (Anonim 2024b).

2.4. 1. Doğa Temelli Çözümlerin Peyzaj Etki Değeri ve Bileşenleri

Doğa temelli çözümlerin peyzaj etki değeri, doğa temelli uygulamaların çevresel, sosyal ve ekonomik bağlamda bir peyzaj üzerinde oluşturduğu etkilerin toplam değerlendirmesini ifade eder. Bu değer, ekosistem hizmetlerinin gelişimi, biyoçeşitlilik üzerindeki olumlu etkiler, karbon yutak kapasitesi, su kalitesi ve miktarı, toprağın korunması gibi çeşitli unsurların analiz edilmesiyle ortaya çıkmaktadır. Peyzaj etki değeri belirlenirken ekolojik etki değeri, ekonomik etki değeri ve sosyal etki değeri başlıkları altında incelemeler yapılmaktadır.

Ekolojik Etki Değeri; Doğa temelli çözüm yöntemleri, bitki örtüsünün korunması, yeşil alanların artırılması ve su sistemlerinin yenilenmesi gibi yaklaşımlarla ekolojik dengeleri desteklemektedir. Yeşil çatı, Yağmur bahçeleri gibi doğa temelli uygulamalar ile ekosistemlerin sunduğu yararları artırır, biyolojik çeşitliliği destekler ve karbon emisyonlarını azaltır.

Ekonomik Etki Değeri; Doğa temelli çözüm yöntemleri, geleneksel kent drenaj sistemlerini destekleyerek sel ve taşkın gibi doğal afetlere karşı koruma sağladığı için altyapı maliyetlerini düşürmektedir. Ayrıca, ekoturizm fırsatları yaratabilir ve çevresel kaynakların sürdürülebilir kullanımıyla ekonomik avantaj sağlamaktadır.

Sosyal Etki Değeri; Doğal peyzaj alanlarının artırılması, şehirlerde yaşam kalitesini yükseltmektedir. Sosyal etkileşimi teşvik eder ve sağlık üzerinde olumlu etkiler yaratır. Örneğin, yeşil alanlar ve rekreasyon alanları insan sağlığına fayda sağlar ve şehirlerde iklim değişikliği kaynaklı aşırı sıcaklıkları düşürmeye katkıda bulunur.

İklim değişikliği kentlerdeki zamanımızın en büyük çevre sorunlardan biridir. Su kıtlığı, taşkınlar, deniz seviyesinin yükselmesi, biyolojik çeşitlilik kaybı, hava kirliliği, orman yangınları ve bitki örtüsü değişiklikleri gibi çevresel sorunların çoğu iklim değişikliğiyle büyük ölçüde ilişkilidir (Bigler vd., 2006). Bu durum, hem ekosistemler hem de insan yaşamı için büyük tehditler oluşturmaktadır. Kentsel alanlardaki parklar, bahçeler ve yeşil alanlar, çevresel ve sosyal faydalar sağlayarak ekosistem hizmetleri sunar (Gill vd., 2007). Bu alanlar, hava ve su arıtımı, mikro iklim stabilizasyonu gibi çevresel nitelikleri iyileştirirken, biyolojik çeşitliliği destekler ve faunanın şehirlere göçünü artırarak biyoçeşitliliğin korunmasına katkıda bulunur (Barbosa vd., 2007, Angold vd., 2006). Yeşil alanlar, aynı zamanda kentsel sakinlerin yaşam kalitesini yükseltir, stresin azalmasına, ruh sağlığının iyileşmesine ve çocukların fiziksel ve zihinsel gelişimine yardımcı olur (Hartig vd., 1991). Ayrıca, sosyal iletişimi artırır, şehrin çekiciliğini ve emlak değerlerini yükseltir (Jim ve Chen, 2009). Daha yeşil çevrelerde yaşayanlar, daha düşük suç korkusu, vandalizme bağlı güvensizlik ve daha az şiddet eğilimi bildirmektedir (Chiesura, 2004, Alizadeh ve Hitchmough, 2019).

2.4.2. Doğa Temelli Çözümlerin Ana ve Alt Bileşenleri

ABD Çevre koruma ajansı 2015 yılında yeşil altyapının kentsel alandaki işlevlerini genel olarak beş başlık altında değerlendirmiştir. Bunlar; su kalitesi ve miktarı, hava kalitesi, iklim değişikliği, biyoçeşitlilik ve toplum sağlığıdır (Shakouri, 2016). Doğa temelli uygulamalar yeşil altyapının elemanları olduğundan aynı başlıkları ana ve alt bileşen olarak değerlendirmek mümkündür.

- **Su kalitesi ve miktarı**

Belirli zaman dilimlerinde yağmur suları, yer altı su kaynaklarıyla birlikte akarsular, göller ve barajlara birçok kirletici madde taşımaktadır. Kentsel alanlarda ise yoğun

yağışlar sırasında, yağmur suları kentsel atık su veya kanalizasyon sularıyla birleşerek kirletici maddelerin şehir su sistemine karışmasına neden olmaktadır. Yeşil altyapı planlaması ile yağmur sularının uygun şekilde yönlendirilmesiyle doğal sızma desteklenmekte ve daha az yağmur suyunun kent kanalizasyonuna gitmesi sağlanmaktadır (Shakouri, 2016).

Yapısal yüzeylerin yoğun olduğu kentlerde, şiddetli yağışlar sırasında yağmur suları nehir ve derelere akarak taşkın ve sel riskini artırmaktadır. Ancak, yeşil altyapının temel bileşenleri olan doğal ve kentsel yeşil alanlar, su akış hızını yavaşlatarak yağmur suyunun deşarjını azaltmakta ve sel riskini önlemektedir. Ayrıca, yağmur suyunun hasat edilmesi ve toplanması yöntemiyle bu sular daha verimli kullanılmakta, böylece kamusal ve özel maliyetlerin düşürülmesine katkı sağlanmaktadır (Shakouri, 2016).

- **Hava kalitesi**

Kentsel alanlarda hava kalitesi, özellikle şehir yaşamından kaynaklanan aktiviteler nedeniyle birçok kirletici madde içermektedir. Bunun yanında, kentsel bölgelerde azot oksitler ve uçucu organik bileşikler, genellikle ısı ve güneş ışığı etkisiyle etkileşime girerek kentsel yüzeyde ozon oluşumuna neden olmaktadır (Akimoto 2003). Bu durum, kamu sağlığı üzerinde olumsuz etkiler yaratmanın yanı sıra kentsel hava kirliliğinin artışına yol açmıştır. Yeşil altyapının temel bileşenlerinden biri olan bitkisel materyaller, öncelikle kentsel alanlarda hava sıcaklığını düşürerek bu etkileşimi engellemektedir. Bununla birlikte, birçok ağaç türü hava kirleticilerini emerek kentsel hava kirliliğini azaltmaktadır (Yang vd. 2005). Böylelikle, yeşil altyapı kentsel hava kalitesini iyileştirerek şehir sakinlerinin yaşam kalitesine olumlu katkılar sunmaktadır (Shakouri, 2016). Yeşil altyapı, karbon tutma, gölgeleme ve sıcaklık düşürme gibi özellikleriyle, enerji tasarrufu sağlayarak emisyonların azaltılmasına katkıda bulunmaktadır. Kullanılan bitki örtüsü, partikül maddeleri yakalama işlevi görürken, rüzgâr koruması, geliştirilmiş su yönetimi ve sağlıklı ekosistemler sayesinde hava kalitesinin iyileştirilmesine yardımcı olmaktadır (Yanık, 2023)

- **İklim değişikliği**

İklim değişikliği, günümüzün en büyük sorunlarından biri olarak öne çıkmaktadır. Özellikle son yıllarda, iklim değişikliğinin neden olduğu doğal afetlerin artışı, bu değişime çözüm sağlayacak planlama yaklaşımlarının geliştirilmesini zorunlu hale getirmiştir. Kentsel alanlarda ısı adalarının oluşumu, iklim değişikliğinde önemli bir role sahiptir. Bunun temel nedeni, şehirlerde giderek artan bina ve yapısal alan yoğunluğudur. Doğal ve yeşil alanların yok olması, ısı adalarının oluşumunu daha da hızlandırmaktadır (Bowler vd., 2010). Yeşil altyapı planlama yaklaşımı ise, kentsel alanlarda mevcut doğal ve yeşil alanların korunmasını sağlayarak bu olumsuz etkileri azaltmaktadır (Rosenzweig vd., 2006; Oliveira vd., 2011). Ayrıca, yeşil çatı ve yeşil duvar uygulamaları, binalardaki ısı akışını azaltarak ısı adalarının etkilerini minimum seviyeye düşürmektedir (Shakouri, 2016).

- **Biyoçeşitlilik**

Son yıllarda kentleşmenin biyoçeşitlilik üzerindeki en önemli etkilerinden biri, yaşam alanlarının kaybolması veya parçalanması olarak tespit edilmiştir. Uslu ve Shakouri (2013)'ye göre, "peyzajdaki fiziksel değişimlerin yanı sıra, doğal vejetasyonun yok olması, egzotik türlerin yayılması, doğal alanların kaybı, parçalanması ya da izole edilmesi kentsel biyoçeşitliliği tehdit eden diğer unsurlar arasında yer almaktadır". Kentsel yeşil altyapı planlamasıyla doğal ve yeşil alanlar korunarak öncelikle bitki ve yaban hayatı türlerinin yaşam alanları muhafaza edilmektedir. Bunun yanı sıra, erozyon ve sedimantasyon kontrol altına alınarak, akarsular ve su koridorları boyunca habitat çeşitliliği artırılmaktadır. Ayrıca, bu alanlar arasında bağlantılar oluşturularak yaban hayatının hareketleri kolaylaştırılmakta ve farklı yaşam alanlarında bulunan popülasyonların birbiriyle etkileşime geçmesi sağlanmaktadır (Shakouri, 2016).

- **Toplum sağlığı**

Yeşil altyapının bireylerin ve toplumun sağlığı üzerindeki olumlu etkileri birçok araştırmada incelenmiştir (Tzoulas vd., 2007; Benedict ve McMahon, 2006; Mell, 2009; Shakouri, 2016). Kaplan ve Kaplan (1989)'a göre, yeşil alanların yoğun olduğu şehirlerde, daha az yeşil alana sahip şehirlere kıyasla sağlıklı birey sayısı daha fazladır. Başka bir deyişle, kentsel alanlardaki yeşil alan oranının artması, sağlıklı nüfusun da

artışını desteklemektedir. Bu veriler doğrultusunda, yeşil alanlar arasında bağlantı sağlayan ve toplumsal erişimi kolaylaştıran yeşil altyapı planlamasının, bireylerin ve toplumun sağlığı üzerinde olumlu etkiler yarattığı görülmektedir. Dolayısıyla, yeşil altyapı planlaması, hava ve su kalitesini iyileştirerek ve ekosistem hizmetlerinin işlevselliğini artırarak insan yaşam kalitesini yükselten stratejik bir öneme sahiptir (Shakouri, 2016).

Yeşil alanlarda bulunan bitki örtüsü, ısı adası etkilerini azaltmak, karbon tutmak ve hava kirleticilerini filtreleyerek hava kalitesini iyileştirmek gibi pek çok işleve sahiptir. Ayrıca, toprağın zenginleşmesine katkıda bulunur, yaban hayatını destekler, yağmur sularının yüzey akışına geçişini azaltır ve yeraltı ile yerüstü su kaynaklarına fayda sağlamaktadır. Bunun yanında, gürültü filtreleme, enerji tüketiminde tasarruf sağlama, rekreasyonel olanaklar sunma ve alanların değerini artırma gibi özellikleri de bulunmaktadır (Yanık, 2023). Bitki örtüsü bulunan doğa temelli uygulamalar tüm bu özellikleri karşılayabilmekte iken, bitki örtüsü bulunmayan uygulamalar bazı özellikleri karşılayamazlar. Doğa temelli çözüm yöntemleri kullanılan uygulamaların bileşenleri farklılık göstermektedir. Kentsel su yönetiminde birbirlerine göre avantajları ve dezavantajları bulunabilmektedir. Bazı uygulamalar toplumsal sürdürülebilirliğin geliştirilmesinde daha etkin bir rol oynarken, bazı bileşenlerin etkisi daha sınırlı olabilmektedir. Aşağıda yer alan Çizelge 2.1'de bu bileşenler arasında hem yağış suyu yönetimi hem de toplumsal sürdürülebilirliği geliştirme konusunda sağladığı faydaları karşılaştırmalı bir şekilde ortaya koymaktadır (Dinçer, 2022). Yeşil altyapının kentsel alandaki işlevleri olarak değerlendirilen su kalitesi ve miktarı, hava kalitesi, iklim değişikliği, biyoçeşitlilik ve toplum sağlığı ana bileşenlerinin altında sağlanan yeşil altyapı faydaları alt bileşen olarak belirlenmiştir. Doğa temelli uygulamaların alt bileşenleri karşılama durumuna göre evet (+), hayır(-) ve kısmen(*) olmak üzere tablo doldurulmuştur.

Çizelge 2.1. Doğa temelli çözümlerin ana ve alt bileşenlere göre karşılaştırılması (CNT, 2010; Dinçer, 2022; Yanık, 2023).

		DOĞA TEMELLİ YÖNTEMLER / BİLEŞENLER	Biyolojik Su Tutma Alanları	Yağmur Bahçeleri	Bitki Hendekleri	Geçirgen Kaplamalar	Yeşil Çatı /Çatı Bahçeleri	Yeşil Duvar/Dikey Bahçeler	Ağaçlandırma/Yeşil Sokaklar	Yapılandırılmış Sulak Alanlar
EKONOMİK ETKİ DEĞERİ	EKOLOJİK ETKİ DEĞERİ	Su Kalitesi ve Miktarı	Yüzey Akış Hacmini ve Hızını Azaltmak	+	+	+	+	+	+	+	+
			Su Arıtım İhtiyacını Azaltmak	+	+	+	-	*	*	+	+
			Su kalitesini İyileştirmek	+	+	+	-	*	*	+	+
			Gri Altyapı İhtiyacını Azaltmak	+	+	+	*	*	+	*	*
			Su Baskını ve Taşkınların Önlenmek	+	+	+	+	+	+	+	+
			Yağış Sularını Su Döngüsüne Geri Kazandırmak	*	+	*	*	+	+	+	+
			Su Kaynaklarının Kirlenmesini Önlemek	+	+	+	-	*	-	*	+
			Yerüstü ve Yeraltı Su Kaynaklarını Beslemek	*	+	+	+	*	*	+	*
			Akarsu Taban Akış Kontrolünü Sağlamak	+	*	*	-	-	-	+	+
			Rüzgar ve Yağış Erozyonunu Azaltmak	*	*	*	-	-	-	+	-
			Tuz Kullanımını Azaltmak	-	+	-	+	-	-	+	-
		Hava Kalitesi	Hava Kalitesini İyileştirmek	+	+	+	-	+	+	+	*
			Karbon Emisyonunu Azaltmak	+	+	+	*	+	+	+	+
		İklim Değişikliği	Enerji Kullanımını Azaltmak	-	*	-	+	+	+	+	*
			Kentsel Isı Etkisini Azaltmak	+	*	+	+	+	+	+	*
			Kent İklimini Düzenlemek /Mikroklima	+	+	+	-	+	+	+	*
		Biyoçeşitlilik	Biyolojik Çeşitliliği Arttırmak	+	+	+	-	+	+	+	+
			Habitatları Geliştirmek	+	+	+	-	+	+	+	+
	SOSYAL ETKİ DEĞERİ	Toplum Sağlığı	Kent Estetiğini Arttırmak	+	+	+	-	+	+	+	+
			Rekreasyon İmkanı Sağlamak	+	+	*	-	+	-	+	+
			Gürültü Kirliliğini Azaltmak	*	*	*	+	+	+	+	-
			Sosyal Dayanışmayı Arttırmak	*	*	*	-	*	*	+	*
			Kentsel Tarıma Katkı Sağlamak	-	-	-	-	*	-	*	-
			Çevresel Farkındalık Oluşturmak	+	+	+	+	+	+	+	+

EVET: + **KISMEN: *** **HAYIR: -**

Alt bileşenlerin ekolojik, sosyal ve ekonomik yönden sağladığı yararlara göre peyzaj etki değeri ortaya konulmuştur. Biyolojik su tutma alanları, yağmur bahçeleri, bitkili yağmur hendekleri, geçirgen kaplamalar, yeşil çatı, yeşil duvar, kent ağaçlandırmaları ve yapılandırılmış sulak alanlar yüzey akış hacmini azaltmak, yüzey akış hızını azaltmak ve su baskını/taşkınları önlemek konusunda ortak paydada buluşmaktadır. Bu uygulamaların planlama ve tasarımlarda kullanılması kentsel alanlarda peyzaj etki değerini arttırmaktadır. Ayrıca çevresel farkındalık oluşturmak konusunda paydaşlar üzerinde önemli etkisi bulunmaktadır. Yeşil altyapı sistemi kapsamında doğa temelli çözümler bir veya birden fazla sorunu çözme kapasitesine sahip olup, katı kurallar yerine koşullara bağlı olarak işlevsellik kazanmaktadır. Kentlerin doğa ile bütünleşmesinde bu sistemlerin sunduğu imkanlar, ekolojik ve sosyal faydaların yanı sıra, özellikle uzun vadede ekonomik kazançlar elde edilmesine olanak tanımaktadır (Demirören Civan, 2022).

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. MATERYAL

Çalışma Alanı

Bu araştırmada çalışma alanı olarak İstanbul'un Anadolu Yakasında bulunan Çekmeköy İlçesi, Merkez Mahallesinde yer alan Çekmeköy Belediye Binası ve çevresi alanlar seçilmiştir (Şekil 3.1). Çekmeköy Belediye Binası ve çevresi alanlar kapsamında Çekmeköy Belediye bahçesi ve yanında bulunan Kent Parkı bir bütün olarak değerlendirmektedir. Çalışma alanında yağış sonraları yaşanan göllenme vs. su sorunları ve kentsel alanlarda yüzey akışının yerel yönetimler bünyesinde kamusal alanlarda etkin bir şekilde yönetiminin günümüzde iklim değişikliğiyle mücadelede büyük önem arz etmesi alanın belirlenmesinde etkili olmuştur. Eğimli arazi yapısı sebebiyle yüzey akış suyu yönetiminin doğa temelli çözümlerle desteklenmesi gerektiği ön görüldüğünden Çekmeköy Belediye binası ve çevresinde yer alan rekreasyon alanını Kent parkı kapsayacak ölçekte analizler gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.1. Çalışma Alanının; İstanbul ili, Çekmeköy ilçesindeki konumu (Anonim, 2024ab)

3.1.1. Çekmeköy' ün Konumu

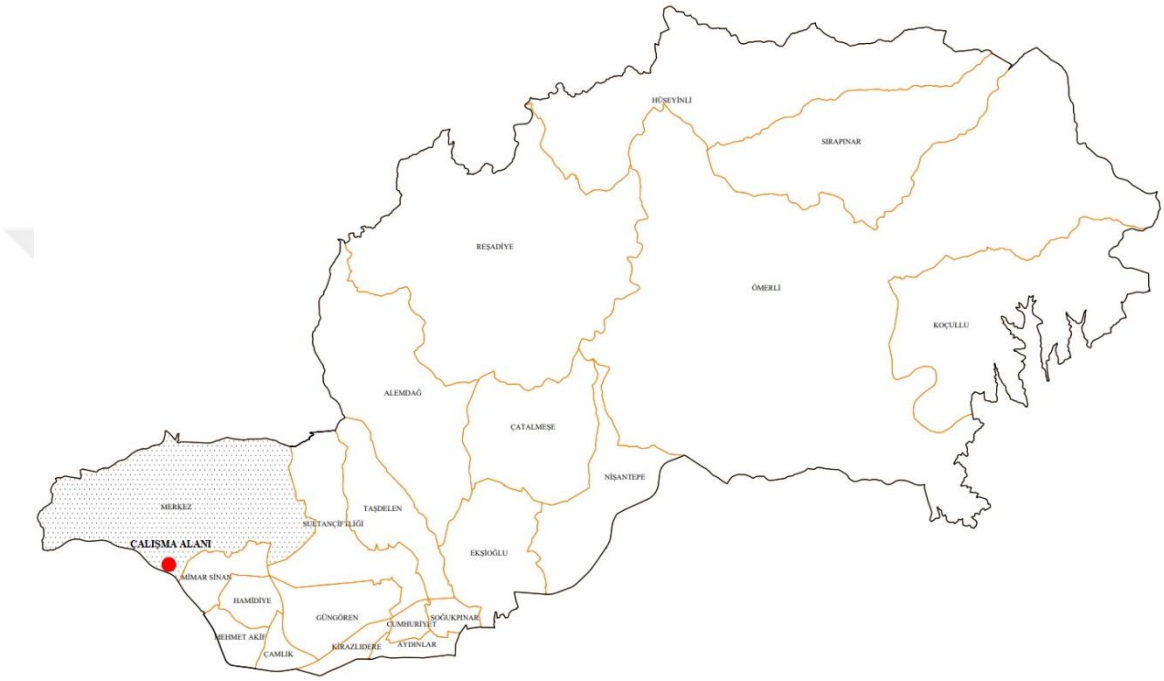
Çekmeköy, İstanbul'un Anadolu Yakası'nda, Alemdağ ormanlarının güneybatısındaki Keçiağılı Tepesi'nin güney yamaçlarına kurulmuştur. Başlangıçta Ümraniye'ye bağlı bir belde olan Çekmeköy, Ömerli, Alemdağ ve Taşdelen beldelerinin tüzel kişilikleri sona ermesi ve bu beldelere bağlı 17 mahalle ile 4 köyün katılması ile 2009 yılında ilçe statüsü kazanmıştır. İlçenin kuzeybatısında Beykoz, kuzeydoğusunda Şile, güneybatısında Ümraniye ve güneydoğusunda Sancaktepe ilçeleri bulunmaktadır (Ekici, 2011). Çekmeköy ilçesinin, İstanbul ili içindeki konumu Şekil 3.2'te gösterilmiştir.



Şekil 3.2. Çekmeköy İlçesinin İstanbul'daki konumu (Anonim, 2024ac).

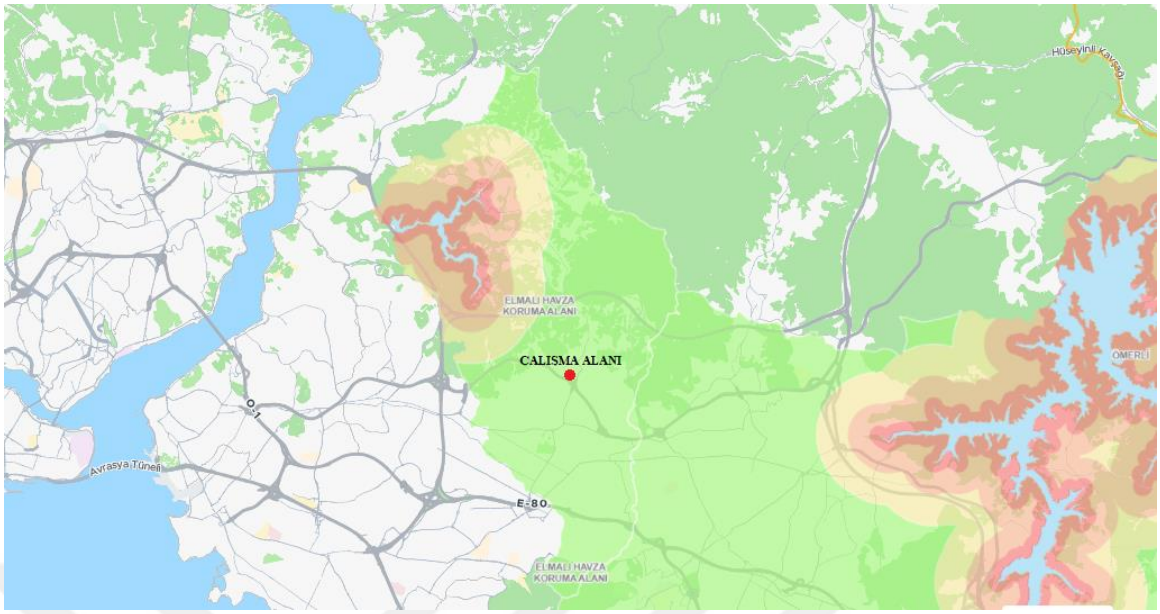
Su havzaları ve orman alanları açısından büyük önem taşıyan bu bölge, İstanbul için stratejik bir konuma sahiptir (Kart Aktaş vd., 2018). İlçeyi kuzey ve batı yönlerinden ormanlar çevrelemekte, doğusunda ise Ömerli Barajı yer almakta; güneyde Ümraniye ile Şile'yi birleştiren Şile Otoyolu sınırı oluşturmaktadır. İstanbul'un en büyük su rezervuarı olan Ömerli Barajı bu bölgede yer alırken, Çekmeköy'ün %74'ü ormanlık alanlardan oluşmaktadır. İlçedeki 2B arazileri %6,05'lik bir alan kaplarken; tarım alanları ise %6,94 oranında tespit edilmiştir. Bu durum, yerleşim için %11'lik bir alan bırakmaktadır (Oran, 2014; Çolak 2016).

İstanbul ilinin 39 ilçesinden biri olan Çekmeköy ilçesi 21 mahalleden oluşmaktadır (Şekil 3.3). 148,098 kilometrekarelik alan (Anonim, 2023a) üzerine kurulu olan Çekmeköy, 2023 yılı Türkiye İstatistik Kurumu verilerine göre 299.806 nüfusa sahiptir (Anonim, 2024e). Çalışma alanının bulunduğu Merkez Mahallesi 8,402 kilometrekare büyüklüğünde olup (Anonim, 2023a), nüfusu 31.764 kişidir (Anonim, 2024f).



Şekil 3.3. Çekmeköy ilçesi ve mahalle sınırları (Anonim, 2024aç' den değiştirilerek alınmıştır).

Çalışma alanı İstanbul il sınırları içerisinde bulunan 4 ü Avrupa yakasına ve 3 ü Anadolu yakasında olmak üzere 7 adet su toplama havzalarından Anadolu yakasında bulunan 81 kilometrekarelik havza alanına sahip Elmalı havzasının uzun mesafeli koruma alanında kalmaktadır (Şekil 3.4) (Anonim, 2023ç). Uzun Mesafeli Koruma Alanı 2000 m ile havza sınırına kadar uzanan bütün kara alanıdır. Koruma kuşakları havzadaki suyun ve su kaynağının direkt ve kısa zamanda kirlenmesinin önüne geçmek için yapılmaktadır (Anonim, 2024d).



Şekil 3.4. İstanbul ili elmalı havzası koruma alanında bulunan çalışma alanı (Anonim, 2024z)

3.1.2. Çekmeköy' ün Tarihçesi

Çekmeköy ve çevresinin kuruluşu 1500'lü yılların ortalarıdır. Bir zamanlar İstanbul'un odun ve kömür deposu olarak bilinen bir orman ve çiftlik beldesiyken bölge halkı genellikle kömürcülük ve çiftçilikle geçimini sağlamaktadır. Osmanlı dönemine ait yazılı kaynaklara göre, Çekmeköy ve çevresi Kanuni Sultan Süleyman'ın (1520-1566) dönemine kadar dayanmakta ve idari olarak İzmit Sancağı'na bağlı bulunmaktadır. Atik Valide Sultan'ın Üsküdar, Bahçekapı ve diğer bölgelerdeki cami ve imaretlerinin odun ihtiyacını karşılamak üzere buraya yerleştirilen insanlar, Alemdağ Vakıf Baltalığı'ndan odun kesip arabalarıyla Üsküdar ve İstanbul'un çeşitli semtlerine taşıyarak satmaktadırlar (Anonim, 2024c). Çekmeköy, başlangıçta Beykoz'a, sonrasında ise Kartal'a bağlı bir bölge olarak kaydedilmiştir. Cumhuriyet'in ilk yıllarında Üsküdar'a bağlı olan Çekmeköy, orman ve çiftlik arazilerinden oluşan bir yerleşimdir (Ekici, 2021). 1845 yılına ait Temettuat Defteri'nde, köyde 23 hanede yaklaşık 115 kişinin yaşadığı kaydedilmiştir. Çekmeköy'ün sosyal ve ekonomik yapısının 1970'lere kadar tarihsel sürecini doğal bir şekilde koruduğu ve bu dönemde nüfusun 300-400 civarında olduğu anlaşılmaktadır (Anonim, 2024c). 20. yüzyıl boyunca nüfusu yavaş artarken 1970'lerde sanayileşmenin başlamasıyla birlikte köyden kente göç artmış, hızla büyüyen

nüfus ve gecekondulaşma ile doğal alanlar yok olmaya başlamıştır. 1990'lı yıllarda nüfusu hızla artan Çekmeköy, 2009'da ilçe statüsüne geçmiştir (Ekici, 2021).

1999 depremi sonrası İstanbul'un kuzey bölgelerine yönelik yerleşim talebi artmış; TEM otoyolu ve bağlantı yollarının yapılması, büyük inşaat projelerinin bölgeye çekilmesine neden olmuştur. Ancak, bu gelişmeler Çekmeköy'ün doğal kaynakları ve ekolojik denge açısından olumsuz etkiler yaratmıştır. Kent çeperinde hızla büyüyen kapalı site konutları, içme suyu havzaları ve orman alanlarının tahrip olmasına yol açarken, sürdürülebilir kentsel gelişim açısından önemli bir sorun oluşturmuştur (Ekici, 2021).

3.1.3. Nüfus, İdari ve Sosyokültürel Yapısı

Çekmeköy, İstanbul için önemli su havzaları ve ormanlık alanlara sahip bir bölgedir. 22 Mart 2008'de 5747 sayılı Kanun ile Alemdağ, Ömerli, Taşdelen beldeleri Çekmeköy ilçesine bağlanmış, buna ek olarak Ümraniye' ye bağlı Reşadiye, Hüseyinli, Sırapınar köylerinin ve Kartal'a bağlı Paşaköy'ün kuzey kısmı Çekmeköy'e katılmıştır. 16. yüzyıldan itibaren bölge, Üsküdar'daki Atik Valide külliyesinin vakfına gelir sağlamak amacıyla orman işletmeciliği yapılmış, yerleşimler Rumeli göçmenleriyle nüfus kazanmıştır (Çolak, 2016).

1980'lerden sonra Fatih Sultan Mehmet Köprüsü ve bağlantı yollarının yapımı, ilçenin erişimini artırarak nüfus artışını hızlandırmıştır (Çolak, 2016). Çekmeköy ilçesi, 2023 yılı itibarıyla yaklaşık 299,806 kişilik bir nüfusa sahiptir. Cinsiyet dağılımı bakımından, erkek nüfusu 148,856, kadın nüfusu ise 150,950 kişidir (Anonim, 2024f). İlçe genelindeki yıllık nüfus artış trendi, özellikle son yıllarda İstanbul'un kuzey yönlü gelişimi ve konut yatırımları ile hız kazanmıştır. Bu süreçte ilçe, hem demografik hem de mekânsal olarak değişiklikler gösterirken, yeni konut alanlarının inşasıyla farklı sosyo-ekonomik grupları da çekmiştir. 2000'li yıllardan bu yana nüfus ve yerleşim yoğunluğu hızla artmış; bu durum sosyal, ekonomik ve çevresel sürdürülebilirlik açısından ilçeyi İstanbul'un önemli bölgelerinden biri haline getirmiştir. Sosyo-kültürel

özelliklerini ve doğal alanlarını koruyarak geleceğe taşımak, Çekmeköy'ün sürdürülebilirliği açısından önemlidir (Çolak, 2016).

Sanayi faaliyetlerinin gelişmesine paralel olarak, günümüzde bu bölgeye göç hâlâ hızlı şekilde devam etmektedir. Ayrıca bölgeye yapılan askerî tesisler de her türlü ihtiyacın bölgeye getirilmesinde lokomotif vazifesi görmüştür (Kart Aktaş vd., 2018). Çekmeköy'de meslek gruplarından çiftçilik, kömürcülük, odun arabacılığı, süpürgecilik, demircilik, gemicilik gibi meslek gruplarının ağırlıklı olarak bulunduğu ayrıca bölgede ticari faaliyetlerin yapıldığı da temettuat defterlerindeki kayıtlardan anlaşılmaktadır. Günümüzde sosyal ve iktisadi gelişmeler olsa bile Çekmeköy'ün bazı bölgelerinde tarım, hayvancılık, bağ ve bahçe işleri yapılmakta olup geleneksel köy hayatının izleri devam etmektedir (Anonim, 2024g). Çekmeköy, sosyo-ekonomik açıdan zengin bir çeşitliliğe sahiptir ve büyük ölçüde Karadeniz ve Doğu Anadolu bölgelerinden gelen göçmenlerle birlikte Türkiye'nin farklı bölgelerinden yerleşen insanlardan oluşmaktadır. İlçenin dikkat çeken bir diğer özelliği ise villa siteleri ile gecekondu bölgelerinin veya kaçak yapılardan oluşan düzensiz yapıların yan yana bulunmasıdır (Kart Aktaş vd., 2018).

3.1.4. Çekmeköy'ün Ulaşım Durumu

Çekmeköy'ün nüfus artışında etkili olan Şile Yolu, Anadolu Yakası'ndaki merkez ilçelere kolay ulaşım sağlarken, Boğaziçi Köprüsü, Fatih Sultan Mehmet Köprüsü ve 2016'da açılan Yavuz Sultan Selim Köprüsü bağlantılarıyla da Avrupa Yakası'na geçişi oldukça kolay hale gelmesidir (Kart Aktaş vd., 2018). Ayrıca ilçeye 26,5 km hat uzunluğu ve 20 istasyon ile Üsküdar–Ümraniye–Çekmeköy–Samandıra Merkez Metro hattı ile ulaşım sağlanmaktadır (Anonim, 2024ğ).

Çalışma Alanının D.016 Devlet Yolu, / Ümraniye/Şile Kavşağı (Tepeüstü) (K9) ile Çekmeköy- Nişantepe D.020/ arasında kalan 15 km uzunluğundaki yola bağlantısı bulunmaktadır. Çalışma alanına direkt ulaşım kişisel araç, minibüs ve otobüs ile sağlanmaktadır. Çalışma alanının etrafında bulunan ana arter ve toplu taşıma durakları Şekil 3.5'te Google earth üzerinden alınan görsel üzerine işaretlenmiştir.



Şekil 3.5. Çalışma alanı ana arter ve toplu taşıma durakları (Anonim, 2024ad).

Çekmeköy Belediyesi önü Ceyhan Caddesinde bulunan otobüs başlangıç peronundan ilçede bulunan metro hattına ring seferler düzenlenmektedir (Şekil 3.6).



Şekil 3.6. Çekmeköy Belediyesi önü Ceyhan Caddesi otobüs durağı (Anonim, 2024z).

3.1.5. Çekmeköy'ün İklimi ve Yağış Durumu

İstanbul'un su kaynakları %99 oranında yüzey sularına dayanmaktadır. Bu suların ana kaynağı yağmur yağışları olup, kar yağışlarının katkısı genel olarak düşüktür. İdeal

yağış şiddeti günlük 25 mm'nin altında olup, bu seviyede yağışlar su kaynaklarının kullanabilir potansiyelini artırmaktadır. İstanbul'un yüksek nüfus yoğunluğu ve artan nüfus projeksiyonları, su talebinin gelecekte daha da artacağını göstermektedir. Kentte su tüketimi mevsimlere göre değişkenlik gösterirken, yıllık ortalama kişi başı su tüketimi 190 litredir. Yağış rejimindeki değişim, kuraklık ve ani şiddetli yağışlar, su yönetimi politikalarını etkileyen temel sorunlardır. Su yönetiminde odak daha çok içme suyu temini üzerine olmuş; sel suyu yönetimi ve yağmur suyu depolama gibi çağdaş yaklaşımlar yetersiz kalmıştır. Holistik bir su yönetimi anlayışına ve sürdürülebilir çözümlere ihtiyaç duyulmaktadır (Gülcü, 2021).

İstanbul'un su kaynakları, kontrolsüz yerleşim, artan nüfus ve iklim değişikliği nedeniyle ciddi baskı altındadır. Azalan yaz yağışları ve artan buharlaşma, su kaynaklarını sınırlamakta ve talebi artırmaktadır. Tahminlere göre, su kullanımında tasarruf yapılmazsa günlük toplam su tüketimi 19 milyon litreyi aşacak ve yaz aylarında talep %600 oranında artacaktır. 2021'de barajlardaki su seviyeleri kritik seviyelere düşmüş, 2020 Kasım yağışları tipik seviyelerin %50'sine gerilemiştir (Anonim, 2024h). İklim değişikliği senaryosuna (RCP 8.5) göre, yaz yağışlarında %30, toplam yıllık yağışta %12 azalma beklenmektedir. Yağışlı günler azalırken, şiddetli yağışların sayısında ve miktarında artış görülebilir. Kurak mevsimler uzayarak yüzyıl ortasında 45 günden 57 güne ulaşabileceği ve kar yağışının ise azalarak ve erime tarihlerinin erkene kayacağı düşünülmektedir (Anonim, 2024h).

Türkiye'nin kuzey batısında bulunan İstanbul, Asya ve Avrupa kıtalarını birleştiren özel konumu nedeniyle Karadeniz ve Akdeniz arasında geçiş iklimine sahiptir. Marmara Bölgesi'nin en fazla yağış alan şehirlerinden biridir. Yağışlar ağırlıklı olarak cephesel (frontal) olmakla birlikte zaman zaman konvektif yağışlar da görülmektedir. Yıllık ortalama yağış miktarı 650 mm'dir ve bunun %40'ı kış, %25'i sonbahar ve ilkbahar, %10'u ise yaz aylarında gerçekleşmektedir. Şehrin nem oranı en yüksek Aralık-Ocak aylarında %80-85'e ulaşmaktadır (Gülcü, 2021). Çekmeköy'ün iklimsel özellikleri Marmara Bölgesi'ne özgü özellikler taşıyarak sıcak yazlar ve soğuk kışlar sunar. Yıllık ortalama sıcaklık 13-15°C arasında değişirken, en yüksek sıcaklıklar genellikle yaz aylarında 30°C' ye yaklaşmaktadır. Kış aylarında ise sıcaklıklar sıklıkla 5°C'nin altına

düşer. Yıllık yağış miktarı 800-1000 mm civarında olup kış aylarında yoğunlaşır, kar yağışı nadir de olsa görülmektedir. Bölgede rüzgârlar çoğunlukla kuzeyden eser ve nem oranı oldukça yüksektir (Anonim, 2024ı).

3.2.YÖNTEM

Çalışmada kentsel yüzey akışının doğa temelli çözüm yöntemleriyle düzenlenmesinin küresel ısınma ve iklim değişikliği sebebiyle başta su sorunu olmak üzere birçok sorun ile karşı karşıya kalan kentsel alanların sürdürülebilirliği üzerindeki etkileri ve sağladığı katkıları analiz etmek için Aksu (2022) ve Gülcü (2021)'nın araştırmalarından yola çıkarak; Sert (2013), Zhou (2014), Shakouri (2016), Semiz (2016), Konyalı Dereli, (2020), Karaca (2020), Solmaz, (2021), Argan (2022), Dinçer (2022), Demirören Civan (2022) ve Bekiryazıcı (2023)'nın yapmış olduğu çalışmalardan yararlanılmıştır. Literatür taraması ile kentleşme ve iklim değişikliğinin kentsel alanlarda su döngüsü üzerindeki etkileri ortaya koyularak, kentsel yüzey akışı için yağmur suyu yönetimi incelenmiştir. Kentlerde geleneksel yağmur suyu yönetimi ve doğadan esinlenerek kent peyzajının altyapı olarak kullanılması üzerine mevcut sisteme alternatif olarak geliştirilen sürdürülebilir yağmur suyu yaklaşımları açıklanmıştır. Sürdürülebilir yağmur suyu yönetim yaklaşımları kapsamında kent içerisinde uygulanan biyolojik su tutma alanı, yağmur bahçesi, bitki hendeği, geçirgen kaplamalar, yeşil çatı, yeşil duvar, kent ağaçlandırmaları ve yapılandırılmış sulak alanlar gibi doğa temelli çözüm yöntemleri anlatılmıştır.

Kentlerdeki yeşil alanların altyapı olarak kullanılması fikrine dayalı yeşil altyapının kentsel alandaki işlevlerinin ortaya koyulduğu; ABD Çevre koruma ajansı raporu (2015), CNT (Yeşil Altyapının Değeri: Ekonomik, Çevresel ve Sosyal Faydalarını Tanıma Kılavuzu, 2010 ve Yeşil Değerler Strateji Rehberi, 2020) ve Shakouri (2016)'nin çalışmasından yararlanarak doğa temelli çözüm yöntemleri ve işlevlerine ana ve alt bileşenler şeklinde yer verilerek peyzaj etki değeri açısından değerlendirilmesi yapılmıştır. Doğa temelli çözüm yöntemlerinin uygulanması ile peyzaj etki değerinin arttırılabileceği ve etrafı yollarla çevrili bir imar adası içinde bulunan geniş yeşil alanlara sahip Çekmeköy Belediye Binası ve çevresi çalışma alanı olarak seçilerek

örnek model olarak değerlendirmeye alınmıştır. Alanın belirlenmesinde yağış sonrası alanda yaşanan su sorunları etkili olurken, alanda doğa temelli çözüm yöntemlerinin kullanılmaması ve alanın kamu alanı olması belirleyici olmuştur. Çalışmanın yöntemi iki ana aşamadan oluşmaktadır.

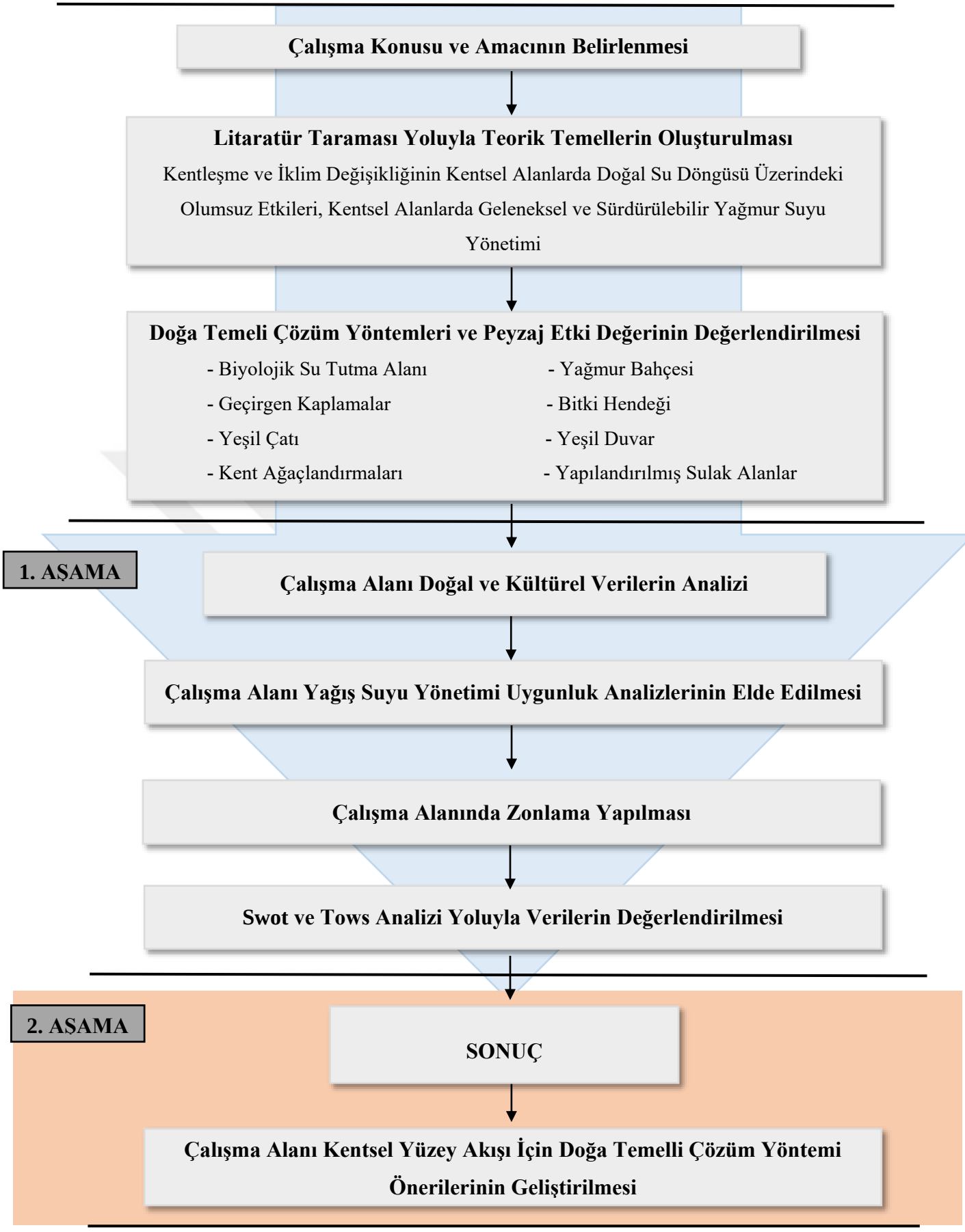
İlk aşamada; belirlenen çalışma alanının doğal ve kültürel verileri incelenmiştir. Tarihçe, nüfus, ulaşım idari ve sosyokültürel yapısı ortaya konulmuştur. Çalışma alanına ait yapı yoğunluğu (doluluk-boşluk analizi), yeşil alan, sert zemin ve arazi kullanım durumu mevcut hâlihazır üzerinden Autocad 2024 programı kullanılarak hazırlanmıştır. Çalışma alanının konumunu ve günümüzdeki kentsel durumunu gösterir uydu görüntüleri için Google Earth Pro kullanılmıştır. Kentsel alanlarda sürdürülebilir yağış suyu yönetiminin kent ekosistemi açısından sağlayacağı faydaları ve alanın yağış suyu yönetim potansiyelini ortaya koyabilmek üzere öncelikle eğim, bakı ve yükselti kriterlerine bağlı olan topoğrafya yapısı değerlendirilmiştir (Aksu, 2022). Bu doğrultuda çalışma alanının Google Earth Pro yazılımından yükselti bilgileri atanmış ve bu noktalar referans alınarak yüksek çözünürlüğe (1 m) sahip DEM verisi üretilmiştir. Bu DEM verisi kullanılarak ArcMap 10.2 yazılımında eğim, bakı ve yükselti haritaları elde edilmiştir. Elde edilen eğim, bakı ve yükselti kademelerine, topoğrafyanın su yönetim potansiyeli açısından uygunluk etkisine bağlı olarak değer atanmış ve elde edilen haritalar ArcMap 10.2 yazılımında çakıştırılmıştır. Kriterlere değer ataması yapılırken eğim derecesinin artmasına paralel olarak yağış suyu yüzey akış hızı da artacağından yüksek eğim dereceli alanlara düşük, yağış suyunun toplanmasını arttırması bakımından düşük eğim dereceli alanlara ise yüksek değer verilmiştir. Bakı kriteri açısından güneşlenme ve hâkim rüzgar yönü parametreleri göz önünde bulunarak çalışma alanının genel olarak kuzey yönü hakim rüzgarlara açık olması sebebiyle bakısı kuzey yönüne bakan alanlara düşük, güney yönüne bakan alanlara yüksek ve güneşlenme parametresi için ise doğu ve batı yönlerine yüksek değerler atanmıştır. Yükselti kademelerinde ise su akışını yönlendirme kapasiteleri bakımından değerlendirme yapılmıştır (Aksu, 2022). Böylece yüzey akış yönetimine etki edecek düzenleme ve kararları yönlendirebilecek nitelikte çalışma alanının yağış suyu yönetimi uygunluk analizi ve yağış suyu yönetimi için uygun alan analizi haritaları elde edilmiştir. Oluşturulan uygunluk haritaları doğrultusunda; yağmur suyunun düştüğü alanda nasıl hareket ettiğinin ve yağış suyu

yönetiminde fayda sağlayacak potansiyeli olan alanların değerlendirilmesi için zonlama yapılmıştır (Gülcü, 2021). Çalışma alanının topoğrafya yapısını şekillendiren eğim, bakı ve yükselti verilerine bağlı ortaya konulan uygunluk analizleri sonucunda oluşturulan zonlama haritası ile yeşil alan analizi Autocad 2024 programı kullanılarak çakıştırılmıştır. Elde edilen veriler doğrultusunda; çalışma alanının yağış suyu yönetimi açısından sorunlarını ve potansiyellerini anlamak ve yağmur suyu yönetimi stratejileri geliştirmek için SWOT (güçlü yönler - zayıf yönler - fırsatlar - tehditler) analizi yapılmıştır (Ballar, 2019). İç ve dış analizler sonucunda belirlenen SWOT parametreleri ile oluşturulan Tows analiziyle iç ve dış faktörler karşılıklı değerlendirilmiştir. Çalışmada yapılan analizler ve elde edilen bulgular doğrultusunda tows analizi yardımıyla çalışma alanı kentsel yüzey akışının düzenlenmesi için doğa temelli çözüm yöntemleri önerileri ve stratejileri geliştirilmiştir.

Çizelge 3.1. Swot /Tows Analizi (Pirselimoğlu, 2007).

	Güçlü yönler	**Zayıf Yönler**
Olanaklar-Fırsatlar	**G-O stratejileri:** Güçlü yönleri destekleyen ve fırsatları değerlendiren stratejiler	**Z-O stratejileri:** Zayıf yönleri gidermek için fırsatları değerlendiren stratejiler
Tehlikeler-Tehditler	**G-T stratejileri:** Dış tehditleri uzaklaştırmak ve hassasiyeti azaltmak için güçlü yönlerin kullanıldığı stratejiler	**Z-T stratejileri:** Zayıf yönleri azaltarak dışarıdan gelecek tehlikelere karşı savunma temelli belirlenen stratejiler

Çalışmanın ikinci aşamasında ise; çalışma alanında doğa temelli çözüm yöntemleri ile yağmur suyu yönetiminin kavramsal şeması oluşturularak kentsel yüzey akışı için doğa temelli çözüm yöntemleri önerileri geliştirilerek sunulmuştur. Yapılan bu çalışma ile kentsel yüzey akışını sürdürülebilir olarak yönetmek, kaynakları etkin kullanmak ve oluşabilecek çevresel sorunları önlemek ve azaltmak hedeflenmiştir. Bu kapsamda gelişmekte olan ya da yeni oluşturulacak olan kentsel alanlarda yağış suyu yönetimine odaklanarak kentler için ne yapılabileceği konusunda ve sürdürülebilir kentler oluşturulmasında rehber niteliğinde olacağı ön görülmektedir.



Şekil 3.7. Yöntem akış şeması

4. BULGULAR

Çalışma Alanı

İstanbul ili, Çekmeköy İlçesi, Merkez Mahallesinde bir imar adası içerinde yer alan çalışma alanı olarak belirlenen Çekmeköy Belediye Binası ve çevresi alanlar kapsamında Çekmeköy Belediye Bahçesi ve Kent Parkı bütün olarak değerlendirilmiştir. Çekmeköy Belediye Bahçesi 30.559,21 m² büyüklüğünde ve Kent Parkı 25.978,09 m² büyüklüğünde olmak üzere toplam çalışma alanı 56.537,30 m² büyüklüğündedir (Şekil 4.1). Çekmeköy Belediye Başkanlığı 41.033318 enlem ve 29.168219 boylamda yer almaktadır (Anonim, 2024i). Ayrıca imar adası içinde ihata ile çevrili Çekmeköy Kaymakamlığı bulunmaktadır. Bu sebeple çalışma alanı etrafında yoğun sirkülayon olmaktadır.



Şekil 4.1. Çalışma alanı (Anonim, 2024ad).

4.1. Doluluk-Boşluk Analizi (Bina Yoğunluğu)

Çalışma alanına ait kentsel dokuyu ifade ederek bina yoğunluğu gösteren harita şekil 4.2.'de verilmiştir. Toplam 56.537,30 m² çalışma alanının; Çekmeköy Belediye binası (2270.35 m^2), Çekmeköy Kaymakamlık binası (3436.82 m^2), Sosyal Tesisi/Kafe binası (440.66 m^2), Hizmet birim binası (270.52 m^2), iki adet depo (143.99 m^2), bir adet atm ve bir adet güvelik kulübesiyle toplam 6576.97 m^2 olmak üzere yaklaşık %12'lik kısmı oturum alanına göre bakıldığında bina yoğunluğu oluşturmaktadır.



Şekil 4.2. Çalışma alanı doluluk-boşluk analizi (bina yoğunluğu).

4.2. Yeşil Alan Analizi

Kentsel yüzey akışının yönetimi için kentsel yeşil alanların varlığı büyük önem taşımaktadır. Doğayı taklit eden sürdürülebilir kentsel planlama ve tasarım yaklaşımlarında kentsel yeşil alanların altyapı olarak kullanılması hedeflenmektedir. Çalışma alanında geçirimli ve geçirimsiz alan miktarları ve yüzdeleri Çizelge 4.1 'de

verilmiştir. Bu çerçeveden bakıldığında geçirimli alan kapsamında olan yeşil alanlar çalışma alanının yaklaşık %52'lik kısmını oluşturmaktadır.

Çizelge 4.1. Geçirimli ve geçirimsiz alan miktarları ve yüzdeleri.

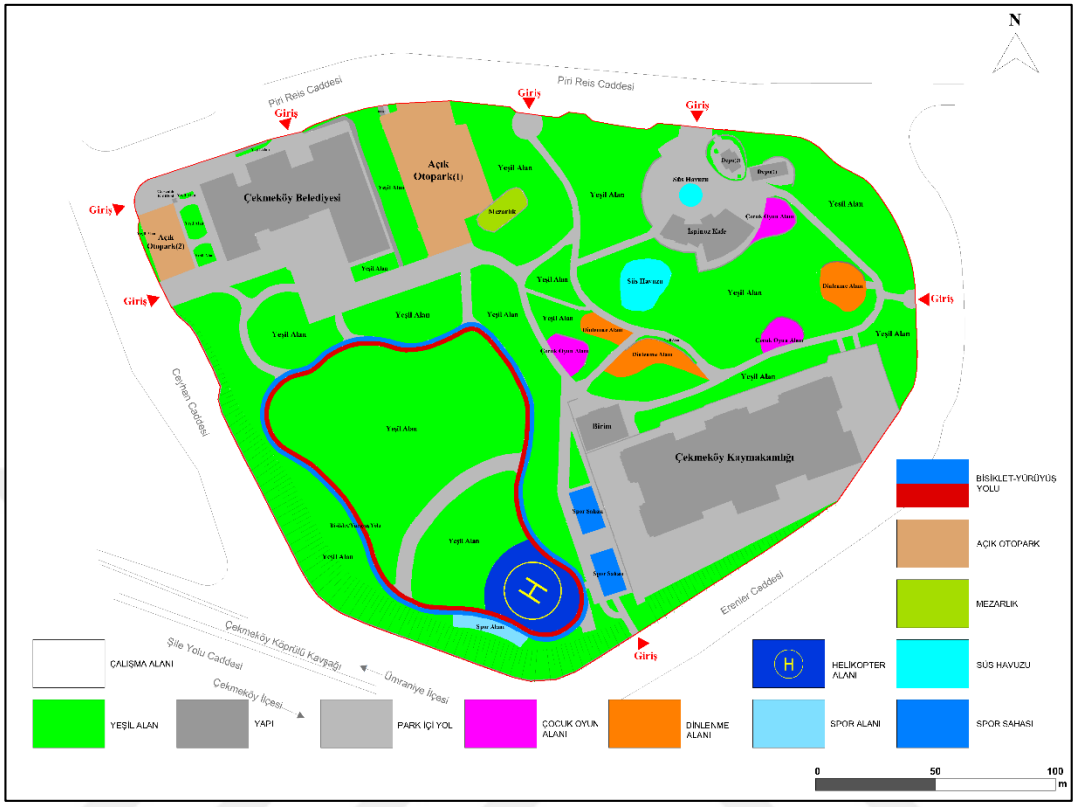
GEÇİRİMLİ ALANLAR		**GEÇİRİMSİZ ALANLAR**			
Yeşil Alanlar		**Çatı Alanları**		**Beton ve Asfalt Alanlar**	
Miktar (Hektar)	Yüzde (%)	Miktar (Hektar)	Yüzde (%)	Miktar (Hektar)	Yüzde (%)
29.49	%52	6.58	%12	20.46	%36

Şekil 4.3'te çalışma alanı yeşil alan analizi gösterilmiştir. Çalışma alanında yeşil alan büyük bir kısmı çim yüzeylerden oluşmaktadır. Dinlenme alanı etrafında ve muhtelif alanlara dağılmış olarak çalı grupları bulunmaktadır.



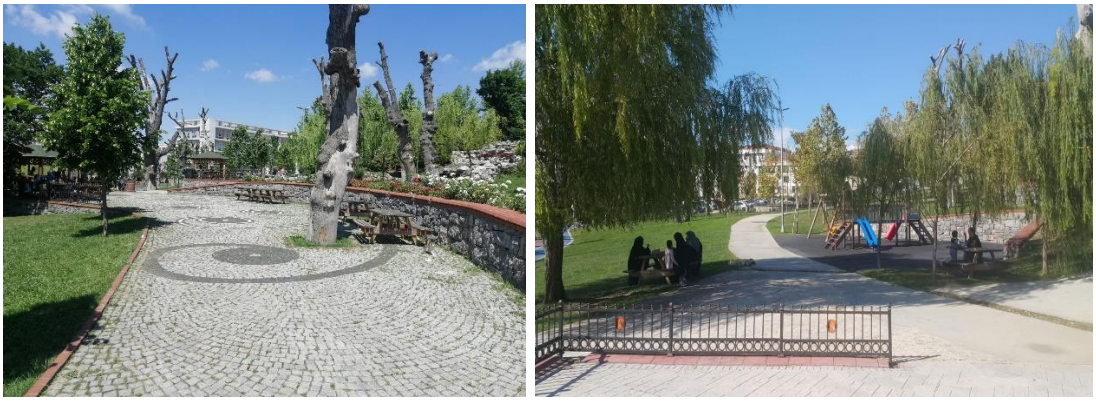
Şekil 4.3. Çalışma alanı yeşil analizi.

4.3. Mevcut Durum Analizi



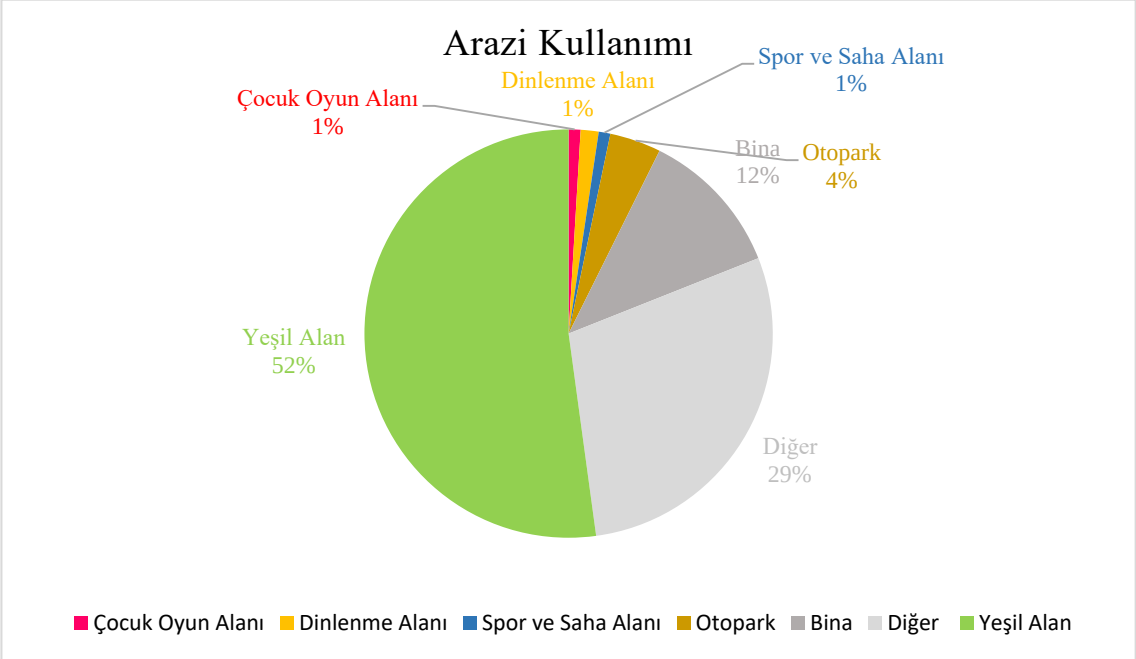
Şekil 4.4. Çalışma alanı mevcut durum analizi.

Şekil 4.4.'deki arazi kullanım haritası incelendiğinde çalışma alanı içerisinde Çekmeköy Belediye Binası, Çekmeköy Kaymakamlık Binası, 1 adet kafe, 1 adet hizmet birimi, 2 adet depo, 3 adet çocuk oyun alanı, 3 adet dinlenme alanı, 2 adet spor sahası, 2 adet süs havuzu, 2 adet açık otopark, spor alanı, helikopter pisti, mezarlık, yürüyüş-bisiklet yolu ve gezinti yolları bulunmaktadır. Belediye bahçesine nazaran kent parkı eğimli alana kurulduğundan alan içi teraslamalar yapılarak fonksiyon alanlarının oluşturulduğu görülmektedir (Şekil 4.5). Bu durum drenaj sistemi yapılmayan kısımlarda su sorunlarına sebep olmuştur. Çalışma alanı olarak belirlenmiş belediye bahçesi geniş yeşil alan içermesi sebebiyle belirli dönemlerde festival, konser, çocuk aktiviteleri gibi belediye etkinliklerine ev sahipliği yapmaktadır.



Şekil 4.5. Alan içi teraslama ile oluşturulan fonksiyon alanları.

Çalışma alanınında yer alan fonksiyonların büyüklüklerine bakıldığında üç adet çocuk oyun alanı sırasıyla 168.00 m², 170.00 m², 185.50 m² olmak üzere toplamda 533.50 m² ve üç adet dinlenme alanı sırasıyla 154.55 m², 344.00 m², 305.00 m² olmak üzere toplamda 803.55 m²'dir. Alanda iki adet spor sahası ve bir adet açık hava spor alanı bulunmaktadır. Spor alanlarının toplam büyüklüğü 162.90 m², 177.70 m² ve 178.50 m² olmak üzere toplamda 519.10 m²'dir. Çekmeköy Belediye Binasının iki yanında bulunan açık otoparkların ise toplam alanı 2298.69 m²'dir.



Şekil 4.6. Çalışma alanı mevcut arazi kullanımı grafiksel gösterimi.

Çalışma alanında yapılan arazi kullanım analizine göre Şekil 4.6'da mevcut arazi kullanımının yüzdelere göre grafiği oluşturulmuştur. Grafiğe göre çalışma alanının % 1'ini çocuk oyun alanları, % 2'sini dinlenme alanları, % 1'ini spor alanları, % 4'ünü otopark, % 52'sini yeşil alanlar, %12'sini yapı alanları ve geri kalan % 36'sını ise süs havuzu, park içi gezinti yolları, helikopter pisti gibi diğer fonksiyon alanlarının oluşturduğu görülmektedir. Çalışma alanı; Piri Reis Caddesi, Erenler Caddesi ve Ceyhan Caddesi olmak üzere ana caddeler ile çevrili olup, kentsel su yönetiminde değerlendirilebilecek 5 adet refüj yer almaktadır (Şekil 4.7). Çalışma alanının etrafının büyük çoğunluğu konut alanları oluşturmaktadır.

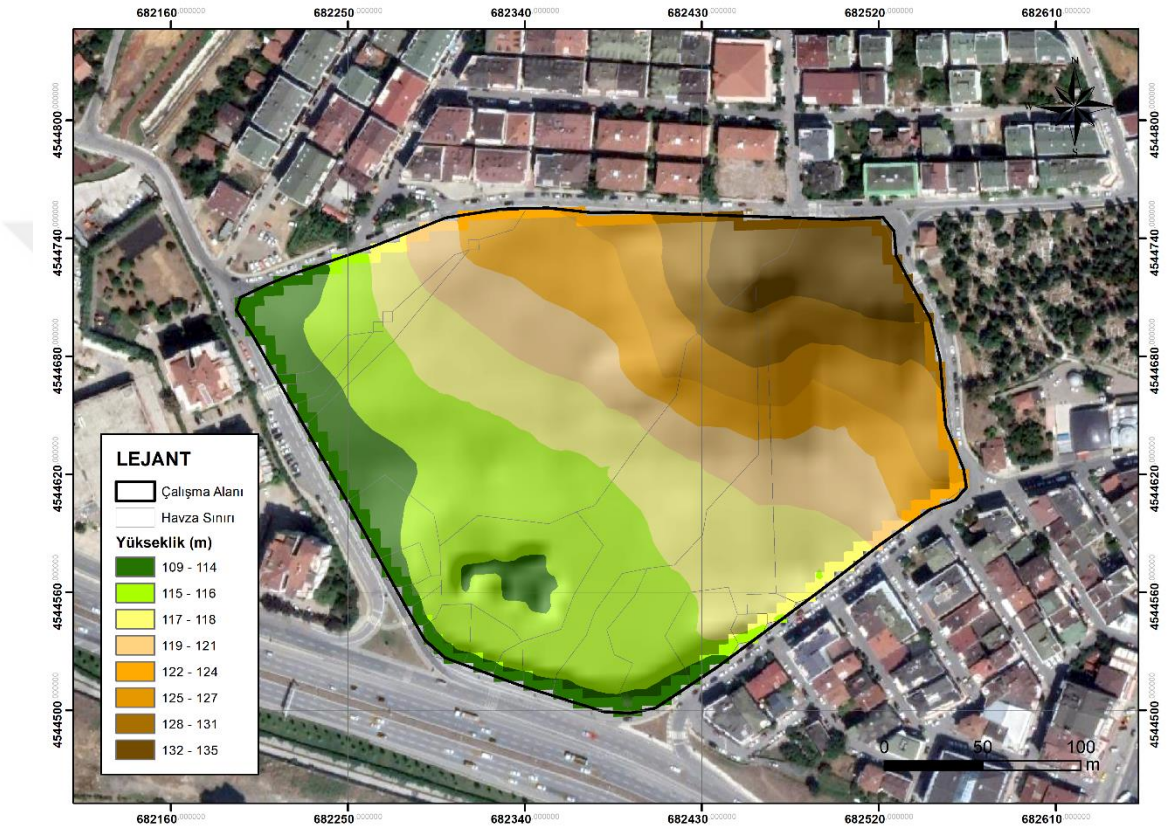


Şekil 4.7. Çalışma alanı etrafı refüjler; a)Erenler Cad.- Harita Sk. keşimi, b) Piri Reis Cad.- Harita Sk. keşimi, c) Piri Reis Cad.- Ceyhan Cad. keşimi, (d) Erenler Cad., e) Erenler Cad.- Harita Sk. keşimi (Anonim, 2024ae).

4.4. Yükselti Analizi

Şekil 4.8'de çalışma alanına ait Arcmap yazılımı ile oluşturulan yükselti analizi haritasını göstermektedir. Çalışma alanının en yüksek ve en alçak kısımları tarafındaki

yükselti farkı ise 26m olarak tespit edilmiştir. Yükselti analizi haritasında alanın yükselti miktarları 109 ile 135 m arasında sekiz gruba ayrılmış ve farklı renk tonlarıyla gösterilerek alanın topografik yapısına ait bilgi sunmaktadır. Bu yükseklik analizi, alanın drenaj düzeni, altyapı planlaması ve doğal kaynak yönetimi açısından belirleyici olmaktadır.

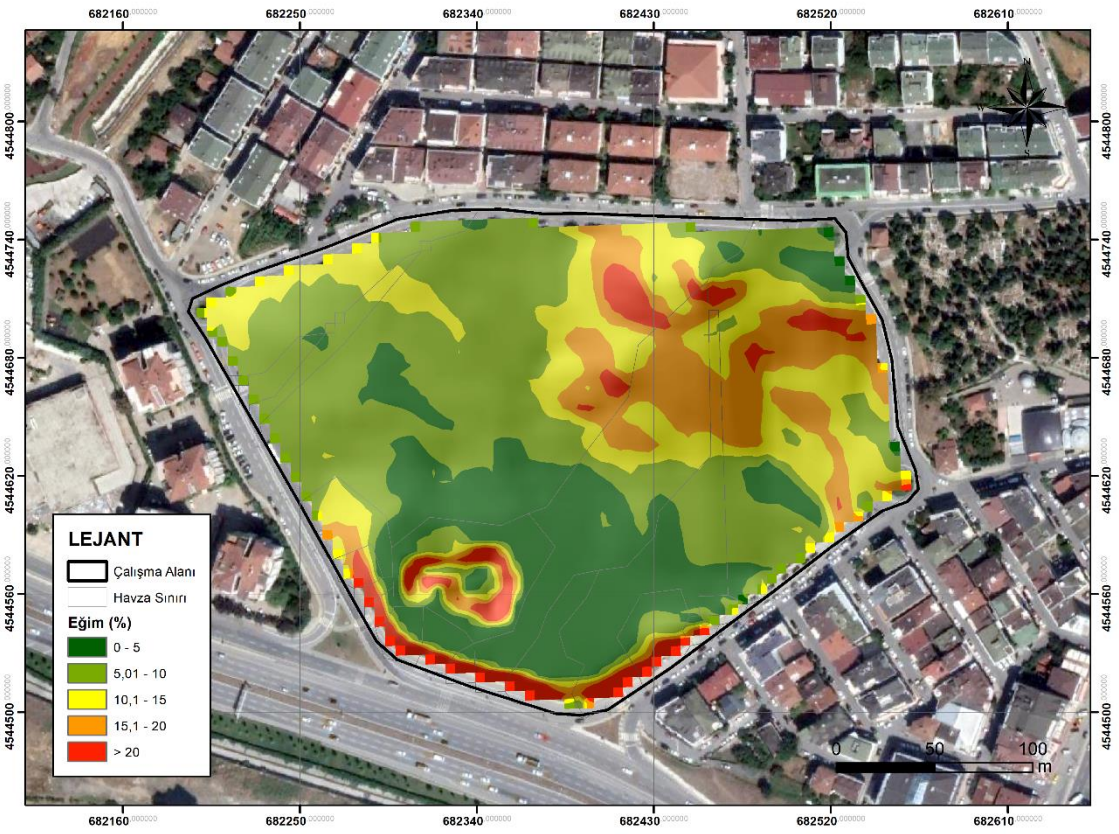


Şekil 4.8. Çalışma alanı yükselti analizi.

4.5. Eğim Analizi

Eğim derecesi alan kullanımını doğrudan etkileyen önemli bir faktördür. Eğim analizleri arazi kullanım planlamasında veri sağlayarak sel oluşumu, bitki kullanımı, erozyon riski, infiltrasyonu, sulama yönetimi vb. kritelerin seçiminde belirleyici olmaktadır. Yüksek eğimli alanlarda erozyon ve sel gibi afetlere sebep olurken, çok az eğimli alanlarda drenaj problemlerine rastlanabilmektedir (Toyran, 2022). Çalışma alanı eğim analizi Arcmap yazılımında oluşturulmuştur. Eğim haritasına göre eğim dereceleri beş

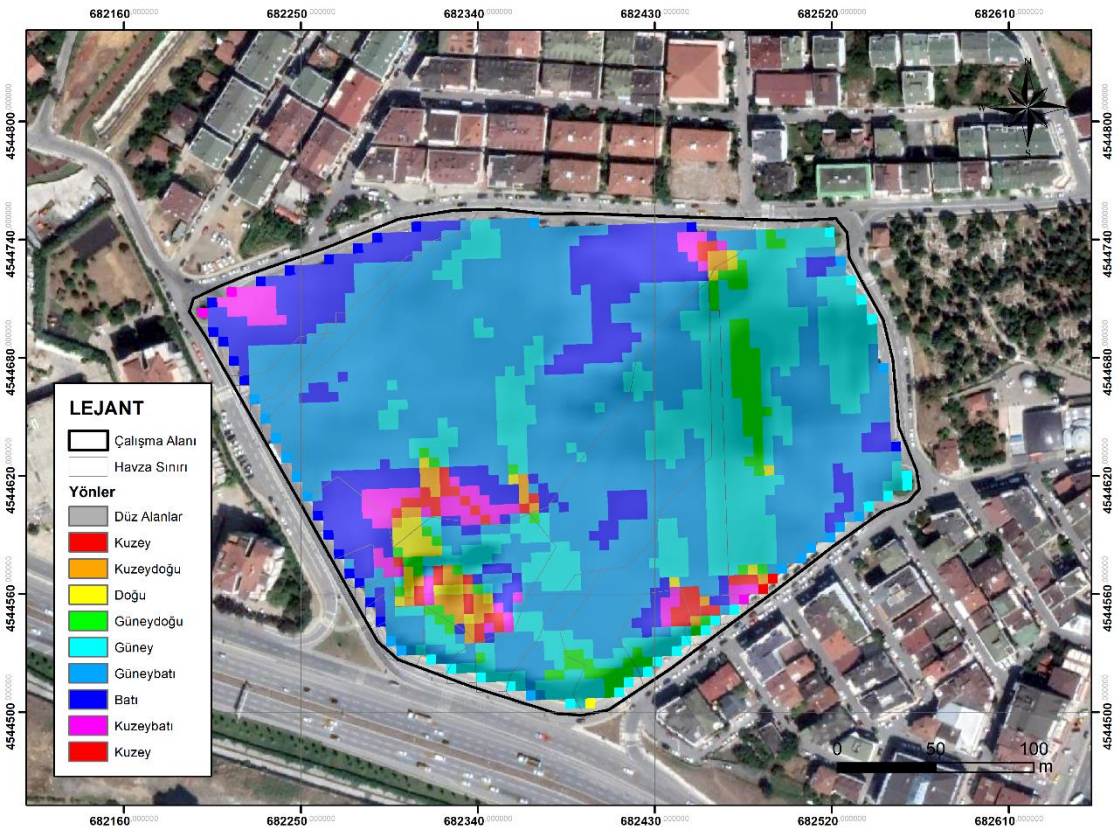
sınıfa ayrılmıştır. 0-5% eğim düz veya hafif eğimli alanları temsil ederken, bu alanlar genellikle yerleşim, tarım veya altyapı çalışmaları için uygun zeminler oluşturmaktadır. 5,01-10% eğim orta derecede eğimli alanları gösterir ve bu bölgeler hem kullanım kolaylığı hem de hafif düzenleme gereksinimleri açısından değerlendirilebilmektedir. 10,1-15% eğim daha dik alanları ifade eder ve bu tür bölgelerde yapılaşma veya arazi kullanımı planlaması dikkatle yapılmalıdır. 15,1-20% eğim dik eğimli alanları temsil etmektedir. Son olarak, >20% eğim (kırmızı) çok dik veya engebeli alanları ifade eder ve bu tür bölgeler hem erozyon hem de kullanım zorlukları nedeniyle özel düzenleme veya koruma önlemleri gerektirebilmektedir. Çalışma alanının eğim analizi şekil 4.9'da verilmiş olup, alanın çoğunluğu düz veya hafif eğimli (%5<) ve orta eğimli (%5-10) alanlardan oluşmaktadır.



Şekil 4.9. Çalışma alanı eğim analizi.

4.6. Bakı Analizi

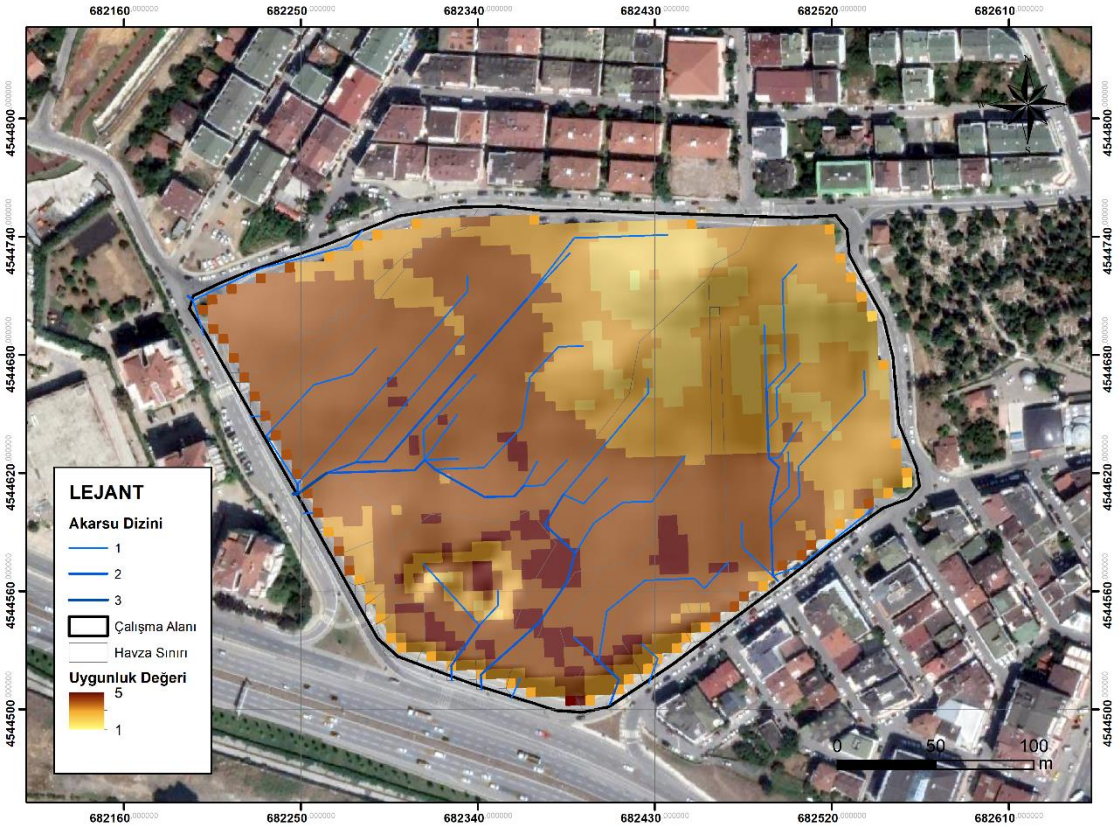
Şekil 4.10'da çalışma alanına ait Arcmap yazılımı ile oluşturulan bakı analizi haritasını göstermektedir. Kuzey yönü kırmızı, kuzeydoğu yönü turuncu, doğu yönü sarı, güneydoğu yönü yeşil, güney yönü açık mavi, güneybatı yönü koyu mavi, batı yönü lacivert ve kuzeybatı yönü pembe renk ile gösterilmiştir. Bakı analizi, bir alanın eğim yüzeyinin hangi yönlere baktığını belirlemek amacıyla yapılmaktadır. Çalışma alanına ait bakı analinde herhangi bir spesifik yöne bakış göstermeyen yatay alanlar gri renk ile gösterilmiştir. Güney ve güneydoğu yönlerine bakan alanlar, güneş ışığından en fazla faydalanan bölgeler olarak öne çıkarken, kuzey yönüne bakan alanlar daha az güneş ışığı alır ve bu bölgelerde mikroklimatik farklılıklar görülebilir. Bakı analizi, alanın tarımsal potansiyeli, bitki örtüsü gelişimi veya yapılaşma planlaması gibi pek çok faktörde önemli bir veri kaynağı sağlamaktadır.



Şekil 4.10. Çalışma alanı bakı analizi.

4.7. Yağış Suyu Yönetimi Uygunluk Analizi

Çalışma alanına yağış suyu yönetim potansiyelinin belirlenebilmesi için Google Earth Pro yazılımından yükselti bilgileri atanmış ve bu noktalar referans alınarak yüksek çözünürlüğe (1m) sahip DEM verisi üretilmiştir. Bu DEM verisi kullanılarak ArcMap 10.2 yazılımında eğim, bakı ve yükselti haritaları elde edilmiştir. Daha sonra elde edilen eğim, bakı ve yükselti kademelerine topoğrafyanın su yönetim potansiyeli açısından uygunluk etkisine bağlı olarak değer atanmış ve elde edilen haritalar çakıştırılarak 1-5 aralığında gruplandırılmış şekil 4.11'de yağış suyu yönetimi uygunluk analizi haritası elde edilmiştir. Çalışma alanı içerisinde doğal topoğrafyanın yönlendirmesiyle meydana gelen potansiyel akarsu dizinleri belirtilerek alanın su yönetim potansiyeli bakımından uygunluğu ortaya konmuştur.



Şekil 4.11. Çalışma alanı yağış suyu yönetimi uygunluk analizi.

Yağış suyu yönetimi uygunluk analizi haritası için kriterlere değer ataması yapılırken Çizelge 4.2 'de verildiği üzere eğim derecesinin artmasına paralel olarak yağış suyu

yüzey akış hızı da artacağından yüksek eğim dereceli alanlara düşük, yağış suyunun toplanmasını arttırması bakımından düşük eğim dereceli alanlara ise yüksek değer verilmiştir. Bakı kriteri açısından güneşlenme ve hâkim rüzgâr yönü parametreleri göz önünde bulunarak çalışma alanının genel olarak kuzey yönü hâkim rüzgârlara açık olması sebebiyle bakısı kuzey yönüne bakan alanlara düşük, güney yönüne bakan alanlara yüksek ve güneşlenme parametresi için ise doğu ve batı yönlerine yüksek değerler atanmıştır. Yükselti kademelerinde ise su akışını yönlendirme ve rüzgâr alma kapasiteleri bakımından değerlendirme yapılmıştır (Aksu, 2022).

Çizelge 4.2. Çalışma alanının su yönetim potansiyeli açısından uygunluğunun belirlenmesinde kullanılan kriterler ve kriterlere atanan değerler.

KRİTER	DEĞER
EĞİM (%)	
> 25.1%	1
15.1-20%	3
10.1-15%	5
5.1-10%	7
0-5%	9
YÜKSELTİ (m)	
132-135m	1
128-131m	3
125-127m	3
122-124m	5
119-121m	7
117-118m	7
115-116m	9
109-114m	9
BAKI (Yön)	
Kuzey, Kuzeybatı, Kuzeydoğu,	3
Güneydoğu, Güneybatı	5
Güney, Batı, Doğu	7

Çok ölçütlü uygunluk analizi yardımıyla kriterlere değer verilirken 1-9 arasındaki önem dereceleri kullanılmıştır. Bu önem dereceleri; bir eşit önemli, üç orta dereceli önemli, beş kuvvetli derecede önemli, yedi çok kuvvetli derecede önemli ve dokuz önem derecesi aşırı önemli olarak tanımlanmaktadır (Sevinç, 2024). Önem derecelerinin belirlenmesi ve karşılaştırılmasıyla eğim, bakı ve yükselti verilerinin, akış sularının toplanacağı alanlar üzerindeki etkisini belirlenmiş ve verilerin çakıştırılmasıyla uygunluk analizi elde edilmiştir. Analiz sonuçlarına göre, en uygun alanlarda sürdürülebilir çözümlerle yağmur suyu yönetimi kurgusu oluşturmak amaçlanmıştır.

4.8. Yağış Suyu Yönetimi İçin Uygun Alanlar Analizi

Çalışma alanında yağış suyu yönetimi uygunluk analizinde dört ve beş yüksek uygunluk değeri olan alanlar yağış suyu yönetimi için uygun alan olarak ArcMap yazılımıyla haritalanmıştır. Şekil 4.12' de çalışma alanına ait yağış suyu yönetimi için uygun alan analizi görülmektedir.

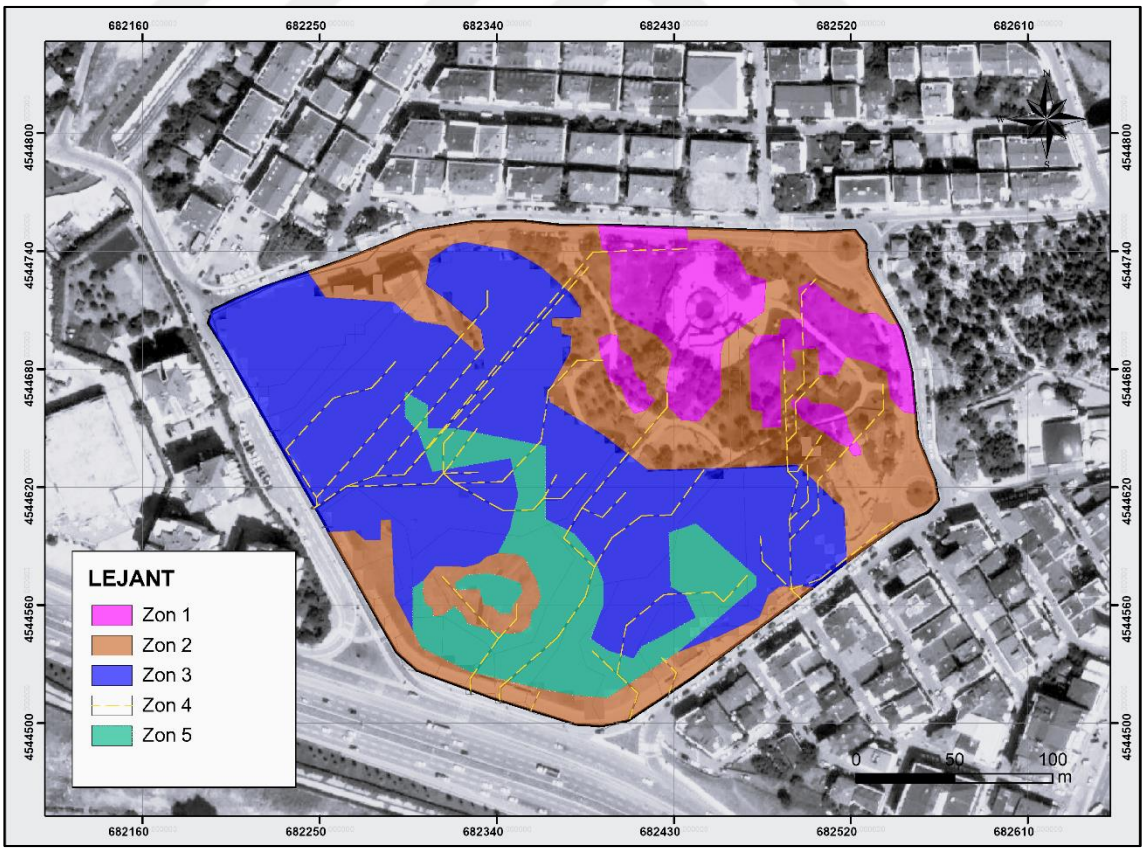


Şekil 4.12. Çalışma alanın yağış suyu yönetimi için uygun alanlar analizi.

Yağış suyu yönetimi uygunluk analizi ve yağış suyu yönetimi için uygun alanlar analizlerinin, üst ölçekli stratejik kararlar için veri sağlayabileceği ve alt ölçekli planlama süreçlerinde hidrojeolojik yapı, toprak, flora ve fauna gibi bileşenlerle birlikte değerlendirilebileceği düşünülmektedir (Aksu, 2022).

4.9. Coğrafi Analiz Tabanlı Alan Zonlaması

Çalışma alanında yağış suyunun nasıl hareket ettiği anlayabilmek için alana ait yükselti, bakı ve eğim analizlerinden oluşturulmuş yağış suyu yönetimi uygunluk analizi (bkz. Şekil 4.11) incelendiğinde, çalışma alanının en alçak noktalarının alanın güneybatı yönünde, en yüksek noktalarının ise kuzeydoğu yönünde olduğu anlaşılmaktadır. Yağış suyu yönetimi uygunluk analizinde verilen değerlere göre Şekil 4.13'de çalışma alanın üzerinde kentsel yüzey akışı için doğa temelli çözüm yöntemleri kullanılarak su yönetimi önerilerinin anlaşılabilir ve kolay yapılabilmesi için zonlama yapılmıştır.



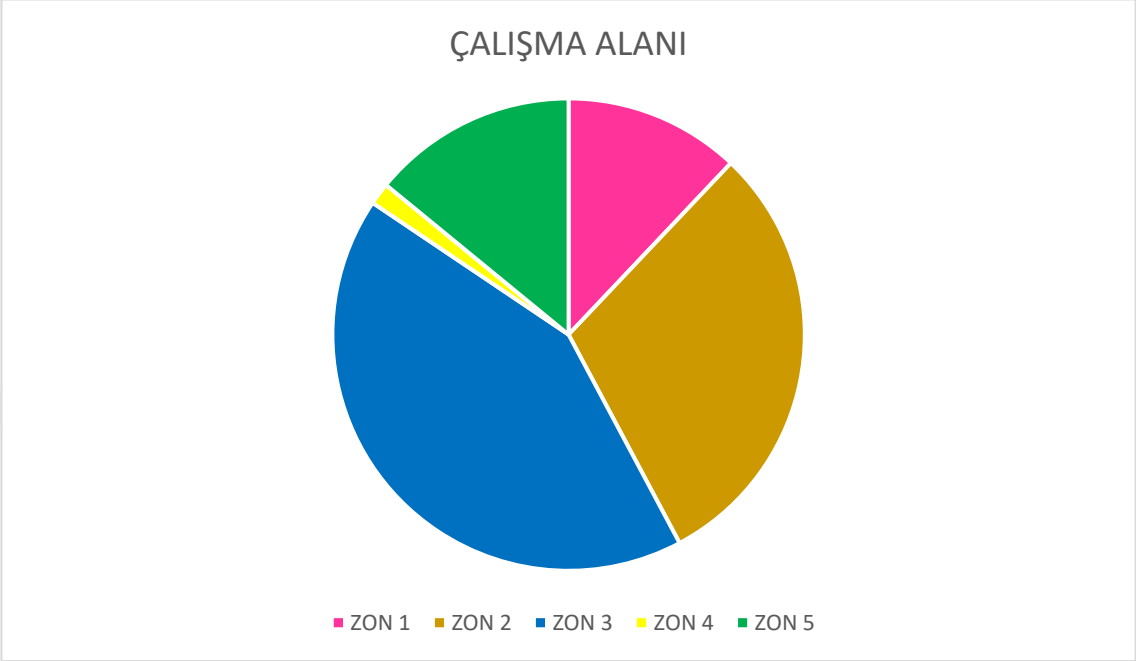
Şekil 4.13. Yağış suyu yönetimi uygunluk analizi doğrultusunda yapılan zonlama.

Zonlama analizinde zon 1 alandaki en yüksek noktalardır. Zon 1'den sonra yükselti bakımından zon 2 gelmekte olup, zon 1 ve zon 2 eğimin oldukça fazla olduğu alanlardır. Zon 1 ve zon 2'ye düşen yağış hızla zon 3'te toplanmaktadır. Bir ve iki numaralı zonlarda yağmur suyunun tutulması sel ve taşkın risklerini azaltarak pik yağışlarda zon 3 oluşabilecek göllenme vb. olumsuzlukları engellemeye yardımcı olacaktır. Zon 3, zon 2' ye göre daha az eğimli olduğundan yağış suyunun daha yavaş hareket edeceği beklenmektedir. Zon 4 daha yüksek alanlardan gelen yağış sularının en düşük kota doğru devam ettiği hatlardır. Bu hatlar; su kaynaklarının analizinde önemli rol oynarlar ve su yönetimi, çevresel koruma ve bölgesel planlama gibi alanlarda büyük öneme sahiptirler. Zon 5, çalışma alanında zon1, zon 2, zon 3 ve zon 4' te tutulamayan yüzey akış sularının son olarak toplandığı en düşük kotlu alandır. Zon 3, zon 4 ve zon 5 kentsel alanlarda su yönetimi için yapılan uygun alanlar analizinde (bkz. Şekil 4.12) yüksek uygunluk göstermektedir. Uygun olan alanlarda doğa temelli çözüm yöntemlerinin kullanılmaması bazı sorunlara yol açacaktır. Zon 3 ve zon 5'de rastlanılan bazı olumsuzluklar şekil 4.14'de verilmiştir.



Şekil 4.14. Zon 3 ve zon 5'te meydana gelen su sorunları.

Çalışma alanında ayrılan zonların toplam alanında kapladıkları alan oranları Şekil 4.15'te gösterilmektedir.



Şekil 4.15. Çalışma alanı zonlaması grafiksel gösterimi.

Yağış suyu yönetimi uygunluk analizi doğrultusunda yapılan zonlama haritası ile alan kullanım analizi Autocad 2024 programı aracılığıyla çakıştırılarak çalışma alanında öneri geliştirilmesinde yol gösteren, geçirimli alanlarda yüzey suyunun nasıl hareket edeceği ve sürdürülebilir kentsel su yönetimi bakımından doğa temelli yöntemlerin hangilerinin uygulanabileceği konusunda fikir veren şekil 4.16'daki harita elde edilmiştir. Bu harita ile çalışma alanında yer alan yapıların ve fonksiyon alanlarının yağış suyu potansiyeli ile birlikte değerlendirilebilmesini sağlamaktadır. Çalışma alanında sert zemin dışında kalan zonlara ayrılmış yeşil alanların yeşil altyapı yaklaşımıyla altyapı potansiyelinin değerlendirilmesine ve doğa temelli çözüm yöntemlerinin zonlara göre yerleştirilmesine fırsat tanımaktadır.



Şekil 4.16. Çalışma alanı yağış suyu yönetimi uygunluk ve alan kullanımı analizinin çakıştırılması.

4.10. Swot ve Tows Analizi

Swot analizi, planlama süreçlerinde mevcut bilgilerin dikkate alınarak değerlendirilmesi amacıyla kullanılmaktadır. Bu analiz sırasında, sisteme dair iç ve dış çevre faktörleri incelenmektedir. İç analizler, sistemin güçlü ve zayıf yönlerini belirlerken, dış analizler sistemin gelişimini etkileyebilecek fırsat ve tehditleri değerlendirmektedir. Dış çevredeki değişimler, hem fırsatlar hem de tehditler oluşturabilir. Bu nedenle, yapılacak analizlerle, sistemin sürdürülebilirliğini tehdit eden unsurların tespit edilmesi büyük önem taşımaktadır (Aydın Türk, 2006; Pirselimoğlu, 2007). Çizelge 4.3'de yapılan Swot analizi çalışma alanının doğal ve kültürel verileri, yapılan analizlerden elde edilen bulguların güçlü, zayıf, tehdit ve fırsatlar yönünden değerlendirilmesi ile oluşturulmuştur.

Çizelge 4.3. Swot analizi

Güçlü Yönler	Zayıf Yönler	Fırsatlar	Tehditler
*Çalışma alanının %52'si 29.49 ha büyüklüğünde yeşil alan olması.	*Arazi yapısının eğimli olması.	*Alanın güney ve güneybatı bakısının ağırlıklı olması.	*İklim değişikliği nedeniyle yağış rejiminde meydana gelen olumsuz değişiklikler.
*Yağış suyu uygunluk analizi doğrultusunda uygun alanların çalışma alanın büyük kısmını karşılaması.	*Mevcut idari binaların alan içinde düşük kotlu alanlarda bulunması ve mevcut bina yoğunluğunun çalışma alanının %18'ini kaplaması.	*Mevcut idari binaların etrafında geleneksel drenaj sistemine ile birlikte Doğa temeli yöntemlerin uygulanabilir alanların olması.	*Sürdürülebilir yağmur suyu yönetimi yaklaşımlarının eksikliği.
*Alanın sürdürülebilir planlama ve tasarımsal kararların uygulanmasına müsait olması.	* Mevcut sert zeminlerde (çalışma alanı %30'u) çoğunlukla geçirimsiz (beton, asfalt vb.) malzeme kullanılması.	*Alan içerisinde araç trafiğinin olmaması.	*Yüksek noktalarda tutulamayan yüzeysel suyun alanın güneybatı yönünde kaldırıma akması.
*Çalışma alanının büyük kısmının düz veya hafif eğimli (zon 5) ve orta eğimli (zon 3) alanlardan oluşması.	* Yağış suyu yönetimi bakımından yüksek uygunluk gösteren zon 3'te binaların yer alması.	*Çalışma alanı olarak Belediye bahçesi ve Kent parkının bütün olarak ele alınabilmesi.	*Alanın en yüksek ve en düşük noktası arasında 26 m kot farkı olması.
*Eğim yüzdesinin yüksek olduğu (Zon 1) Ağaç varlığının yoğun olması.	*Çalışma alanı Kent Park kısmında teraslamayla fonksiyon alanları oluşturulması sebebiyle yüzey sularının düz alanlarda birikmesi.	*Çalışma alanı etrafında 5 adet refüj bulunması yüzey akışının yönlendirilme fırsatı yaratması.	* Su kıtlığı.
*Alanın ulaşılabilir konumda olması ve yoğun kullanılması.	*Alanda yüzeysel akışa geçen suyun düşük kotlarda toplanması göllenme vb. kullanıcılar için olumsuz durumların meydana gelmesi.	*Mevcut otoparkların doğa temelli çözüm uygulamalarının eklenmesine müsait alanlarının olması.	*Çalışma alanıyla alakalı geçirimsiz alanların arttırmaya sebep olacak planlama ve tasarım kararlarının alınması.
*Belediye Bahçesi ve Park alanı olarak kamusal alan olması. (Kanun, yönetmelik vb.tabii olunması)	*Yeşil alanların büyük kısmının çim alan olması, sulama vb. bakım ihtiyacının ve maliyetinin yüksek olması.	*Dinlenme alanlarının zemin döşemesinin doğal küp taş geçirimli malzeme olması.	* Çevresel farkıdalığın düşük olaması, Otomatik sulama sistemine dışarıdan yapılan müdahaleler, vandalizm.
* Otomatik sulama sistemi bulunması ve su deposu olması.	*Yağmur hasadı sistemlerinin olmaması.	* Mevcut binalardan yapılacak yağmur hasadı için su deposu bulunması.	* Sel, taşkın zararları ve göllenme, durgun su sonucu oluşacak olumsuzlukların ekolojik ve ekonomik zarara uğratması.

Çalışma alanın sorunlarını ve potansiyellerini anlamak ve yüzey akış yönetimi stratejileri geliştirmek için alanın güçlü yönleri, zayıf yönleri, fırsatları ve tehditleri Çizelge 4.3'deki Swot analizi yapılarak ortaya konulmuştur. Bu analiz Çekmeköy Belediye binası ve çevresi alanlarda yapılacak değişiklikler hakkında bir fikir verecektir. Çalışma alanında uygulanabilecek doğa temelli çözüm yöntemlerinin belirlenmesinde ve kaynakların verimli kullanmasında etkili olmaktadır. SWOT analizi, çalışma alanının çalışma alanının geniş yeşil alanlara ve sürdürülebilir planlama potansiyeli gibi önemli güçlü yönlere sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Bununla birlikte, eğimli arazi yapısı, geçirimsiz yüzeylerin yüksek oranı ve yağmur suyu hasadı sistemlerinin eksikliği gibi zayıf yönler dikkat çekmektedir. Mevcut idari binalar ve otopark alanları çevresinde doğa temelli çözümlerin entegrasyonu gibi fırsatlar, sürdürülebilir yağmur suyu yönetiminin geliştirilmesi için önemli bir potansiyel sunmaktadır. Ayrıca, yeşil alanın varlığı, ulaşılabilir konumu ve kamusal kullanım alanı olması ekolojik müdahaleler için ek fırsatlar sağlamaktadır. Ancak, iklim değişikliğinin yağış rejimi üzerindeki olumsuz etkileri, su kıtlığı ve sel riskleri gibi tehditler, ekolojik ve ekonomik zararlar yaratma potansiyeline sahiptir. Bu analiz, güçlü yönler ve fırsatların stratejik planlama yoluyla değerlendirilmesi gerektiğini vurgularken, zayıf yönlerin giderilmesi ve potansiyel tehditlerin azaltılması için sürdürülebilir kentsel su yönetimi yaklaşımlarının önemini ortaya koymaktadır.

İç ve dış analizler sonucunda belirlenen SWOT parametreleri ile TWOS analizi oluşturulmaktadır. Tows analizi ile iç ve dış faktörlerin karşılıklı değerlendirilmesiyle stratejiler ortaya koyulmaktadır (Aydın Türk, 2006; Pirselimoğlu, 2007). Bu bağlamda, alanın kentsel yüzey akışının yönetilmesi ve doğa temelli çözüm yöntemlerinin belirlenmesi SWOT analiziyle incelenmiştir. Çalışmada alanın su yönetimi ile ilgili potansiyeli güçlü ve zayıf yönler, fırsatlar ve tehditler temelinde ele alınmıştır. SWOT analiziyle mevcut durum değerlendirildikten sonra, su yönetimi açısından stratejilerinin geliştirildiği TOWS matrisi uygulanmıştır (Aydın Türk, 2006; Pirselimoğlu, 2007; Pirselimoğlu ve Demirel, 2012; Kamer Aksoy, 2015; Pirselimoğlu, 2019) (Çizelge 4.4). TOWS analizi; SWOT analizinde belirlenen unsurları stratejik eylem planlarına dönüştürmeye yardımcı olmaktadır.

Çizelge 4.4. Twos Analizi

	Güçlü Yönler	**Zayıf Yönler**
	G-F stratejileri	**Z-F stratejileri**
Olanaklar-Fırsatlar	*****Su yönetimi için mevcut drenaj sistemleriyle doğa temelli çözüm yöntemlerinin entegre edilmesi.	*****Çalışma alanında düşük kotta bulunan binaların yüzeysel akış fazlasından etkilenmemesi için direkt geçen akışa yüksek eğimli zonlarda suyun tutulması.
	*****Binaların yeşil çatı olarak değerlendirilmesi ile yüzeysel akışın yavaşlatılması.	*****Belediye binası ile otopark arasında kalan şev alanda bitki hendeği yönteminin uygulanması.
	***** Mevcut geçirimsiz döşeme malzemelerinin otopark vb. alanlarda geçirimli döşemeler ile değiştirilmesi.	*****Çalışma alanı çevresi için bordürleri ve olukları kaldırarak yüzey akışını planlana biyolojik su tutma alanlarına yönlendirilmesi.
	*Zon 3 ve Zon 5 su yönetimi için uygun alanlarda yağmur bahçeleri inşa edilmesi.	* Zon 5'te yapılandırılmış sulak alan inşa ederek yağmur suyunu depolanması ve filtrelenmesi. Böylece su kaynaklarının kirlenmesinin önlenmesi.
	*Planlama ve tasarımsal kararlarda sürdürülebilirlik ilkeleri ile peyzaj etki değeri yüksek alanlar oluşturulması.	*Doğa temelli çözüm yöntemleri ile kentsel estetiği arttırmak ve rekreasyon alanlar oluşturmak.
	G-T stratejileri	**Z-T stratejileri**
Tehlikeler-Tehditler	*Kamu binalarını yağmur suyu hasadı için uygun hale getirilmesi.	*Dik eğimli yamaçlara ağaç dikilmesi ile pik yağışlarda oluşabilecek erozyon riskini azaltmak veya önlemek.
	*İklim değişikliği etkisiyle su kıtlığı tehditine karşı yağmur sularının sulama suyu olarak kullanılması.	*Kuraklığa dayanıklı doğal bitki türlerinin kullanılması.
	*Doğa temelli çözüm yöntemlerinin kullanılması ile kentsel ısı adası etkisini azaltmak.	*Tepe noktalarında yağmur suyu tululması ile düşük kotlarda meydana gelen olumsuzlukların önlenmesi.

Tows analizi ile kentsel su yönetimi kapsamında günümüz ihtiyaçları gözün önüne alınarak daha yaşanabilir bir çevre yaratmak amacıyla farklı türlerde stratejiler gerektiği görülmektedir. Kentleşme ve iklim değişikliği etkileri sebebiyle kentsel su varlığı üzerindeki tehditleri indirgemeye ve önlemeye yönelik stratejiler belirlenmiştir. Tows analizi doğrultusunda çalışma alanında uygulanacak su yönetimi eylem önerileri özetle şu şekildedir.

G-F Stratejileri: Mevcut drenaj sistemleri ile doğa temelli çözümlerin entegre edilmesi, yeşil çatı uygulamaları ile yüzeysel akışın azaltılması, geçirimli döşemelerle suyun toprağa sızdırılması ve yağmur bahçeleri ile yağmur suyu yönetiminin iyileştirilmesi.

Z-F Stratejileri: Düşük kotlarda yer alan binaları korumak için yüksek eğimli alanlarda suyun tutulması, bitki hendekleri ve sulak alanlar oluşturarak suyun depolanması ve filtrelenmesi.

G-T Stratejileri: Kamu binalarının yağmur suyu hasadı için kullanılması, yağmur sularının sulamada değerlendirilmesi ve doğa temelli çözümlerle kentsel ısı adası etkisinin azaltılması.

Z-T Stratejileri: Erozyonu önlemek için eğimli yamaçlara ağaç dikilmesi, kuraklığa dayanıklı bitkilerin kullanılması ve tepe noktalarında yağmur suyunun tutulması ile taşkınların önlenmesi.

Bu stratejiler, sürdürülebilir yağmur suyu yönetimi, taşkın risklerinin azaltılması ve iklim değişikliğine uyum sağlanmasına yönelik somut eylemler sunmaktadır.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Geleneksel drenaj sistemleri, yağmur suyunu ve atık suyu kentsel alanlardan uzaklaştırarak altyapının önemli bir bileşeni olmakta (Chocat vd., 2007); ancak bu sistemler, suyun hızlıca uzaklaştırılmasına odaklandığından yeraltı sularının

beslenmesini engellemektedir. (Bekiryazıcı, 2023). Atık su ile yağmur suyunun birlikte uzaklaştırılması ise alıcı kaynakların kirliliğine yol açmakta olup, ayrık kanalizasyon sistemleri ile bu durumun önüne geçilmek istenildiyse de geleneksel sistemlerin sürdürülebilirliği hakkında eleştiriler devam etmektedir (Bekiryazıcı, 2023). Eckart vd., (2017); iklim değişikliği ve kentleşmeye bağlı olarak geleneksel yağmur suyu yönetim sistemlerinin yetersiz kaldığına değinmiştir. Genişleyen kentlerde ve şiddetli yağışlarda hidrolojik yükün artması (Gülcü, 2021) dolayısıyla, sistemde gerekli değişiklik yapılmadığında taşma riski oluşturmaktadır. Özetle kentleşme süreci, sosyo-çevresel dönüşümlerin birikimi olarak şekillenmekte olup, bu dönüşümlerin çevresel süreçler göz önünde bulundurularak gerçekleştirilmesi gerektiği iklim kriziyle daha da belirgin hale gelmiştir. Son yıllarda meydana gelen sel felaketleri, iklim krizinin kentlerde yarattığı riskleri somut bir şekilde göstermektedir. Bu nedenle, kentlerin iklim krizinin ciddiyetine uygun şekilde tasarlanması ve mevcut metodolojilerin bilimsel veriler ışığında yeniden değerlendirilmesi gerekmektedir (Gülcü, 2021). Bu çalışmada, kentlerde artan nüfus ve iklim değişikliği etkilerinin su yönetimi üzerindeki olumsuz sonuçları ele alınarak, doğa temelli çözümlerle sürdürülebilir bir yağış suyu yönetimi için Çekmeköy Belediye Binası ve çevresi çalışma alanı olarak seçilmiş ve yapılan analizler doğrultusunda uygun doğa temelli stratejiler önerilmiştir. Yapılan araştırmalarda geçirimsiz yüzeylerin azaltılması, suyun yerinde yönetimi ve yeşil altyapı uygulamalarının sel, taşkın vb. riskini azaltmada etkili olduğu belirtilmektedir (Fletcher vd., 2013). Çalışma alanında yapılan analizler ve gözlemler de benzer şekilde, geçirimsiz yüzeylerin fazla olduğu bölgelerde su birikiminin arttığını ve doğal eğim ile suyun yönlendirilmesi gerektiğini göstermektedir.

Kentsel alanlarda yeşil alanların önemi vurgulanarak, doğayı taklit eden sürdürülebilir tasarım yaklaşımlarında yeşil alanların altyapı olarak değerlendirilmesi gerektiği belirtilmektedir. Kentlerde yeşil altyapının genişletilmesi, kentlerin sürdürülebilirliğini ve dayanıklılığını artırmada kritik bir strateji olup, halk sağlığının iyileştirilmesi ve yağmur suyu yönetimi gibi çeşitli ekolojik ve sosyal faydalar sağlamaktadır. Bu faydalar, ekosistem hizmetleri çerçevesinde kategorize edilmekte ve birçok kent yönetimi tarafından teşvik edilmektedir. Bununla birlikte, yeşil altyapı çoğunlukla yağmur suyu yönetimi perspektifinden ele alınmakta, sosyal ve ekolojik faydalar

arasındaki etkileşimleri bütüncül bir yaklaşımla değerlendiren entegre planlama modellerinin eksikliği dikkat çekmektedir. Bu durum, yerel çevresel ve sosyal adalet üzerinde önemli etkiler yaratma potansiyeline sahip olmaktadır. Meerow ve Newell (2017); bu boşluğu gidermek amacıyla yeşil altyapı tarafından sağlanan ekosistem hizmetleri arasındaki etkileşimleri analiz etmeyi ve bu hizmetlerin en verimli şekilde sağlanabileceği öncelikli alanları belirlemek için araştırmalarında mekânsal planlama temelli bir yaklaşım sunmaktadır. Ayrıca, yeşil altyapının çeşitli ekolojik ve sosyal faydaları en üst düzeye çıkaracak şekilde stratejik olarak konumlandırılmasına yönelik bir çerçeve geliştirmeyi amaçlamaktadırlar. Kısaca özetlemek gerekirse yeşil altyapı kapsamında doğa temelli çözüm yöntemlerinin seçimi ve konumlandırılması işlevselliği konusunda belirleyici olmaktadır. Bu sebeple alan kullanımı, arazi özellikleri ve topografya analizlerinin yapılması yeşil altyapı olarak kentlerde sürdürülebilir su yönetiminin sağlanmasında önem arz etmektedir.

Sürdürülebilir yağmur suyu drenaj sistemi üzerine çalışmalar yaygın olmasına rağmen, uygulamalarının modele entegre edildiği çalışmalar oldukça azdır (Altun, 2024). Doğa temelli çözümlerin uygulanmasında bazı pratik zorluklar söz konusu olabilmektedir. Kentsel alanlarda mevcut yapılaşma nedeniyle yeşil altyapı uygulamaları için yeterli alan bulunamayabilir ya da kent yönetimleri ve özel sektör arasında koordinasyon eksikliği sürdürülebilir yaklaşımların uygulanmamasına sebep olabilmektedir. Yerel yönetimler ve ilgili kurumlar arasında koordinasyonun sağlanması ve gerekli yasal düzenlemelerin oluşturulması bütüncül yaklaşımla doğa temelli çözüm yöntemlerinin başarılı bir şekilde uygulanması için kritik öneme sahiptir. Ayrıca, önerilen çözümlerin sürdürülebilirliği için bakım ve yönetim süreçlerinin iyi planlanması gerekmektedir. Doğa temelli çözümler uzun vadede ekonomik fayda sağlasa da, başlangıç maliyetleri yüksek olabileceğinden, düşük gelirli bölgelerde finansal konularda uygulamalar için zorluklar oluşabilmektedir. Bu nedenle finansman modelleri geliştirilerek kamu ve özel sektör teşvik edilmelidir. Doğa temelli çözüm yöntemlerinin kentlerde başarılı bir şekilde uygulanabilmesi için daha kapsamlı planlama modellerine, uzun vadeli yatırım stratejilerine ve sosyal eşitliği gözeten yaklaşımlara ihtiyaç bulunmaktadır. Bu doğrultuda fayda zarar analizi yapıldığında doğa temelli çözümlerin en önemli avantajı kentsel su yönetimini yalnızca taşkın riskini azaltmaya yönelik bir sistem olarak değil

kentsel ekosistem hizmetlerini iyileştirmeye dayalı aynı zamanda ekolojik, ekonomik ve sosyal faydalar sağlayan bütüncül bir yaklaşımla ele almasıdır. Doğa temelli çözümler, kent ekosisteminin su döngüsüne entegrasyonunu sağlayarak hem su kaynaklarının korunmasına hem de iklim değişikliğine uyum sağlanmasına katkıda bulunur (Benedict ve McMahon, 2006). Aynı zamanda, yeşil altyapı uygulamaları kentsel ısı adası etkisini azaltarak kent içindeki mikro iklim koşullarını iyileştirmektedir (Bowler vd., 2010).

Kensel alanlarda suyun miktar ve kalite açısından yönetimi, insan ve ekosistem sağlığı için sürdürülebilir kalkınmanın temel unsurlarından biridir. Yeşil altyapı, iyi tasarım ve planlama ile birleştiğinde, kaliteli ve konforlu yaşam alanları oluşturulabilir (Aksu, 2022). Bu tez kapsamında, Çekmeköy Belediye Binası ve çevresi alanlar yağış suyu yönetimi açısından değerlendirilmiş ve bu doğal potansiyelin kent ekosistemine ilgili disiplinlerden uzmanların denetiminde, saha çalışmaları, analizler ve bilimsel verilerle desteklenerek entegre edilmesi amaçlanmıştır. Çalışma alanının %52 lik kısmına karşılık gelen yeşil alanlar, alanın büyük kısmını oluşturmaktadır. Bu durum kentsel alanlarda su yönetimi için doğa temelli çözüm yöntemlerinin uygulamasında avantaj sağlamaktadır. Alanın en yüksek noktası ile en alçak noktası arasında yükseklik farkının 26 m olması (bkz. Şekil 4.8)ve alanda çok dik eğimli kısımların olması sebebiyle aşırı yağışlarda düşük kotlu alanlarda olumsuz durumlara rastlanılmaktadır. Mevcut geleneksel drenaj sistemiyle sağlanan su yönetimi iklim değişikliği etkileri dolayısıyla şiddeti ve sıklığı artan yağışlar sebebiyle yetersiz kalmaktadır. Suyu toplayarak uzaklaştırmaya dayalı bu sitem yerine biriktirme, sızdırma ve tekrar kullanmaya yönelik planlama ve tasarım kararların uygulanması sürdürülebilir ve enerji etkin alanlar oluşturmak için önem arz etmektedir. Bu kapsamda çalışma alanında eğim, bakı ve yükselti analizleri değerlendirilerek elde edilen yağış suyu yönetimi uygunluk analizi ile yağış suyu yönetimi için uygun alanlar analizi yapılarak kaynakların etkin kullanımı sağlanacaktır. Yapılan analizler doğrultusunda çalışma alanı yüzey akışının düzenlenmesi ve su yönetimi bakımından benzer özelliklerine göre beş zona ayrılmıştır. Zonlama analizinin öneri geliştirilmesi için kolaylık sağlayacağı düşünülmüştür. Daha sonra çalışma alanında swot analizi ile içsel ve dışsal faktörler ortaya konularak değerlendirilmiş ve tows analizi ile uygulanabilir stratejiler önerilmiştir. Şekil 5.1'de gösterilen alanda rastlanılan bazı su sorunlarının çözümü ve aynı zamanda yüzey

suyunun yeraltı rezervlerini desteklemesi, kaynak olarak değerlendirilmesi, kentsel alanlarda doğal döngünün devam ettrilmesi gibi birçok bakımından kentlerin sürdürülebilirliğine katkı sağlayacak doğa temelli çözüm yöntemi önerileri geliştirilmesi hedeflenmiştir.



Şekil 5.1. Çalışma alanı rastlanılan bazı su sorunları.

5.1. Çalışma Alanı Kentsel Yüzey Akışı İçin Doğa Temelli Çözüm Yöntemi Önerileri

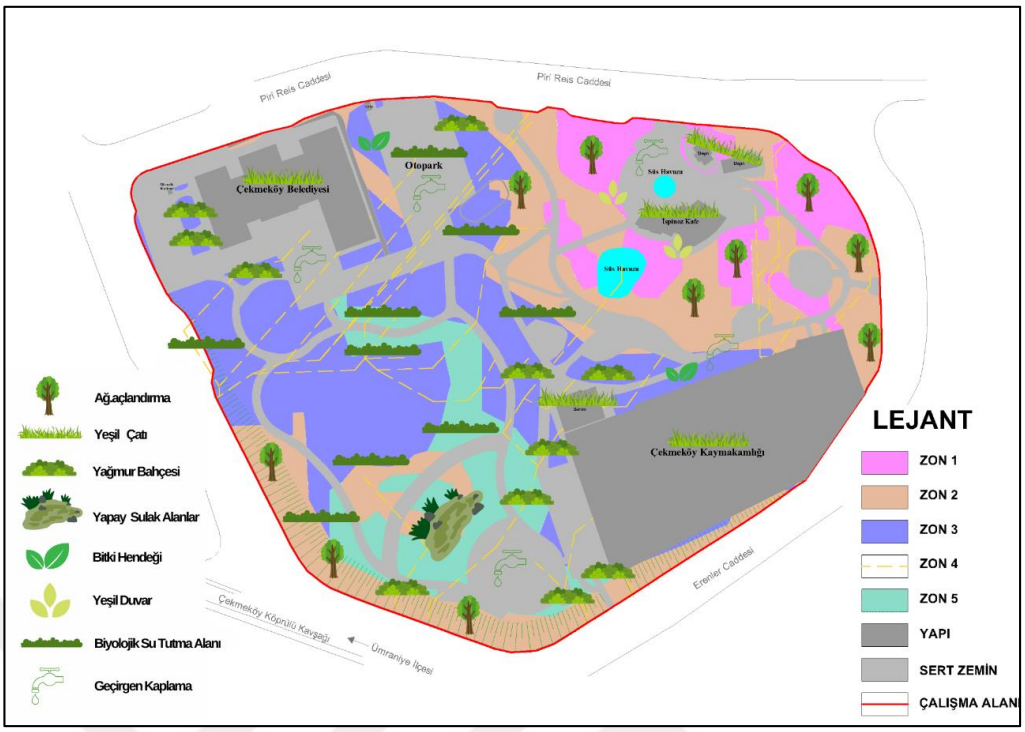
Çalışma alanında topoğrafya ve kentsel doku analizleri birlikte değerlendirilerek, yağmur suyunun toplanması, sızdırılması ve yeniden kullanımı için uygun alanlar tespit edilmiştir. Bu uygun alanları gösteren zonlama analizi, mevcut alan kullanımı analiziyle birlikte ele alınmış ve her bir zonda yağmur suyu yönetimine katkı sağlayabilecek potansiyel alanlar belirlenerek çeşitli doğa temelli çözüm önerileri sunulmuştur. Yağış sularının üst kotlardan itibaren düştüğü yerde değerlendirilmesinin kentsel yüzey akışı

kontrolünde kritik olduğu belirlenmiştir. Yağış suyu yönetimi için uygun alanlar analizine bakıldığında zon 3, zon 4 ve zon 5 en uygun alanları kapsamaktadır. Su yönetiminin geleneksel drenaj sistemleriyle sağlandığı alanda doğa temelli çözüm yöntemlerinin dâhil edilmesi alanın sürdürülebilirliğinin sağlanması için oldukça önemlidir.



Şekil 5.2. Çalışma alanı zonlama analizi ve öneriler.

Şekil 5.3'te çalışma alanı zonlama analizi ve öneriler doğrultusunda kavramsal şema oluşturulmuştur.



Şekil 5.3. Çalışma alanında doğa temelli çözüm yöntemleri ile yağmur suyu yönetiminin kavramsal şeması.

Şekil 5.3'te çalışma alanında doğa temelli çözüm yöntemleri ile yağmur suyu yönetiminin kavramsal şemasında gösterildiği gibi alanın mevcut kullanımının aksine, geçirimsiz yüzeylerin neredeyse sıfıra indirildiği bir kullanım düşünülmüştür. Eğimin fazla olduğu durumlarda etrafında toprak yığılmaları olabileceğinden dolayı eğimin %12'den az olduğu alanlarda yağmur bahçesi uygulanacaktır (Solmaz, 2021). Uygulma alanı dar olan kısımlarda ve boyuna eğimin %4'ü geçmediği yerlerde bitki hendeği, daha geniş kısımlarda yağmur bahçeleri veya biyolojik su tutma alanları uygulanması planlanmıştır. Doğa temelli çözüm yöntemleri için potansiyel alanlar belirlenerek, çalışma alanında yeşil çatı, yeşil duvar, geçirgen kaplamalar, biyolojik su tutma alanı, bitki hendeği, yağmur bahçesi ve yapılandırılmış sulak alanlarla peyzaj değeri arttırılarak alan zenginleştirilmiştir. Çalışma alanında doğa temelli çözüm önerileri zonlama analizi (bkz. Şekil 4.12) üzerinden sıralanmıştır.

Zon 1 Öneriler

Yapılan analizler doğrultusunda zon 1 çalışma alanının en üst kotlarında eğim derecesinin fazla olduğu kısımdır. Mevcut alan kullanımı analizinde zon 1'de belediye bünyesinde 1 adet sosyal tesis, 1 adet çocuk oyun alanı ve 2 adet depo binası olduğu görülmektedir. Çekmeköy Belediyesi sosyal tesis binası (İspinoz kafe) önünde süs havuzu bulunmakta olup, alanın yer döşemesi geçirimsiz beton malzemedir. Alanın fazla eğimli olması sebebiyle teraslama yapılarak fonksiyon alanlarının oluşturulduğu görülmektedir.



Şekil 5.4. Zon'1 de bulanan kafe ve bahçesi (Anonim, 2024z).

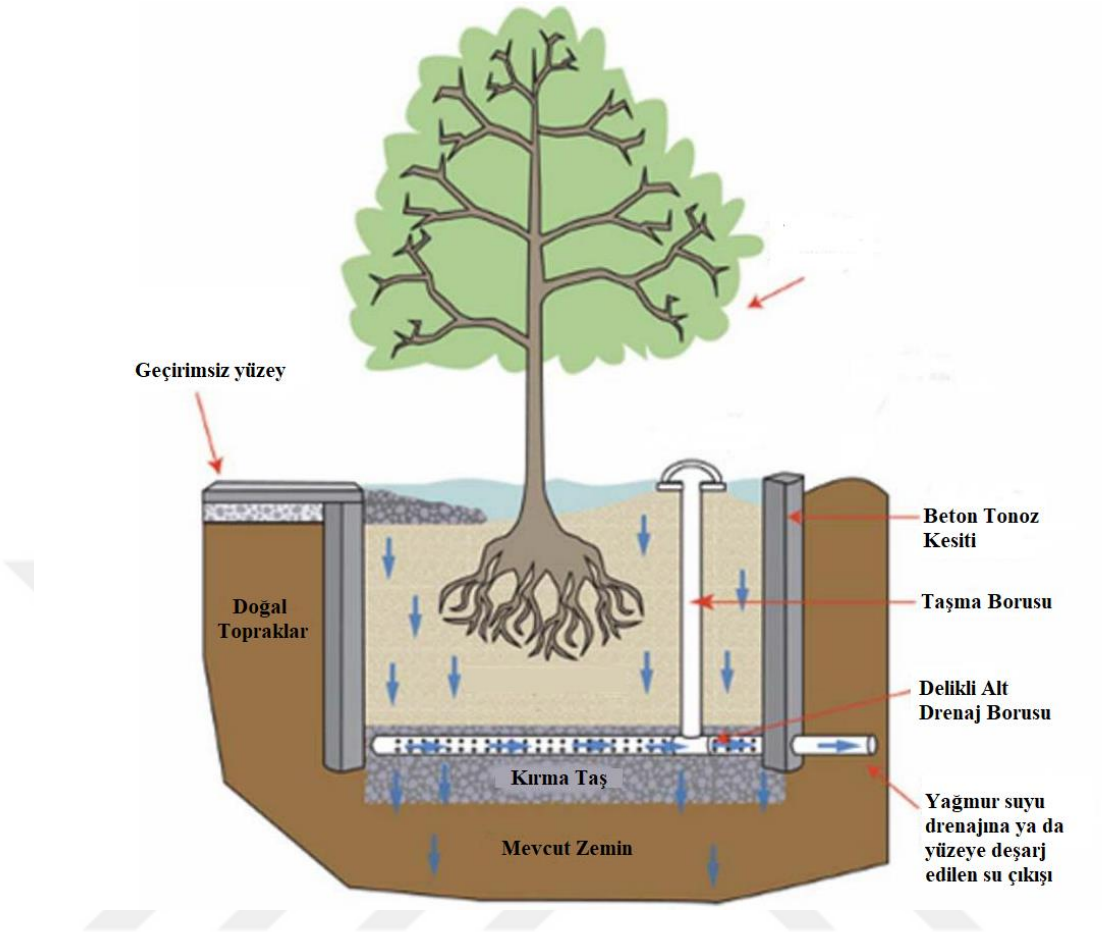
- **Öneri 1:** Mevcut bina çatılarında doğa temelli çözüm yöntemlerinden Yeşil çatı-çatı bahçesi uygulanması ve/veya mavi çatı, yağmur tankı vb. yağmur suyu hasadı uygulaması ile yüzey suyunun yeniden kullanılmak üzere depolanması.

Mevcut bina çatılarında yeşil çatı-çatı bahçesi uygulaması ile yağmur suyu hasadı yapılarak yüzeysel akışa geçen suyun kaynak olarak kullanılması, yeşil çatı ile bağlantılı diğer doğa temelli çözüm yöntemleri kullanılarak yeraltı su kaynaklarının beslenmesi sağlanacaktır. Ayrıca 2008 yılında Oregon, Portland'da yeşil çatılar üzerine yapılan bir araştırmada, 40.000 metrekarelik bir yeşil çatının yılda 1.600 kilogram partikül maddeyi havadan temizlediği ve sağlık harcamalarında 3.024 dolarlık bir tasarruf sağladığı tespit edilmiştir (Evans, 2008). Çalışma alanı zon 1'de bulunan 450 m2 İspinoz kafe, 87 m2 ve 52 m2 büyüklüğünde iki adet depo olmak üzere toplam bina çatıları toplam yağmur

suyu toplama alanı 589 m2'dir. Yağmur suyu, yapının çatısından oluk sistemiyle toplanıp bir depoya iletilerek arıtılmış veya arıtılmamış şekilde hem yapının içinde hem de dışında değerlendirilebilir. Çatılardan toplanan su genellikle kullanım suyu olarak değerlendirilirken, arıtıldığında içme suyu olarak da kullanılabilmektedir. Toplanan yağmur suyu; bahçe sulama, temizlik, yangın söndürme, havuz doldurma, tuvaletlerde kullanım ve araç yıkama gibi çeşitli alanlarda kullanım suyu olarak faydalanılabilir (Kantaroğlu, 2009; Konyalı Dereli, 2020).

- **Öneri 2:** Mevcut sert zeminlerin geçirgen döşeme malzemeleri ile değiştirilmesi ve/veya yüzeysel akışı yönlendirmek için ağaç dikim alanlarının (Şekil 5.5) oluşturulması.

Sert zeminlerden hasat edilebilecek yağmur suyu hesaplaması için sert zemin alanı 1384 m² büyüklüğündedir. Suyun yüzeyden geçmesine izin veren, yaya trafiğinden kamyonlara kadar farklı taşıma yükleri için çok çeşitli döşeme teknolojileri mevcuttur ve deşarj için toplayan alt drenaj sistemleri ile birlikte tasarlanabilmektedir (Hoban, 2019). Zon 1'de yer alan geçirimsiz döşeme kullanım ömrü ile doğru orantılı olarak geçirgen kaplamalar ile değiştirilebileceği gibi yüzey akışını toplayabilmek için ağaç ızgaraları da kullanılabilir. Yapılan araştırmalara göre ağaç dikim çukurları beklenenin üzerinde performans göstererek yüzeysel akış hacmini azaltma göstererek akıntıyı düzenlemektedir. Aşırı olmayan küçük yağışlarda yıllık yağış miktarının büyük bir kısmını yönetmektedirler (Anonim, 2022c).



Şekil 5.5. Ağaç dikim çukuru en kesiti (Anonim, 2024p). Çiğdem Özcan (2024) tarafından Türkçe'ye çevrilmiştir.

- **Öneri 3:** Zon 1'de bulunan yeşil alanlarda ağaç sayısının çoğaltılması ve doğal bitki türlerinin seçimi.

Çalışma alanının büyük bir kısmı yeşil alan olup, yeşil alanların eğim derecesi yüksek olduğu zon 1 ve zon 2 de ağaçlandırma mevcuttur fakat sağlıksız gelişim gösteren veya kuru ağaçlar yer almaktadır. Bu ağaçların tespit edilerek değiştirilmesi ve bitki türü seçiminde fazla bakım istemeyen doğal türlerin tercih edilmesi gerekmektedir. Şekil 5.6'da gösterilen uygun boş alanlar için ağaçlandırma planlanmalıdır.



Şekil 5.6. Zon 1'de yer alan uygun ağaçlandırma alanları.

- **Öneri 4:** Kafe ve depo binası uygun cephelerinin ve teras duvarlarının doğa temelli çözüm yöntemlerinden yeşil duvar-dikey bahçe uygulanması.



Şekil 5.7. Zon 1'de yeralan kafe ve depo binaları.

Şekil 5.7' de sağ tarafta gösterilen 6x11m ebatlarında ve 2.80m yüksekliğinde depo binasının penceresiz cepheleri dikey bahçe olarak değerlendirilebilir. Yapıların sürdürülebilirliğini derecelendirip değerlendiren sertifikasyon sistemleri, dikey bahçelerin yaşanabilir çevreye sağladığı tüm katkıları kanıtlayan bir unsur niteliğindedir. Dünya genelinde en çok tercih edilen sertifikasyon sistemleri arasında BREEAM (Yapı Araştırma Kurulu Çevresel Değerlendirme Yöntemi), LEED (Enerji ve Çevre Tasarımında Liderlik) ve DGNB (Alman Sürdürülebilir Yapı Konseyi) yer almaktadır. Türkiye'de ise ÇEDBİK (Türkiye Yeşil Bina Konseyi), sertifikasyonlarda

etkili başlıklar arasında yer alan dikey bahçe kullanımı sayesinde olumlu koşullar yaratarak sertifika puanı elde edilmesine katkı sağlar (Ekren, 2017). ABD Çevre Dostu Binalar Konseyi (USGBC) tarafından yürütülen LEED sertifikasyonu, yeşil bina programlarının bir parçasıdır. Bu sertifikayı almak için, bina kabuğu ve iç mekânlarda tasarım unsuru olarak dikey bahçelerin uygulanması, LEED sertifikası sürecine önemli katkılar sağlar. Örneğin Şekil 5.8'de gösterilen San Francisco'da yer alan bir eğitim yapısının kabuğunda kullanılan dikey bahçe tasarımı, yapının LEED sertifikası almasına büyük ölçüde destek olmuştur (Kalay ve Özen, 2021).



Şekil 5.8. Patrick Blanc Tasarımı Bir Okul Binası (Anonim, 2024m) ve Cephe Çizimi Drew School, San Francisco (Drew School, 2020; (Kalay ve Özen, 2021).

Santiago'da yapılmış bir araştırmanın sonuçlarına göre bitki ile kaplanmış duvarların diğer boş yüzeylere göre 30 °C daha serin olduğunu tespit edilmiştir (Victorero, 2015; Kiper ve ark., 2017).

Zon 2 Öneriler

Çalışma alanına ait yükselti analizinden elde edilen verilere göre zon 2 yaklaşık 10 m ile yükselti farkının en çok olduğu zondur ve eğim analizinde eğim derecesinin fazla olduğu gözükmektedir. Bu zonda bina alanı bulunmazken çeşitli fonksiyonlar yine teraslamalar düz bir alan oluşturularak sağlanmıştır. 2 adet dinlenme alanının zemin döşemesinde geçirimli doğal küp taş malzeme kullanılmıştır. 1 adet çocuk oyun alanı ve park içi gezinti yolları geçirimsiz beton malzemedir. Gezinti yolları, şevlendirilen yeşil alanlar ile hem yüzdür ve bordür ile sınırlandırılmamıştır (Şekil 5.9). Yeşil alanların büyük bir kısmı çim olup, kısım kısım çalı alanları bulunmaktadır. Zon 2'de ağaç varlığı genel olarak yoğundur fakat bitkilendirilmemiş şev alanlar mevcuttur.



Şekil 5.9. Çalışma alanı zon 2 görselleri.

- **Öneri 1:** Şevlendirilmiş yeşil alanlarda (Şekil 5.10 ve Şekil 5.11) ağaçlandırma yapılması.

Eğimin fazla olduğu kısımlarda ağaç varlığı dikim kriterlerine dikkat edilerek artırılmalıdır. Bu sayede hızla yüzeysel akışa geçen yağmur suyunun yavaşlatılması ve erozyon riskinin düşürülmesi sağlanmaktadır.



Şekil 5.10. Çalışma alanı zon 2'de şev alanı (Anonim, 2024ae).

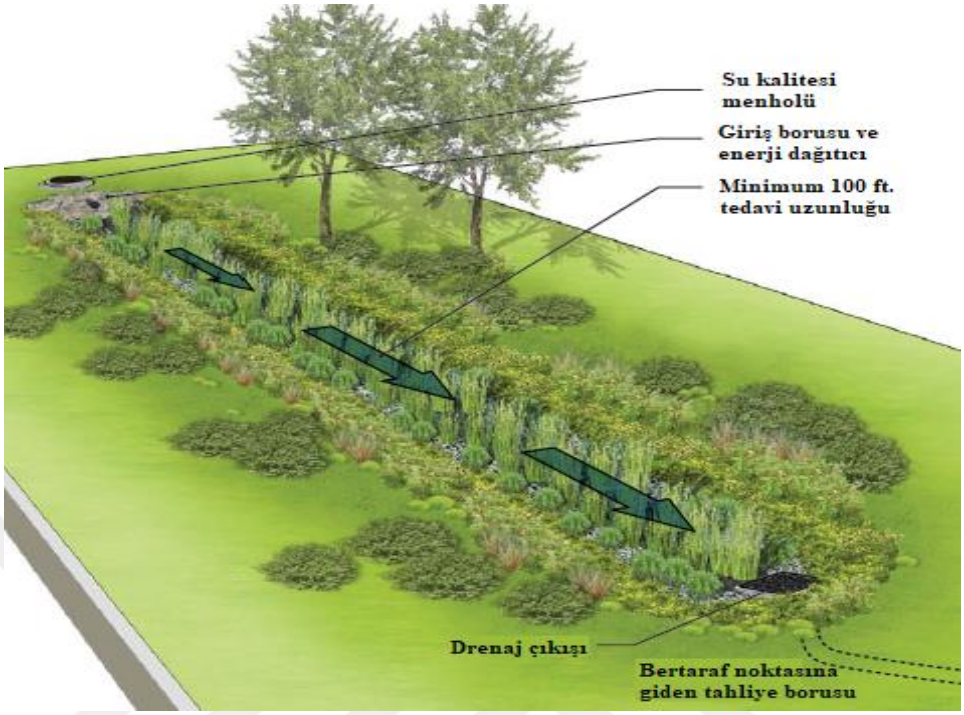


Şekil 5.11. Çalışma alanı zon 2'de şev alanı.

- **Öneri 2:** Zon 2 ve zon 3 birleşme kısmında doğa temelli çözüm yöntemlerinden bitki hendeği, biyolojik su tutma alanları veya yağmur bahçelerinin kullanılması.

Zon 2'de fazla eğim sebebiyle hızla yüzeysel akışa geçen yağış suları, zon 3'te eğim yüzdesinin azalmasına bağlı olarak birleşim yerinde göllenme meydana gelmektedir. Bu alanda toplanan suyun yönledirilmesi için uygun aralıklarla şekil 5.12'de çalışma

prensibi gösterilen biyolojik su tutma alanı uygulanmasıyla oluşacak olumsuzluklar önlenecektir.



Şekil 5.12. Biyolojik su tutma alanı örneği (Anonim, 2020a). Çiğdem Özcan tarafından türkçeye çevrilmiştir.

- **Öneri 3:** Çocuk oyun alan etrafında biriken yağış fazlasının yönlendirilmesi için yağmur bahçesi uygulanması.



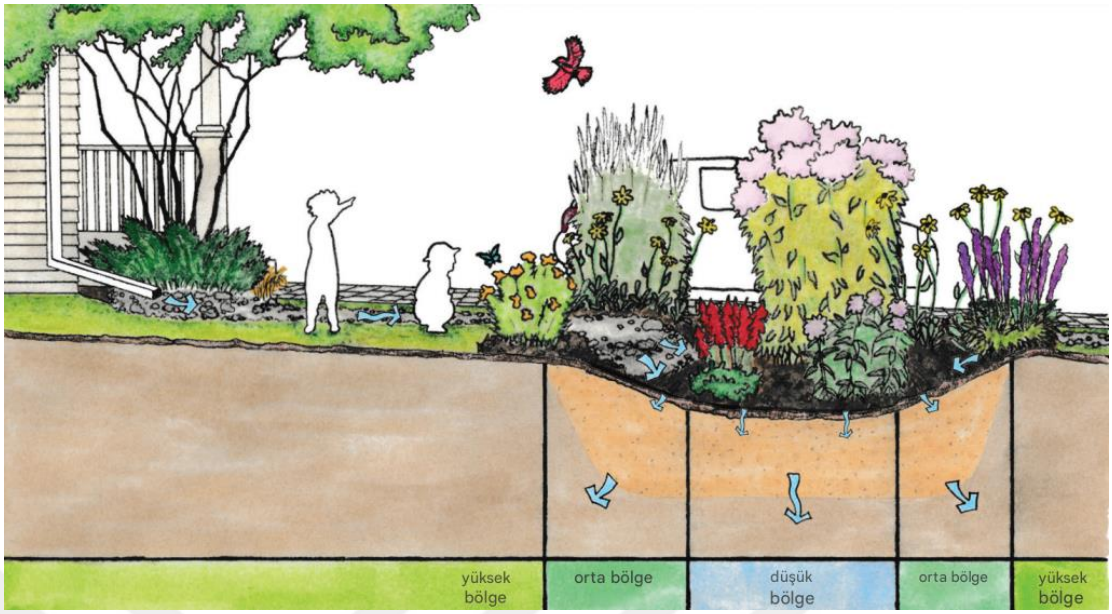
Şekil 5.13. Çalışma alanı zon 2'te yer alan çocuk oyun alanı ve su yönetimi sorunları.

Zon 2'de yer alan çocuk oyun alanı, eğimli yeşil alan arasında taş duvar yapılarak oluşturulmuştur. Yağışlı günlerde veya çim alanda sulama yapılması halinde yeşil alana göre düşük kotta bulunan çocuk oyun alanı kenarlarında su birikmesi görülmektedir. Bu durum çeşitli olumsuzluklar oluşturmaktadır (Şekil 5.13 ve 5.14).



Şekil 5.14. Çalışma alanı zon 2'te yer alan çocuk oyun alanı ve su yönetimi sorunları.

Şekil 5.15'te işleyişi gösterilen yağmur bahçesi örneği baz alınarak çocuk oyun alanı kenarlarında yağmur bahçesinin uygulanmasıyla eğimli yeşil alandan yüzey ve toprak altı akış sebebiyle taş duvar arkasında toplanan fazla suyun yağmur bahçesine yönlendirilmesi olumsuzlukları engelleyecektir. Ayrıca uygun bitki türlerinin kullanımı çevresel farkındalık ve eğitici yönden katkılar sunacaktır.



Şekil 5.15. Yağmur bahçesi kesiti ve nem bölgeleri (CVC, 2022; Anonim, 2023e).

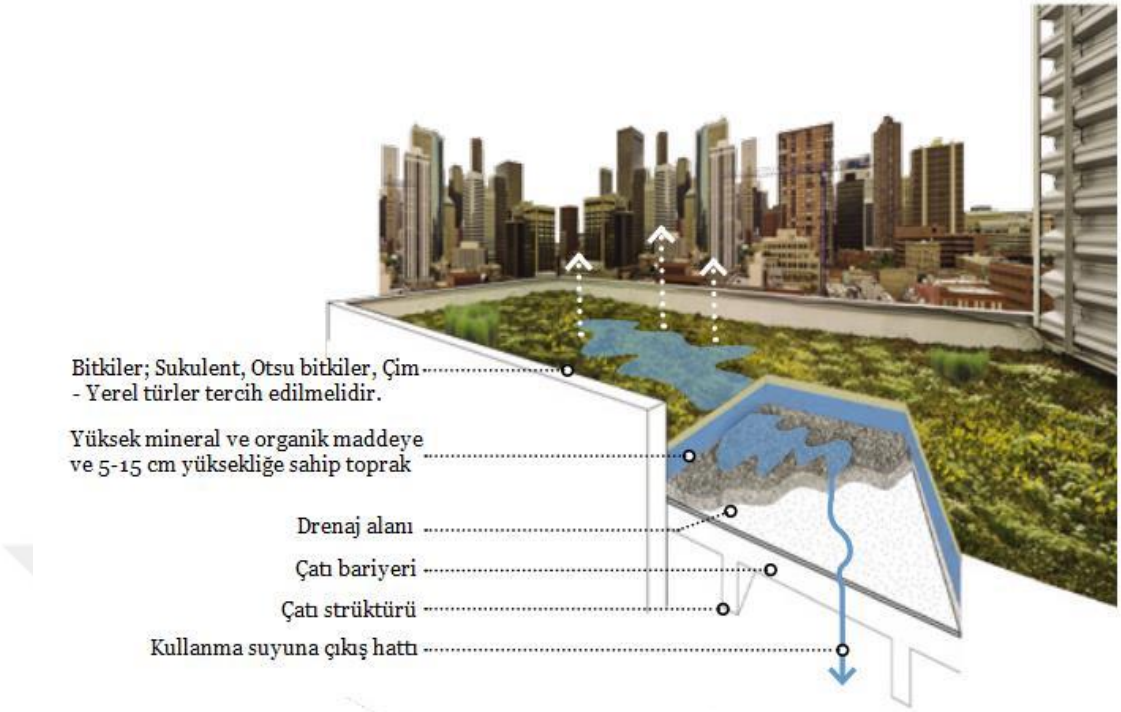
Zon 3 Öneriler

Elde edilen bulgulara göre zon 3, yükselti farkının ve eğimin azaldığı buna bağlı olarak su fazlasının yüzeysel akışa geçme oranın düştüğü dolayısıyla yağmur suyu hasadının yapılabilmesi için elverişli alanlardandır. Çalışma alanında bulunan belediye binası ve kaymakamlık binası bu zonda bulunmaktadır. Ayrıca 1 adet hizmet birim binası, 1 adet çocuk oyun alanı, 2 adet açık otopark, 1 adet etrafı çevrili eski mezarlık ve 2 adet küçük spor sahası bulunmaktadır. Zon 3'te bulunan sert zeminler geçirimsiz beton ve asfalt malzemedir. Yürüyüş ve bisiklet yolu mevcuttur ve yeşil alanlar ile hem yüzdür. Yeşil alanın büyük bir kısmı çimdir. Ağaç varlığı mevcut olmakla birlikte yetersiz kalmaktadır.

- **Öneri 1:** Belediye binası ve Kaymakamlık binası çatılarında doğa temelli çözüm yöntemlerinden Yeşil Çatı-Çatı Bahçesi uygulanması ve/veya mavi çatı, yağmur tankı vb. yağmur suyu hasadı uygulaması ile yüzey suyunun yeniden kullanılmak üzere depolanması.

Kentlerdeki çatı yüzeyleri gibi koyu ve geçirimsiz yüzeylerin ısınmasını önlemek amacıyla, bu yüzeylerin yansıtıcılık (albedo) etkisinin artırılması, toprak neminin korunması ve bitki örtüsünün çoğaltılarak evapotranspirasyon sürecinin desteklenmesi

önemlidir. Bu bağlamda, yeşil çatılar kentlerde kritik bir rol üstlenmektedir. Toronto'da yapılan bir araştırmaya göre çatı yüzeylerinin %50'sinin yeşil çatılarla kaplanması durumunda kent merkezinde sıcaklığın 2°C düşebileceği tespit edilmiştir. Yeşil çatı sistemleri, çatıya düşen yağışın %40-80'ini tutma potansiyeline sahiptir. Ancak bu oran, iklim koşullarına ve çatının yapısal özelliklerine göre değişiklik gösterebilmektedir. Yapılan bir araştırmada, 75 mm derinliğinde bir yetişme ortamına sahip ve sedum türleriyle bitkilendirilmiş bir yeşil çatı sisteminin, yağışsız dönemlerde %86-94, yağışlı dönemlerde ise %13-18 oranında su tutma kapasitesine sahip olduğu belirlenmiştir. Bu durum, yetişme ortamındaki nem seviyeleriyle ilişkilendirilmiştir. Bitkilendirme ise yetişme ortamına oranla su tutma kapasitesine daha az etki eder. Bununla birlikte, vejetasyonun transpirasyon özelliği sayesinde gölge oluşturarak kentsel ısı adası etkisini azaltmada önemli bir rol oynadığı vurgulanmıştır (Ekşi ve Uzun, 2016). Almanya'daki bir çalışmada ise 1 m² çatı bahçesinin yıllık 2 litre yakıt tasarrufu sağladığı rapor edilmiştir. Yeşil çatı uygulamaları, günümüzde birçok gelişmiş ülkede çeşitli yasal düzenlemelerle zorunlu hale getirilmiştir. Örneğin, İsviçre'de yeni binalarda çatılar bitkilendirilmek zorundayken, eski binalarda çatının en az %20'sinin yeşillendirilmesi şart koşulmuştur. Tokyo'da ise 2001 yılında yürürlüğe giren bir yönetmelik, 1000 m² ve üzeri çatı alanına sahip yapıların %20'sinin bitkilendirilmesini zorunlu kılmıştır (Susca, 2011; Kiper ve ark., 2017). Şekil 5.16'da yeşil çatı uygulama örneği verilerek işleyişi gösterilmiştir.



Şekil 5.16. Yeşil çatı uygulama örneği (Konyalı Dereli, 2020)

Yeşil çatılar, çevresel sürdürülebilirliği artıran ve enerji verimliliğini destekleyen önemli yapısal elemanlardır. Uluslararası düzeyde, yeşil çatıların tasarımı ve uygulamasıyla ilgili belirli standartlar ve yönergeler bulunmaktadır. Bunlar;

- FLL (Peyzaj Araştırma, Geliştirme ve Konstrüksiyon Topluluğu): Almanya merkezli bu kuruluş, yeşil çatı teknolojileri için kapsamlı standartlar geliştirmiştir. FLL yönergesi, yeşil çatıların teknik gerekliliklerini, bitkilendirme alanlarının bileşenlerini ve kullanılan malzemeleri belirlemektedir.
- BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method): Birleşik Krallık kökenli bu sistem, binaların çevresel performansını değerlendirir ve yeşil çatıların uygulanmasını teşvik etmektedir.
- LEED (Leadership in Energy and Environmental Design): ABD merkezli bu sertifikasyon, binaların enerji ve çevresel tasarımını değerlendirir ve yeşil çatıların kullanımını ödüllendirmektedir (Külekçi, 2017).

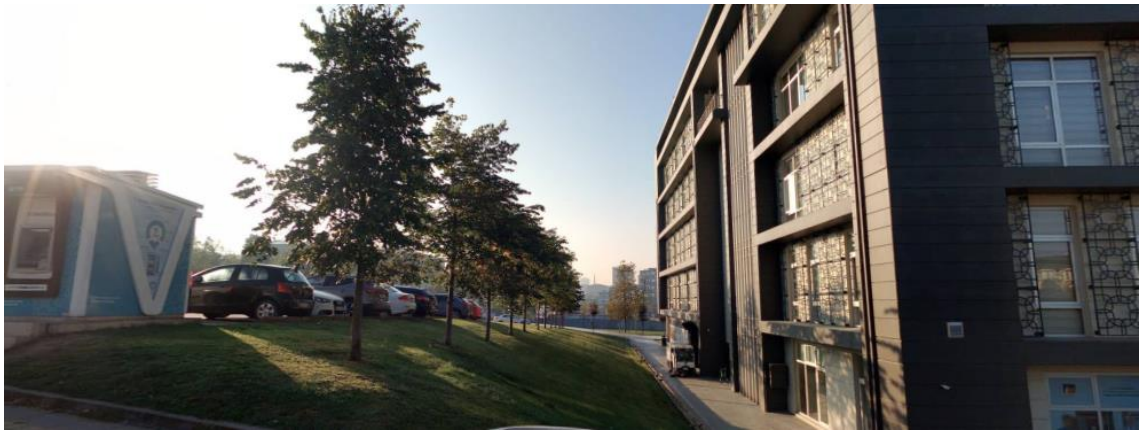
Gelişen teknolojiler ile birlikte su tüketiminin azaltması konusunda her ülkenin su kaynaklarının kullanımı için kılavuz ilkeler belirleyen bu yeşil bina değerlendirme sistemleri ülkemiz içinde günümüzde ihtiyaç haline gelmiştir.

Çalışma alanı büyük kısımları zon 3'de bulunan 2270 m2 büyüklüğünde Çekmeköy Belediye binası, 3437 m2 büyüklüğünde Çekmeköy Kaymakamlık binası ve 270 m2 büyüklüğünde hizmet birimi olmak üzere toplam bina çatıları toplam yağmur suyu toplama alanı 5977 m2'dir. Çatı alanlarının bahçe yapımına uygun kısımlarında çatı bahçesi, uygun olmayan kısmınlarında ise mavi çatı uygulaması yapılarak yağmur suyunun kaynak olarak değerlendirilmesi ve çalışma alanında uygulanan yağmur bahçeleri gibi diğer doğa temelli yöntemler ile entegre edilmesi ekolojik ve ekonomik bakımdan kamu binalarına katkı sağlaması beklenmektedir. Şekil 5.17'de Yağmur bahçesi ile entegre edilmiş bina yağmur suyu toplama hattı görseli verilmiştir.



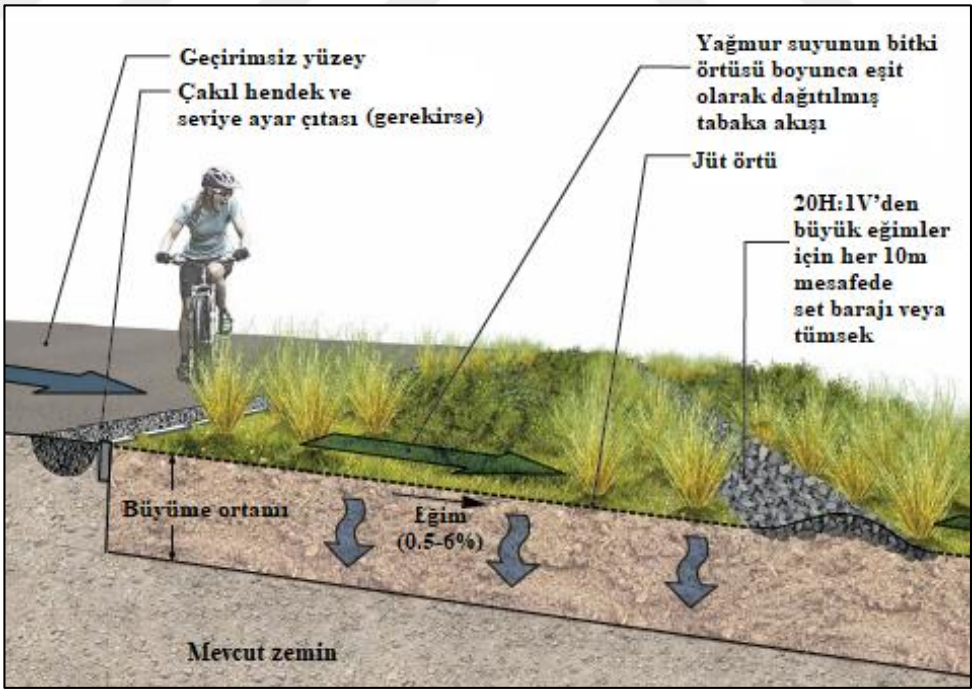
Şekil 5.17. Yağmur bahçesi ile entegre edilmiş bina yağmur suyu toplama hattı (Anonim,2023ı).

- **Öneri 2:** Belediye Binasının Piri Reis Caddesi tarafında kalan açık otopark 1 ile arasında kalan şev alanın otopark tarafında bitki hendeği yapılması.



Şekil 5.18. Bitki hendeği yapılması önerilen alan (Anonim, 2024z).

Şekil 5.18'te görülen şev alanın otopark kenarında uygulama alanının dar olması sebebiyle yapılacak bitki hendeği ile gelen yağış suyu toplanarak tahliye borusuyla yağmur bahçelerine ya da hasat sistemlerine bağlanabilir. Böylelikle düşük kottaki sert zeminde birikme, göllenme gibi yaşanabilecek olumsuz durumların önüne geçilecektir. Şekil 5.19'da alanda uygulanabilecek bitkili yağmur hendeği örneği verilmiştir.



Şekil 5.19. Bitkili yağmur hendeği örneği (Anonim, 2020a). Çiğdem Özcan tarafından türkçeye çevrilmiştir.

Barrett vd. (2004), otoyol akışını azaltmaya yönelik olarak tasarlanmış bitkili su hendeklerinin, kirleticileri uzaklaştırmada etkili olduğunu ortaya koymuştur. Bitki örtüsünde, toplam kirletici maddelerin %85'inden fazlası, çinko ve demir ile karbon, nitrat ve azotun ise %36 ile %61 arasında bir oranda azaldığı bulunmuştur (Konyalı Dereli, 2020).

- **Öneri 3:** Açık otopark1 alanı (Şekil 5.20) zemininin geçirgen döşeme malzeme ile değiştirilmesi ve/veya yüzeysel akışı yönlendirmek için iki bölümden oluşan otoparkın ortasında bulunan yüksek döşemenin kaldırılarak doğa temelli çözüm yöntemlerinden biyolojik su tutma alanı planlanması.



Şekil 5.20. Çalışma alanı açık otopark1 alanı (Anonim, 2024z).

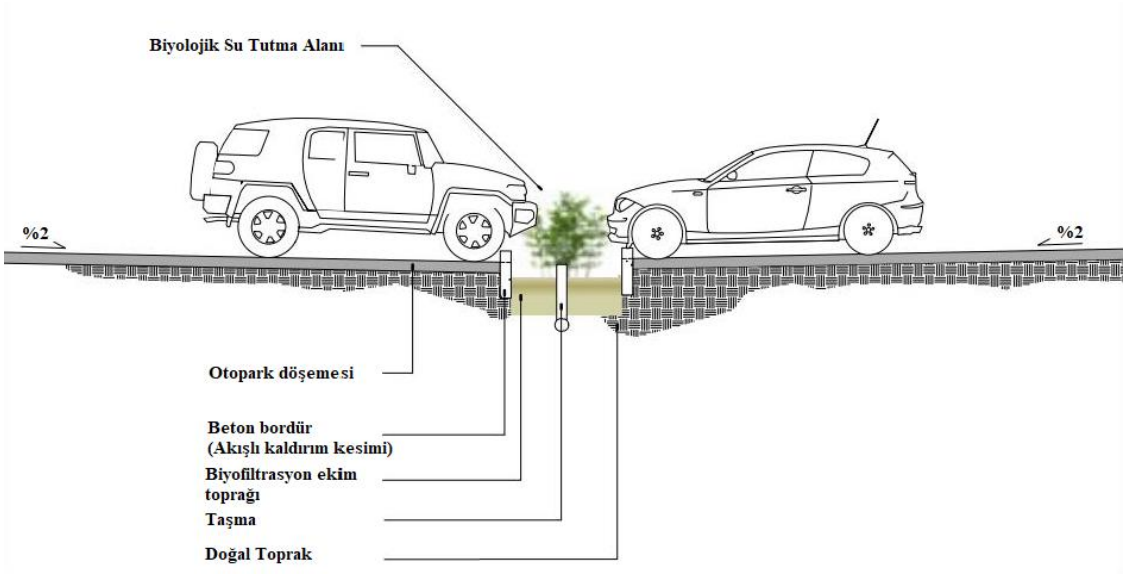
Otopark alanlarıyla ilişkili geçirimsiz yüzey miktarı ve yoğun otomobil kullanımı otopark alanlarını yağmur suyu akışı önemli bir etken ve kirletici kaynağı haline getirmektedir. Geçirgen kaplamalar ve biyolojik su tutma alanları gibi doğa temelli stratejileri yeni veya yenilenecek otopark alanlarına dâhil edilmesi topluluğumuzu ve çevremizi desteklemektedir (Anonim, 2023d). Smith (1984), 11 yağış dönemi süresince bir çim yüzeyinde 0 ile 0.35 arasında bir akış katsayısı elde etmiş, aynı bölgede bulunan geçirimli yüzeyin akış katsayısının ise 1 olduğunu tespit etmiştir. Suda vd. (1988) ise, 50 mm/s yoğunluğundaki yağışlarda, yağmur suyunun geçirimli yüzeyden ilk 30 dakika boyunca yüzey akışına geçmeden doğrudan toprağa sızdığını gözlemlemişlerdir. Ancak, 6 aylık gözlem sürecinin sonunda, tıkanma nedeniyle geçirgenlikte bir azalma

gözlenmiştir. Yüzey kaplama malzemesi ve türü, akış performansını etkileyen önemli faktörlerdendir (Konyalı Dereli, 2020).



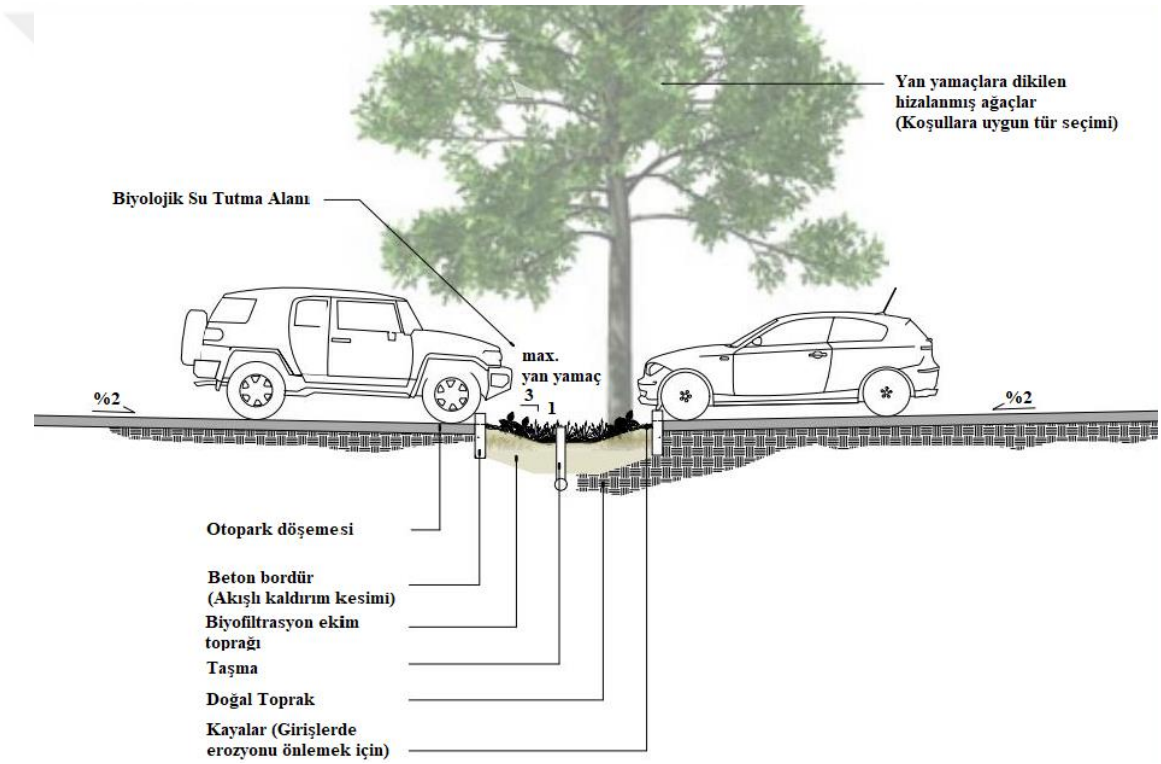
Şekil 5.21. Açık otopark1 ve rastlanılan su sorunları.

İki bölümden oluşan otoparkın ortasında şekil 5.21'de görünen kullanılmayan yüksek döşemenin kaldırılarak doğa temelli çözüm yöntemlerinden biyolojik su tutma alanının şekil 5.22'de dar en kesiti verildiği şekilde uygulanması yapılabilir.



Şekil 5.22. Biyolojik su tutma alanı dar en kesiti (Anonim, 2023d). Çiğdem Özcan tarafından Türkçeye çevrilmiştir.

Biyolojik su tutma alanları; kirleticileri tutmak, parçalamak ve emmek için malç, toprak ve bitki kök sistemleri kullanarak yağmur suyunu filtrelemek, depolamak ve sızdırmak üzere tasarlanmış ekili alanlardır. Mühendislik ürünü bir toprak karışımı ve uygun bitki örtüsünün kullanımı performans için çok önemlidir. Alt katmandaki doğal topraklara sızmanın uygun olmadığı durumlarda, delikli bir alt drenaj borusu kullanılarak arıtılmış akışı bir yağmur suyu drenajına veya yüzey drenajına iletebilecek şekilde uygulanabilmektedir. Şekil 5.23'te geniş en kesitli olarak gösterilen otopark alanının ortasında önerilen biyolojik su tutma alanı, araç çıkıntısı altındaki kaldırımın yerini alarak tam boy park yeri avantajı sağlayacaktır (Anonim, 2023d).



Şekil 5.23. Biyolojik su tutma alanı geniş en kesiti (Anonim, 2023d). Çiğdem Özcan tarafından Türkçeye çevrilmiştir.

Çalışma alanında aynı zamanda geniş otopark alanlarının yağmur suyu hasadı sistemleriyle entegre edilmiş solar sistemler ile üzerinin kapatılması ihtiyaç halinde önerilebilir. Günümüz teknolojik gelişmelerine karşın güneş enerji sistemleri ve şarj istasyonlarının eklenmesi doğal kaynakların tüketilmesi bakımından avantaj sağlayacaktır (Şekil 5.24).



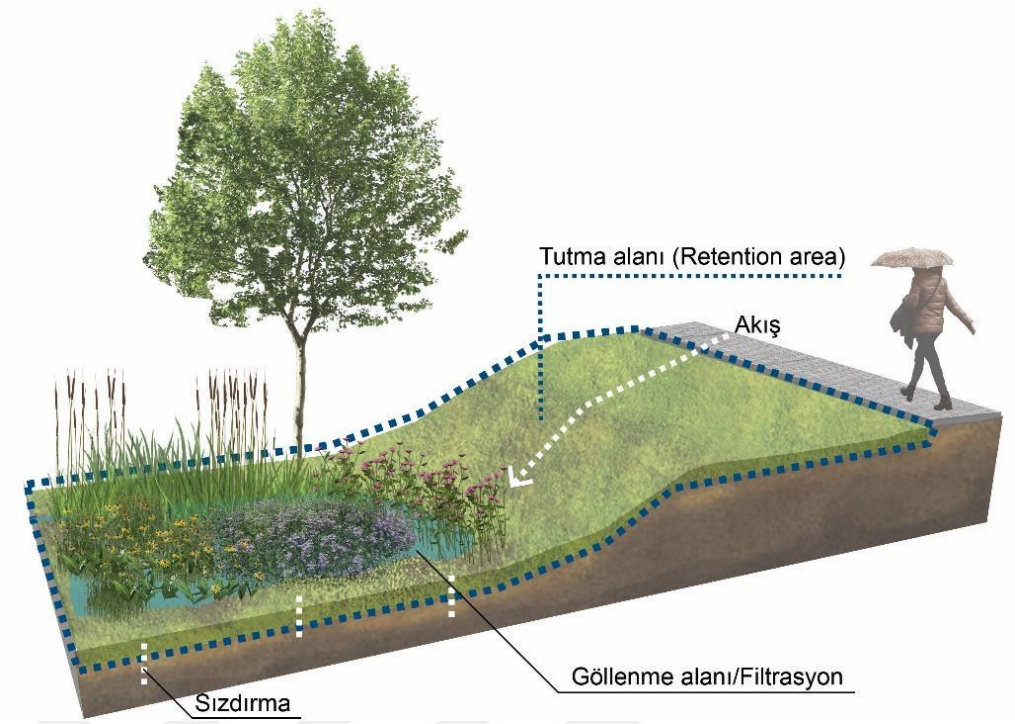
Şekil 5.24. İzmir Büyükşehir Belediyesi yeşil otopark örneği (Arslantaş ve Sanalan, 2020) ve otoparklar için güneş enerji sistemleri (Anonim, 2024r).

- **Öneri 4:** Büyük otopark ile zon 2 arasında kalan yeşil alanda yağmur bahçesi uygulanması.



Şekil 5.25. Zon 2'de eğimli yeşil alan ile otopark alanı kesişimi ve su sorunları.

Şekil 5.25'de gösterilen alanda yağmur bahçelerinin uygulanması yüzeysel akışa geçen suların geçici depolanmasını sağlar hem de kent peyzajını destekleyerek otopark alanında estetik bir görünüş oluşturacaktır. Şekil 5.26'da önerilen yağmur bahçesi işleyişi ve Şekil 5.27'de örnek olabilecek yağmur bahçesi görseli verilmiştir.



Şekil 5.26. Yağmur bahçesi işleyişi (Gülcü, 2021).



Şekil 5.27. Yağmur bahçesi uygulama örneği (Anonim, 2024u).

- **Öneri 5:** Kaymakamlık binası sınırında bitki hendeği veya biyolojik su tutma alanı uygulanması.

Zon 2'de eğimin yüksek olmasında dolayı hızla yüzeysel akışa geçen yağmur suları zon 3 ile kesişim kısımlarında eğim derecesinin azalması sebebiyle birikme/göllenme yapmaktadır. Bu durum mevcut durum analizde (bkz. Şekil 4.4) gösterilen kaymakamlık binası inşaa edilmeden önce alanda bulunan halı saha kenarında gözlemlenmekte ve aşırı yağış sonrası halı saha bir süre kullanılmaz hale gelmekteydi (Şekil 5.28). Bu sebeple Kaymakamlık binası inşaat çalışmaları sırasında bu durum göz önünde bulundurularak alanda konvansiyonel drenaj sistemi yapılmıştır. Bu sistemin günümüzde doğa temelli uygulamalarla desteklenmesi gerekmektedir.



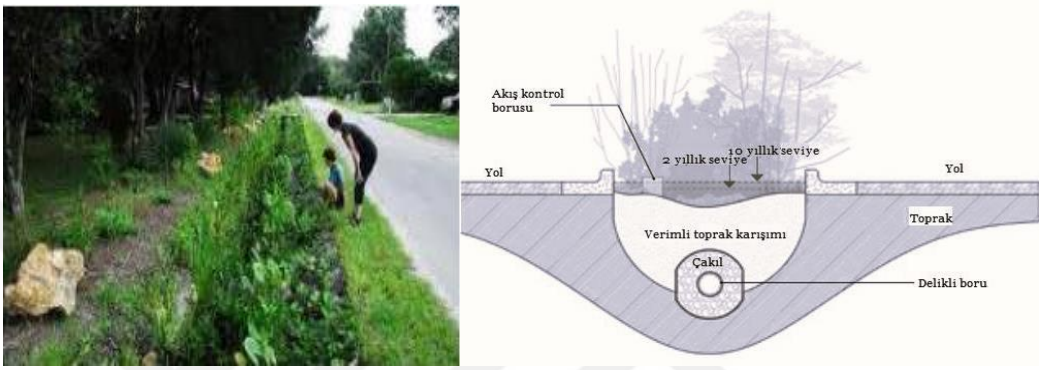
Şekil 5.28. Halı saha kenarında 2015 yılı içerisinde yaşanan su sorunları.

Kaymakamlık binası ve Kent Parkı arasında duvar ihatası yapılmıştır. Duvar üstü kotuyla Kent park içerisindeki gezinti yolu arasında kot farkı sebebiyle aradaki yeşil alan fazla eğimlidir (Şekil 5.29). Gezinti yolu kenarında yapılacak bitkili yağmur hendeği veya biyolojik su tutma alanlarıyla su yönetimi sağlanacaktır.



Şekil 5.29. Kaymakamlık ihatası ve Kent park gezinti yolu arasındaki yeşil alan.

Kaymakamlık binasınının yaklaşık 90 m uzunluğunda Kent Park ile cephesinde bulunan yeşil alanda yoldan gelen yüzeysel akışın eğimle bitkili hendeğe aktarılması ve bitkiler yoluyla filtre edildikten sonra toprağa sızması için bitki hendeği önerilmiştir. Bitki hendeğinin kapasitesinin aşılması durumunda fazla suyun drenaj kanalı ile toplanma alanına yönlendirilmesi yapılmalıdır (Şekil 5.30). Alanın güneş alan kısımlarında ihtiyaç halinde daha geniş biyolojik su tutma alanları ile desteklenebilir.



Şekil 5.30. Bitki hendeği uygulama örneği ve en kesiti (Konyalı Dereli, 2020).

- **Öneri 6:** Ceyhan caddesi tarafındaki açık otopark2 (Şekil 5.31) ile Çekmeköy Belediye Binası arasında kalan yeşil alanda yağmur bahçesi ve otopark ile Ceyhan caddesi arasında kalan yeşil alanda bitki hendeği uygulanması.



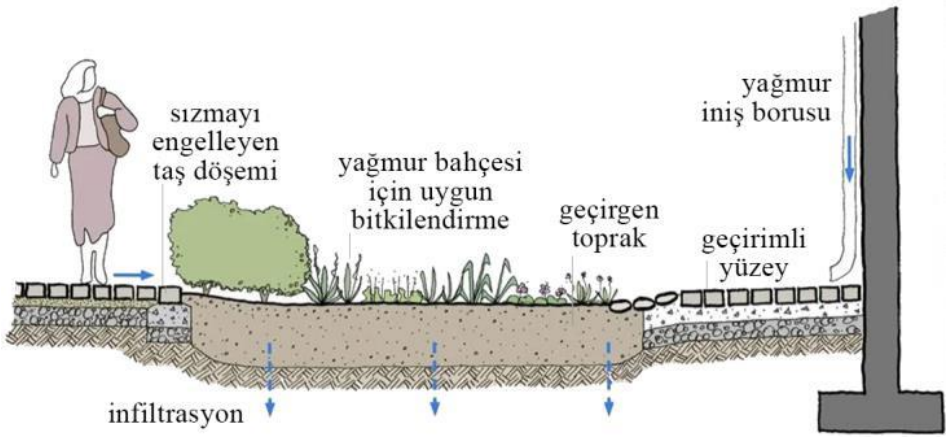
Şekil 5.31. Çalışma alanı açık otopark2 alanı (Anonim, 2024z).

Geçirimsiz malzeme ile döşeli açık otopark2 alanında yağmur suyu toplamak 450 m² sert zemin bulunmaktadır. Mevcut döşeme malzemesinin kullanım ömrü ile alakalı geçirgen kaplama önerilebilir olmakla birlikte alanın her iki tarafında yeşil alan varlığı sebebiyle yağmur bahçesi ve bitki hendeği düşünülmüştür. Şekil 5.32'de üst tarafta gösterilen otopark sınırında bulunan yeşil alanda bitki hendeği önerilmektedir. Bitki hendeği uygulanması ile şiddetli yağışlarda gelen fazla yüzey akışının tutulması hedeflenerek su kanallarının kapasitesinin üzerinde debiyle karşılaşması önlenecektir. Bu sistemle hem enerji hem de tasarruf sağlanması beklenmektedir.



Şekil 5.32. Çalışma alanı açık otopark(2) alanı ve bina arasında kalan yeşil alan.

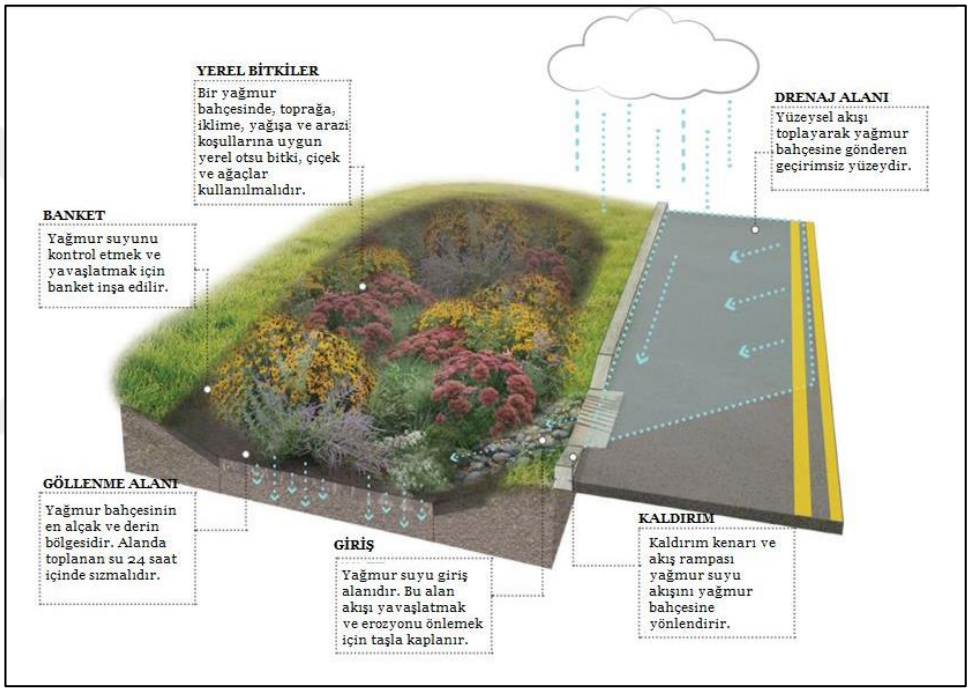
Şekil 5.32'teki Çekmeköy Belediye binası ile açık otopark(2) arasında kalan yeşil alanda yağmur bahçesi önerilmektedir. Çatı yüzeyinden gelen yağmur tahliye borusunun yağmur bahçesine bağlanmasıyla yüzey suyunun bitkiler aracılığıyla arıtılması ve yeraltı su kaynaklarının desteklenmesi sağlanacaktır. Bina yağmur suyu hattı ile bağlantılı yağmur bahçesi detay kesiti Şekil 5.33'te görülmektedir.



Şekil 5.33. Yağmur bahçesi detay kesiti (Taşkın, 2022).

Açık otopark2 alanında yüzey akışı için doğa temelli çözüm yöntemlerinden cadde tarafında bitki hendeği, bina tarafında ise yağmur bahçesi önerilmiştir. Benzer bir örnek olarak ABD'de bulunan Evergreen Community Charter Okulu'nda, en iyi yönetim

uygulamaları çerçevesinde yağmur bahçeleri ve bitkili su hendekleri birlikte kullanılmaktadır. Çatıdan ve otoparktan gelen yağış sularının %65 ve %75'i, oluşturulan üç yağmur bahçesinde arıtılırken, artan akış suyu ise yer altı suyunu beslemek amacıyla bitkili su hendeklerine yönlendirilmektedir (Konyalı Dereli, 2020). Yağmur bahçesinin taşıma kapasitesini aşan durumlara karşı açık otopark bitiminde önerilen bitki hendeği uygulaması ile entegre edilmesi yarar sağlayacaktır. Otopark, cadde sokak gibi geniş geçirimsiz yüzeylerin etrafında yapılacak yağmur bahçesi genel görünümü ve işleyiş özellikleri Şekil 5.34'te tanımlanmıştır.



Şekil 5.34. Yağmur bahçesi genel görünümü ve özellikleri (Konyalı Dereli, 2020).

Avustralya'da üç farklı sahada gerçekleştirilen deneysel bir çalışmada, yağmur bahçelerinin iki farklı iklim koşulunda hidrolojik performansı ve kirletici maddeleri azaltma potansiyeli incelenmiştir. Çalışma sonucunda, yağmur bahçelerinin akış hacmini ortalama %33 oranında düşürdüğü ve askıda kalan katı maddeleri ortalama %90 oranında engellediği belirlenmiştir (Hatt et al., 2009; Dinçer, 2022). Bu sebeple önerilen doğa temelli çözüm yöntemleri doğal kaynakların korunması konusunda etkin rol oynamaktadır.

- **Öneri 7:** Çocuk oyun alan etrafında biriken yağış fazlasının yönlendirilmesi için yağmur bahçesi uygulanması.



Şekil 5.35. Çalışma alanı zon 3'te bulunan çocuk oyun alanı ve su sorunları.

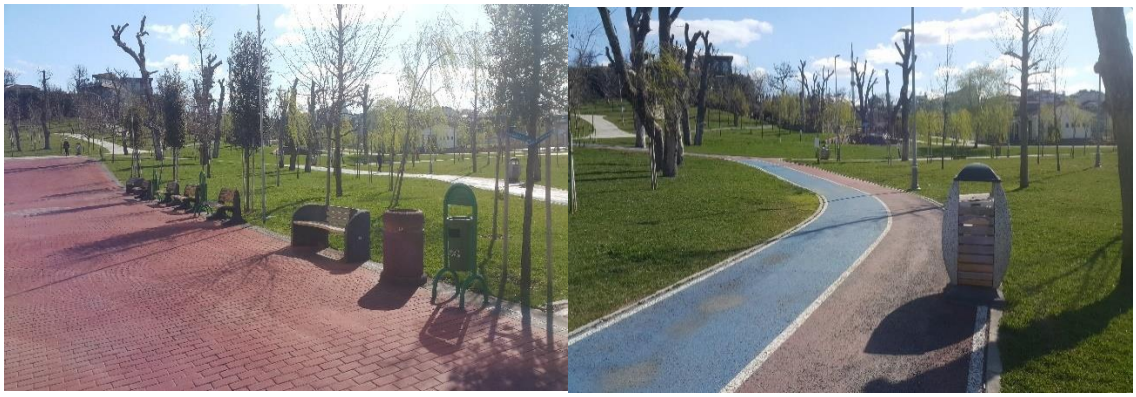
Çalışma alanında fonkisyon alanları eğimli alanda yarma yapılarak oluşturulmuş ve yüksek kotlu toprak alan taş duvar ile tutulmuştur. Taş duvar boşluklarından taban suyunun sızması ve duvar bittiğinde eğimli yeşil alanın arada sınır elemanı bulunmadan alanına bağlanması çocuk oyun alanının kenarlarındaki yeşil alanda su birikmesiyle

olumsuzluklar meydana getirdiği görülmektedir (Şekil 5.35). Bu sorunların çözümü için doğa temelli yöntemlerden yağmur bahçesi önerilmektedir. Çocuk oyun alanı kenarlarında uygulanabilecek yağmur bahçesi örnekleri Şekil 5.36'de verilmiş olup, hem estetik katkı sağlaması hemde alan sınırının belirlenmesine yardımcı olacaktır.



Şekil 5.36. Çocuk oyun alanı kenarlarında uygulanabilecek yağmur bahçesi örnekleri. (Anonim, 2023f).

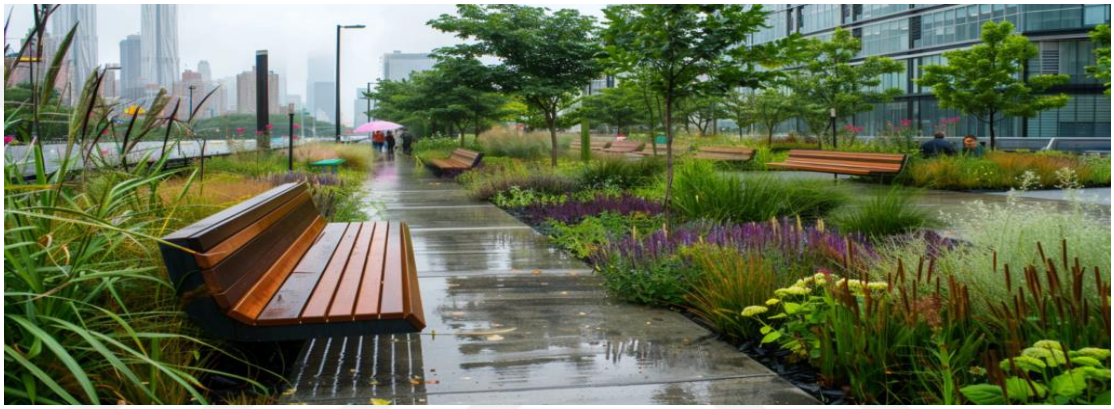
- **Öneri 8:** Yeşil alanlarda belirli aralıklarla yağmur bahçesi ve biyolojik su tutma alanlarının uygulanması ve ağaçlandırma yapılması.



Şekil 5.37. Çalışma alanı zon 3 alan görselleri.

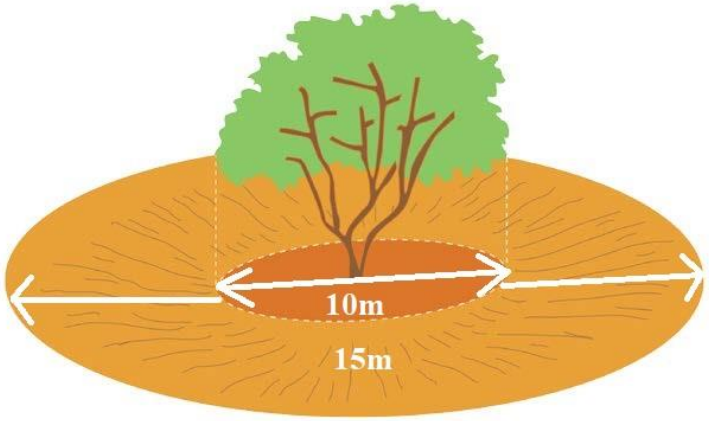
Zon 3'te alanın düşük kot olması sebebiyle meydana gelen göllenmeleri önlemek amacıyla yüzeysel akışa geçen suyun yönlendirileceği sert zemin kenarlarında yağmur bahçeleri, geniş çim alanlarda ise alan büyüklüğüne paralel uygun ölçüde biyolojik su tutma alanı ve ağaçlandırma uygulamaları önerilmektedir (Şekil 5.37). Kanada'nın

Quebec bölgesinde, yağmur bahçelerinin içme suyu kaynaklarındaki yağmur ve atık sularından kaynaklanan kanalizasyon taşmalarına etkisini değerlendirmek amacıyla gerçekleştirilen bir çalışmada, toplam geçirimsiz alanların %21'inin tamamen yağmur bahçesi olarak tasarlanması durumunda, yağış derinliğine bağlı olarak toplam yüzey akışlarının %12,7 ile %19,4 arasında azaldığı, maksimum tepe akışının ise %7 ile %56 arasında düşüş gösterdiği belirlenmiştir (Dinçer, 2022). Çalışma alanında sert zeminlerde dinlenme için konulmuş kent donatıları etrafında Şekil 5.38'da örnek olarak gösterilen yağmur bahçeleri tasarlanabilir.



Şekil 5.38. Dinlenme alanlarında yağmur bahçesi uygulamaları (Anonim, 2024v).

Çalışma alanı zon 3'teki geniş yeşil alanlarda yüzey akışını yönetmek için uygun alanlarda sızdırma çanağı uygulanarak ağaç dikimi yapılması önerilmektedir (Şekil 5.39)



Şekil 5.39. Sızdırma çanağı (Tokuş ve Özdemir, 2017).

Sızdırma çanakları, aynı zamanda yağmur bahçeleri olarak da bilinen, alçak kotlarda çukur açma yöntemidir. Yağmur suyunu ve yüzey akışını toplayarak toprağa süzülmesini sağlar. Bu yöntem, düz ve az eğimli alanlar için uygundur ve farklı yönlerden su toplayabilir. Bitkilerin su ihtiyacını %50'ye kadar azaltabilir. Çukurların çapı, ağaç köklerinin suyu tamamen alabilmesi için, ağacın yetişkin halindeki tacının en az 1.5 katı olmalıdır. Örneğin, tacın uzunluğu 10 metre ise çukurun çapı en az 15 metre olmalıdır. Ancak, taban su seviyesinin yüksek olduğu bölgelerde kök çürümesine neden olabileceği için kullanılması uygun değildir (Tokuş ve Özdemir, 2017).

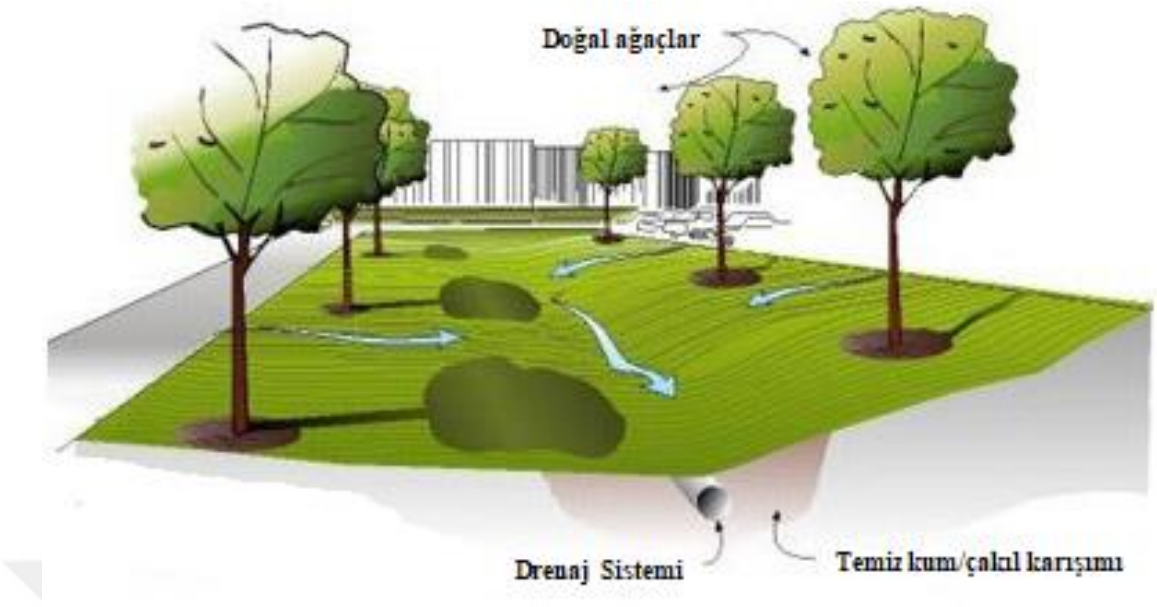
Zon 4 Öneriler

Zon 4 tepelerden gelen yağış sularının vadi görevi görerek en düşük kota doğru yönlendirildiği aksları temsil etmektedir. Çalışma alanı içinde tüm zonlara dağıldığı ve zaman zaman yapısal elemanlar ile çakıştığı görülmektedir. Bu akslar su yönetimi konusunda önemli etkiye sahiptirler.

- **Öneri 1:** Bitki hendeği yapılması.



Şekil 5.40. Bitki hendeği uygulama örnekleri a); (Anonim, 2023g) ve b); (Anonim,2023h).



Şekil 5.41. Geniş bitkili yağmur hendeği işleyişi (Anonim, 2024y).

Çalışma alanında tüm zonlarla bağlantısı olan zon 4 için bitkili geniş yağmur hendeği önerilmektedir (Şekil 5.41). Bu geniş hendekler yüzey suyunu drenaj borusu ile depolama veya deşarj sistemine taşıyan, çimenle kaplı doğrusal çöküntülerdir. Geleneksel hendeklerden farklı olarak sığ ve nispeten geniştir. Yağmur suyu için geçici depolama sağlar ve pik akışları azaltır. Ayrıca depolama havuzları ile sulak alanları birbirine bağlayan bir ağ oluşturabileceğinden çalışma alanı için uygun görülmüştür. Yapılan çalışmalarda; kentsel havzalarda kullanılan yağmur hendeklerinin akış hacminde %45,70 oranında bir azalma sağladığı tespit edilmiştir (Deletic, 2001; Dinçer, 2022). Bununla birlikte yağmur hendeklerinin toplam askıda kalan kirleticileri %50 ile %80 arasında azalttığı ve 30 metre uzunluğundaki hendeklerin akış hacmini %52 oranında düşürdüğü belirlenmiştir (Lucke et al., 2014; Dinçer, 2022).

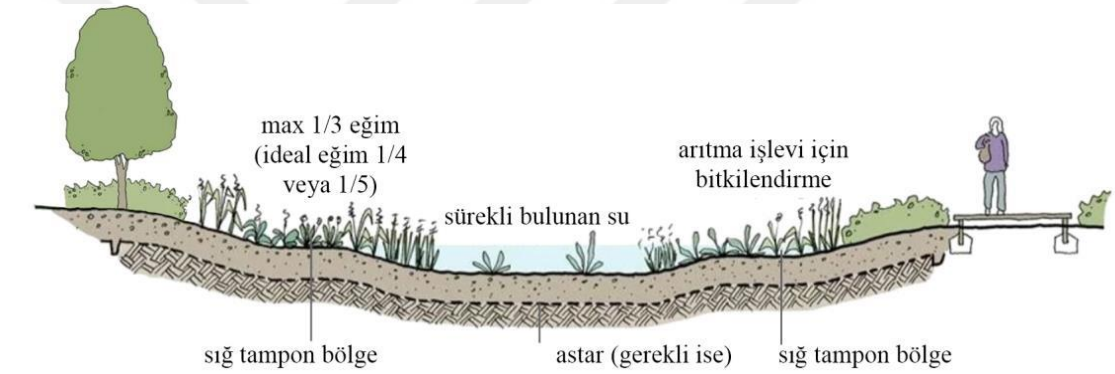
Zon 5 Öneriler

Zon 5'in tamamı yağış suyu yönetimi için yapılan uygunluk analizi (bkz. Şekil 4.11) sonucu uygun alanlar içinde kalmaktadır. Çalışma alanının en düşük noktalarını göstermekle birlikte eğim dereceleri noktasal farklılık göstermektedir. Bu sebeple aşırı yağışlarda yüzey akış ile su fazlasının bu zonda toplanması ön görülmektedir. Zon 5'te

helikopter pistinin neredeyse tamamı ve yürüyüş-bisiklet yolunun çok az bir kısmı bulunmaktadır. Bahsedilen sert zeminler geçirimsiz beton ve asfalt malzemedir.

- **Öneri 1:** Mevcut helikopter pistinin kaldırılarak yerine doğa temelli çözüm yöntemlerinden yapılandırılmış sulak alan planlanması.

Helikopter pisti olarak tasarlanan geniş geçirimsiz alan kullanılmadığından kaldırılarak sulak alan planlanması düşünülmüştür. Böylece düşük kotta şekil 5.42'de kesiti ve örnek görsellerde verildiği şekilde alandaki tüm yüzey suyunun toplanarak geçici depolanabileceği bir sulak alan oluşturmak önerilmektedir.

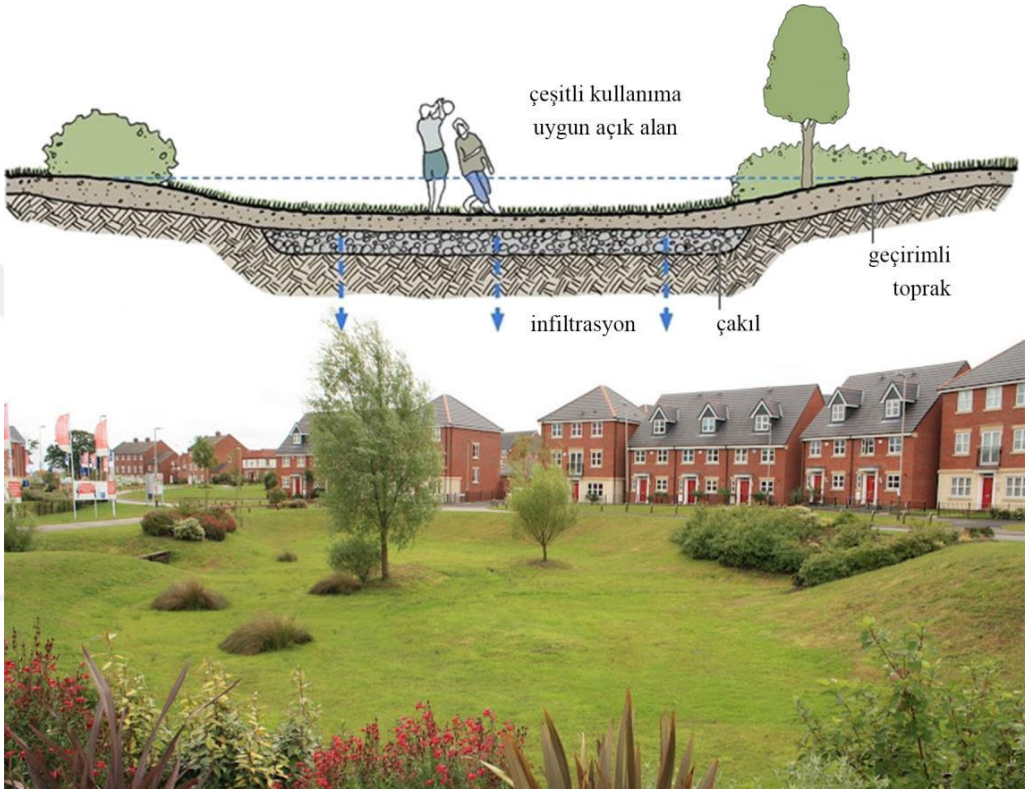




Şekil 5.42. Yapılandırılmış sulak alan kesiti (Taşkın, 2022) ve uygulama örnekleri (Anonim, 2024ü).

- **Öneri 2:** Yeşil alanlarda belirli aralıklarla yağmur bahçesi ve biyolojik su tutma alanlarının uygulanması.

Çalışma alanında zon 5'te yer alan geniş yeşil alanlar içinde şekil 5.43'te kesiti yer alan ve örnek görseldeki gibi biyolojik su tutma alanları oluşturulması yüzeysel akış hızını düşürüp, infiltrasyon hızını artıracağından sürdürülebilir alanlar oluşturulmasında oldukça önemlidir. Bu sebeple biyolojik su tutma alanı havzanın özelliklerine ve iklim krizine bağlı yağış rejimindeki değişimlere bağlı olarak yağmur bahçeleri veya küçük ölçekte biyolojik su tutma alanları ile desteklenebilir (Şekil 5.44).



Şekil 5.43. Biyolojik su tutma alan kesiti ve uygulama örnekleri (Taşkın, 2022).



Şekil 5.44. Yağmur bahçesi (Anonim, 2022e) ve biyolojik su tutma alanı (Tokuş ve Özdemir, 2017) örnek görseli.

Yapılan araştırmalara göre biyolojik su tutma alanı, biyo-hendek ve yağmur bahçesi uygulaması ile yağmur suyu akışındaki hacim azalmalarının yüzde 50 ila yüzde 94 arasında azaldığı tespit edilmiştir. (Anonim,2023g).

Sonuç olarak; doğa temelli çözüm yöntemlerinin uygulanması kentsel yeşil alanların önemini arttırmaktadır. Kentleşme ve iklim değişikliği, kentsel alanlardaki su varlığını önemli ölçüde etkileyerek kaynakların sürdürülebilirliğini tehdit etmektedir. Yoğun yapılaşma, doğal su döngüsünü bozarak yüzey akışını artırırken yeraltı suyu beslenmesini azalmaktadır. Bununla birlikte, iklim değişikliğine bağlı aşırı hava olayları, kentsel alanlarda su kaynaklarını ya taşkınlarla aşırı yüklemekte ya da uzun süreli kuraklıklarla tükenme riskiyle karşı karşıya bırakmaktadır. Bu etkiler su yönetiminde yenilikçi ve entegre yaklaşımların gerekliliğini her zamankinden daha belirgin hale getirmektedir.

Kentsel alanlar yoğun nüfus, enerji tüketimi ve sanayi faaliyetlerden dolayı iklim krizine önemli ölçüde sebep olurken, aynı zamanda iklim değişikliğinden en çok etkilenen yerler arasında bulunmaktadır. Fosil yakıt kullanımı sera gazı emisyonlarını artırırken, yeşil alanların azalması karbon emilimini sınırlamaktadır. Ayrıca, asfalt ve beton yüzeylerin artması kentsel ısı adası etkisine yol açarak kentsel alanların sıcaklıkları yükseltir. Bu durum Küresel ısınma ve İklim değişikliği etkilerini arttırmaktadır. İklim değişikliğine bağlı gelişen şiddetli yağışlar sonucu sel baskınları, artan sıcak hava dalgaları, hava kirliliği ve su kıtlığı gibi çevresel sorunlar yaşam kalitesini düşürerek, şehirlerde hem iklim değişikliğini azaltacak hem de uyum sağlayacak çözümlerin üretilmesini zorunlu kılmaktadır. Kentsel alanlarda iklim değişikliğinin etkilerini azaltmak için yeşil alanların artırılması yaygın bir çözüm olmasına rağmen, bu yaklaşım su kaynaklarına bağımlı olduğu için bazı çelişkiler yaratmaktadır. İklim değişikliği etkisiyle yaşanan aşırı sıcaklıklarda sulama ihtiyacı artarak, su tüketimini arttırmaktadır. Su kıtlığı yaşayan bölgelerde, yeşil alanların bakımı ek baskı oluştururken, aşırı yağışlarda ise plansız yeşil alanlar toprak doygunluğu ve yüzey akışı sorunlarına yol açabilir. Bu çelişkilerin, iklim ve su koşullarına uygun yerel bitki türlerin seçilmesi ve sürdürülebilir sulama yöntemleriyle

çözüme ulaşabileceği düşünülmektedir. Kentsel yüzey akışı yönetiminde doğa temelli çözüm yöntemlerinin mevcut drenaj sistemlerine entegre edilmesi etkin su yönetimiyle sürdürülebilir şehir planlaması açısından önemli avantajlar sağlamaktadır. Doğa temelli çözüm yöntemleri yeşil altyapıyı oluşturarak yağış suyunun doğal yolla emilimini arttırır, suyun akış hızını ve miktarını kontrol altına alarak taşkın riski azaltır, su kalitesini iyileştirir ve yeraltı su kaynaklarının beslenmesi sağlamaktadır. Aynı zamanda kentsel ısı adası etkisinin azaltılması, biyolojik çeşitliliğin desteklenmesi, rekreakif alanlar oluşturulması ve şehir estetiğinin iyileştirilmesi konusunda önemli rol oynarlar. Böylece hem ekolojik hem ekonomik hem de sosyal faydalar sunarak şehirlerin iklim değişikliği karşısındaki dayanıklılığını arttırmaktadır.

Dünya çapında modern şehirlerde içme suyu, sel yönetimi, yağmur suyu depolama ve gri su kullanımını içeren bütünleşik su yönetimi planları uygulanırken İstanbul bu yaklaşımlardan uzak kalmaktadır. İstanbul'un su yönetimi politikalarının daha çok içme suyuna odaklandığı, ancak yağmur suyu yönetimi ve gri suyun geri kazanımı gibi konularda geri kaldığı görülmektedir. Yağmur suyu, şehirlerin sürdürülebilirliğini, dayanıklılığını ve yaşanabilirliğini artırma potansiyeline sahip son derece değerli bir kaynaktır. Yağmur suyu yönetimini iyileştiren doğa temelli çözümler, peyzajın hem estetik hem de çevresel değerini artırır. Yağmur bahçeleri, yeşil duvarlar, yeşil çatılar ve sulak alan sistemleri gibi doğa temelli yaklaşımlar, suyun doğal yollarla tutulmasını, arıtılmasını ve yeniden kullanılmasını mümkün kılmaktadır. Böylece su kaynaklarının etkin kullanımı sağlanırken doğa temelli çözüm yöntemleri doğal ve yapay peyzajların ekosistem hizmetlerini güçlendirmektedir. Bu durum peyzaj etki değeri kavramını ortaya çıkarmaktadır. Peyzaj etki değeri, bir peyzajın çevresel, estetik ve işlevsel özelliklerinin değerlendirilerek o alanın ekosistem hizmetlerine katkısını ölçmektedir. Yeşil alanların doğru tasarlanması ve yönetimi, bu katkıyı artırırken olumsuz etkileri minimize edebilir. Kentsel alanlarda yeşil alanların artırılması ile iklim değişikliği etkilerinin azaltılması arasındaki çelişkiler, peyzaj etki değeri kavramıyla doğrudan ilişkilendirilebilir. Günümüzde sadece bir konuya odaklı mühendislik çözümleri yerine doğal süreçlerden esinlenerek kaynakları koruma ve kullanma dengesini kuran yaklaşımların kentsel alanlarda değerlendirilmesi gerekmektedir.

İklim değişikliği etkilerinin azaltılması ve adaptasyon sağlanması konusunda kamusal alanların öncelikli dönüştürülmesi oldukça önemlidir. Bu alanlarda sürdürülebilir stratejilerin geliştirilmesi ve uygulanması kamu için neler yapılabileceğinin bir örneğini oluşturmaktadır. Öncelikle, politika ve strateji geliştirme sürecinde doğa temelli çözümleri destekleyen düzenlemelerin oluşturulması ve uygulanmasında yerel yönetimlerin kritik rolleri bulunmaktadır. Yeşil altyapı projeleri için uygun finansman modelleri geliştirmek, toplum bilincini arttırmak ve gerekli hallerde ilgili tüm paydaşlarla iş birliği yapmak bu görevlerden bazılarıdır. Üst yönetimlerin öncülüğünde kentsel alanlarda iklim verileri, flora-fauna varlığı, meteorolojik modellemeler, havzalar ve bunlara ait sayısal analizler yapılarak yerel iklim ve çevresel koşullara uygun planlama ve tasarım kararlarıyla doğa temelli çözümlerin etkili bir şekilde uygulanmasıyla kentsel alanlarda su yönetimi sağlanmalıdır. Çalışma alanı olarak Çekmeköy Belediye Binası ve çevresi alanların belirlenmesindeki en önemli nedenlerden biri kamu alanı olmasıdır. Doğa temelli öneriler geliştirilerek alanın olumsuz koşullara karşı dirençli ve sürdürülebilir olması hedeflenmiştir. Uygulama sırasında doğa temelli çözüm yöntemleri farklılık gösterilebileceği gibi ekosistem süreçlerini taklit ederek suyun yönetimi ve peyzajın işlevselliği konusunda doğal ve entegre çözümler sunulması öncelik olmuştur. Bu durum doğa temelli çözüm yöntemleriyle su yönetimi ve peyzaj etki değeri arasında güçlü bir bağlantı kurarak kentsel alanlarda çevresel sürdürülebilirliğe katkı sağlamaktadır.

Son olarak doğa temelli çözümler ile kentsel su yönetiminin sağlanmasının temel amacı, kentsel alanların iklim değişikliğine karşı dayanıklılığını artırarak ekolojik, sosyal ve ekonomik sürdürülebilirliği sağlamaktır. Kentsel akışın doğa temelli çözüm yöntemleri kullanılarak yönetimi birçok fayda içermektedir. Bu sebeple kentsel yüzey akışı için doğa temelli çözüm yöntemi önerileriyle hedeflenenleri özetlemek gerekirse;

1. **İklim Değişikliğine Uyum Sağlama:** Aşırı yağış, sıcaklık artışı ve su kıtlığı gibi etkilerle başa çıkmak için etkili ve doğal süreçlerle uyumlu çözümler geliştirmek.
2. **Sürdürülebilir Su Yönetimi:** Su kaynaklarını koruyarak taşkın, erozyon ve su kaybı risklerini minimize etmek.

3. **Ekosistem Hizmetlerini Güçlendirme:** Biyolojik çeşitliliği artıran, karbon emilimini destekleyen ve kentsel alanların rekreatif değerini yükselten projeler üretmek.
4. **Toplumsal Fayda Sağlama:** Daha yaşanabilir, estetik ve sağlıklı kentsel alanlar oluşturmak, toplumsal farkındalığı artırmak ve halkın yaşam kalitesine katkıda bulunmak.
5. **Politik ve Stratejik Gelişim:** Yerel yönetimlere rehberlik edecek, uygulanabilir stratejik çözümler önermek ve bu çözümlerin karar alma süreçlerine entegre edilmesini desteklemek şeklinde sıralanabilir.

Bütüncül Su Yönetimi, su kaynaklarının daha verimli kullanılmasını sağlamak adına yağmur suyunun depolanması, arıtılması ve tekrar kullanılması prensiplerini benimsemeyi gerektirir. Bu yaklaşım, sürdürülebilir altyapılarla desteklenmeli, geleneksel borulu sistemlerin yerine sel ve yağmur suyu yönetimi gibi modern altyapı çözümleri hayata geçirilmelidir. Ayrıca, artan nüfus ve değişen iklim koşullarına bağlı olarak uzun vadeli bir planlama yapılmalı, su kaynakları etkin bir şekilde yönetilmelidir. Bu stratejiler, su tasarrufu sağlamakla kalmayıp, aynı zamanda gelecekteki kuraklık ve su kıtlığı gibi büyük sorunların önüne geçmede etkili olacaktır. Bu çalışma ile hem ekolojik sorunlara hem de toplumsal ihtiyaçlara bütüncül yaklaşımlar sunarak geleceğin kentlerinin daha dirençli ve sürdürülebilir bir şekilde şekillenmesini hedeflenmiştir. Kentsel yüzey akışı için doğa temelli çözümlerin planlanması ve uygulanmasında, yerel iklim, topografya ve bitki örtüsü gibi unsurlar göz önünde bulundurulduğunda, bu çözümler hem su yönetiminde hem de peyzajın işlevselliğinde uzun vadeli faydalar sağlayabilir. Bu yaklaşım, doğal süreçlerle uyumlu bir kent yapısı oluşturarak iklim değişikliğine uyum ve dirençlilik konusunda önemli bir avantaj sunmaktadır.

KAYNAKLAR

Ahiablame, L. M., Engel, B. A., Chaubey, I. (2013). Effectiveness of low impact development practices in two urbanized watersheds: Retrofitting with rain barrel/cistern and porous pavement. Journal of environmental management, 119, 151-161.

Akimoto, H. (2003). Global air quality and pollution. Science, 302(5651), pp.1716-1719.

Akpınar Külekçi, E., (2017). Geçmişten Günümüze Yeşil Çatı Sistemleri ve Yeşil Çatılarda Kalite Standartlarının Belirlenmesine Yönelik Bir Araştırma, ATA Planlama ve Tasarım Dergisi, 1:1, 35-53.

Aküzüm, T., Çakmak, B. ve Gökalp, Z. (2010). Türkiye'de su kaynakları yönetiminin değerlendirilmesi. Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi, (1), 67-74.

Alizadeh, B., Hitchmough, J. (2019). A review of urban landscape adaptation to the challenge of climate change. International Journal of Climate Change Strategies and Management, Cilt 11 No. 2, s. 178-194. https://doi.org/10.1108/IJCCSM-10-2017-0179.

Allen, S. (2002). "Mat Urbanism: The Thick 2-D" in Sarkis, Hashim (Ed). CASE: LeCorbusier's Venice Hospital and the mat building revival, Munich; New York: Prestel, s.124.

Altun, S. E. (2024). Düşük Etkili Kentleşme Yöntemleri İle Yağmur Suyu Drenaj Sistemlerinin Modellenmesi. T. C. İstanbul Gelişim Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.

Andoh, R. Y., Iwugo, K. O. (2002). Sustainable urban drainage systems: a UK perspective. In Global Solutions for Urban Drainage (pp. 1-16).

Angold, P.G., Sadler, J.P., Hill, M.O., Pullin, A., Rushton, S., Austin, K., Small, E., Wo od, B., Wadsworth, R., Sanderson, R., Thompson, K. (2006). Biodiversity in urban habitat patches. Science of the Total Environment, Vol. 360 Nos 1/3, pp. 196-204.

Anonim. (2018a). Yağmur Bahçesi Uygulama Kılavuzu. T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ankara. Erişim adresi: https://webdosya.csb.gov.tr/db/mpgm/haberler/yagmur-bahces-_230718-20180724082855.pdf (Erişim tarihi: 18.05.2022)

Anonim. (2018b). Geçirgen Beton Uygulama Kılavuzu. Erişim adresi: http://www.thbb.org/media/281170/gecirimli_beton_uygulama_k%C4%B1lavuzu_147.pdf (Erişim tarihi: 20.05.2022)

Anonim. (2020a). Low Impact Development Approaches Handbook. Erişim adresi: https://cleanwaterservices.org/wp-content/uploads/2022/06/lida-handbook.pdf

Anonim. (2022a). Kentsel-Kırsal Nüfus Oranı. Erişim adresi: https://cevreselgostergeler.csb.gov.tr/kentsel---kirsal-nufus-orani-i-85670 (Erişim tarihi: 14.12.2022)

Anonim. (2022b). Low Impact Development Stormwater Management Plannıng And Desıgn Guıde. Erişim adresi: https://trcaca.s3.ca-central-1.amazonaws.com/app/uploads/2016/04/17183807/LID-SWM-Guide-v1.0_2010_1_no-appendices.pdf

Anonim. (2022c). Breaking Through Unıversıty Of New Hampshıre Stormwater Center 2016 Report. Erişim adresi: https://scholars.unh.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1001&context=stormwater

Anonim. (2022d). Kamusal Bir Geri Dönüşüm Projesi: New York High Line Park. Erişim adresi: https://www.gzt.com/arkitekt/kamusal-bir-geri-donusum-projesi-new-york-high-line-park-3548614

Anonim. (2022e). Rain Gardens. University of Kentucky. Erişim adresi: https://kentuckyhortnews.com/wp-content/uploads/2021/03/rain-gardens.pdf

Anonim. (2022f). Doğal ve kentsel alanlar yüzeysel akışı. Erişim adresi: https://www.ecobuild.com.tr/post/ya%C4%9Fmur-suyu-kaynak-m%C4%B1-afet-mi

Anonim. (2023a). Sayılarla Çekmeköy 2016. Erişim adresi: https://www.cekmekoy.bel.tr/upload/files/2016-sayilarla-cekmekoy/2016-sayilarla-cekmekoy_1938.pdf

Anonim. (2023b). Tutma sistemleri. Erişim adresi: https://mrms.co.uk/the-natural-approach-sustainable-drainage-systems-suds/

Anonim. (2023c). Yağmur Suyu Hasadi Rehber Dokümanı, T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü. Erişim adresi: https://www.suverimliligi.gov.tr/wp-content/uploads/2023/01/YAGMUR-SUYU-HASADI.pdf

Anonim. (2023ç). İstanbul İçme Suyu Havzaları Ağaç-Çalı Bitkilendirme Rehberi. İstanbul Büyükşehir Belediyesi Park Bahçe ve Yeşil Alanlar Dairesi Başkanlığı ve Dairesi Başkanlığı ve İSKİ, 978-605-9507-67-7, İstanbul. Erişim adresi: https://yesil.istanbul/storage/public/2023/07/13/64aff619d20aa-istanbul-icme-suyu-havzalari-agac-cali-bitkilendirme-rehberi.pdf

Anonim. (2023d). LID Parking Lots. Erişim adresi: https://www.casqa.org/wp-content/uploads/2022/12/lid_parking_tam_press.pdf

Anonim. (2023e). Rain gardens. Erişim adresi: https://wiki.sustainabletechnologies.ca/wiki/Rain_gardens

Anonim. (2023f). Rain gardens. Erişim adresi: https://www.nytimes.com/2021/06/02/realestate/do-it-yourself-rain-garden.html

Anonim. (2023g). Common Obstacles to Green Infrastructure Implementation. Erişim adresi: https://www.klausinggroup.com/blog/common-obstacles-to-green-infrastructure-implementation

Anonim. (2023h). Sel felaketini karşı bioswale ve yağmur bahçeleri uygulamaları. . Erişim adresi: https://www.indyturk.com/node/561376/t%C3%BCrki%CC%87yeden sesler/sel-felaketini-kar%C5%9F%C4%B1-bioswale-ve-ya%C4%9Fmur-bah%C3%A7eleri-uygulamalar%C4%B1-2

Anonim. (2023ı). Urban Campus Housing. Erişim adresi: https://mithun.com/project/portland-state-university-stephen-epler-hall/

Anonim. (2024a). Hidrolojik Çevrim. Erişim adresi: https://www.mgm.gov.tr/genel/hidrometeoroloji.aspx?s=4

Anonim. (2024b). Sürdürülebilir Şehirlere Giden Yollar. Erişim adresi: https://www.iisd.org/articles/deep-dive/pathways-sustainable-cities?gad_source=1&gclid=EAIaIQobChMIyYz9tte2iQMVlgkGAB2MdhdKEAAYASAAEgLA9vD_BwE

Anonim. (2024c). Çekmeköy Deresi Peyzaj Fikir Projesi. Erişim adresi: https://hetpeyzaj.com/tr/cekmekoy-river-landscape-design/

Anonim. (2024d). Geçmişten Günümüze İstanbul'un Su Yönetimi Ve Su Havzaları. Erişim adresi: http://olcuistanbul.org/index.php?sx=2019_ekim_07.php

Anonim. (2024e). Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi Sonuçları, 2023. Erişim adresi: https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Adrese-Dayali-Nufus-Kayit-Sistemi-Sonuclari-2023-49684

Anonim. (2024f). Merkezi Dağıtım Sistemi (MEDAS). Erişim adresi: https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?locale=tr

Anonim. (2024g). Çekmeköy Tarihi. Erişim adresi: http://www.cekmekoy.gov.tr/cekmekoy-tarihi

Anonim. (2024ğ). M5 Üsküdar-Samandıra Metro Hattı. Erişim adresi: https://www.metro.istanbul/Hatlarimiz/HatDetay?hat=M5

Anonim. (2024h). İklim değişikliği eylem planı. Erişim adresi: https://esenler.bel.tr/wp-content/uploads/2024/06/IKLIM-DEGISIKLIGI-EYLEM-PLANI.pdf

Anonim (2024ı). Meteorolojik Arşiv Çekmeköy. Erişim adresi: https://www.meteoblue.com/tr/hava/historyclimate/weatherarchive/%C3%87ekmek%C3%B6y_t%C3%BCrkiye_749387?fcstlength=1m&year=2024&month=1

Anonim. (2024i). Çekmeköy Belediye Başkanlığı Haritası. Erişim adresi: https://www.haritamap.com/yer/cekmekoy-belediye-baskanligi-cekmekoy

Anonim. (2024j). Yağmur Suyu Hasadı: Nedir? Nasıl Yapılır? Maliyeti ve Sistemleri Erişim adresi: https://iyikigormusum.com/yagmur-suyu-hasadi-nedir-nasil-yapilir-maliyeti-ve-sistemleri-1842

Anonim. (2024k). Biyolojik su tutma alanı kesiti. Erişim adresi: https://www.susdrain.org/delivering-suds/using-suds/suds-components/filtration/filtration.html

Anonim. (2024l). Trı-Centennıal Place Parkıng Lot. Erişim adresi: https://www.danabrownassociates.com/tri-centennial-place-parking-lot/

Anonim. (2024m). Drew School-San Francisco, CA. Erişim adresi: https://www.herrero.com/projects/drew-school

Anonim. (2024n). Cross-section of a trench. Erişim adresi: https://urbangreenbluegrids.com/measures/ditches/

Anonim. (2024o). Yeşil duvar örneği. Erişim adresi: https://www.arkitera.com/tanitim/gardensa-akilli-yesil-duvar-sistemleri/

Anonim. (2024ö). Yeşil Çatılar: Sürdürülebilirliğin Yeni Yüzü. Erişim adresi: https://www.ekoyapidergisi.org/yesil-catilar-surdurulebilirligin-yeni-yuzu

Anonim. (2024p). C.3 Stormwater Technical Guidance May 19, 2024 A handbook for developers, builders, and project applicants Version 8.2. Erişim adresi: https://cleanwaterprogram.org/wp-content/uploads/2024/05/C3TG-8.2-compiled-20240519.pdf

Anonim. (2024r). Otoparklar için güneş enerji sistemleri. Erişim adresi: https://ankarasolarisi.com.tr/2022/12/08/otoparklarda-gunes-paneli-sistemleri/

Anonim. (2024s). 5216 sayılı Büyükşehir Belediyesi Kanunu. Erişim adresi: https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=5216&MevzuatTur=1&MevzuatTertip=5

Anonim. (2024ş). 5393 sayılı Belediye Kanunu. Erişim adresi: https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuatmetin/1.5.5393.pdf

Anonim. (2024t). Atlanta BeltLine Eastside Trail. Erişim adresi: https://www.landscapeperformance.org/case-study-briefs/atlanta-beltline-eastside-trail

Anonim. (2024u). Stormwater Plunges in Roadside Rain Gardens. Erişim adresi: https://www.migcom.com/news/stormwater-plunges-roadside-rain-gardens.

Anonim. (2024ü). Constructed Wetlands. Erişim adresi: https://www.permalogica.com/post/constructed-wetlands-harnessing-nature-for-wastewater-treatment-and-sustainable-landscape

Anonim. (2024v). ASLA Climate Action Plan. Erişim adresi: https://landarch.org/climate-action-plan/

Anonim. (2024y). SuDS Techniques - Permeable Conveyance Systems Swales. Erişim adresi: https://www.sudswales.com/types/permeable-conveyance-systems/swales/

Anonim.(2024z). Erişim adresi: https://harita.istanbul/2d?@=29.17144,41.03250,16.52099&p=45.00000&b=0.00000&suk=&ruk=!&ms=!b281!c&o=!o2&ct=0&duk=&dwk= Erişim tarihi:03.12.2024

Anonim.(2024ab). Erişim adresi: https://www.google.com/maps/place/%C3%87ekmek%C3%B6y%2F%C4%B0stanbul/@40.9975039,29.02397,10z/data=!4m6!3m5!1s0x14cad2e51ddddf97:0xee27abe63246e12a!8m2!3d41.104235!4d29.3177272!16s%2Fm%2F0gvvqn_?entry=ttu&g_ep=EgoyMDI0MTIxMS4wIKXMDSoASAFQAw%3D%3D

Anonim.(2024ac). Erişim adresi: https://tr.m.wikipedia.org/wiki/Dosya:Istanbul_location_%C3%87ekmek%C3%B6y_fixed.png

Anonim.(2024aç). Erişim adresi: https://tr.wikipedia.org/wiki/%C5%9Eablon:%C3%87ekmek%C3%B6y_etiketli_mahalleler_haritas%C4%B1

Anonim. (2024ad). Erişim adresi: https://earth.google.com/web/search/%c3%a7ekmek%c3%b6y/@41.0728244,29.26911905,142.

Anonim. (2024ae). Erişim adresi: https://sehirharitasiapi.ibb.gov.tr/ Erişim tarihi:03.12.2024

Apostolidis, N., Hutton, N. (2006). Integrated water management in brownfield sites—more opportunities than you think. Desalination, 188(1-3), 169-175.

Argan, F. M. (2022). İklim Değişikliğine Uyum Sürecinde Suya Duyarlı Kent Yaklaşımları: Malatya Kent Vizyonu. Yüksek Lisans Tezi, T.C. İnönü Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Peyzaj Mimarlığı Ana Bilim Dalı, Malatya.

Argue, J., (2004). WSUD: Basic Procedures for 'Source Control' of Stormwater e A Handbook for Australian Practice. The University of South Australia, Stormwater Industry Association and Australian Water Association. Sixth printing.

Armson, D., Stringer, P., Ennos, A. R. (2013). The effect of street trees and amenity grass on urban surface water runoff in Manchester, UK. Urban Forestry & Urban Greening, 12(3), 282-286.

Arnold Jr, C. L., Gibbons, C. J. (1996). Impervious Surface Coverage: The Emergence of a Key Environmental Indicator. Journal of the American Planning Association, 62(2), 243-258.

Arslan, A., (2021). Küresel Isınmaya Bir Çözüm Olarak Yeşil Şehirler Ve Yeşil Altyapı Sistemleri: Kamu Maliyesi Açısından Bir Değerlendirme. Yüksek Lisans Tezi. Türkiye Cumhuriyeti Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Maliye Ana Bilim Dalı, Adana.

Arslantaş, F., Sanalan, K. C., Çil, A. (Der). (2020). Şehirlerde Yeşil Altyapı ve Doğa Tabanlı Çözümler İyi Uygulama Örnekleri, 120 sayfa. ISBN:978-605-06990-6-7.

Aslan, B.G., Yazıcı, K., (2016). Yeşil Altyapı Sistemlerinde Mevcut Uygulamalar. Ziraat Mühendisliği, (363): ss.31-37.

Atik, M., Karagüzel, O., (2007). Peyzaj Mimarlığı Uygulamalarında Su Tasarrufu Olanakları Ve Süs Bitkisi Olarak Doğal Türlerin Kullanım Önceliği. Tarımın Sesi, TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası Antalya Şubesi Yayını, 15.

Aydın, Ö. N. (2023). Kentsel Alanlarda Uygulanan Geleneksel Ve Sürdürülebilir Yağmur Suyu Yönetim Modellerinin Karşılaştırılması. Yüksek Lisans Tezi, T.C. Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı, Tekirdağ.

Aydın Türk Y. (2006). Bütünleşik Kent Planlama ve Tasarımına Yönelik Bir Yöntem, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mimarlık Anabilimdalı, Trabzon.

Aygencel, M. (2011). Dikey Yeşil Sistemler. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, Trabzon.

Azhoni, A., Jude, S., Holman, I. (2018). Adapting to climate change by water management organisations: Enablers and barriers. Journal of Hydrology, 559, 736–748. https://doi.org/10.1016/J.JHYDROL.2018.02.047

Bachand, P.A.M, Horne, A. J., (2000). Denitrification in constructed free-water surface wetlands: I. Very high nitrate removal rates in a macrocosm study. Ecol. Eng. 14, 9–15.

Balcı, A.N., Öztan, Y., (1987). Sel Kontrolu, Karadeniz Üniversitesi, Orman Fakültesi , Genel Yayın No:113, Fakülte Yayın No: 12, Karadeniz Üniversitesi Basımevi, Trabzon, 466 s.

Ballar, Z. (2019). Stormwater Management In Cıtıes As A Clımate Change Adaptatıon Strategy:Case Of Halkapınar Dıstrıct (Izmır, Turkey). Yüksek Lisans Tezi.

Mühendislik ve Fen Fakültesi İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Şehircilik ve Bölge Planlama, İzmir.

Barbosa, O., Tratalos, J.A., Armsworth, P.R., Davies, R.G., Fuller, R.A., Johnson, P., Gaston, K.J. (2007). Who benefits from access to green space? a case study from Sheffield, UK. Landscape and Urban Planning, Vol. 83 Nos. 2/3, pp. 187-195.

Barış M.E., Uğur, S. (2019). Yeşil Altyapının Kentsel Sürdürülebilir Gelişmedeki Rolü ve Dünyadan Uygulama Örnekleri. Modern Dönemde Edebiyat, Eğitim, İktisat ve Mühendislik (pp.844-856).

Barrett, M., Lantin, A., Austrheim-Smith, S. (2004). "Storm water pollutant removal inroadside vegetated buffer strips." Highway Facility Design 2004; Including 2004Thomas B. Deen Distinguished Lecture, 129-140.

Bates, B., Wu, S., Zbigniew Kundzewicz, A. W., Palutikof, J. (2008). Climate Change and Water. Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC.

Bayram, F. (2001). Sürdürülebilir Kentsel Gelişme: Araçlar, Yaklaşımlar ve Türkiye, (Ed: Ayşegül Mengi), Mülkiyeliler Birliği Yayınları, s. 251-265, Ankara.

Bekiryazıcı, F. (2023). Kentsel Peyzaj Altyapısının Geliştirilmesinde En Uygun Yağmur Suyu Yönetimi Stratejisinin Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri İle Belirlenmesi 'Rize Örneği'. Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı, Trabzon.

Benedict, M. A., McMahon, E. D. (2002). Green Infrastructure: Smart Conservation for the 21st Century. Renewable Resources Journal. Autumn Edition. Pg. 12-17.

Benedict, M.A., McMahon, E.D. (2006). Green Infrastructure: linking landscapes and communities. Island Press, Washington.

Bigler, C., Bräker, O.U., Bugmann, H., Dobbertin, M., Rigling, A. (2006). Drought as an inciting mortality factor in scots pine stands of the Valais, Switzerland. Ecosystems, Vol. 9 No. 3, pp. 330-343.

Birkholz, S., Muro, M., Jeffrey, P., Smith, H. M. (2014). Rethinking the relationship between flood risk perception and flood management. Science of the total environment, 478, 12-20.

Birleşmiş Milletler Ekonomik ve Sosyal İşler Departmanı. (2019). Dünya kentleşme beklentileri: 2018 revizyonu. Popülasyon. Erişim adresi: un.org/wup/Publications/Files/WUP2018-Report.pdf

Biyoçeşitlilik ve Ekosistem Hizmetleri Konusunda Hükümetlerarası Bilim-Politika Platformu. (2019). Biyoçeşitlilik ve Ekosistem Hizmetleri Konusunda Hükümetlerarası Bilim-Politika Platformu'nun biyoçeşitlilik ve ekosistem hizmetlerine ilişkin küresel

değerlendirme raporunun politika yapıcılar için özeti. S. Díaz, J. Settele, ES Brondízio ES, HT Ngo, M. Guèze, J. Agard, A. Arneth, P. Balvanera, KA Brauman, SHM Butchart, KMA Chan, LA Garibaldi, K. Ichii, J. Liu, SM Subramanian, GF Midgley, P. Miloslavich, Z. Molnár, D. Obura, A. Pfaff, S. Polasky, A. Purvis, J. Razzaque, B. Reyers, R. Roy Chowdhury, YJ Shin, IJ Visseren-Hamakers, KJ Willis ve CN Zayas (Eds.).Erişim adresi: ipbes.net/sites/default/files/inline/files/ipbes_global_assessment_report_summary_for_policymakers.pdf

Bolat, Y.D., (2022). Yeşil Altyapı Sistemlerinin Kentsel Alanlardaki Önemi; Çorlu (Tekirdağ) Örneği. Yüksek Lisans Tezi. T.C. Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Peyzaj Mimarlığı Ana Bilim Dalı, Tekirdağ.

Bowler, D. E., L. Buyung-Ali, T. M. Knight, and A. S. Pullin. (2010). Urban greening to cool towns and cities: A systematic review of the empirical evidence. Landscape and Urban Planning 97(3):147–155.

Boyd, G., Gardiner, N. (1990). Urban stormwater: and overview for municipalities. Public Works, 121(13), 39-42.

Brown, B., Harkness, T., Johnston, (1998). Eco-revelatory design: natüre constructed

Butler, D., Davies, J. W. (2004). Urban Drainage, 2nd edition, Spon Press Taylor & Francis Group, London and New york, (1- 5).

Butler, D., Ward, S., Sweetapple, C., Astaraie-Imani, M., Diao, K., Farmani, R., Fu, G. (2017). Reliable, resilient and sustainable water management: the Safe & SuRe approach. Global Challenges, 1(1), 63-77.

Can, C. (2020). Yağmur Suyu Hasadı. (Bitirme Projesi), Dokuz Eylül Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, İzmir.

Campisano, A., Butler, D., Ward, S., Burns, M. J., Friedler, E., DeBusk, K., Han, M. (2017). Urban rainwater harvesting systems: Research, implementation and future perspectives. Water research, 115, 195-209.

Cheng, S. J., Wang, R. Y. (2002). An approach for evaluating the hydrological effects of urbanization and its application. Hydrological Processes, 16(7), 1403-1418.

Chiesura, A. (2004). The role of urban parks for the sustainable city. Landscape and Urban Planning, Vol. 68 No. 1, pp. 129-138.

Chocat, B., Ashley, R., Marsalek, J., Matos, M. R., Rauch, W., Schilling, W., Urbonas, B. (2007). Toward the sustainable management of urban storm-water. Indoor and built environment, 16(3), 273-285.

Chow, V. T., Maidment, D. R. and Mays, L. W. (1988). Applied Hydrology: McGraw-Hill, 1-588.

CNT, (2010). The value of green infrastructure: A guide to recognizing its economic, environmental and social benefits, W. North Avenue, Chicago.

CNT, (2020). Green Values Strategy Guıde: Linking Green Infrastructure Benefits to Community Priorities, W. North Avenue, Chicago. https://cnt.org/sites/default/files/publications/Green%20Values%20Strategy%20Guide.pdf

Coffman, L., (1999). Low-Impact Development Design Strategies- An Integrated Design Approach Prince George's County Department of Environmental Resources, Maryland, USA. Sf. 10-13-28.

Coşkun Hepcan, Ç. (2019). Kentler iklim değişikliği ile mücadele için yeşil altyapı çözümleri. İklim Değişikliği Alanında Ortak Çabaların Desteklenmesi Projesi (iklimİN), İklim Değişikliği Eğitim Modülleri Serisi 12, T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ankara. https://www.iklimin.org/moduller/kentmodulu-yesilaltyapi.pdf (E.T. 18.05.2022).

Coşkun Hepcan, Ç. (2022). "Doğa Temelli Çözümler ve Kentsel Dirençlilik". Çevre, Şehir ve İklim Dergisi. Yıl: 1. Sayı: 2. ss. 19-40

CVC. (2022). Native Plants for Rain-ready Landscapes> plant these native wildflowers, grasses, shrubs and groundcovers to help manage stormwater - beautifully. cvc.ca/GreenYourProperty. https://cvc.ca/wp-content/uploads/2022/03/com_lo_rain-ready-guide_20220328-FINAL3.pdf

Çiftçi, D. (2019). Peyzaj Şehirciliği Bağlamında İşlevini Yitirmiş Havalimanlarının Yeniden Kullanımına Yönelik Peyzaj Stratejileri: Atatürk Havalimanı Örneği. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kentsel Tasarım Anabilim Dalı, Kentsel Tasarım Programı, İstanbul.

Çolak, Y., (2016). Çekmeköy'ün Mekânsal Gelişimi. Erişim Adresi: https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/56123377/cekmekoy-sempozyum-kitabi-libre.pdf?1521653698=&response-content disposition=inline%3B+filename%3DCekmekoyun_Mekansal_Gelisimi.pdf&Expires=1735750415&Signature=E9FL-VMi16OKpAvbyLLjkchXv7vwbWSO68h~KExAlexvTOhT4xPDhmL71fw9nzQHODIW~gwedN8slbL5aEMnjoey6A9LUkCvQToXlMzvX97AKqF0yCsNtdUsUhTlUS~NOyUSMzkwYyQ1FGLpLl1ynsD~R5kUDj55eKntrHCo0YQLNotK9N57V3HYrUht9zGP4DwYuvBRJD3i9yrxOWFh5k34oGv3zo-Fi3YWIh8diwJsubuMJ9BB4FLjW12hTw6VpZJkEjO2bAU95wJves04kDQ7RVxKaXfBIW9Y0c~DM44ktElRONZb1M7zgeMYo89lg3owvf1Ge7TJdPw6Z9VmMw__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA

Dağıdır, S., Alıcı, O.V. (2024). Su ve Kanalizasyon İdarelerinin Stratejik Planlarında İklim Değişikliği, Kent Akademisi Dergisi, *17*(3):1086-1103. https://doi.org/10.35674/kent.1442434

Davis, A. P., Hunt, W. F., Traver, R. G., Clar, M. (2009). Bioretention technology: Overview of current practice and future needs. *Journal of Environmental Engineering, 135*(3), 109-117.

Davis, A. P., Shokouhian, M., Sharma, H., & Minami, C. (2001). Laboratory study of biological retention for urban stormwater management. *Water Environment Research, 73*(1), 5-14.

Davis, A. P., Traver, R. G., Hunt, W. F. (2010). Improving urban stormwater quality: Applying fundamental principles. Journal of Contemporary Water Research & Education, 146(1), 3-10.

D'Arcy, B.J., 1998. A new Scottish approach to urban drainage in the developments at Dunfermline. Proceedings of the Standing Conference on Stormwater Source Control, Coventry, UK.

Deletic, A. (2001). Modelling of water and sediment transport over grassed areas. Journal of Hydrology, 248(1), 168-182. doi:https://doi.org/10.1016/S0022-1694(01)00403-6

Demir, D. (2012). Konvansiyonel yağmursuyu yönetim sistemleri ile sürdürülebilir yağmujr suyu yönetim sistemlerinin karşılaştırılması: İTÜ ayazağa yerleşkesi örneği. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.

Demircan, M. (2022). İklim, İklim Değişikliği ve Su İlişkisi. Küresel İklim Değişikliği ve Sosyo-Ekonomik Etkileri, Bütünleşik Su Yönetimi Eğitim Programı.

Demirören Civan, D. (2022). Kentin Doğaya Entegrasyonunda Yeşil Altyapının Sağladığı Olanaklar. Yüksek Lisans Tezi, T.C. İnönü Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Peyzaj Mimarlığı Ana Bilim Dalı, Malatya.

Detail, (2005). Fassaden+Materialien, Vol.11, p.1298, Münih, Almanya.

Dinçer, T. (2022). Yeşil Altyapı Sistemleri Kapsamında Yağmursuyu Yönetimi Malatya Kent Merkezi Örneği. Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Peyzaj Mimarlığı Ana Bilim Dalı, Erzurum.

Doğangönül, C., Doğangönül, Ö. (2008). Küçük ve Orta Ölçekli Yağmursuyu Kullanımı. Teknik Yayınevi, Ankara.

Dunnett, N., Kingsbury, N. (2008). Planting Green Roofs and Living Walls: Timber Press.

Echols, S., Pennypacker, E. (2015). The History of Stormwater Management and Background for Artful Rainwater Design. In Artful Rainwater Design (pp. 7-22): Springer.

Eckart, K., McPhee, Z., Bolisetti, T. (2017). Performance and implementation of low impact development–A review. Science of the Total Environment, 607, 413-432.

Ekici, T. (2011). Sürdürülebilir Kentsel Gelişme Çerçevesinde Kapalı Sitelerin İrdelenmesi: İstanbul–Çekmeköy Örneği. T.C. Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Şehir ve Bölge Planlama Anabilim Dalı Kentsel Tasarım Programı, İstanbul.

Ekren, E. (2017). Dikey Bahçelerin Avantajları ve Riskleri. Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 19(1), 51-57. Erişim adresi https://dergipark.org.tr/en/pub/barofd/issue/27137/293124

Ekşi, M. (2012). Yeşil Çatı Sistemlerinin Su Ve Enerji Dengesi Açısından Değerlendirilmesi: İstanbul Örneği, Doktora Tezi, İstanbul Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Ekşi, M. (2021). Çatı Bahçeleri. Yeni İnsan Yayınevi-309, Ekoloji Serisi-62.

Ekşi, M., Uzun, A. (2016). Yeşil çatı sistemlerinin su ve enerji dengesi açısından değerlendirilmesi . Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University, 66 (1) , 119-138 . DOI: 10.17099/jffiu.67110

EPA (2009). Incorporating Low Impact Development into Municipal Stormwater Programs. United States Environmental Protection Agency New England. EPA 901-F-09-005, April 2009.

EPA (2021). USA Environmental Protection Agency yhttps://www.epa.gov/heatislands/using-green-roofs-reduce-heat-islands (Erişim tarihi07.09.2021).

Erdoğdu, E., Çetiner, İ. (2014). Düşey Yeşil Sistemlerin Enerji Etkinliklerinin Değerlendirilmesi. Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu.

Esringü A, Toy S. (2021). Kent İklimine Çatı ve Cephe Bahçelerinin Etkisi. Climatehealth. 2021;1(2):97-103

Feyen L., Ciscar M., Carlos, J., Simon, G., Ruiz Dolores, I., Ramirez A.S., Alessandro, D., Gustavo, N., Simone, S., Giuseppe, F., Giovanni, Girardello, M., Spinoni, J., Mentaschi, L., Bisselink, B., (2020). "Climate change impacts and adaptation in Europe". *JRC PESETA IV final report*, *JRC Research Reports JRC119178*, Joint Research Centre (Seville site).

Fletcher, T. D., Shuster, W., Hunt, W. F., Ashley, R., Butler, D., Arthur, S., Trowsdale, S., Barraud, S., ve diğ., (2014). SUDS, LID, BMPs, WSUD and more–The evolution

and application of terminology surrounding urban drainage. Urban Water Journal, 12(7), 525-542. https://doi.org/10.1080/1573062X.2014.916314

Fletcher, T. D., Andrieu, H., Hamel, P. (2013). Understanding, management and modelling of urban hydrology and its consequences for receiving waters: A state of the art. Advances in Water Resources, 51, 261-279.

Füssel, H. M. (2007). Adaptation planning for climate change: Concepts, assessment approaches, and key lessons. Sustainability Science, 2(2), 265–275. https://doi.org/10.1007/S11625-007-0032-Y

Gill, S. E., Handley, J. F., Ennos, A. R., Pauleit, S. (2007). Adapting cities for climate change: the role of the green infrastructure. Built environment, 33(1), 115-133.
Green Infrastructure Guide, (2015). Conservation Advisory Council City of Newburgh, New York.

Gupta, M. K., Agnew, R. W., Gruber, D., Kreutzberger, W. (1981). Constituents of Highway Runoff: Volume IV, Characteristics of Highway Runoff from Operating Highways. Research Report (No. FHWA/RD-81/045). United States. Federal Highway Administration. Offices of Research and Development.

Gülcü, G. (2021). Kentsel Alanlarda Yağmur Suyu Yönetiminin Mekânsal Bileşenlerinin Üsküdar Meydanı Havzası Üzerinden Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.

Gümüşsoy Kısar, N. (2017). Peyzaj Şehirciliği Kuramının Kentsel Tasarımdaki Rolü. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kentsel Tasarım Anabilim Dalı, Disiplinlerarası Kentsel Tasarım Programı, İstanbul.

Gray, C.D., Jones, M. (2006). From emergence to divergence: modes of landscape urbanism. Diss. Edinburgh College of Art, 2006, s.29.

Gwenzi, W., Nyamadzawo, G. (2014). Hydrological Impacts of Urbanization and Urban Roof Water Harvesting in Water-limited Catchments: A Review. Environmental Processes, 1(4), 573-593.

Haase, D. (2009). Effects of urbanisation on the water balance - A long-term trajectory. *Environmental Impact Assessment Review*, *29*(4), 211-219.

Hamel, P., Daly, E., & Fletcher, T. D. (2013). Source-control stormwater management for mitigating the impacts of urbanisation on baseflow: A review. Journal of Hydrology, 485, 201-211.

Hartig, T., Mang, M., Evans, G.W., (1991). Restorative effects of natural environment experiences. Environment and Behavior, Vol. 23 No. 1, pp. 3-26.

Hatt, B. E., Fletcher, T. D., & Deletic, A. (2009). Hydrologic and pollutant removal performance of stormwater biofiltration systems at the field scale. *Journal of Hydrology, 365*(3), 310-321. doi:https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2008.12.001

Hilten, R. N., Lawrence, T. M., Tollner, E. W. (2008). Modeling stormwater runoff from green roofs with HYDRUS-1D. Journal of hydrology, 358(3-4), 288-293.

Hoban, A., (2019). Approaches to Water Sensitive Urban Design. Water Sensitive Urban Design Approaches and Their Description, Chapter 2, Sf. 25–47. Alındığı yer: https://www.sciencedirect.com/book/9780128128435/approaches-towater-sensitive-urban-design.

Hoban, A., (2019). Chapter 2 - Water Sensitive Urban Design Approaches and Their Description. Approaches to Water Sensitive Urban Design, Potential, Design, Ecological Health, Urban Greening, Economics, Policies, and Community Perceptions, Pages 25-47. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812843-5.00002-2

Hoyer, J., Dickhout, W., Kronawitter, L., Weber, B., (2011). Water Sensitive Urban Design Principles and Inspiration for Sustainable Stormwater Management in the City of the Future, El Kitabı, Hamburg.

Huber, W. C., Dickinson, R. E. (1988). Storm water management model—Version 4: User's manual (EPA/600/3–88/001a). Environmental Research Laboratory, US EPA, Athens, Ga.

Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli. (2021). Bölgesel bilgi notu - kentsel alanlar. Altıncı Değerlendirme Raporu. Çalışma Grubu I - Fiziksel Bilim Temeli. Erişim adresi:ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/factsheets/IPCC_AR6_WGI_Regional_Fact_Sheet_Urban_areas.pdf

IPCC. (2014). Climate Change 2014 Synthesis Report: Fifth Assessment Report. https://ar5-syr.ipcc.ch/topic_summary.php

İpekçi, C., Yüksel, E. (2012). Bitkilendirilmiş Yapı Kabuğu Sistemleri, 6. Ulusal Çatı ve Cephe Sempozyumu, 12-13.

Jaber, F., Woodson, D., LaChance, C., York,C. (2012). Stormwater Management: RainGardens. Texam A&M – AgriLife Extension, 1(12).

Jia, H., Lu, Y., Shaw, L. Y., Chen, Y. (2012). Planning of LID–BMPs for urban runoff control: The case of Beijing Olympic Village. Separation and Purification Technology, 84, 112-119.

Jim, C.Y., Chen, W.Y. (2009). Ecosystem services and valuation of urban forests in China. Cities, Vol. 26 No. 4, pp. 187-194.

Kaçmaz, G. (2021). İklim Değişikliği İle Mücadelede Doğa Temelli Çözümler. Peyzaj - Eğitim, Bilim, Kültür ve Sanat Dergisi 3/2 (2021) 82-92.

Kamer Aksoy Ö. (2015). Perşembe-Fatsa Arası Kıyı Kesimi Doğal ve Kültürel Peyzaj Kaynaklarının Turizm Açısından İncelenmesi, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı, Trabzon.

Kalay, F., Sarıman Özen, E., (2021). Di key bahçe uygulamalarının yaşanabilir çevreye sunduğu katkılar. Turkish Journal of Landscape Research, 4 (2), 64-77, https://doi.org/10.51552/peyad.1008009

Kaplan A., (2012). "Green Infrastructure" Concept as an Effective Medium to Manipulating Sustainable Urban Development. In: Yalçıner Ercoskun ÖY (Ed) Green and Ecological Technologies for Urban Planning: Creating Smart Cities. IGI Global, USA, pp. 234-254.

Kaplan, R., Kaplan, S. (1989). The Experience of Nature: A Psychological Perspective. Cambridge University Press, New York.

Karaca, M. (2020). Yağmur Suyu Etkin Kentsel Planlama İçin hidrolojik Tepki Potansiyeli Model Önerisi; Çankırı Örneği. Doktora Tezi. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Şehir Ve Bölge Planlama Ana Bilim Dalı, Ankara.

Kart Aktaş, N., Çınar H. S., Şentürk, E. (2018). Kentsel Gelişim Sürecinde Kültürel Zorlayıcıların Yeşil Alanlara Etkisi:İstanbul-Çekmeköy Örneği. ISUEP2018 Uluslararası Kentleşme ve Çevre Sorunları Sempozyumu: Değişim/Dönüşüm/Özgünlük 28-30 Haziran 2018 Anadolu Üniversitesi – Eskişehir.

Keleş, R. (1996). Kentleşme politikası, İmge kitapevi, Ankara.

Kiper, T., Korkut, A., Üstün Topal, T. (2017). Kentsel Alanlarda Ekolojik Bahçe Tasarım Anlayışları. Academic platform.

Konyalı Dereli, C. (2020). Su Duyarlı Kentsel Tasarım Yaklaşımı Kapsamında Sürdürülebilir Yağmur Suyu Yönetimi: Edirne Kent Örneği. Yüksek Lisans Tezi, T.C. Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, Trakya.

Konyalı Dereli, C., Çay, R.D., (2020). Sürdürülebilir Yağmursuyu Yönetimi Kapsamında Yeşil Altyapı Sisteminin Değerlendirilmesi: Fırınlarsırtı TOKİ Konutları (Edirne) Yerleşimi İçin Bir Öneri. Kent Akademisi, 13(4): ss.668-687.

Korkanç, S. Y., Korkanç, M. (2006). Sel ve Taşkınların İnsan Hayatı Üzerindeki Etkileri. Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 8(9), 42-50.

Korkut, A., Gültürk, P., Üstün Topal, T. (2016). Kentsel Peyzaj Yapılarında Zemin Geçirimliliği Üzerine Bir Araştırma: Tekirdağ Örneği, Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 2016, 16 (2): 412-422.

Korkut, A., Kiper, T., Topal, T., Ü., (2017). Kentsel Peyzaj Tasarımda Ekolojik Yaklaşımlar. Artium, Cilt 5, Sayı 1, Sf. 14-26.

Kosareo, L., Ries, R. (2007). Comparative environmental life cycle assessment of green roofs. Building and Environment, 42(7), 2606-2613. doi:https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2006.06.019

Lau, J., Mah, D. (2018). Green Wall for Retention of Stormwater. Pertanika Journal of Science and Technology, 1, 283.

Laurenson, G., Laurenson, S., Bolan, N., Beecham, S., Clark, I. (2013). The role of bioretention systems in the treatment of stormwater. Advances in agronomy, 120, 223-274.

Leopold, L. B. (1968). Hydrology for Urban Land Planning: A Guidebook on the Hydrologic Effects of Urban Land Use. Washington: U.S. Department of the Interior, Geological Survey, 1-26.

Levi, S. (2007). Yağış Sularının Sürdürülebilir Yönetimi. Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Bilimleri Anabilim Dalı, İstanbul.

Liu, Y., Bralts, V. F., Engel, B. A. (2015). Evaluating the effectiveness of management practices on hydrology and water quality at watershed scale with a rainfall-runoff model. Science of the Total Environment, 511, 298-308.

Lucke, T., Mohamed, M. A. K., & Tindale, N. (2014). Pollutant removal and hydraulic reduction performance of field grassed swales during runoff simulation experiments. *Water, 6*(7), 1887-1904.

Meerow, S., Newell, J.P. (2017). Spatial planning for multifunctional green infrastructure: Growing resilience in Detroit. Landscape and Urban Planning, Volume 159, March 2017, Pages 62-75. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2016.10.005

Mell, I. C. (2009). Can green infrastructure promote urban sustainability? Proceedings of the ICE - Engineering Sustainability, 162(1), 23–34. doi:10.1680/ensu.2009.162.1.23

Meteoroloji Genel Müdürlüğü. (2019). 2018 Yılı İklim Değerlendirmesi.

Meteoroloji Genel Müdürlüğü. (2021). İklim Değişikliği ve Mevcut Durum. Erişim Adresi: https://mgm.gov.tr/iklim/iklim-degisikligi.aspx

Müftüoğlu, V., Perçin, H. (2015). Sürdürülebilir Kentsel Yağmur Suyu Yönetimi Kapsamında Yağmur Bahçesi. İnönü Üniversitesi Sanat ve Tasarım Dergisi, 5(11), 27-37.

NASA. (2021). Global Temperature, Vital Signs – Climate Change: Vital Signs of the Planet. https://climate.nasa.gov/vital-signs/global-temperature/

Niemczynowicz, J. (1999). Urban hydrology and water management–present and future challenges. Urban water, 1(1), 1-14.

Oliveira, S., H. Andrade, and T. Vaz. (2011). The cooling effect of green spaces as a contribution to the mitigation of urban heat: A case study in Lisbon. Building and Environment 46(11):2186–2194.

Olmstead, S. M. (2014). Climate change adaptation and water resource management: A review of the literature. Energy Economics, 46, 500–509. https://doi.org/10.1016/J.ENECO.2013.09.005

Ontario. (2022). Understanding Stormwater Management: An Introduction to Stormwater Management Planning and Design. Mayıs 15, 2022 tarihinde https://www.ontario.ca/page/understanding-stormwater-management-introduction-stormwater-management-planning-and-design adresinden alındı

Özdemir, M. A., Bahadır, M. (2010). Denizli'de Box-Jenkins Tekniği ile Küresel İklim Değişikliği Öngörüleri. Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi, 3(12), 353-362.

Öztürk, M. (2017). Su geçiren beton ve asfaltlar. *Su geçireb beton uygulaması.* Retrieved from http://www.cevresehirkutuphanesi.com/assets/files/slider_pdf/248HQ7HaxmKA.pdf. (29.04.2021)

Pérez-Urrestarazu, L., Fernández-Cañero, R., Franco-Salas, A., Egea, G. (2015). Vertical greening systems and sustainable cities. Journal of Urban Technology, 22(4), 65-85.

Pirselimoğlu Z. (2007). Ekolojik Temelli Rekreasyon ve Turizm Planlama İlkelerinin Araştırılması: Trabzon İli Çalköyü Yayla Yerleşimi Örneği, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı, Trabzon.

Pirselimoğlu Z. (2019). Kültürel Peyzajların Kırsal Turizm İle Kullanım İlişkisinin Değerlendirilmesi: Cumalıkızık-Bursa Örneği. Bartın Orman Fakultesi Dergisi, 2019, 21 (1): 1-13

Pirselimoğlu Z., Demirel Ö. (2012). A Study of an Ecologically Based Recreation and Tourism Planning Approach: a Case Study on Trabzon Çalköy High Plateau in Turkey, International Journal of Sustainable Development & World Ecology 19 (4): 349-360.

Poleto, C., Tassi, R. (2012). Sustainable urban drainage systems: IntechOpen.

Radcliffe, J.C., (2019). Approaches to Water Sensitive Urban Design. History of Water Sensitive Urban Design/ Low Impact Development Adoption in Australia and Internationally, Chapter 1, Sf. 1-24. Woodhead. ISBN:978-0-12-812843-5.

Rahımbaylı, S., Kahraman, S., Polat E. (2017). Su Riskinin Önlenmesinde Kentsel Peyzaj Tasarımının Rolü. Türkiye Teknoloji ve Uygulamalı Bilimler Dergisi, 5(1) 23-38, 2024

Rosenzweig, C., W. Solecki, and R. Slosberg. (2006). Mitigating New York City's Heat Island with Urban Forestry, Living Roofs, and Light Surfaces. A Report to the New York State Energy Research and Development Authorit

Rumman, N., Lin, G., Li, J. (2005). Investigation of GIS-based surface hydrological modelling for identifying infiltration zones in an urban watershed. Paper presented at the 4th International Conference on Environmental Informatics, ISEIS 2005.

Rutgers, (2016). Green Infrastructure Guidance Manual for New Jersey. by Rutgers Cooperative Extension Water Resources Program.

Salvadore, E., Bronders, J., Batelaan, O. (2015). Hydrological modelling of urbanized catchments: A review and future directions. Journal of Hydrology, 529, 62-81.

Sanders, R. A. (1986). Urban vegetation impacts on the hydrology of Dayton, Ohio. Urban Ecology, 9(3-4), 361-376.

Saygın, N., Ulusoy, P. (2011). Sürdürülebilir Kampüs Tasarımı icin Yağmursuyu Yönetimi ve Yeşil Altyapı Teknikleri, Politeknik Dergisi, 14 (3): ss.223-231.

Scholz, M., Grabowiecki, P. (2007). Review Of Permeable Pavement Systems. Building and Environment, 42, 3830-3836.

Scholz, M., Uzomah, V.C. (2013). Rapid decision support tool based on novel ecosystem service variables for retrofitting of permeable pavement systems in the presence of trees. Science of The Total Environment, 458-460, 486-498. doi:https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.04.062

Semiz, M. (2016). Yeşil Altyapı Sistemleri ve Kent Sürdürülebilirliği İlişkisi. Yüksek Lisans Tezi, T.C. Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Şehir ve Bölge Planlama Anabilim Dalı Kentsel Tasarım Programı, İstanbul.

Sert, E. (2013). Enerji Etkin Kentsel Peyzaj Tasarımında Yağmur Suyu, Yüksek Lisans Tezi. İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Sevimli, A. (2021). Sürdürülebilir Yağmur Suyu Yönetimi Uygulamaları: Bursa Uludağ Üniversitesi Görükle Kampüsü Örneği. Yüksek Lisans Tezi, Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, …… Anabilim Dalı, Bursa.

Sevinç, Ş. (2024). İstanbul-Maslak Örneğinde Yağmur Suyu Yönetimi. Işık Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı Yüksek Lisans Programı, İstanbul.

Shakouri, N. (2016). Kentlerde Yağmursuyu Yönetimi Kapsamında Yeşil Altyapı Peyzaj Planlama Ve Tasarım Yaklaşımı: Sakarya-Hendek Örneği. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Smith, M. H. (2010). Chapter 6: Urban and Industrial Water Treatment, Reuse And Recycling-Part A- Educational Module 6.3: Stormwater Treatment, Harvesting and Reuse. Mayıs 15, 2022 tarihinde https://www.researchgate.net/publication/305109604_Chapter_6_Urban_and_Industrial_Water_Treatment_Reuse_And_Recycling_-_Part_A_Educational_Module_61_Urban_Water_Reuse_and_Recycling_-_An_Introduction_in_Smith_M_et_al_2010_Sustainable_Water_Solutions_-_

Smith, D. R. (1984). Evaluation of concrete grid pavements in the United States. In Proc. 2nd Int. Conf. on Concrete Block Paving, Delft (pp. 330-336).

Solmaz, S. (2021). Su Duyarlı Kentsel Tasarıma Yönelik Yağmur Bahçeleri Modeli: Isparta Örneği. Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı, Isparta.

Steeneveld, G. J., Koopmans, S., Heusinkveld, B. G., Theeuwes, N. E. (2014). Refreshing the role of open water surfaces on mitigating the maximum urban heat island effect. Landscape and Urban Planning, 121, 92–96. https://doi.org/10.1016/J.LANDURBPLAN.2013.09.001

Steiner, G. R., J.T. Watson, D. A., Hammer. (1988). "Constructed Wetlands for Wastewater Treatment". Prepared for presentation at the Mississippi Water Resources Conference, Jackson, MS.

Stokman, A. (2008). Water purificative landscapes–constructed ecologies and contemporary urbanism. Paper presented at the Proceedings of the 45th World Congress of the International Federation of Landscape Architects (IFLA).

Stovin, V., Vesuviano, G., Kasmin, H. (2012). The hydrological performance of a green roof test bed under UK climatic conditions. Journal of Hydrology, 414-415, 148-161. doi:https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2011.10.022

Suda, S., Yamanaka, S., Hata, M., Kunimura, T. (1988). Development and application of permeable paving concrete block. In International Conference on Concrete Block Paving, 1988, 3rd, Rome, Italy.

Susca T, Gaffin S.R., Osso G.R., (2011). Positive effects of vegetation : Urban heat island and green roofs, Environmental Pollution, 2011; 1-8.

Şahin, N. İ., Manioğlu, G. (2011). Binalarda Yağmur Suyunun Kullanılması. Tesisat Mühendisliği Dergisi(125), 21-32.

Tabak, P. (2006). Küresel ısınma nedeniyle suların yükselmesi problemine karşı konur mimarisinde çözüm önerilerinin araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Tabanlıoğlu, H. (1991). Çarpık Kentleşme Sorunları, Nedener, Çıkış Yolları, İstanbul Haliç Rotary Klubü, İstanbul.

Tarım ve Orman Bakanlığı. (2020). İklim Değişikliği ve Uyum.

Taşkın, H. F. (2022). Su Korunumu Açısından Yerleşme Tasarımında Yüzeysel Akış Miktarının Değerlendirilmesi. Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, Çevre Kontrolü ve Yapı Teknolojisi Programı, İstanbul.

Tema (2017). Geleceğin Suyu. 15 Mayıs 2020 tarihinde https://sutema.org/resources/Document/FileName/2015-12-01_22-11-14 692%20 GeleceginSuyu.pdf adresinden erişildi.

Tennis, P. D., Leming, M. L., Akers, D. J. (2004). Pervious concrete pavements: Citeseer.

Tırnakçı, A., Aklıbaşında, M., (2023). Doğal Bitki Türlerinin Kentsel Alanlardaki Bitkisel Tasarımlarda Kullanımı. Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 167 – 177. https://doi.org/10.17474/artvinofd.1150603

Tokuş, C. M., Özdemir, G. ed. (2017). Yağmur Hasadı Uygulamalarına Giriş Rehberi: İklim Değişikliğine Uyum Kapsamında Bir Çözüm Önerisi, Peyzaj Araştırmaları Derneği, Ankara. ISBN: 978-605-84032-1-5

Tokuş M., Tuncay Eşbah H., (2010). Ekolojik Ağlar Yeşil Yollar Ve Yeşil Altyapı Kavramlarının Tariflenmesi, Ortaklık Ve Farklılıklarının Ortaya Konulması, Peyzaj Mimarlığı IV. Kongresi 21-24 Ekim 2010 Selçuk İzmir, Bildiriler Kitabı:ss.501-508.

Toyran, C. (2022). Kentsel Alanlarda Yağmur Hasadı Potansiyeli Ve Peyzajda Kullanımı: İstanbul Büyükçekmece İlçesi Örneği. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Şehir ve Bölge Planlama Anabilim Dalı, İstanbul.

Tucci, C. E. (2007). Urban flood management. WMO and Capnet.

Tülek B., Ersoy Mirici M. (2019). Kentsel Sistemlerde Yeşil Altyapı Ve Ekosistem Hizmetleri. Peyzaj - Eğitim, Bilim, Kültür Ve Sanat Dergisi 2: ss.1-11.

Trowsdale, S.A., Simcock, R., (2011). Urban stormwater treatment using bioretention. Journal of Hydrology, Volume 397, Issues 3–4, Pages 167-174. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2010.11.023

Tzoulas, K., Korpela, K., Venn, S., Yli-Pelkonen, V., Kaźmierczak, A., Niemela, J., James, P. (2007). Promoting ecosystem and human health in urban areas using Green

Infrastructure: A literature review. Landscape and Urban Planning, 81(3), 167–178. doi:10.1016/j.landurbplan.2007.02.001.

USEPA. (1999). Stormwater technology fact sheet: porous pavement. In: United States Environmental Protection Agency Washington, DC.

Uslu, A. Shakouri, N. (2013). Kentsel Peyzajda Yeşil Altyapı ve Biyolojik Çeşitliliği Destekleyecek Olanaklar. Nobel International journals. 6 (1): 46-50, 2013, ISSN: 1308-0040, E-ISSN: 2146-0132, www.nobel.gen.tr.

Üçüncü, O. (2022). Kentsel Hidroloji: Türkiye Yağmur Suyu Toplama ve Bertaraf Yönetmeliğine Göre Kentsel Drenaj Durumu. Türk Hidrolik Dergisi, 6(2), 1-13.

Van Roon, M., Knight, S. (2003). Environmental planning in New Zealand: the ecological basis of decision making. In: Oxford University Press, Auckland, New Zealand.

VanWoert, N. D., Rowe, D. B., Andresen, J. A., Rugh, C. L., Fernandez, R. T., Xiao, L. (2005). Green roof stormwater retention: effects of roof surface, slope, and media depth. Journal of environmental quality, 34(3), 1036-1044.

Vicenzotti, V. (2017). The Landscape of Landscape Urbanism. Landscape Journal. 36(1):75-86.

Victorero, F., Vera, S., Bustamante W., Tori, F., Bonilla, C., Gironas, J., Rojas, V., (2015). Experimental Study of the Thermal Performance of Living Walls Under Semiarid Climatic Conditions. Energy Procedia, 78, 3416-3421.

Victoria Stormwater Committee (1999). Urban Stormwater: Best-Practice Environmental Guidelines. CSIRO Publishing.

Vicuña, S., Redwood, M., Dettinger, M., Noyola, A. (2018). Urban water systems. Cambridge University Press.

Vijayaraghavan, K., Biswal B. K., Adam, M.G., Soh, S. H., Tsen-Tieng, D. L., Davis, A.P., Chew, S.H., Tan, P.Y., Babovic, V., Balasubramanian, R. (2021). Bioretention systems for stormwater management: Recent advances and future prospects. Journal of Environmental Management, Volume 292, 112766. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112766

Ward, A. D., Trimble, S. W. (2003). Environmental Hydrology, Second Edition. Boca Raton, London, New York, Washington, D.C: Lewis Publishers; 1-493.

Whitford, V., Ennos, A. R., Handley, J. F. (2001). “City form and natural process”—indicators for the ecological performance of urban areas and their application to Merseyside, UK. Landscape and urban planning, 57(2), 91-103.

Wong, T. H. (2006). An overview of water sensitive urban design practices in Australia. Water Practice and Technology, 1(1).

Woods Ballard, B., Wilson, S., Udale-Clarke, H., Illman, S., Scott, T., Ashley, R., Kellagher, R. (2015). The SuDS Manual; CIRIA: London, UK, 2015.

World Water Council. (2018). Start with Water: Putting water on local action agendas to support global change | World Water Council. In *World Water Council*. https://www.worldwatercouncil.org/en/publications/start-water-putting-water-local-action-agendas-support-global-change

WWF Türkiye. (2014). Türkiye'nin Su Riskleri Raporu.

WWF. (2020). Su Döngüsünü İyileştirmek İçin: Yağmur Suyu Hasadı. İstanbul.

WWF (2020). Brief: Nature-based Solutions for climate change, https://wwf.panda.org/discover/our_focus/climate_and_energy_practice/what_we_do/nature_based_solutions_for_climate/), (Access date: 23 November 2021)

Yang, J., McBride, J., Zhou, J. and Sun, Z. (2005). The urban forest in Beijing and its role in air pollution reduction. Urban Forestry & Urban Greening, 3(2), pp.65-78.

Yang, X., You, X. Y., Ji, M., Nima, C. (2013). Influence factors and prediction of stormwater runoff of urban green space in Tianjin, China: laboratory experiment and quantitative theory model. Water science and technology, 67(4), 869-876.

Yüksek, Ö., Kankal, M., Üçüncü, O. (2013). Assessment of big floods in the Eastern Black Sea Basin of Turkey. Environmental monitoring and assessment, 185(1), 797-814.

Zevenbergen, C., Fu, D., Pathirana, A. (2018). Transitioning to sponge cities: challenges and opportunities to address urban water problems in China. Water, 10(9), 1230.

Zhang, Y., Chen, D., Chen, L., Ashbolt, S. (2009). Potential for rainwater use in high-risebuildings in Australian cities. Journal of environmental management, 91(1), 222-226.

Zhang, B., Xie, G., Zhang, C., Zhang, J. (2012). The economic benefits of rainwaterrunoff reduction by urban green spaces: A case study in Beijing, China. Journal of environmental management, 100, 65-71.

Zhou, Q. (2014). A review of sustainable urban drainage systems considering the climate change and urbanization impacts. Water, *6*(4), 976-992.