T.C.

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SUYA DUYARLI KENTSEL TASARIM UYGULAMALARI VE STRATEJİLERİ

Melek DEMİR KARDAŞ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Şehir ve Bölge Planlama Anabilim Dalı

Kentsel Mekân Organizasyonu ve Tasarımı Programı

Danışman

Doç. Dr. Esin Özlem AKTUĞLU AKTAN

Şubat, 2024

T.C.

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SUYA DUYARLI KENTSEL TASARIM UYGULAMALARI VE STRATEJİLERİ

Melek DEMİR KARDAŞ tarafından hazırlanan tez çalışması 22.02.2024 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Şehir ve Bölge Planlama Anabilim Dalı, Kentsel Mekân Organizasyonu ve Tasarımı Programı **YÜKSEK LİSANS** olarak kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Esin Özlem AKTUĞLU AKTAN
Yıldız Teknik Üniversitesi
Danışman

Jüri Üyeleri

Doç Dr. Esin Özlem AKTUĞLU AKTAN, Danışman
Yıldız Teknik Üniversitesi _____

Dr. Öğr. Üyesi, Ali KILIÇ, Üye
Yıldız Teknik Üniversitesi _____

Doç. Dr. Öğr. Üyesi, Melih BİRİK, Üye
Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi _____

Danışmanım Doç. Dr. Esin Özlem AKTUĞLU AKTAN sorumluluğunda tarafımca hazırlanan “SUYA DUYARLI KENTSEL TASARIM UYGULAMALARI VE STRATEJİLERİ” başlıklı çalışmada veri toplama ve veri kullanımında gerekli yasal izinleri aldığımı, diğer kaynaklardan aldığım bilgileri ana metin ve referanslarda eksiksiz gösterdiğimi, araştırma verilerine ve sonuçlarına ilişkin çarpıtma ve/veya sahtecilik yapmadığımı, çalışmam süresince bilimsel araştırma ve etik ilkelerine uygun davrandığımı beyan ederim. Beyanımın aksinin ispatı halinde her türlü yasal sonucu kabul ederim.

Melek DEMİR KARDAŞ

İmza



Babama

TEŞEKKÜR

Tez süreci boyunca bana desteklerini sunan başta değerli danışmanım Doç. Doç. Dr. Esin Özlem AKTUĞLU AKTAN olmak üzere, Doç. Dr. Öğr. Üyesi Melih Birik ve Dr. Öğr. Üyesi Ali KILIÇ'a en içten teşekkürlerimi sunarım.

Hayatımın her aşamasında yanımda olan ve beni destekleyen sevgili aileme, her zaman destekleriyle yanımda olan, her anımda beni cesaretlendiren ve moral veren sevgili eşime çok teşekkür ederim. Ve son olarak, bu süreci tamamlamayı başaran ve pes etmeyen kendimi tebrik ederim.

Melek DEMİR KARDAŞ

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR v
KISALTMA LİSTESİ viii
ŞEKİL LİSTESİ ix
TABLO LİSTESİ xiii
HARİTA LİSTESİ xv
ÖZET xvi
ABSTRACT xviii
1 GİRİŞ 1
1.1 Literatür Özeti 1
1.2 Çalışmanın Amacı 6
1.3 Çalışmanın Yöntemi 8
1.4 Çalışmanın Kapsamı 9
2 SUYUN ÖNEMİ VE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ 11
2.1 Kavramsal Çerçeve 11
2.1.1 Su Döngüsü ve Su Potansiyeli 11
2.1.2 Kuraklık ve Su Kıtlığı 16
2.2 İklim Değişikliği ve Su Kaynaklarına Etkileri 18
2.3 Kentleşmenin Su Kaynaklarına Etkisi 30
2.4 Yağmursuyu Yönetimi 34
2.4.1 Geleneksel Su Yönetimi 34
2.4.2 Sürdürülebilir Yağmursuyu Yönetimi 41
2.5 Su Yönetim Paradigmaları 43
2.6 Dünyada Suya Duyarlı Yaklaşımlar 45
2.7 Bölüm Değerlendirmesi 61
3 SUYA DUYARLI KENTSEL TASARIM 62
3.1 Suya Duyarlı Kentsel Tasarım Gelişimi 62
3.2 SDKT İlkeleri ve Bileşenleri 66
3.2.1 Yağmursuyu Kullanımı 66
3.2.2 Arıtma 68
3.2.3 Tutma ve Sızma 71
3.2.4 Taşıma / Nakil 78

3.3 SDKT Bileşenlerinin Ölçeklendirilmesi ve Etkileri 87
3.4 Bölüm Değerlendirmesi 92
4 SDKT KRİTERLERİ VE DEĞERLENDİRİLMESİ 95
4.1 SDKT Kriterleri 95
4.1.1 Sosyal Kapsayıcılık /Aktörler 95
4.1.2 Suya Duyarlılık 96
4.1.3 Estetik Fayda 97
4.1.4 Entegrasyon 97
4.1.5 Uygun Tasarım 98
4.1.6 Ekonomik Uyum 99
4.1.7 Disiplinlerarası Olması 99
4.2 SDKT Uygulamaları 100
4.2.1 Rotterdam Su Planı (Waterplan2), Hollanda 100
4.2.2 Ekostaden Augustenborg (Malmö) 108
4.2.3 Qunli Yağmur Suyu Sulak Alan Parkı, Çin 115
4.2.4 Prisma Nürnberg, Almanya 118
4.2.5 İzmir Sünger Kent Projesi 123
4.2.6 Düşler Vadisi Riva, İstanbul 127
4.2.7 Ankara ili Çankaya ilçesi İsmet İnönü Parkı 135
4.3 Bölüm Değerlendirmesi 138
5 SONUÇ 144
KAYNAKÇA 151
TEZDEN ÜRETİLMİŞ YAYINLAR 162

KISALTMA LİSTESİ

BM	Birleşmiş Milletler
EPA	Çevre Koruma Ajansı
IPCC	Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli
LID	Low Impact Development
MGM	Meteoroloji Genel Müdürlüğü
SDK	Suya Duyarlı Kent
SDKT	Suya Duyarlı Kentsel Tasarım
SKA	Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları
SDUS	Sustainable Urban Drainage Systems
SYGM	Su Yönetimi Genel Müdürlüğü
UNCCD	Çölleşme ile Mücadele Sözleşmesi
UNEP	Birleşmiş Milletler Çevre Programı
UNFCCC	İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi
WFD	Su Çerçeve Direktifi
WMO	World Meteorological Organization
WSUD	Water Sensitive Urban Design

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1.1 Problem Tanımı ve Amacı **7**

Şekil 1.2 Tezin Gelişim Süreci **9**

Şekil 2.1 Su Döngüsü (MGM, 2023) **12**

Şekil 2.2 Dünyada suyun dağılımı (MGM, 2023) **13**

Şekil 2.3 Kıtalar düzeyinde nüfus ve tatlı su kaynakları dağılımı (Diop vd. 2002; UNDESA, 2019) **13**

Şekil 2.4 Yıllar içinde dünyadaki ısı değişimi 1884 (a), 1940 (b), 1985(c) ve 2022(d) (URL-1) **20**

Şekil 2.5 1880-2020 yılları arası küresel ısınma çizelgesi (URL-1) **20**

Şekil 2.6 İklim değişikliği ve etkileri (WMO, 2020; SYGM, 2021) **22**

Şekil 2.7 Dönüşüm gündemi ve sürdürülebilir kalkınma amaçları (SKA) (SYGM, 2021) **23**

Şekil 2.8 1.5, 2 ve 4°C'lik küresel ısınmalarda 1850-1900 yıllarına kıyasla yıllık ortalama yağış değişimi (IPCC 6. Değerlendirme Raporu Yönetici Özeti, 2021) **24**

Şekil 2.9 1970-2019 yılları arasında yaşanan afetlere ilişkin istatistikler (WMO, 2021; SYGM, 2021) **25**

Şekil 2.10 2001-2018 yılları arasındaki su kaynaklı afetler (UNU-INWEH, 2017; SYGM, 2021) **26**

Şekil 2.11 Su ile ilişkili meseleler (Makarigakis vd. 2019 vd; SYGM, 2021) **27**

Şekil 2.12 Türkiye yıllık ortalama sıcaklık farkları (MGM, 2023). **27**

Şekil 2.13 Türkiye yıllık alansal yağış sapması (MGM, 2023) **28**

Şekil 2.14 Türkiye' de 2022 yılında yaşanan afet dağılımı (MGM, 2023) **28**

Şekil 2.15 Yıllık ekstrem olay sayıları (MGM, 2023) **29**

Şekil 2.16 Kastamonu'da yaşanan sel felaketi (11.08.2021) (URL-2) **29**

Şekil 2.17 Kentleşme öncesi ve sonrası suyun akışı (Demir, 2012) **31**

Şekil 2.18 Dere yataklarında bulunan yollara verilen cadde isimleri (Yılmaz ve Ercoşkun, 2020) **32**

Şekil 2.19 Ankara' da sel felaketinde etkilenen alanlar (Semiz, 2019) **33**

Şekil 2.20 Yüzeysel akış nedeniyle meydana gelen sorunlar (URL-3) **34**

Şekil 2.21 İran Qanat sistemi (URL-4) **35**

Şekil 2.22 Hint Basamaklı Kuyular (Karakadılar, 2022) **36**

Şekil 2.23 Roma su kemerleri (Karakadılar, 2022) **36**

Şekil 2.24 İstanbul Yerebatan Sarnıcı (URL-5) **37**

Şekil 2.25 Hiyerapolis (Pamukkale/Denizli) antik su kanalı ve Kent Haznesi-Sarnıcı (WHC, 1988) **37**

Şekil 2.26 Corriental Rezervuar Filtrasyon Sistemi (Karakadılar, 2022)..... **38**

Şekil 2.27 Minua (Şamram) Kanalı (URL-6) **38**

Şekil 2.28 Balıkesir Zeytinli Mahallesi su olukları **39**

Şekil 2.29 Safranbolu su toplama kanalları; Almanya Freiburg, Bo01 (Gezer, 2013; Ercoşkun Y., 2016) **39**

Şekil 2.30 Geleneksel su yönetimi bakış ile sürdürülebilir bakışın karşılaştırması (Nguyen vd., 2019'dan uyarlanmıştır)..... **42**

Şekil 2.31 Su yönetimi paradigmaları (Allan, 2023; Özonat, 2017 ve Avrupa Komisyonu, 2020'den uyarlanrak tez kapsamında hazırlanmıştır) **45**

Şekil 2.32 Dünyada yağmur suyu yönetimi ile ilgili gelişen kavramlar (Fletcher vd., 2014; Hoyer vd., 2011 ; Radcliffe, 2019; TU Delft, 2018) **46**

Şekil 2.33 Dünyada Suya Duyarlı Yaklaşımlar (Tuncay, 2021) **46**

Şekil 2.34 Yeşil Altyapı (Wootton-Beard vd., 2016, Kaplan, 2020) **48**

Şekil 2.35 Sürdürülebilir Kentsel Drenaj Sistemi Temel Faydaları (Woods Ballard vd., 2015'den) **51**

Şekil 2.36 Suya Duyarlı Şehir Diyagramı (AECOM, ARUP, 2013; SYGM, 2021) **52**

Şekil 2.37 Sünger Şehir Teknikleri (Tuncay, 2022)..... **55**

Şekil 2.38 Sünger Kent diyagramı (Austrade, 2016'den uyarlanmıştır) **56**

Şekil 2.39 Kentlerde su yönetimi yaklaşımları (Dolman, 2019'dan uyarlanmıştır)..... **57**

Şekil 2.40 Suya duyarlı kent hedefleri (URL-7'den uyarlanarak tez kapsamında hazırlanmıştır)..... **58**

Şekil 2.41 Kentsel su yönetimi geçişleri çerçevesi (Brown vd., 2008'den uyarlanmıştır)..... **59**

Şekil 3.1 Yağmur suyu hasadı sistemlerinin çalışma sistemi (Taşkın, 2022) **67**

Şekil 3.2 Biyolojik tutma alanının (üstte) detay kesiti ve (altta) uygulama örneği (SusDrain, t.y.)..... **69**

Şekil 3.3 Biyotop örneği (Hoyer, 2011) **70**

Şekil 3.4 Enkaz filtre kanalı (Hoyer, vd., 2011)..... **71**

Şekil 3.5 Yeşil çatı katmanları ve Melbourne' de yeşil çatı uygulaması (URL-8) **72**

Şekil 3.6 Yeşil çatı, geleneksel çatı ve yağmur suyu hasadı yapılan çatının karşılaştırılması (Fraga vd., 2022; Taşkın, 2022) **73**

Şekil 3.7 Düşey yeşil sistem tiplerine ilişkin şematik detay kesitleri, (Pochodyła vd., 2021; Palermo & Turco, 2020'den yararlanılarak tez kapsamında hazırlanmıştır)..... **74**

Şekil 3.8 Geçirimli yüzey detayı (alt) ve uygulama örnekleri (üst) (Hoban, 2019'dan uyarlanmıştır)..... **75**

Şekil 3.9 Solda tutma havuzu (kuru), sağda tutma havuzu(ıslak) (Hoyer vd., 2011) **76**

Şekil 3.10 Yağmurlu (a) ve kuru havada (b) yağmur bahçesinin görünüşü ve detayları (c) (Gülcü, 2021)..... **77**

Şekil 3.11 Bekletme ve infiltrasyon haznesi sistemleri için örnek uygulama ve sistemlerin yer altındaki görünüşü (URL-9) **77**

Şekil 3.12 Bitkili Su Arkı Detayı (Team Sponge, 2019'dan uyarlanmıştır). **79**

Şekil 3.13 Bir su arkının detay kesiti (sol) ve uygulama örnekleri (sağ) (SusDrain (t.y.) & Riye (t.y.) ve Binet, 2015'ten uyarlanmıştır) **79**

Şekil 3.14 SDKT araçlarının uyarlanması (Lewis, 2015) **87**

Şekil 4.1 Rotterdam ve limanının konumu (Tez kapsamında hazırlanmıştır)..... **101**

Şekil 4.2 Rotterdam'ın su yapısı ve arazi kullanım planı (Lu, 2013). **102**

Şekil 4.3 Rotterdam su meydanı (De Urbanisten)..... **103**

Şekil 4.4 Pilot su meydanının üstten görünümü-kurak dönemlerde, orta yağmurda ve şiddetli fırtınalarda (soldan sağa) (De Urbanisten) **104**

Şekil 4.5 Uygulama sonrası su meydanı (De Urbanisten)..... **104**

Şekil 4.6 Katshoek Bahçesi: Yenilikçi Yağmur Suyu Yönetimi Projesi (De Urbanisten)..... **105**

Şekil 4.7 Katshoek binası boyunca yerleştirilen karolar (URL-10) **105**

Şekil 4.8 Rotterdam 2100 su planı ve iklim uyum stratejisi (URL-11'den uyarlanmıştır)..... **106**

Şekil 4.9 Augustenborg Mahallesinin konumu ve yapısı(Tez kapsamında hazırlanmıştır)..... **108**

Şekil 4.10 Augustenborg Mahallesi yapısı (Beckmann, 2021 s. 180)..... **109**

Şekil 4.11 Augustenborg Mahallesi yağmur suyu akış güzergâhı (Beckmann, 2021 s. 180)..... **110**

Şekil 4.12 Augustenborg bazı yağmur suyu tutma çatı örnekleri (Mansson., 2021, s.130)..... **110**

Şekil 4.13 Augustenborg Mahallesindeki Parkın Göleti (Nordlöf, 2016)..... **111**

Şekil 4.14 Çatılardan tutulan suyun oluklara akışı (Hoyer vd., 2011) **111**

Şekil 4.15 Yağmur suyu ileten kanal ve dere sistemleri (Beckmann, 2021 s. 180). **112**

Şekil 4.16 Augustenborg bölgesindeki tipik gölet ve biyotoplar (Beckmann, 2021 s. 180)..... **112**

Şekil 4.17 Augustenborg Mahallesindeki yeşil duvar örneği (Månsson, M. vd., 2021, s.41)..... **113**

Şekil 4.18 Qunli Yağmursuyu Sulak Alan Parkı (Yu, 2012) **116**

Şekil 4.19 Qunli Yağmur Suyu Sulak Alan Parkının çok işlevli programı (Yu, 2013). **116**

Şekil 4.20 Nürnberg Prisma iç avlu görüntüsü (Atelier Dreiseitl, 1992). **119**
Şekil 4.21 Nürnberg kompleks yapının su dolaşım sistemi (URL-12)..... **119**
Şekil 4.22 Yağmur suyu duvarları (URL- 13)..... **120**
Şekil 4.23 Prisma içinde yer alan yağmur suyu kanalları (URL-13)..... **120**
Şekil 4.24 Prisma cam iç mekan görüntüsü (URL-13)..... **121**
Şekil 4.25 Prisma sosyal alanlar (URL-13)..... **121**
Şekil 4.26 Bornova metro istasyonu refüj çalışması (URL -15) **123**
Şekil 4.27 Bornova Çamdibi Atatürk Parkı Biyolojik Gölet Projesi ve uygulama sonrası görünümü (URL-14 ve URL 15)..... **124**
Şekil 4.28 Buca Betontaş Pazaryeri (URL-15)..... **125**
Şekil 4.29 Halkapınar Yağmur Durağı (URL-15)..... **126**
Şekil 4.30 Düşler Vadisi Riva Projesinin konumu (Akay, 2022)..... **128**
Şekil 4.31 Düşler vadisi Riva Projesine ait görüntüler (URL-16)..... **128**
Şekil 4.32 Düşler Vadisi Riva projesinin arazi kullanım yapısı (Akay, 2022) ... **129**
Şekil 4.33 Yol yapısındaki geçirimli yüzey yapısı (Akay, 2022)..... **130**
Şekil 4.34 Düşler Vadisi Riva proje alanı su yüzey yapısı (Akay, 2022) **130**
Şekil 4.35 Projedeki su toplama kanalları (Akay, 2022)..... **131**
Şekil 4.36 Projedeki su toplama alanları (Akay, 2022)..... **132**
Şekil 4.37 Su biriktirme noktaları (Akay,2022) **133**
Şekil 4.38 Sağda su biriktirme alanları; solda vadi yamaçlarındaki tarım alanları; (URL-16)..... **133**
Şekil 4.39 Projedeki yapı bahçe kesitleri ve yağmur bahçelerinin görünüşü (Akay, 2022) **133**
Şekil 4.40 Proje alanındaki yeşil çatılar ve biyolojik gölet (Akay, 2022)..... **134**
Şekil 4.41 Çankaya İlçesinde Bulunan Parklardaki Biyolojik Göletler (Ahlatlıbel Parkı, Yaşar Kemal Parkı, Uğur Mumcu Parkı, Zafer Parkı (URL-17) **135**
Şekil 4.42 Parkta yer alan biyolojik gölet (Arslantaş, 2020)..... **137**
Şekil 4.43 Sırasıyla parkın üstten görünüşü ve parkta yer alan bisiklet yolu (Arslantaş, 2020)..... **137**

TABLO LİSTESİ

Tablo 1.1 Çalışmanın Alt Soruları **8**

Tablo 2.1 Türkiye' de yıllara göre nüfus ve su potansiyeli durumu (SYGM, 2021; TUİK, 2023; tez kapsamında hazırlanmıştır)..... **16**

Tablo 2.2 Yağmur Suyu İnşaat Sonrası İyi Yönetim Uygulamaları Rehberi Matrisi (Transportation and Utilities Department Watershed Management Division, 2020; Budak, 2023)..... **43**

Tablo 3.1 SDKT bileşenlerine ilişkin görsel sembol, işlev, fayda ve kriterler (Fumero, 2020 ve Hoyer, vd.'den yararlanılarak tez kapsamında hazırlanmıştır)..... **81**

Tablo 3.2 Bina/Sokak ölçeğinde SDKT araçları ve faydaları (Sharma vd., 2019'den uyarlanmıştır)..... **87**

Tablo 3.3 Mahalle/Kent/Bölge ölçeğinde SDKT araçları ve faydaları (Sharma vd., 2019'den uyarlanmıştır)..... **88**

Tablo 3.4 SDKT bileşenlerinin ekolojik etkileri (Arslantaş, 2020'den uyarlanarak hazırlanmıştır)..... **89**

Tablo 3.5 SDKT bileşenlerinin ekonomik etkileri (Arslantaş, 2020'den uyarlanarak hazırlanmıştır)..... **90**

Tablo 3.6 SDKT bileşenlerinin sosyal etkileri (Arslantaş, 2020'den uyarlanarak hazırlanmıştır)..... **91**

Tablo 3.7 SDKT bileşenlerinin ölçeklendirilmesi (Tez kapsamında hazırlanmıştır)..... **92**

Tablo 3.8 SDKT araçlarının uygulama ölçeği ve uygulama alanları (Kuller, 2017; Kemaneci, 2022'den yararlanılarak tez kapsamında hazırlanmıştır)..... **92**

Tablo 4.1 Rotterdam Waterplan2 SDKT araçları ve kente katkıları (Tez kapsamında hazırlanmıştır)..... **107**

Tablo 4.2 Ekostaden Augustenborg Mahallesi SDKT araçları ve kazanımları (Tez kapsamında hazırlanmıştır)..... **115**

Tablo 4.3 Qunli Yağmur Suyu Parkı SDKT araçları ve kazanımları (Tez kapsamında hazırlanmıştır)..... **118**

Tablo 4.4 Prisma Nürnberg SDKT araçları ve kazanımları (Tez kapsamında hazırlanmıştır)..... **122**

Tablo 4.5 İzmir Sünger Kent projesi SDKT araçları ve kazanımları (Tez kapsamında hazırlanmıştır)..... **127**

Tablo 4.6 Düşler Vadisi Riva Projesinde Planlanan SDKT araçları ve kazanımları (Tez kapsamında hazırlanmıştır)..... **134**

Tablo 4.7 İsmet İnönü Parkı SDKT araçları ve kazanımları (Tez kapsamında hazırlanmıştır)..... **138**

Tablo 4.8 Seçilen örneklerin SDKT kriterleri bağlamında değerlendirilmesi (Tez kapsamında hazırlanmıştır) **142**

HARİTA LİSTESİ

Harita 2.1 Türkiye yıllık yağış dağılımı (MGM, 2023)**.....14**
Harita 2.2 Türkiye' deki havzalar (MGM, 2023) **.....14**
Harita 2.3 2022 yılı Meteorolojik Kuraklık Haritası (MGM, 2023) **.....18**

ÖZET

SUYA DUYARLI KENTSEL TASARIM UYGULAMALARI VE STRATEJİLERİ

Melek DEMİR KARDAŞ

Şehir ve Bölge Planlama Anabilim Dalı

Kentsel Mekân Organizasyonu ve Tasarımı Programı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Doç. Dr. Esin Özlem AKTUĞLU AKTAN

Su döngüsü, ekosistemin sürekliliği için hayati bir öneme sahiptir. Ancak, nüfus artışı, sanayi, tarım ve kentsel faaliyetler gibi etmenler doğal su kaynaklarını tehdit etmektedir. Değişen iklim koşulları, aşırı yağışlar ve artan geçirimsiz yüzeyler nedeniyle sel ve taşkınlarla mücadele edilirken, bazı bölgelerde ise kuraklık gibi sorunlarla karşı karşıya kalınmaktadır. Küresel boyutta su krizi, ekosistem ve canlıların yaşamını tehdit eden önemli bir sorun haline gelmiştir. Bu nedenle, dünya genelinde birçok kent su krizine alternatif çözüm yolları aramaktadır.

SDKT'nin temel unsurları, kentsel tasarımın içine doğal su yönetimi prensiplerini entegre etmektedir. Bu çerçevede çalışmanın amacı, suyun kentsel planlama ve tasarımda merkezi bir faktör olarak ele alınması ve suya dayalı çözümlerin benimsenmesidir. Çalışma kapsamında, kentsel tasarımda suyun etkin kullanımı, suya duyarlı tasarım ilke ve faydalarının neler olduğu, iklim değişikliğinin su kaynakları üzerindeki etkisi, su kıtlığı, iklim değişikliği ve su krizlerine karşı dirençli kent yaklaşımları incelenmektedir. Aynı zamanda kentsel ortamlarda yağmur suyunun toplanması, arıtılması, filtrelenmesi ve taşınmasında Suya Duyarlı Kentsel Tasarımın (SDKT) hangi bileşeninin kullanılabileceği değerlendirilmektedir. SDKT temel bileşenleri belirlenmiş ve bu bileşenlerin

işlevleri, sağladığı faydalar, uygulanması gereken kriterler ve hangi kentsel ortamlarda kullanılabileceğine dair bir kılavuz oluşturulmuştur.

SDKT kapsamında kullanılan bileşenler, bina-sokak-mahalle-kent-bölge ölçeğinde ele alınmıştır. Farklı şehirlerde gerçekleştirilen SDKT uygulama örnekleri incelenerek ikincil kaynaklardan elde edilen bilgiler ve seçilen kriterler bağlamında karşılaştırmalı analiz yapılarak değerlendirilmiştir. SDKT kriterleri ile sürdürülebilir su yönetimi stratejilerinin etkili bir şekilde uygulanması ve bütünlükçü bir yaklaşımın benimsenmesi hedeflenmiştir.

Sonuç olarak SDKT yaklaşımları benimsendiğinde gelecekte oluşabilecek su krizi ve kuraklık risklerini en aza indirgemiş ve suya duyarlı kentler yaratılmış olacaktır. Bu nedenle, su kaynaklarını korumak ve sürdürülebilir su yönetimi stratejilerini benimsemek, kentsel planlama sürecinde bütünlüğü artırabilir. Su krizlerini engellemek adına, estetik ve işlevsel kullanımlarda suya duyarlı tasarımların benimsenmesi büyük bir öneme sahiptir. SDKT'nın yaygınlaşması, kentlerin daha sürdürülebilir ve dirençli hale gelmesine katkı sağlayacaktır.

Anahtar Kelimeler: Suya Duyarlı Kentsel Tasarım, Su Döngüsü, Su Kıtlığı, Yağmursuyu Yönetimi

ABSTRACT

WATER SENSITIVE URBAN DESIGN APPLICATIONS AND STRATEGIES

Melek DEMİR KARDAŞ

Department of Urban and Regional Planning

Master of Science Thesis

Supervisor: Doç. Dr. Esin Özlem AKTUĞLU AKTAN

The water cycle is of vital importance for the continuity of ecosystems. However, factors such as population growth, industry, agriculture, and urban activities threaten natural water resources. While combating floods and inundations due to changing climate conditions, such as excessive rainfall and increased impermeable surfaces, some regions also face problems such as drought. The global water crisis has become a significant issue threatening the lives of ecosystems and organisms. Therefore, many cities worldwide are seeking alternative solutions to the water crisis.

The basic elements of WSUD integrate principles of natural water management into urban design. In this context, the aim of the study is to consider water as a central factor in urban planning and design and to adopt water-based solutions. Within the scope of the study, effective use of water in urban design, principles and benefits of water-sensitive design, the impact of climate change on water resources, water scarcity, and resilient urban approaches to climate change and water crises are examined. At the same time, the feasibility of using components of Water-Sensitive Urban Design (WSUD) in the collection, treatment, filtration, and transportation of rainwater in urban environments is evaluated. The basic components of WSUD have been identified, and a guide has been created regarding their functions,

benefits, criteria for implementation, and where they can be used in urban environments.

The components used within the scope of WSUD are addressed on the scale of building-street-neighborhood-city-region. Comparative analysis was conducted by examining WSUD application examples carried out in different cities, and information obtained from secondary sources and selected criteria were evaluated. The aim was to effectively implement sustainable water management strategies in line with WSUD criteria and to adopt a holistic approach.

In conclusion, when WSUD approaches are adopted, future risks of water crisis and drought can be minimized, and water-sensitive cities can be created. Therefore, protecting water resources and adopting sustainable water management strategies can enhance integrity in the urban planning process. To prevent water crises, the adoption of water-sensitive designs in aesthetic and functional uses is of great importance. The widespread adoption of WSUD will contribute to making cities more sustainable and resilient.

Keywords: Water Sensitive Urban Design, Water Cycle, Water Scarcity, Stormwater Management

1
GİRİŞ

İklim değişikliği ve kentleşmenin su kaynakları üzerindeki etkileri, küresel bir sorun haline gelen su kriziyle mücadele etmek için ortaya çıkan Suya Duyarlı Kentsel Tasarım yaklaşımı bu tez çalışmasının odağını oluşturmaktadır. Bu yaklaşımın temel ilkeleri, hedefleri, etkileri ve kullanılan araçlar irdelenmiştir.

Çalışma, Suya Duyarlı Kentsel Tasarımın uygulanmasında rehberlik edecek kriterler belirlenmiştir. Ulusal ve uluslararası düzeyde uygulanmış Suya Duyarlı Kentsel Tasarım örnekleri üzerinde yapılan incelemeler, belirlenen kriterler çerçevesinde değerlendirilmiştir. Su kaynakları üzerindeki baskıları azaltmak ve su krizine karşı daha dirençli kentler oluşturmak için Suya Duyarlı Kentsel Tasarım yaklaşımının önemi vurgulanmıştır. Ayrıca, mevcut altyapı ve yeşil alanları kullanarak su döngüsünü desteklemeyi ve su kaynaklarını korumayı amaçlamaktadır. Bu doğrultuda, kentsel alanlarda suyun etkin ve verimli bir şekilde kullanılmasını teşvik eden politika ve uygulamaların benimsenmesi önem taşımaktadır.

1.1 Literatür Özeti

Literatür araştırmasında; tezler, makaleler, kitaplar, ulusal ve uluslararası raporlar, sözleşmeler, bildiriler, küresel anlaşmalar, protokoller ve ilgili bloglar kullanılarak kavramsal bir çerçeve oluşturulmuştur. İklim değişikliğinin ve kentleşmenin su kaynakları üzerindeki etkisi irdelenerek dünyada küresel bir sorun haline gelen su krizine yönelik benimsenen Suya Duyarlı Kentsel Tasarım yaklaşımı incelenmiş ve çıkarımlarda bulunulmuştur.

Çalışmada öncelikle suya ilişkin kavramsal çerçeveye yer verilmiştir. Su döngüsü tanımı ve işleyişi için Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı ile Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün (2023) verilerinden yararlanılmıştır. Dünya üzerindeki su kaynaklarının dağılımı için ise UNDESA'nın (2019) verileri kullanılmıştır.

Türkiye'nin iklim yapısı, yağış miktarı, su kaynaklarının dağılımı, havzaları, su potansiyeli ve kişi başına düşen su miktarı verileri için Devlet Su İşlerinin DSİ (2023) kaynaklarından yararlanılmıştır.

Su kıtlığına ilişkin kuraklık sınıflandırılmasında Sarıcan (2015) çalışmaları değerlendirilmiştir.

Çalışmanın iklim değişikliği kavramı; (IPCC) Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli Değerlendirme Raporu (2021), Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (UNFCCC) (2011), Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Meteoroloji Genel Müdürlüğü (2023) tarafından yapılan tanımlar ele alınmıştır.

Dünyadaki insan kaynaklı sera gazı ve küresel ısınma terimlerinin ortaya çıkışına ilişkin bilgiler, Türkeş (2012)'in çalışmasından elde edilmiştir. Sera gazı emisyonlarına neden olan gazların ve bu gazların ölçümünde kullanılan yöntemlerin belirlenmesinde ise NASA veri tabanı ve Uluslararası Enerji Ajansı verilerinden yararlanılmıştır. Küresel karbon dioksit salımındaki artışın ve dünyadaki ısı değişimine yönelik NASA (2023) verileri incelenerek değerlendirme yapılmıştır.

2021 yılında yapılan Hükümetler Arası İklim Değişikliği Panelinin (IPCC) yayımladığı Altıncı Değerlendirme Raporu'nda (AR6); Sanayi Devriminden bu yana ısı emisyonunu oluşturan gazların insan faktörü ile oluştuğunu ve küresel ölçekte değişikliklerin yaşanabileceği açıklanmıştır. İnsan faaliyetlerinin yaklaşık olarak 1,0°C küresel ısınmaya neden olduğu ve küresel ölçekte değişikliklerin yaşanabileceği açıklanmıştır. IPCC, 2021'de iklim değişikliği, ile ortaya çıkabilecek değişikliklerin emisyon oranının azaltılarak önüne geçilebileceğine ilişkin uyum yaklaşımlarından faydalanılmıştır. İklim değişikliği ve etkileri World Meteorological Organization WMO (2020)'den yararlanılmıştır.

Climate Change, iklim değişikliğine karşı dirençli olmayı ve çeşitli tedbirlerin alınması gerektiğini savunmakta ve bu kapsamda altyapı iyileştirmeyi, tesisleri daha dayanıklı ve güvenli hale getirmeyi, doğal afetlere hazırlıklı olmak için tedbirlerin alınması gibi açıklamalarına yer verilmiştir.

Türkiye'de iklim değişikliğinin etkileri, bütüncül su kaynakları yönetimi anlayışı ve sürdürülebilir kalkınma gündemi Tarım ve Orman Bakanlığı Su Yönetimi Genel

Müdürlüğünün (2021) raporu incelenmiştir. İklim değişikliğinin su kaynaklarına etkisi ve daha sonra ortaya çıkacak küresel sorunlar bu çalışmada açıklanmıştır.

Dünyada 1970-2019 yılları arasında yaşanan afetler ve bunlara ilişkin istatiksel verileri inceleyen WMO (2020)'den yararlanılmıştır. Günümüzde bu afetlerin yıllık gerçekleşme sayılarının artış gösterdiğini, 2001-2018 yılları arasında dünyada su kaynaklı yaşanan afetlerin sayısı ve yarattığı olumsuz durumlar UNU-INWEH (2017) verileri baz alınarak değerlendirilmiştir.

Meteoroloji Genel Müdürlüğü MGM (2023) tarafından yayınlanan SPI ve PNI analiz haritaları incelenerek Türkiye'nin kuraklık durumu incelenmiştir. Değişen iklime bağlı olarak Türkiye'de yıllık ortalama sıcaklık verileri, yıllık alansal yağış sapması, ekstrem hava olaylarının sayısı, şiddeti ve süresi özellikle 2000'li yıllardan bu yana artmıştır. Türkiye'de yaşanan afet dağılımı için MGM (2023)'ün verileri ele alınarak yağış kaynaklı afetler açıklanmıştır.

Kentleşme süreciyle birlikte, geçirimsiz yüzeyler artmakta ve yeşil alanlarda azalma meydana gelmektedir. Kentleşme öncesi ve sonrası suyun akışındaki değişiklikler için Demir (2012)'den yararlanılmıştır. Kentleşme ile beraber yanlış kent uygulamaları sel ve taşkınların yaşanmasına neden olmakta, dere yatakları evsel ve sanayi atıkları ile kirletilmekte, kent içinde trafik sorunlarını hafifletmek amacıyla dere yatakları kapatılmakta ve kanalizasyon hatlarına dönüştürülmektedir. Bu sürece ilişkin Yılmaz ve Ercoşkun (2020) yapmış olduğu Ankara örneği açıklanmıştır.

Yaşam alanlarımızın varlıklarını sürdürebilmesi suya bağımlı olup uygarlıkların başlangıcından itibaren, şehirler, nehirler veya su kütleleri boyunca inşa edilmiş, sakinlere tatlı su, gıda ve enerji sağlamıştır. Mezopotamya yerleşimleri, Mısırlıların Nil nehri yerleşimi, Hint Basamak Kuyuları, Roma Su Kemeri ve Rezervuar Filtrasyon Sistemi gibi örnekler Karakadılar (2020)'den yararlanılmıştır.

Sanayi Devrimi ile hızlı kentleşme süreci yaşanmış ve kentlere göç eden nüfus artışından dolayı kentsel altyapı ve kamu hizmetlerinden yoksun yerleşim alanlarını ortaya çıkmıştır. Sağlıksız yaşam koşulları nedeniyle ortaya konulan plan ve projelerde yağmursuyu ve lağım sistemlerini yer altına alınarak yol yüzeyleri geçirimsiz hale getiren su yönetimi López de Lucio, (1993) ve Rodríguez vd., (2015) açıklamaları ele alınmıştır.

Günümüz şehirlerinde ise çoğunlukla geleneksel yağmur suyu kontrol sistemleri kullanılmaktadır. Bu sistem, yağmur sularını hızlı bir şekilde toplamak ve kentsel alanlardan uzaklaştırmak amacıyla tasarlanmıştır. Kentlerde yaşanan iklim değişiklikleri ile beraber son yıllarda gri altyapılardan vazgeçilerek, suyun hızlı bir şekilde kanalizasyonlar aracılığıyla tahliye edilmesine odaklanan yapılar yerine, suyun bir kaynak olarak görülmesi ve sürdürülebilir su yönetiminin benimsenmesi önem kazanmıştır. Bu kapsamda Ballard vd., (2015) ve Nyugen vd., (2019) değerlendirmeleri açıklanmıştır.

Su yönetimi konusundaki yaklaşımlar, tarihsel olarak ve farklı ülkeler arasında büyük çeşitlilik göstermiştir. Bu çerçevede, suyun nasıl yönetildiğine dair çeşitli paradigmalara odaklanan bir inceleme yapılmıştır. Allan (2003) tarafından ortaya konan beş paradigmadan yararlanılarak su yönetimi konusundaki farklı düşünce sistemleri ve anlayışları günümüze uyarlanarak bu çalışmada altı paradigma olarak incelenmiştir. Yapılan incelemede paradigmaların yıllar içerisinde suya yönelik bakış açıları, su yönetimine, su sorunlarına ilişkin küresel konferanslar ve raporlar irdelenerek suya yönelik yaklaşımlar değerlendirilmiştir.

Su yönetim politikalarının değişimi, farklı coğrafyalarda ortaya çıkan çeşitli su yönetimi yaklaşımlarıyla birlikte geniş bir terminoloji yelpazesini ortaya çıkarmıştır. Bunlar ; En İyi Yönetim Uygulamaları, Düşük Etkili Gelişim, Yeşil Altyapı, Sürdürülebilir Kentsel Drenaj Sistemleri, Suya Duyarlı Kentsel Tasarım, Düşük Etkili Kentsel Tasarım ve Gelişme ve Sünger Şehirler yaklaşımı ve bunların işleyiş biçimi Fletcher vd., (2014); Hoyer vd. (2011); Radcliffe, (2019); Woods Ballard vd. (2015); Tuncay, (2021a)'den yararlanılmıştır.

Avustralya'da benimsenen Suya Duyarlı Kentsel Tasarım yaklaşımı ve bu çerçevede Suya Duyarlı Şehirlere Geçiş Raporu Brown vd. (2016) tarafından açıklanmıştır. Raporda su yönetim sürecinin sistemi altı aşamayı içerdiğini ve belirlenen aşamalardan oluştuğu belirtilmiştir.

Suya duyarlı bir kent kavramı, Wong ve Brown, (2009) belirttiği ilkeler doğrultusunda yaşanabilir, dirençli, sürdürülebilir ve üretken olmalıdır. Ayrıca, bu kavramın uygulanmasıyla ilgili olarak, kentsel kuruluşların ve şehir altyapısının tasarımında öncelikle yaşanabilirlik, sürdürülebilirlik ve esneklik ilkelerinin vurgulanması gerektiği açıklanmıştır.

1994 yılında Whelans ve Halpern tarafından ilk resmi rehber rapor olarak hazırlandığı Fletcher vd., (2014) tarafından açıklanmıştır.

Kentsel yağmur suyu yönetimi uygulamalarının Avustralya'da gelişiminin SDKT'ye dönüştüğünü, Suya Duyarlı Kentsel Tasarımının, "Suya Duyarlı" ve "Kentsel Tasarım" olmak üzere iki ana bileşende Wong ve Brown, (2011) ele alınmıştır. Wong ve Brown, (2013); Tamer, (2016) tarafından SDKT amaçları; geçirimsiz yüzeyleri azaltma, su şebeke sistemi ile tasarruf, su kalitesini artırma ve kirliliği azaltma, yağmursuyu akışlarını yönetme ve yeniden kullanma, atık su yönetimi ve geri dönüşüm ve imar maliyetlerini azaltma olarak açıklanmıştır.

Yağmur suyu yönetimi için çeşitli çözümler bulunmakta ve bu çerçevede Suya Duyarlı Kentsel Tasarım (SDKT) araçları tasarlanabilmektedir. Bu çerçevede Yağmursuyu Kullanımı, Arıtma/Tedavi, Sızma/Gözaltı, Taşıma ve Buharlaşma/Terleme olarak Hoyer vd. (2011) sınıflandırılması benimsenmiştir. SDKT araçlarının işlevi, faydaları, kentsel ortamlarda kullanımları, uygulanırken dikkat edilmesi gereken kriterler ve uygulama örnekleri (SusDrain, t.y.); Hoyer vd. (2011); Fumero, (2020); Taşkın, (2022)'den yararlanılmıştır. SDKT araçlarının uygulanması sırasında benimsenmesi gereken kriterler: suya duyarlılık, estetik, aktörler, entegrasyon, uygun tasarım, ekonomik uyum ve disiplinlerarasılık olarak altı ana başlık olarak belirlenmiştir. Bu kriterler, Hoyer vd., (2011); Fumero, (2020); Palazzo, (2019) çalışmaları değerlendirilerek seçilmiştir.

SKDT ilkelerinin bir bölgedeki planlama sürecine tam anlamıyla entegre edilmesi ve uyum sağlaması için Lewis vd., (2015)'in "bölge/kent, havza/kentsel alan, alan/mahalle ve ada/parsel" ölçek hiyerarşisi baz alınarak SDKT bileşenleri bölge, kent/mahalle, sokak, bina olarak ele alınmıştır.

Belirlenen SDKT kriterlerin değerlendirmek amacıyla Havza/bölge bazlı entegre su yönetimini kapsayan Rotterdam Su Planı (Waterplan2) uygulamasının planı, tasarımı ve uygulama görselleri (De Urbanisten) verilerinden yararlanılmıştır.

Mahalle ve kent ölçeğinde İsveç Malmö bölgesindeki Ekostaden Augustenborg Mahallesi incelenmiş olup çalışma The Eco-city Augustenborg: Experiences and Lessons Learned kitabı Månsson (2021) incelenmiştir. Kitap, Augustenborg Mahallesinin değişimini, planlama geçmişini, su yönetimini, SDKT

uygulamalarına, enerji verimliği ve iklim değişimine uyum çalışmalarına değinmektedir.

Qunli Yağmur Suyu Parkı mahalle parkı niteliğinde olduğundan ele alınmış ve Palazzo (2019) verilerine yer verilmiştir. Bina bazlı olarak Prisma Nürnberg kompleks yapı değerlendirilmiş ve binanın mimarisini ve su yönetimini detaylandıran Atelier Dreiseitl (1992)'den yararlanılmıştır.

Türkiye'de kent ölçeğinde İzmir Sünger Kent projesi ortaya çıkışı, yapılan uygulamalar ve uygulaması planlanan SDKT örnekleri İzmir Büyükşehir Belediyesi verileri irdelenmiştir. Mahalle/site yerleşimi olarak Düşler Vadisi Riva Projesinde Akay (2022) verileri değerlendirilmiştir. Semt parkı olarak Ankara İsmet İnönü Parkı seçilmiş ve parkın detayları açıklayan, SDKT uygulamaları ele alan Arslantaş (2020) ve Çankaya Büyükşehir Belediyesi çalışmalarından yararlanılmıştır.

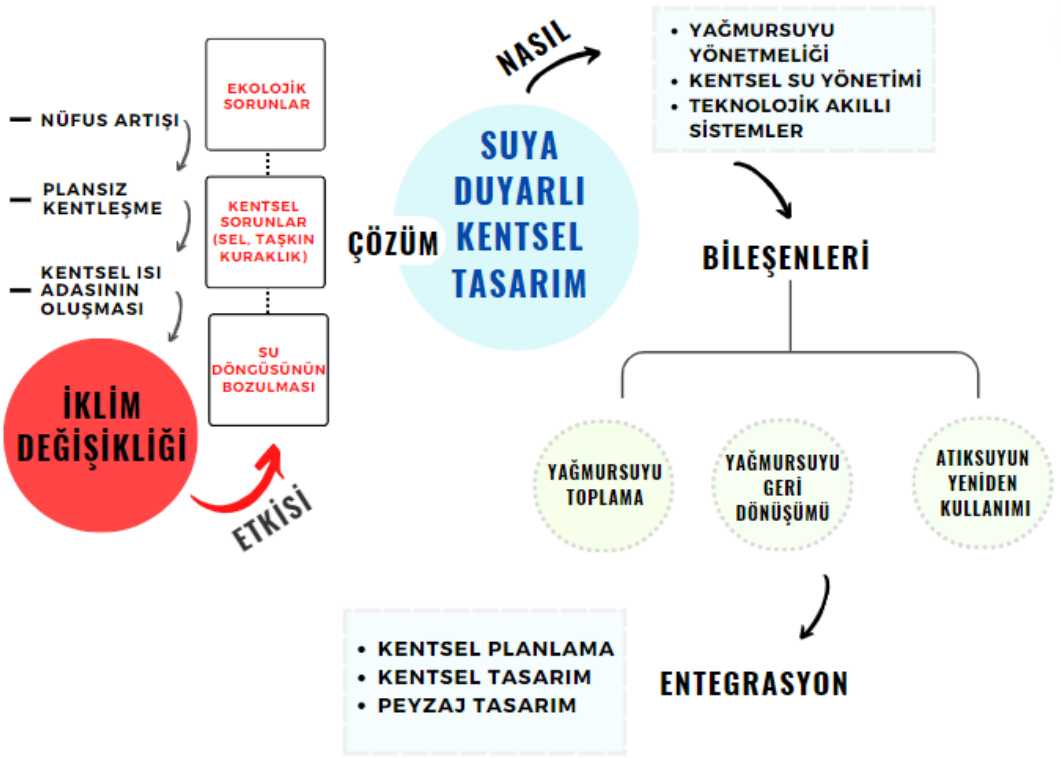
1.2 Çalışmanın Amacı

Tez çalışmasında, suyun yaşam alanlarımızda kritik bir rol oynadığı gerçeğinden yola çıkarak, SDKT'nin kentsel alanlarda nasıl entegre edilebileceği, çeşitli ölçeklerde nasıl uygulanabileceği ve suyun kent yaşamına nasıl adapte edilebileceği üzerinde odaklanmaktadır. SDKT'nin temel unsurları, kentsel tasarımın içine doğal su yönetimi prensiplerini entegre etmektedir. Bu çerçevede çalışmanın amacı, suyun kentsel planlama ve tasarımda merkezi bir faktör olarak ele alınması ve suya dayalı çözümlerin benimsenmesidir.

Bu amaç doğrultusunda:

- SDKT araçlarına şehir planlama disiplini açısından bakmayı,
- SDKT'nin farklı ölçeklerde alternatif yaklaşımlarını sunmayı,
- SDKT yaklaşımını kullanarak dirençli kentler oluşturmayı,
- Suyu etkin bir şekilde yöneterek kentlerin gelecekteki sürdürülebilirliğini artırmak için pratik çözümler sunmayı,

Suya Dayalı Kentsel Tasarımın geliştirilmesi ve uygulanmasına yönelik kapsamlı bir çerçeve sunmayı hedeflemektedir.



Şekil 1.1 Problem Tanımı ve Amacı

"Suya Duyarlı Kentsel Tasarım ögelerinin kentle entegrasyonu su baskınlarına ve su kıtlığına karşı direnci nasıl sağlar?" ana araştırma sorusundan yola çıkılarak Tablo 1.1 'de gösterildiği üzere alt sorular oluşturulmuştur.

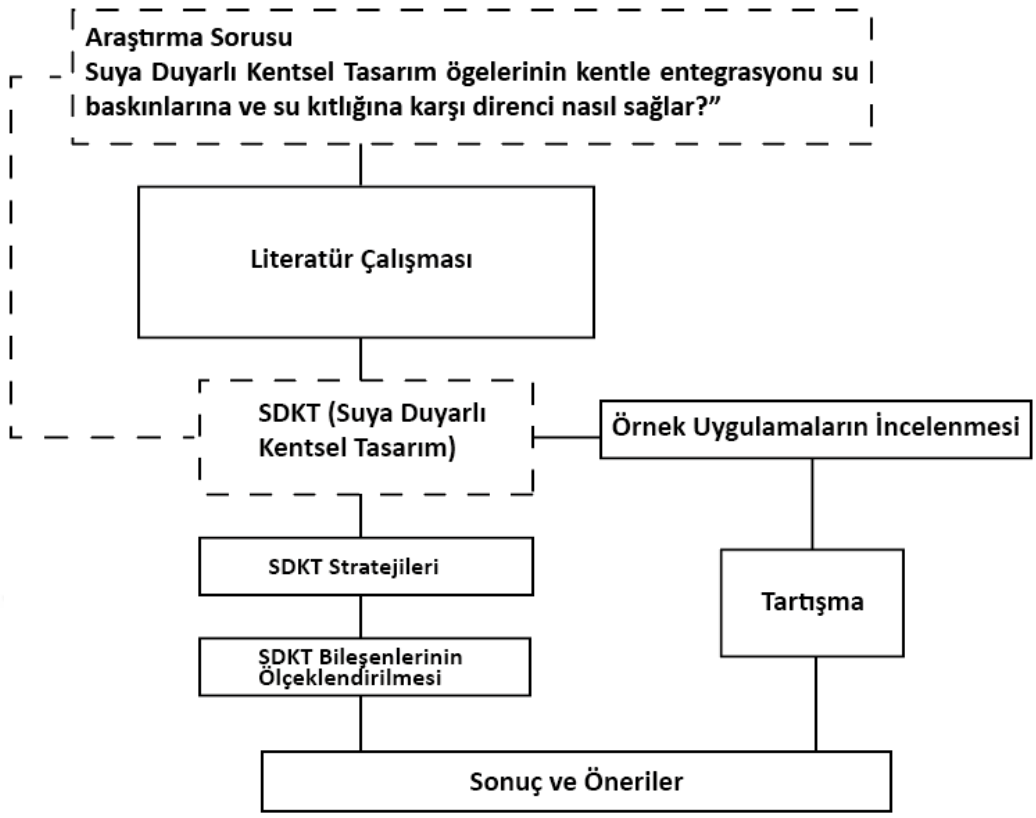
Tablo 1.1 Çalışmanın Alt Soruları

Genel İlişki	SDKT Tanımı ve İlkeler	Farklı Ölçek Entegrasyonu	Uygulanabilirlik ve Etkinlik Değerlendirmesi
- Kentsel Tasarımda suyun etkin kullanımı neden önemlidir?	-SDKT nedir? -SDKT temel ilkeleri nelerdir? -Bu tasarım kent ve çevre üzerindeki faydaları nelerdir?	- SDKT farklı ölçeklerde (bölge, kent, mahalle, sokak, bina) nasıl entegre edilir?	- SDKT uygulanabilirliği nasıl değerlendirilir? -Tasarımın etkinliği nasıl ölçülebilir?

1.3 Çalışmanın Yöntemi

Çalışma, öncelikle literatür taraması ve yazın incelemesi ile başlamıştır. Bu adımlar, suya ilişkin kavramsal çerçeve, iklim değişikliği, kentleşme ve bu unsurların su üzerindeki etkisi, Suya Duyarlı Kentsel Tasarıma ilişkin temel bilgilerin ikincil kaynaklardan derlenmesini içermiştir. Daha sonra, Suya Duyarlı Kentsel Tasarım bileşenleri belirlenerek ölçeklendirilmiş ve incelenen 50 SDKT örnek uygulaması arasından en iyi örnek uygulamanın seçilmesine ilişkin süreç izlenmiştir. Bu süreçte ölçek düzeyi önemli bir faktör olarak ele alınmıştır.

Seçilen örnek uygulamalar, belirlenen kriterler çerçevesinde uygun, stratejik ve bilgi odaklı olmasına dikkat edilerek seçilmiş ve ikincil kaynaklardan elde edilen bilgiler ve görsel analiz araçlarıyla karşılaştırmalı analiz yapılarak değerlendirilmiştir. Bu değerlendirme sürecinden yola çıkarak SDKT kriterleri ve değerlendirme sonuçlarına dayanarak SDKT projelerinin planlama ve uygulama aşamalarına odaklanılmıştır. Şekil 1.2'de tezin gelişim süreci sunulmaktadır.



Şekil 1.2 Tezin Gelişim Süreci

1.4 Çalışmanın Kapsamı

İklim değişikliğine bağlı olarak şiddetli yağışların sıklığı ve yoğunluğunda artışlar yaşanmakta ve bu durum kentlerde büyük hasarlar oluşturmaktadır. İklim değişikliğine uyum stratejilerini benimseyen ve yağmursuyu yönetimini kapsayan Suya Duyarlı Kentsel Tasarım yaklaşımı bu çalışmada incelenecektir. Bu yaklaşım, su kaynaklarının sürdürülebilir ve etkili bir şekilde kullanılmasını, sel risklerinin azaltılmasını ve su kalitesinin korunmasını hedeflemektedir.

Tez çalışması kapsamında iklim değişikliğinin su kaynakları üzerindeki etkisi, Suya Duyarlı Kentsel Tasarım, su krizi, su kıtlığı, sürdürülebilirlik, iklim değişikliği ve su krizlerine yönelik dirençli kent kavramları irdelenecektir. Çalışma Suya Duyarlı Kentsel Tasarım bağlamında yağmursuyu yönetimine odaklanmakta, buna ilişkin dünyada suya duyarlı hangi yaklaşımların benimsendiğine ikinci bölümde yer verilmiştir.

Tezin üçüncü bölümünde Suya Duyarlı Kentsel Tasarımın ortaya çıkışı, gelişimi hangi hedef ve ilkelerin kapsadığı, karşılaştığı zorluk ve sınırlara yer verilmektedir. Ayrıca bu yaklaşımda yağmur suyunun toplanması, arıtılması, filtrelenmesi ve taşınmasında hangi Suya Duyarlı Kentsel Tasarım bileşeninin kentsel ortamlarda kullanılabileceği incelenmiştir. Bu bileşenler bina bazından bölge bazına kadar belirli bir ölçek kısıtlaması olmadığından, Suya Duyarlı Kentsel Tasarım Araçları bina/sokak-mahalle/kent-bölge ölçeği olarak üç kısımda ölçeklendirilerek matris oluşturulmuştur.

Tezin dördüncü bölümünde, farklı şehirlerde Suya Duyarlı Kentsel Tasarım uygulama örnekleri incelenerek oluşturulan matris üzerinden karşılaştırılarak teorik bir çerçeve elde edilmeye çalışılmıştır. Araştırma Suya Duyarlı Kentsel Tasarım, planlama, tasarım ve katılım yönlerine vurgu yapmaktadır. Ancak, bu yaklaşımın diğer potansiyel yönleri, özellikle teknolojik ve ekonomik boyutlar, belirli mühendislik bilgisini gerektirdiğinden bu nitelikler tezin kapsamı içinde detaylı bir şekilde ele alınmamıştır. SDKT yaklaşımının disiplinlerarası bir özelliğe sahip olması nedeniyle, bu boyutlar tezin dışında bırakılmıştır.

Çalışmanın son bölümünde sonuç ve değerlendirme yapılıp önerilerde bulunulmaktadır.

2
SUYUN ÖNEMİ VE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ

Su, dünyanın temel yapı taşlarından biridir. Bütün canlıların yaşamlarını doğrudan veya dolaylı olarak etkileyen vazgeçilmez bir kaynaktır. Su, biyolojik bir gereksinim olmanın ötesinde, kentler için ekonomik, toplumsal ve kültürel yaşamı da büyük ölçüde etkileyebilen bir unsurdur. Hayati öneme sahip bu kaynağın kullanılabilir miktarı ise yeryüzünde sınırlıdır.

İklim değişikliği ve kentleşme faaliyetlerinin su kaynakları üzerindeki olumsuz etkileri nedeniyle su krizi konusu günümüzde önemli bir sorun haline gelmiştir. Tez çalışmasının bu bölümünde suya dair kavramsal çerçeve çizilmiştir. İklim değişikliğinin ve kentleşmenin su kaynakları üzerindeki etkileri irdelenerek yıllar içerisinde suya yönelik yaklaşımlar ile ortaya çıkan konular değerlendirilmiştir.

2.1 Kavramsal Çerçeve

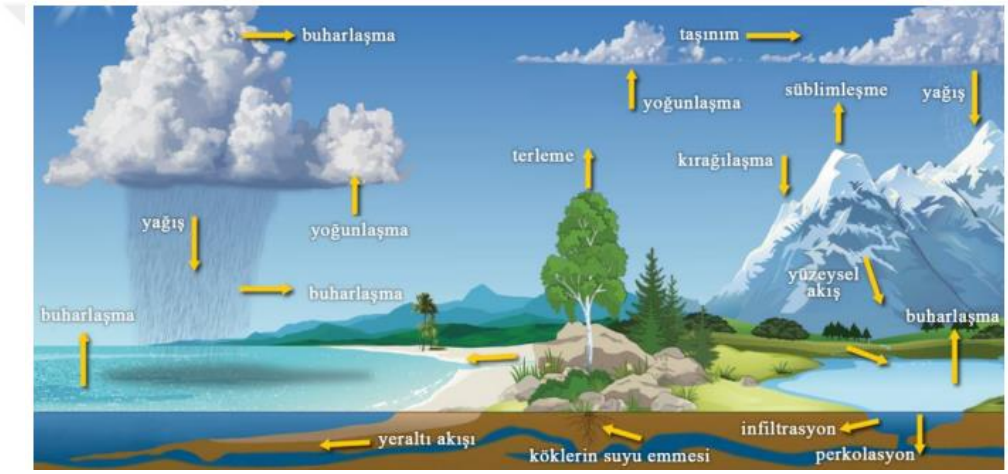
Suya dair kavramsal çerçeve içerisinde, su sistemini anlatan su döngüsü, dünyadaki ve ülkemizdeki su dağılımı anlatılmaktadır. Sektörel olarak suyun kullanımı ve su stresi, su potansiyeli ve su kıtlığı konularını ele alınmaktadır.

2.1.1 Su Döngüsü ve Su Potansiyeli

Su bilimlerini anlamak için doğadaki su döngüsünü iyi incelememiz gerekir. Meteoroloji Genel Müdürlüğü su döngüsünü; katı, sıvı ve gaz hallerinden birinde bulunan su, atmosfer, litosfer ve hidrosfer arasında dolaşmakta ve suyun katı halden sıvı hale geçmesi, bulunduğu kaynağın etkisiyle buharlaşarak gaz haline dönüşü atmosfere ulaşması ve oradan da yoğunlaşarak tekrardan yeryüzüne dönmesi şeklinde devam eden olaylar zinciri olarak açıklamıştır (MGM, 2023).

Su döngüsü; yer altı, yer yüzeyi, atmosfer, göl, deniz ve okyanuslar arasında devam eden sürekli bir süreç olarak tanımlanmaktadır. Su döngüsü Şekil 2.1'de gösterildiği gibi güneşin etkisiyle okyanus, deniz ve kara yüzeyinden buharlaşan su atmosferde bulutları oluşturur ardından yeryüzüne yoğunlaşarak yağış halinde tekrar yeryüzüne döner. Karalar üzerine düşen suyun büyük bir kısmı (% 60-75)

zeminden ve su yüzeylerinden buharlaşma (evaporasyon) ve bitkilerden terleme (transprasyon) yoluyla denizlere erişmeden atmosfere geri dönmektedir (MGM, 2023). Suyun bir bölümü zeminden süzülerek yer altı akışına geçmektedir (sızma ya da infiltrasyon). Suyun geri kalanı ise yer çekimi etkisiyle hareket ederek akarsulara ve oralardan da denizlere varmaktadır (yüzeysel akış). Yer altına sızan su ise yer altı akışı yoluyla sonunda yeryüzüne çıkarak yüzeysel akışa katılmaktadır (MGM, 2023).Denizlere ulaşan su da buharlaşarak atmosfere geri dönmektedir. Bu döngü Şekil 2.1'de görüldüğü üzere çok basit olmamakla beraber bölgesel, kıtasal birbiri ile bağlantılı birçok olay zincirinden meydana gelmektedir. Dolayısıyla su döngüsü yaşam zincirinin devam etmesinde çok önemli bir yere sahiptir.



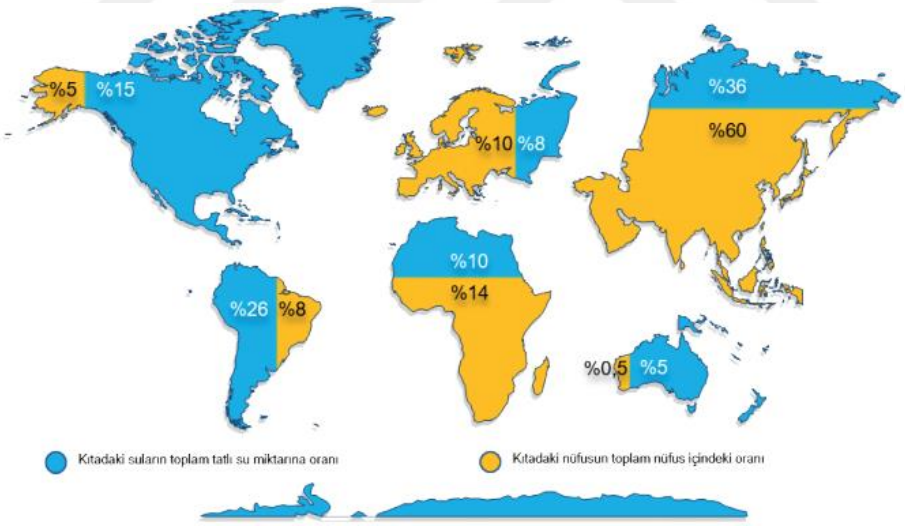
Şekil 2.1 Su Döngüsü (MGM, 2023)

Su, yer çekim kuvveti ve güneş enerjisi etkileri sonucunda doğada katı, sıvı ve gaz (su buharı) halinde bulunur. Göller, okyanuslar, denizlerde sıvı halde, bulutlarda su buharı ve buzullarda katı halde bulunur. Dünyadaki toplam su miktarı yaklaşık 1,4 milyar km^3 olup yer kürenin dörtte üçünü kaplamaktadır. Suyun %97,5 deniz ve okyanuslarda tuzlu su olarak bulunurken, %2,5 tatlı su olarak bulunmaktadır (Shiklomanov, 2003). Tatlı su içme suyu olarak kullanırken suyun büyük bölümünü oluşturan tuzlu su içme suyu olarak kullanılamamaktadır. Şekil 2.2'de görüldüğü üzere tatlı suyun büyük bölümünü (%69,5) buzullarda veya donmuş toprak tabakasında bulunurken %30,1 yer altı suları olarak geri kalan (% 0,4) kısmını tatlı su gölleri, sulak alanlar, atmosfer ve topraktaki kısım oluşturmaktadır (MGM, 2023).



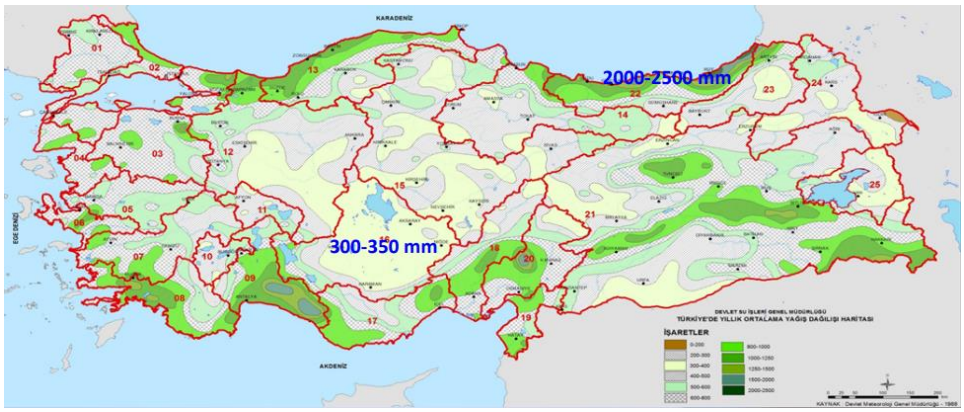
Şekil 2.2 Dünyada suyun dağılımı (MGM, 2023)

Su kaynaklarının dağılımı kıtalar arası değişiklik göstermektedir. Su varlığı bakımından en zengin kıta Asya ardından Güney Amerika gelmektedir. Şekil 2.3'te görüldüğü üzere kıtalardaki nüfus ve su kaynakları oranı karşılaştırıldığında Kuzey ve Güney Amerika ve Avustralya'da su varlığının oranı nüfus oranından fazla geldiği görülmektedir.



Şekil 2.3 Kıtalar düzeyinde nüfus ve tatlı su kaynakları dağılımı (Diop vd. 2002; UNDESA, 2019)

Türkiye, yarı kurak iklim özelliklerine sahip bir ülkedir ve yağış rejimi iklim ve mevsimsel durumlara göre değişiklik göstermektedir (Harita 2.1). Yıllık ortalama yağış miktarı 574 mm olarak hesaplanmış, yıllık yağış miktarı ise 450 m^3 olarak belirtilmiştir (DSİ, 2023).



Harita 2.1 Türkiye yıllık yağış dağılımı (MGM, 2023)

Ülkemizde toplamda 25 akarsu havzası bulunmakta olup, bu havzalar için nehir havza yönetim planları hazırlanmaktadır (Harita 2.2). Bu kapsamda, nehir yönetim politikalarına temel teşkil eden havza master planları 2019 yılında tamamlanmıştır. 25 hidrolojik havzada tamamlanan master plan çalışmalarının sonuçlarına göre, ülkemizde toplam yıllık su akış miktarının 185 milyar m^3 olduğu belirlenmiştir (DSİ, 2023).



Harita 2.2 Türkiye' deki havzalar (MGM, 2023)

Yerüstü su potansiyelinin 94 milyar m^3, yer altı su potansiyelinin ise 18 milyar m^3olduğu tespit edilmiştir. Bu verilere göre, toplam su potansiyeli 112 milyar m^3 olarak hesaplanmıştır (DSİ, 2023). Bu bilgiler, su kaynaklarının değerlendirilmesi, sürdürülebilir su yönetimi ve gelecekteki su taleplerinin karşılanması konularında önemli bir referans sağlamaktadır.

Yapılan bu master çalışmaları sayesinde su kaynaklarının kaydı tutulmuş, su kaynaklarının ihtiyaç-dengesi gözetilerek sektörel su ihtiyaçları belirlenmiş ve

çeşitli projeler geliştirilmiştir. Bu planlamalar, sürdürülebilir su yönetimi ve su kaynaklarının etkili bir şekilde kullanılması amacıyla önemli bir adım oluşturmaktadır.

Dünyada su kullanımı, gıda ve tarım, enerji, sanayi, yerleşim alanları (içme suyu, evsel kullanım) ve ekosistem ihtiyacı olmak üzere beş ana kategoride toplanmaktadır (Muluk vd, 2013). Bu alanlardan en büyük su tüketimi %70 oranında tarım amaçlı gerçekleşmektedir (FAO, 2013). Bu su kullanım miktarları, aynı zamanda ülkelerin gelişmişlik düzeyi ile de paralellik göstermektedir. Su kullanım alanları, demografik değişiklikler, teknolojik gelişmeler ve ekonomik refah seviyeleri gibi faktörler tarafından etkilenmektedir. Ülkelerin mevcut ve gelecekteki su planları, bu değişkenlere göre şekillendirilmektedir.

Türkiye'de toplam su potansiyeli 57 milyar m^3 olarak belirlenmiş olup, bu miktarın 44 milyar m^3'ü (%77) sulama suyu, 13 milyar m^3'ü (%23) ise içme-kullanma ve sanayi suyu olarak kullanılmaktadır (DSİ, 2023). Bu miktar, kullanılabilir 112 milyar m^3 su potansiyelinin %39'unu temsil etmektedir (FAO, 2012; Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2020).

Türkiye'nin nüfusu, TÜİK tarafından 2022 yılı itibarıyla 84.680.273 kişi olarak açıklanmıştır. Tablo 2.1'de ülkemizde kişi başına düşen yıllık su miktarı ise 2000 yılında 1.652 m^3, 2009 yılında 1.544 m^3 iken, 2022 yılında 1.322 m^3'e düşmüştür (DSİ, 2023). Falkenmark'ın 1989 yılında geliştirdiği su potansiyeli indeksine göre kişi başına düşen su miktarları:

- 1700 m3 ve üzeri: Su stresi yok
- 1700-1000 m3 arası: Su stresi
- 1000-500 m3 arası: Su kıtlığı
- 500 m3 ve altı: Mutlak su kıtlığı

olarak sınıflandırmıştır (Falkenmark, 1989). Tablo 2.1'de de görüldüğü üzere, Türkiye'nin bu indekse göre su stresi yaşadığı ve ilerleyen yıllarda durumun daha da kötüleşebileceği gözlemlenmektedir. Bu bağlamda önlemler alınmazsa su kaynaklarının sürdürülebilirliği konusunda endişelerin artabileceği anlaşılmaktadır. Dolayısıyla suyun tasarruflu ve optimum bir şekilde kullanılmasının önem arz etmektedir. Ayrıca, su kaynaklarının potansiyelinin değerlendirilerek çok maksatlı bir şekilde kullanılabilmesi için su yönetimi konusunda etkili politikaların

uygulanması gereklidir. Sürdürülebilir su yönetimi stratejileri ve su tasarrufu projeleri gibi çalışmalar, ülkenin su kaynaklarını etkili bir şekilde koruma ve kullanma amacına destekte bulunur. Bu çerçevede, bilinçli su kullanımı ve suyun etkin bir şekilde yönetilmesi, su kaynaklarına olan baskıyı azaltabilir ve su sürdürülebilirliğini güçlendirebilmektedir.

Tablo 2.1 Türkiye' de yıllara göre nüfus ve su potansiyeli durumu (SYGM, 2021; TUİK, 2023; tez kapsamında hazırlanmıştır)

Yıl	Nüfus (Milyon)	Su Potansiyeli (m3/kişi.yıl)
2000	67.803.927 milyon	1652
2009	72.561.312 milyon	1544
2019	83.154.997 milyon	1365
2022	84.680.273 milyon	1322
2050	104 milyon	1069
2070	107 milyon	1040

2.1.2 Kuraklık ve Su Kıtlığı

Kuraklık, herhangi bir mevsim veya belirli bir zaman diliminde yağış miktarındaki azalma nedeniyle ortaya çıkabilir. Kuraklık hesaplamaları yapılırken, bir bölgedeki yağış ve evapotranspirasyon (buharlaşma+terleme) arasındaki dengenin uzun süreli ortalaması dikkate alınmaktadır (Sarıcan, 2015). Kuraklık genellikle yağış yoğunluğu ve miktarı ile ilişkilidir; bunun yanı sıra, yüksek sıcaklık, şiddetli rüzgâr ve düşük nem gibi diğer değişkenler de birçok bölgede kuraklık durumunu etkileyebilir (Kapluhan, 2013). Birleşmiş Milletler tarafından BM Çölleşme ile Mücadele Sözleşmesi'nde kuraklık, "yağışların normal düzeylerin altına düşmesi sonucu arazi ve kaynak üretim değerlerini olumsuz etkileyen ve önemli hidrolojik dengesizliklere yol açan doğal bir olay" olarak tanımlanmıştır (BM UNCCD, 1997). Bu tanım, kuraklığın sadece yağış eksikliği değil, aynı zamanda toprak ve su kaynaklarının üretim üzerindeki etkilerini de içerdiğini vurgular.

Kuraklık, meteorolojik, hidrolojik, tarımsal ve sosyo-ekonomik olmak üzere dört farklı sınıfa ayrılmakta ve kuraklığın sınıflandırılması yağış, toprak nemi, akış gibi değişkenlere bağlı olarak yapılmaktadır (Sarıcan, 2015). Kuraklık, genellikle

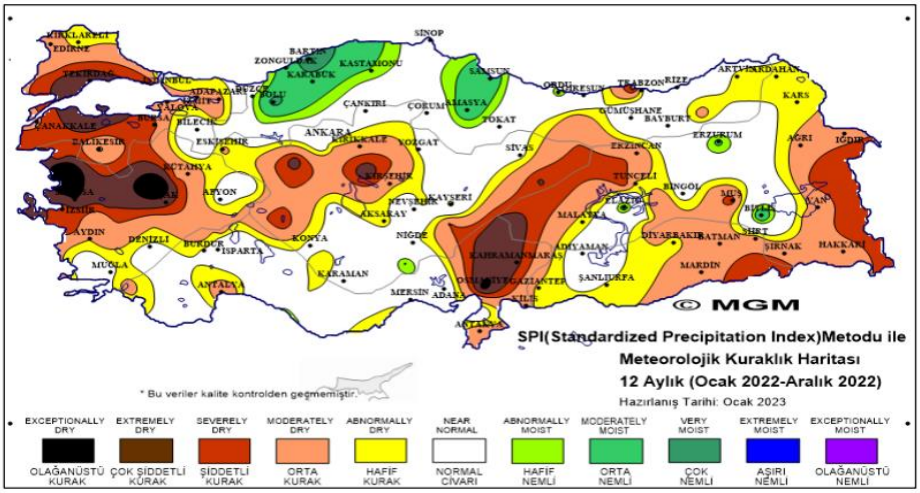
çoraklık, su kıtlığı ve çölleşme gibi terimlerle aynı terim olarak kullanılsa da, bu kavramlar birbirinden farklıdır.

Çoraklık, kuraklıktan farklı olarak az yağış alan bölgelerde sürekli bir durumu ifade etmektedir. Çölleşme ise, kurak, yarı-kurak ve az yağışlı alanlarda, insan faaliyetleri, iklim değişiklikleri gibi çeşitli faktörlerden kaynaklanan toprak bozulmasını ifade etmektedir (Sarıcan, 2015).

Su kıtlığı ise uzun dönem su ihtiyaçlarını, su kaynaklarının karşılayamaması olarak tanımlanabilir. Başka bir deyişle, su kıtlığı sürdürülebilir koşullarda su talebinin, erişilebilir su miktarını aştığı uzun süreli su dengesizliğini ifade etmektedir (EC, 2007). Bu nedenle, kuraklık terimi geniş bir spektrumu içine alarak çeşitli kuraklık türlerini ve etkilerini kapsamaktadır.

Günümüzde, ekosistemde karşılaşılan önemli küresel sorunlardan biri su kıtlığıdır. Bu sorunlar, tarihsel süreçlerde doğal faaliyetlerin sonucu olsa da, Sanayi Devrimi, kentleşme faaliyetleri, teknolojik gelişmeler, değişen tüketim alışkanlıkları gibi etmenler doğal yaşam alanlarını tahrip etmiş ve bazı bölgelerin yer yer yok olmasına yol açmıştır. Bu faktörler, su kaynakları üzerindeki baskıyı artırmış ve su sorunları, kuraklık gibi durumların ortaya çıkmasına neden olmuştur.

Son dönemde ülkemiz için sorun teşkil eden konulardan biri olan kuraklığı incelemek için Meteoroloji Genel Müdürlüğü tarafından yayınlanan SPI ve PNI analiz haritaları incelenmiştir. Ekim 2022 - Aralık 2022 arasını kapsayan 3 aylık periyot için oluşturulmuş SPI analizi haritasına göre (Harita 2.3); Marmara Denizi kıyılarında olağanüstü kuraklık koşulları görülmekte; güneye doğru ise bu koşullar "çok şiddetli" ve "şiddetli" kuraklık durumuna doğru bir azalma gözükmekte, ülkemizin kapalı havzası niteliğindeki İç Anadolu Bölgesi'nde Konya, Niğde, Nevşehir arasındaki bölgede ve Doğu Anadolu'da Van Gölü'nün batı kesimlerinde; Güneydoğu Anadolu'da Osmaniye çevresinde olağanüstü kuraklık durumu söz konusu olduğu Harita 2.3' de görülmektedir (MGM, 2023).



Harita 2.3 2022 yılı Meteorolojik Kuraklık Haritası (MGM, 2023)

2.2 İklim Değişikliği ve Su Kaynaklarına Etkileri

İklim; yeryüzünün herhangi bir bölgesinde uzun yıllar gözlenen bütün hava koşullarının, zamansal dağılımlarının, değişkenlik süreçlerinin ve oluşma sıklıkları olarak tanımlanmaktadır (Türkeş, 2008, s.27). İklim değişikliği; dünya genelinde sosyal, ekoloji, ekonomi gibi aklımıza gelebilecek her alanda olumsuz etkileri içeren olaylar bütünüdür. Literatürde iklim değişikliğinin farklı tanımları bulunmaktadır. Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'nde (BMİDÇS) günümüzde ortaya çıkan iklim değişikliğini; "uzun zaman boyunca iklimde gözlenen değişimlerin doğrudan veya dolaylı olarak insan faaliyetlerinin sonucunda ortaya çıkan ve küresel atmosferin bütünlüğünü bozan değişiklik" olarak tanımlanmıştır (UNFCC, 2011). IPCC Değerlendirme Raporunda, iklim değişikliği doğal değişkenler veya insan faaliyetleri sonucu zaman içinde iklimde meydana gelen herhangi bir değişikliği olarak ifade etmiştir (IPCC, 2021). Meteoroloji Genel Müdürlüğü ise, arazi kullanımında meydana gelen değişiklikler, fosil yakıtların kullanımı, orman alanlarının yok edilmesi, kentleşme ve sanayi faaliyetleri gibi insan faktörü sonucu atmosferdeki sera gazı emisyonların kısa bir zamanda, hızlı bir şekilde artması sonucu yerkürenin ortalama sıcaklığının artmasından dolayı iklim olaylarında yaşanan değişiklikler olarak tanımlamıştır (MGM, 2023).

Dünya'nın oluşumundan bu yana çeşitli iklim değişikliği olayları yaşanmıştır. Bu değişimler genellikle ortalama sıcaklıkların değişimi veya yağış rejimindeki değişikliklerle ilişkilidir. Doğadaki bu hasarlar genellikle kendiliğinden onarılmış

ve adaptasyon süreçleri göstermiştir. Ancak günümüzdeki iklim değişikliği krizi, diğer örneklerinden farklı olarak insan kaynaklıdır. İnsan faaliyetleri nedeniyle ortaya çıkan bu değişiklikler, küresel ölçekte geniş çaplı etkilere yol açmaktadır. Sanayi Devriminden bu yana yaşam alanlarımızda fosil yakıtların yaygın kullanımının artması, hızlı ve plansız nüfus artışı, tüketim alışkanlıklarındaki değişimler ve kentleşme faaliyetleriyle orman alanlarının tahrip edilmesi gibi faktörler, bu etkilerin hissedilmesine neden olmaktadır.

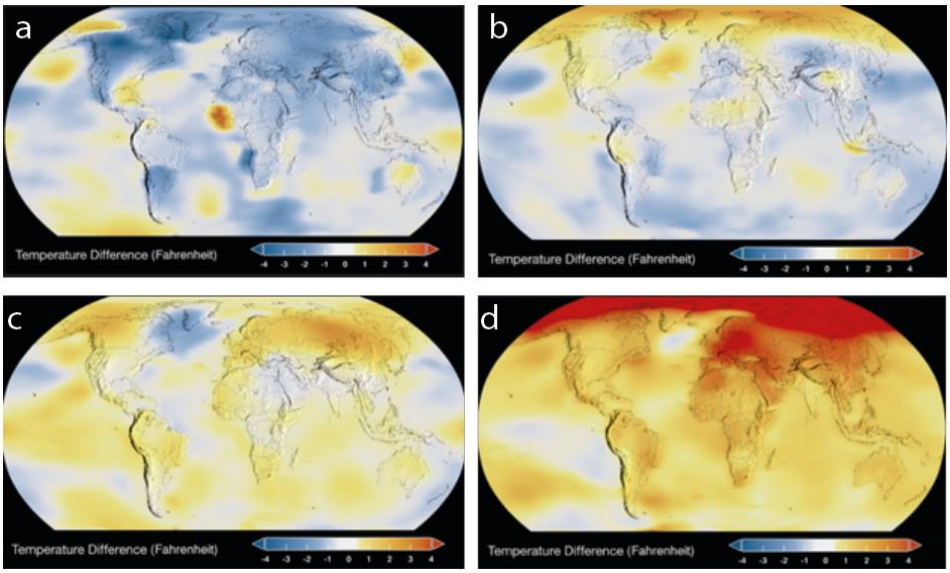
Uluslararası Enerji Ajansının 2016 yılında yaptığı araştırmada, kentlerin karbon emisyonlarının büyük ölçüde sorumlu olduğunu belirtmiş ve devam eden nüfus artışı yüzünden önlem alınmadığı takdirde karbon emisyonunun artacağı belirtilmiştir.

Canlı yaşamı için doğal sera gazları oldukça önemlidir. Ancak, özellikle fosil yakıtların yakılması, tarımsal etkinlikler, ormansızlaşma ve sanayi süreçleri gibi çeşitli insan faaliyetleri sonucunda atmosfere salınan sera gazlarının birikimindeki hızlı artışa bağlı olarak, şehirleşmenin de katkısıyla doğal sera etkisinin kuvvetlenmesi sonucunda, yeryüzünde ve atmosferin alt katmanlarında saptanan sıcaklık artışına yol açmaktadır (Türkeş, 2012). Bu durum insan kaynaklı sera gazının ortaya çıkmasına ve küresel ısınmanın artmasına sebep olmaktadır. Küresel ısınma ile birlikte hem kuzey hem de güney yarımkürede buzullardaki erimeler devam etmektedir. Bu durum, karbondioksit ve metan gibi gazların sera gazı oluşumuna neden olduğu şeklinde tespit edilmiş ve iklim değişikliğinin kabul edildiği dönemden bu yana, bu sera gazlarının ölçümleri yapılmaktadır.

Atmosferin yaklaşık %78'i nitrojen, %21'i ise karbon dioksit ve oksijen ile birlikte neon, hidrojen gibi gazlardan oluşmaktadır (Kurnaz, 2020). Atmosferdeki gazların değişimlerini takip edebilmek için yüzde terimi yerine milyon başına (ppm/ parts per million) terimi kullanılmaktadır (Kurnaz, 2020). Küresel karbondioksit salımı 420 ppm olarak ölçülmüş, 1880 yılından bu yana küresel sıcaklık 1,01 °C artmış ve deniz seviyesi 1993 yılı Ocak ayındaki seviyesine oranla 4 inç (10,16 cm) yükseldiği gözlemlenmiştir (NASA, 2023).

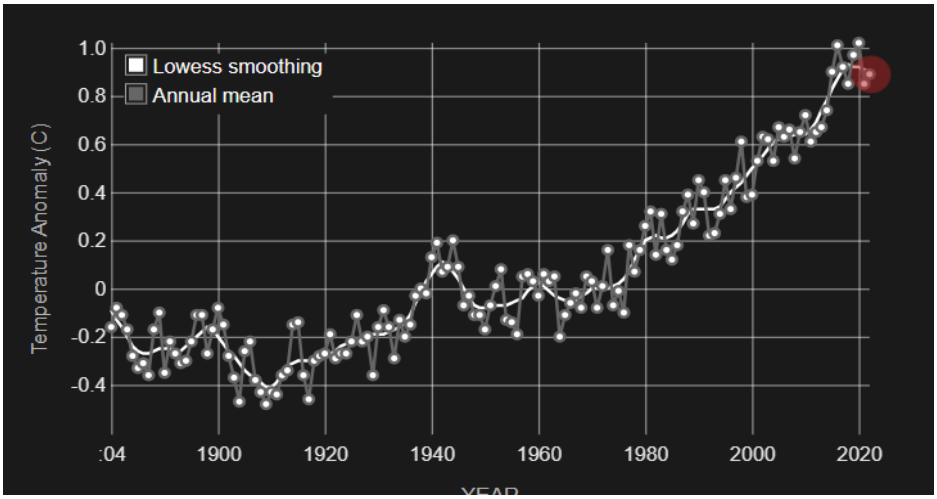
2021 yılında IPCC'nin yayınladığı rapora göre, 1880 yılından bu yana atmosfere salınan toplam sera gazlarının %40'ı son 40 yıl içinde meydana gelmiştir. Artan sera gazı etkisiyle deniz seviyesindeki yükselme ile birlikte buz kütlelerinde azalmalar

gözlenmiştir. NASA'nın verilerini içeren Şekil 2.4'e göre, 1884 yılından bu yana geçen 100 yıl ile karşılaştırıldığında, özellikle son 36 yılda Kuzey Yarımküre'de küresel ısınmanın ciddi bir şekilde arttığı görülmektedir.



Şekil 2.4 Yıllar içinde dünyadaki ısı değişimi 1884 (a), 1940 (b), 1985(c) ve 2022(d) (URL-1)

Şekil 2.5'te 2020 yılına doğru dünyada yaşanan ısı değişimi incelenmiştir. Bu analize göre, 1945'li yıllardan itibaren ısı değişiminin belirgin bir şekilde artış gösterdiği, 1945-1960'lı yıllar içerisinde yer yer azalma gözükse de ısı değişimin genel olarak artış halinde olduğu gözlemlenmiştir.



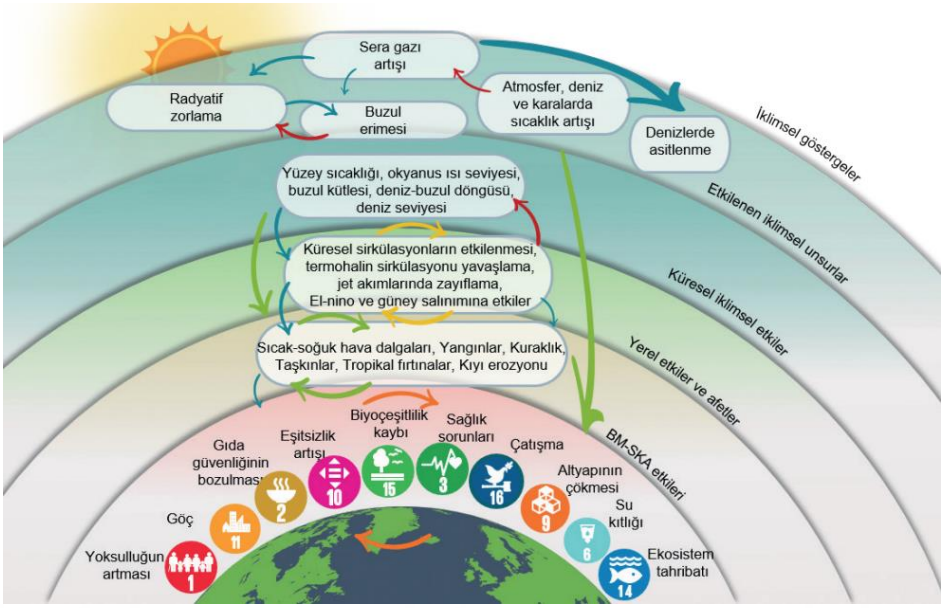
Şekil 2.5 1880-2020 yılları arası küresel ısınma çizelgesi (URL-1)

2021 yılında yapılan Hükümetler Arası İklim Değişikliği Panelinin (IPCC) yayımladığı Altıncı Değerlendirme Raporu'nda; insan faaliyetlerinin, sanayi öncesi

seviyelerin üzerinde yaklaşık olarak 1,0°C küresel ısınmaya neden olduğu ve bu artışın muhtemelen 0,8°C ila 1,2°C arasında değiştiğine dair tahminlere yer verilmiştir (IPCC, 2021).

Doğal ve insan sistemleri için iklimle ilgili riskler, 1,5°C lik küresel ısınma için şu anda olduğundan daha yüksek olup 2°C den daha düşüktür. Artış gösteren sıcaklıklar iklim üzerinde büyük değişikliklere neden olabilir. İklim üzerindeki bu riskler ısınmanın büyüklüğüne ve hızına, coğrafi konuma, gelişim ve kırılganlık seviyelerine ve adaptasyon ve azaltma seçeneklerinin (yüksek güven) seçimlerine ve uygulanmasına bağlıdır (IPCC, 2021). Emisyon oranlarının azaltılması ile bu etkilerin hafifleyeceği yıkıcı sonuçlarının önüne geçilebilir.

İklim değişikliğinin bir dizi olumsuz etkisi mevcuttur ve bu etkiler, dünya genelinde çeşitli alanlarda gözlemlenmektedir. Küresel ortalama sıcaklıkların artışı, küresel ısınma sürecini hızlandırarak kutup buzullarının erimesine neden olmakta ve deniz seviyelerini yükseltmektedir. İklim değişikliği, aşırı hava olaylarının, tropikal kasırgaların, kuraklıkların ve şiddetli yağışların sıklığını ve yoğunluğunu artırmaktadır. Bu olaylar, tarım, su kaynakları ve yerleşim bölgeleri üzerinde ciddi etkilere yol açmakta, aynı zamanda su döngüsünü etkileyerek su kaynaklarını ve dağılımını değiştirmekte ve tarım koşullarını etkileyerek bitki yetiştirme mevsimlerini değiştirmektedir, bu da gıda üretiminde düzensizliklere ve artan gıda güvenliği risklerine neden olmaktadır. Ayrıca, sıcaklık artışları, hava kirliliği, su kaynaklarındaki değişiklikler ve insan sağlığını olumsuz etkilemektedir. Şekil 2.6'da iklim değişikliğinin dünya üzerindeki etkileri sunulmuştur. Bu etkiler, iklim değişikliğinin karmaşıklığını ve geniş kapsamlı etkilerini yansıtmaktadır.



Şekil 2.6 İklim değişikliği ve etkileri (WMO, 2020; SYGM, 2021)

Yapılan bu bilimsel araştırmalar, ülkeleri karşılaşabileceği sorunlara karşı hazırlıklı olmaları konusunda uyarmakta ve iklim değişikliğinin etkileri ile mücadelede, değişime neden olan sera gazlarının azaltılmasının yanı sıra, mevcut ve olası etkilere uyum için hazırlıkların yapılmasının büyük önem taşıdığını vurgulamaktadır. Türkiye'nin iklim değişikliğinin etkilerinin yoğun hissedileceği Doğu Akdeniz Havzasında yer alması nedeniyle, iklim değişikliğinin olumsuz etkileri yönünden, ülkemiz yüksek risk grubu ülkeler arasında kabul edilmektedir (SYGM, 2021). Türkiye'de iklimsel değişikliklerin gözlemlendiği bir gerçektir. 21. yüzyılda, Güney Avrupa ve Türkiye'de daha sık, şiddetli ve uzun süreli kuraklıklar, sıcak hava dalgaları ve orman yangınlarının artması beklenmektedir. Ayrıca, kısa süreli ancak yoğun sağanak yağışlı günlerin sayısındaki artış ve ani taşkın olaylarındaki önemli artışlar gibi durumlar öngörülmektedir (SYGM, 2021). Bu değişiklikler, su kaynakları yönetimi, tarım, orman ve çevre politikaları gibi birçok sektörü etkileyebilir, bu nedenle uygun önlemlerin alınması ve iklim değişikliğine uyum için stratejilerin geliştirilmesi önemlidir.

İklim Değişikliğinin kaçınılmaz olduğu bu kapsamda etkilerini en aza indirmemiz için uyum stratejilerin ve politikaların geliştirilmesi gerekmektedir. Bu eylemler UNEP (Birleşmiş Milletler Çevre Programı) tarafından hafifletme ve uyum önlemleri olarak tanımlanmıştır. Hafifletme eyleminde, küresel minimize etmeyi, sera gazı emisyonlarını azaltmayı yenilebilir enerjilere yatırım yapmayı, düşük

karbonlu ekonomi modellerine geçişi ve enerji verimliliğini teşvik etmesi vb. uygulamaları önerilmiştir. Uyum eylemi ise iklim değişikliğine karşı dirençli olmayı ve çeşitli tedbirlerin alınması gerektiğini savunmaktadır. Bu doğrultuda altyapı iyileştirmeyi, tesisleri daha dayanıklı ve güvenli hale getirmeyi, doğa tabanlı tasarımların uygulanmasını, peyzaj restorasyonu, su kalitesini artırma, doğal afetlere hazırlıklı olmak için birçok tarım yöntemini de içermektedir (Acciona, Climate change).

İklim değişikliğinin etkileri daha belirgin hale geldikçe, devletler, sivil toplum kuruluşları ve bir dizi küresel-bölgesel kurum, sürdürülebilir kalkınma perspektifini oluşturmak için bir araya gelmiştir (Şekil 2.7). Bu süreç, su kaynaklarının yönetimi konusundaki en önemli çıktılardan biri olarak bütüncül su kaynakları yönetimi anlayışını ve sürdürülebilir kalkınma gündemini güçlendirmiştir (SYGM, 2021).

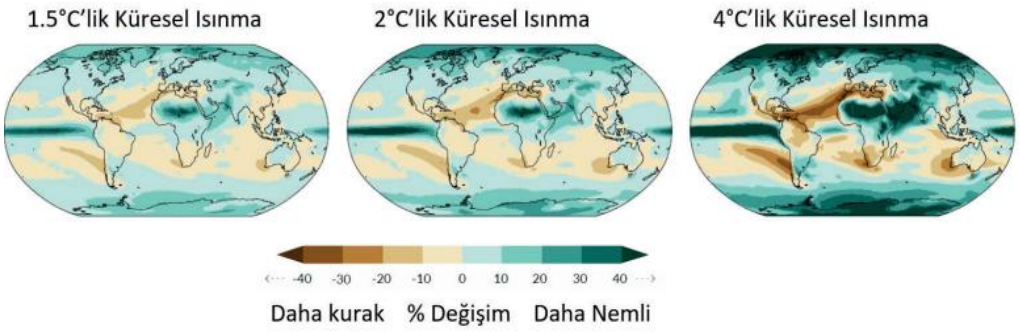


Şekil 2.7 Dönüşüm gündemi ve sürdürülebilir kalkınma amaçları (SKA) (SYGM, 2021)

İklim değişikliği sadece ekolojik boyutta değil ekonomik, sosyal ve siyasi açıdan da ele alınması gereken bir konudur. Günümüzde yaşanan bazı doğal felaketler sebebiyle iklim değişikliğinin etkileri hissedilebilir noktalara ulaşmıştır. Etkilerin azaltılması amacıyla küresel ölçekte devletlere önlem alınması noktasında sorumluluklar benimsetilmeye çalışılmaktadır. Bu noktada tüketimi azaltmaya ve sürdürülebilir yaşam tarzını benimseme konusunda bireysel tedbirlerin alınması ve bu konuda bilinçlendirme çalışmalarının artırılması da büyük önem arz etmektedir.

Küresel iklim değişikliği sonucunda yükselen sıcaklıklar, buharlaşma miktarını artırmaktadır. Bu artan buharlaşma, bazı bölgelerin kuraklıkla, diğer bölgelerin ise

aşırı yağışlarla karşı karşıya kalma olasılığını artırmaktadır. Şekil 2.8'de küresel ısınma etkisiyle 1850-1900 yıllarına kıyasla yıllık ortalama yağış değişimi gösterilmiştir.

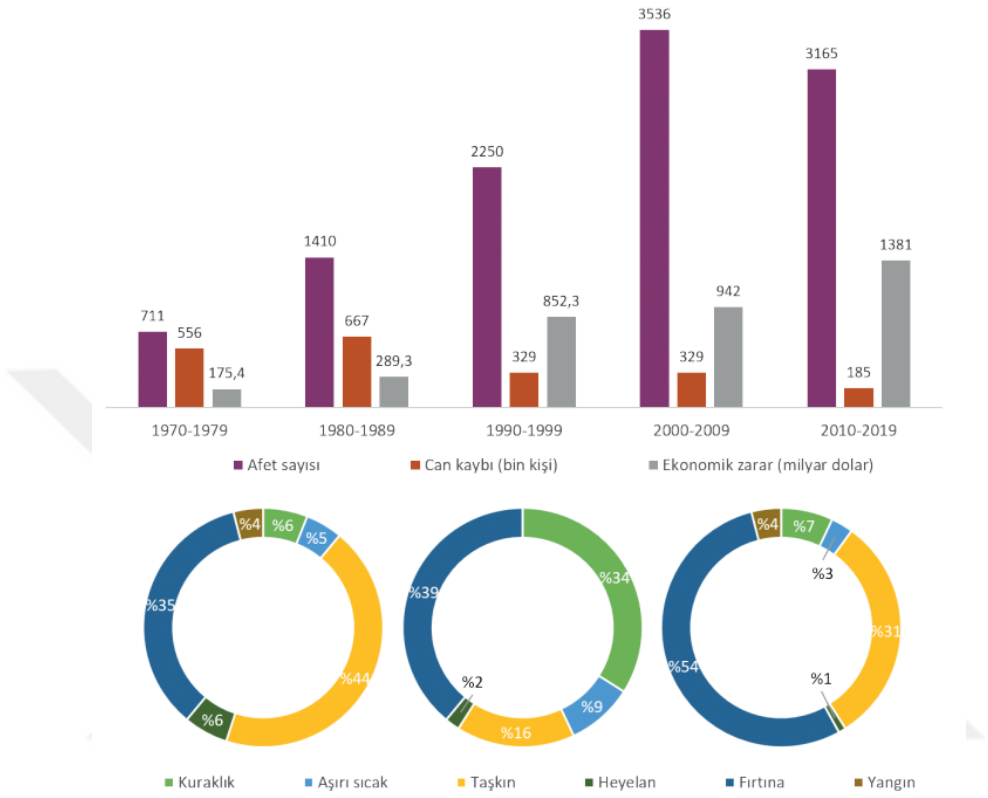


Şekil 2.8 1.5, 2 ve 4°C'lik küresel ısınmalarda 1850-1900 yıllarına kıyasla yıllık ortalama yağış değişimi (IPCC 6. Değerlendirme Raporu Yönetici Özeti, 2021).

İklim sistemini düzenleyen su döngüsü ile karbon döngüsünün üzerinde deniz ve okyanusların önemli etkisi bulunmaktadır. Okyanuslarda yaşanan fiziksel, kimyasal ve biyolojik süreçler bu döngüler üzerinde doğrudan etkilere sahiptir. Ekosistemi oluşturan bu süreçlerin dengede kalması ve birbiriyle uyum halinde olması gerekmektedir. Okyanusların atmosferdeki karbondioksiti ve ısıyı absorbe etmesi iklimin dengelemesinde önemli rolü bulunmaktadır. Ancak küresel ısınma okyanuslardaki suyun ısısının artmasına da neden olmakta ve suların daha asidik ve oksijen oranının azalmasına neden olmaktadır. Bu durum da okyanuslardaki üretkenliği ve biyoçeşitliliği azaltmaktadır (Salioğlu, vd., 2021, s. 4).

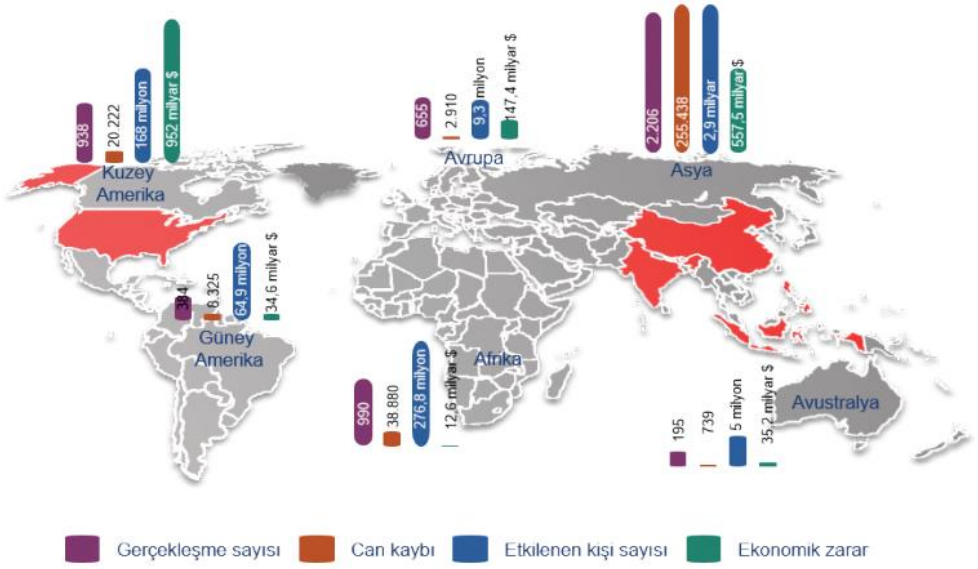
Küresel ısınma, atmosfer ve okyanuslardaki döngüleri değiştirerek yağış deseni ve akış rejimini etkilemektedir. Aşırı ve ani yağışlar toprak erozyonuna neden olarak su kolonundaki bulanıklığı arttırabilir. Bu durum, ışık geçirgenliğini, oksijen seviyesini ve ötrofikasyonu olumsuz etkileyebilir ve akarsu akışlarındaki azalma ve göllerdeki su seviyelerindeki düşüş, su kalitesinin bozulmasına neden olabilir (SYGM, 2021). Uzun süre devam eden kuraklık, kirleticilerin toprak yüzeyinde birikmesine neden olabilir. Yağışların başlaması ile birlikte toprak yüzeyindeki kirleticilerin su kaynaklarına ulaşması, su kalitesi açısından risk oluşturabilir ve aşırı yağışlar, sedimentleri ve kirleticileri dere yataklarına yoğun bir şekilde taşıyarak su kaynaklarının kalitesinin bozulma riskini artırabilir (SYGM, 2021).

İklim değişikliğinin su üzerindeki etkisini hissedeceğimiz temel bir durumdur. İklim değişikliği ve küresel ısınma nedeniyle deniz seviyesinin yükselişi sel, tayfun, kasırga ve kuraklık olaylarının artışı yaşanmaktadır. Dünyada 1970-2019 yılları arasında yaşanan afetler Şekil 2.9'da sunulmaktadır.



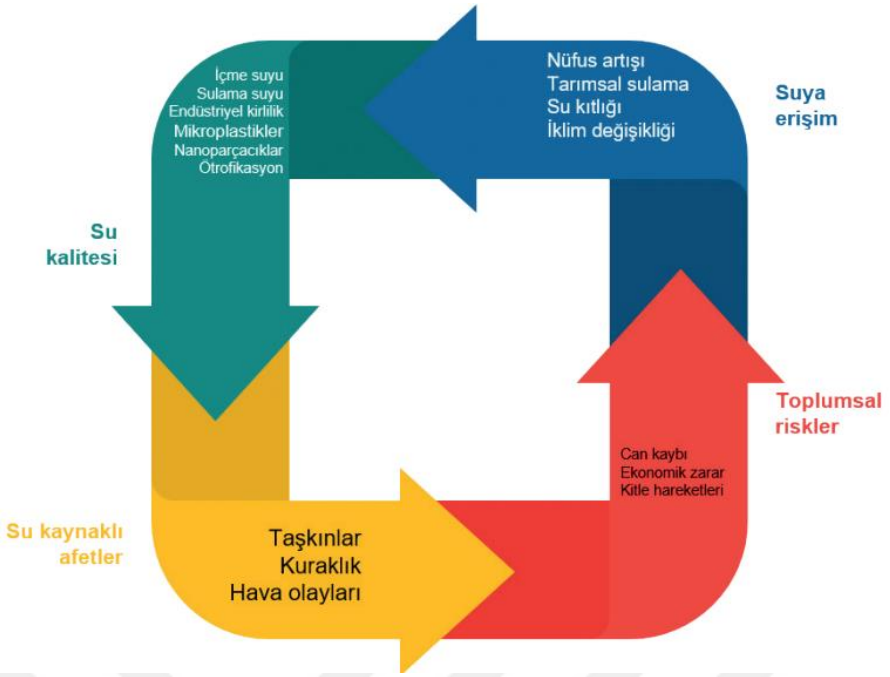
Şekil 2.9 1970-2019 yılları arasında yaşanan afetlere ilişkin istatistikler (WMO, 2021; SYGM, 2021)

Aşırı ve ani şekilde gerçekleşen yağışlar, taşkınlara neden olarak altyapıları zarara uğratmakta, can kayıplarına, arazi, toprak ve ürün kayıplarına yol açmaktadır. Öte yandan, yağışların sıklığının ve miktarının azaldığı kurak dönemlerde su temin etmede zorluklar yaşandığından tarımsal üretim ve hayvancılıkta verim düşerek kıtlık ve açlık tehlikelerini beraberinde getirebilmektedir. Günümüzde bu afetlerin yıllık gerçekleşme sayıları artış göstermekte (UNU-INWEH, 2017) ve 2001-2018 yılları arasında dünyada su kaynaklı yaşanan afetlerin sayısı ve yarattığı olumsuz durumlar Şekil 2.10'da gösterilmiştir.



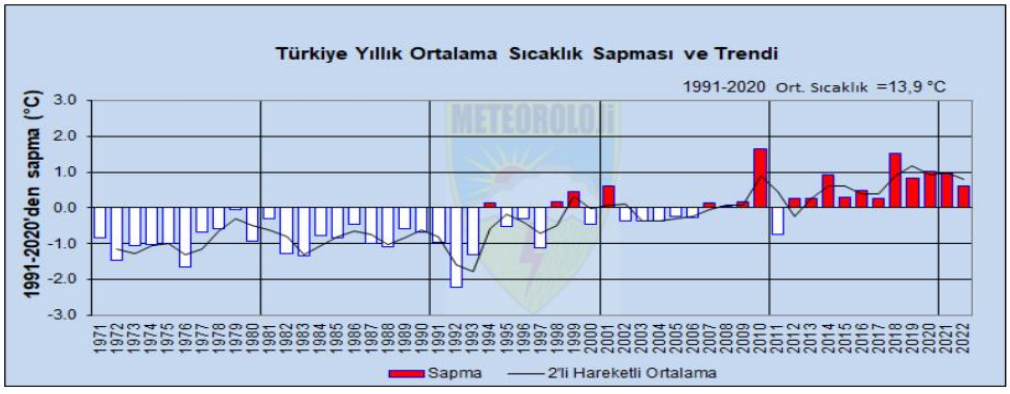
Şekil 2.10 2001-2018 yılları arasındaki su kaynaklı afetler (UNU-INWEH, 2017; SYGM, 2021).

İklim değişikliği ile beraber yaşanan sıcaklık artışının yanı sıra yağış miktarındaki değişiklikler günümüzde birçok kentsel ve kırsal alanda mevsim normalinin dışında yoğun ve ani yağışlarla sel ve taşkın olaylarının yaşanmasına veya uzun süre yağış olmamasından kaynaklı uzun süreli kuraklıkların yaşanmasına neden olmaktadır. Düzensiz ani yağışlar, suyun kaynak noktalarını, akışını bozmakta, su kaynaklarını kirletmekte ve toprak kaymasına sebep olmaktadır. Sel ve taşkın olaylarının, kent altyapısını bozması, yapıları tahrip etmesi ve gıda fiyatlarında artış gibi ekonomik etkileri görülmektedir. Sel ve kuraklık sonucunda toprak yapısında değişiklik yaşanması, verimli toprakların tahribi ve tarımsal üretimdeki düşüş ile gıda kıtlığı ve gıdaya erişim zorluğu konuları ile karşılaşılmaktadır. Ayrıca kuraklık yaşanan bölgelerde içme suyu rezervlerindeki düşüş ve sıtma gibi hastalıkların artışı da gözlenmektedir. Su kaynaklarını etkileyen etmenler ve yarattığı olumsuz durumlar Şekil 2.11'de sunulmuştur.



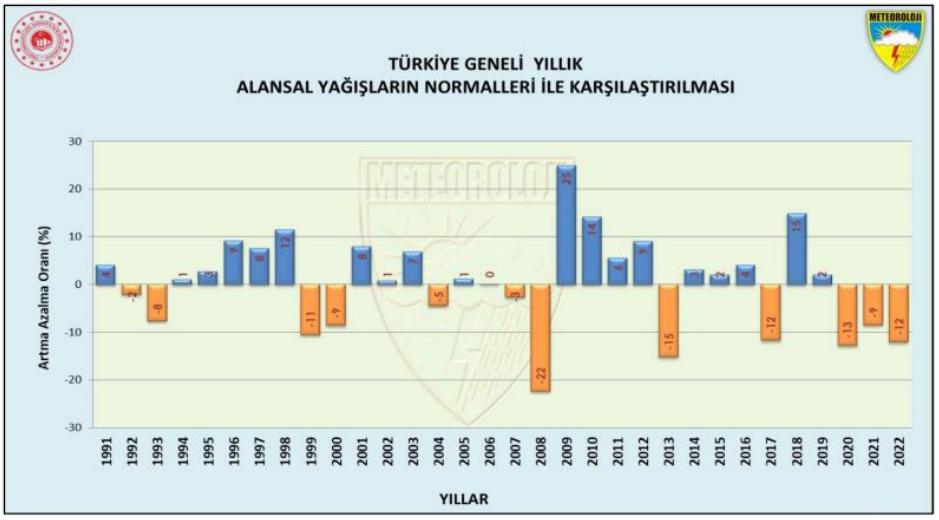
Şekil 2.11 Su ile ilişkili meseleler (Makarigakis vd. 2019 vd; SYGM, 2021)

Türkiye, iklim değişikliğinin olumsuz etkilerinin en fazla yaşandığı bir bölgede yer almaktadır. Değişen iklime bağlı olarak ekstrem hava olaylarının sayısı, şiddeti ve süresi özellikle 2000'li yıllardan bu yana artarak devam etmiş ve Şekil 2.12'de gösterildiği üzere 2022 yılı Türkiye ortalama sıcaklığı 14,5 °C ile 1991–2020 ortalaması olan 13,9 °C'nin 0.6°C üzerinde gerçekleşmiştir (MGM, 2023).



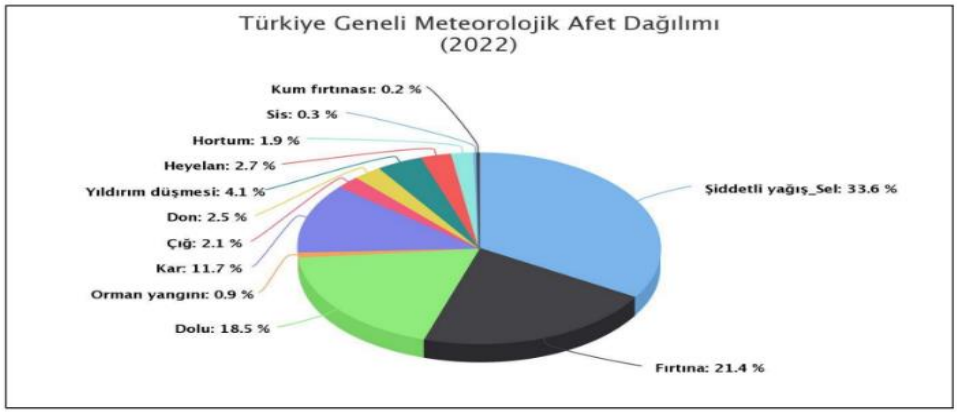
Şekil 2.12 Türkiye yıllık ortalama sıcaklık farkları (MGM, 2023).

Türkiye 2022 yıllık alansal yağışı 503.8 mm olarak gerçekleşmiştir. Türkiye yağış normali (1991-2020) 573.4 mm'dir. Yağışlarda normaline göre Şekil 2.13'te gözüktüğü üzere %12.1 ve geçen yıl yağışlarına göre %4.0 azalma meydana gelmiştir (MGM, 2023).



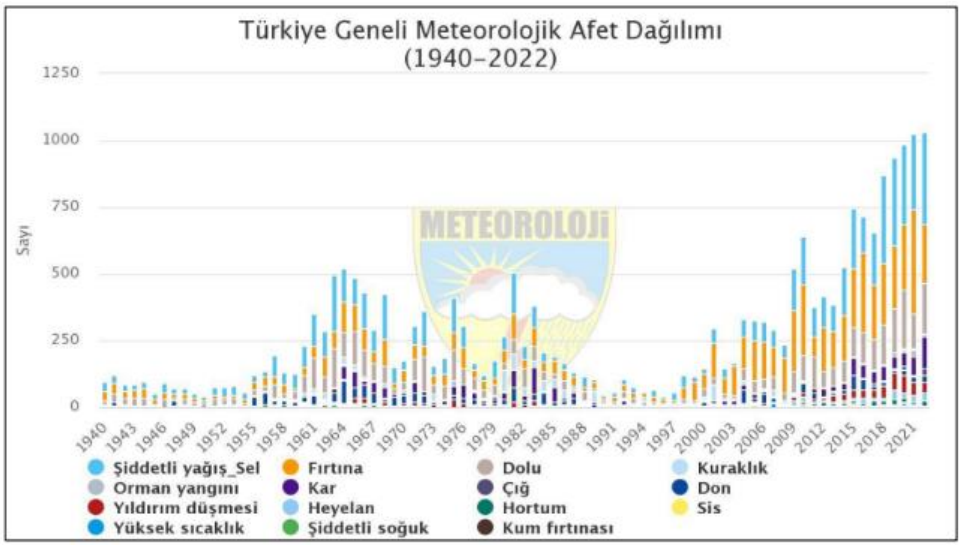
Şekil 2.13 Türkiye yıllık alansal yağış sapması (MGM, 2023).

2022 yılı, 1030 ekstrem olay sayısı ile en fazla ekstrem olay yaşanan yıl olmuştur (MGM, 2023) .Ekstrem olay trendlerinde özellikle son yirmi yılda artış eğilimi vardır. 2022 yılı içerisinde meydana gelen ekstrem olayların büyük çoğunluğunu %33,6 ile şiddetli yağışlar oluşturmuştur. Bu değeri %21.4 ile fırtına, %18,5 ile dolu, %11,7 ile kar takip etmiştir. Diğer ekstrem olaylar arasında %4,1 yıldırım düşmesi, %2,7 heyelan, %2,5 don, %2,1 çığ, %1,9 hortum, %0,9 orman yangını, %0,3 sis, %0,2 kum fırtınası bulunmaktadır (Şekil 2.14). Bu afetlerin yaklaşık %80'i yağış kaynaklı olduğu tespit edilmiştir (MGM, 2023).



Şekil 2.14 Türkiye' de 2022 yılında yaşanan afet dağılımı (MGM, 2023)

1940-2021 yılları arasında Türkiye yaşanan ekstrem olaylar Şekil 2.15'te gösterildiği üzere şiddetli yağış, sel ve fırtına afetlerinde belirli bir artışın olduğu görülmektedir.



Şekil 2.15 Yıllık ekstrem olay sayıları (MGM, 2023)

11.08.2021 tarihinde Kastamonu, Bartın, Sinop'ta 11 Ağustos itibariyle etkili olan kuvvetli sağanak sel ve taşkına neden olmuştur. Birçok ev, yol ve köprüde çökmeler oluşmuş, ev ve iş yerleri sular altında kalmıştır. Şekil 2.16'da Kastamonu ili Bozkurt ilçesinde afetin etkisi görülmektedir.



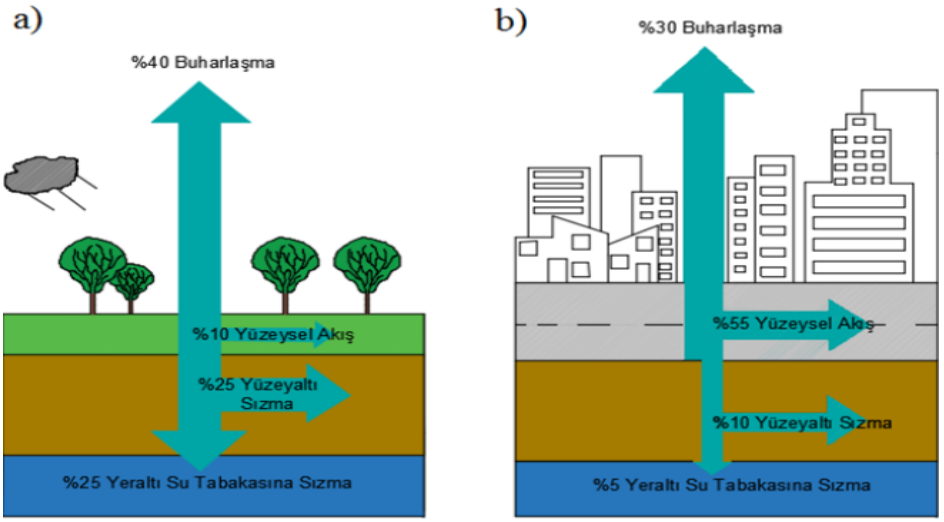
Şekil 2.16 Kastamonu'da yaşanan sel felaketi (11.08.2021) (URL-2)

Su, iklim değişikliğinin etkilerini küresel olarak nasıl hafifleteceğimiz ve nasıl uyum göstereceğimiz konusunda önemli rol oynamaktadır. İklim değişikliği etkilerini yavaşlatmamıza, aşırılıklardan korunmamıza ve aynı zamanda kaçınılmaz olanla uyum sağlamamıza izin verecek sistemler tasarlanmalıdır. Bu kapsamda geleneksel yöntemlerin, su krizinin önlenmesinde yetersiz kaldığı anlaşılmış olup yaşam alanlarımızda doğa tabanlı, sürdürülebilir suya duyarlı altyapının ve kentsel tasarımın uygulaması zorunluluk teşkil etmektedir.

2.3 Kentleşmenin Su Kaynaklarına Etkisi

Kentleşme hareketlerinin artması, Sanayi Devrimi, otomobilin keşfi ve teknolojinin insan hayatına girmesi ile beraber kentteki nüfus artışına ve kır nüfusunun azalmasına neden olmuştur. Böylece doğal yapı verileri göz önünde bulundurulan ve yapı malzemesi olarak yerleşime özgü malzemelerin tercih edildiği bir durum söz konusu iken kentteki artan nüfusun ihtiyacı bağlamında kentlerde bu etmenler göz ardı edilmiştir. Betonarme yapıların kullanımı artmıştır. Kentler tarım alanlarını ve doğal yaşam alanlarını yok ederek veya yerinden ederek yayılım göstermiştir. Kentlerdeki bu yayılım faaliyetleri devam etmekte ve bu durum biyoçeşitlilik açısından zengin alanları tehdit altında bırakmaktadır. Ayrıca kentleşme faaliyetleri su, hava ve peyzaj gibi değerleri yeniden şekillendirmekte ve aksatmalara neden olmaktadır. Kentleşmeyle beraber artan nüfus artışı ve çeşitli dinamikler söz konusu olmaktadır. Böylece kentlerde doğal yaşam alanları üzerindeki baskı artmaktadır. Metropoliten diyebileceğimiz kentlerde su ihtiyacı kentte yeterli olmamakta yakın çevreden suyun tedariki yapılmakta ve su talebini karşılamak için barajlar yapılmaktadır.

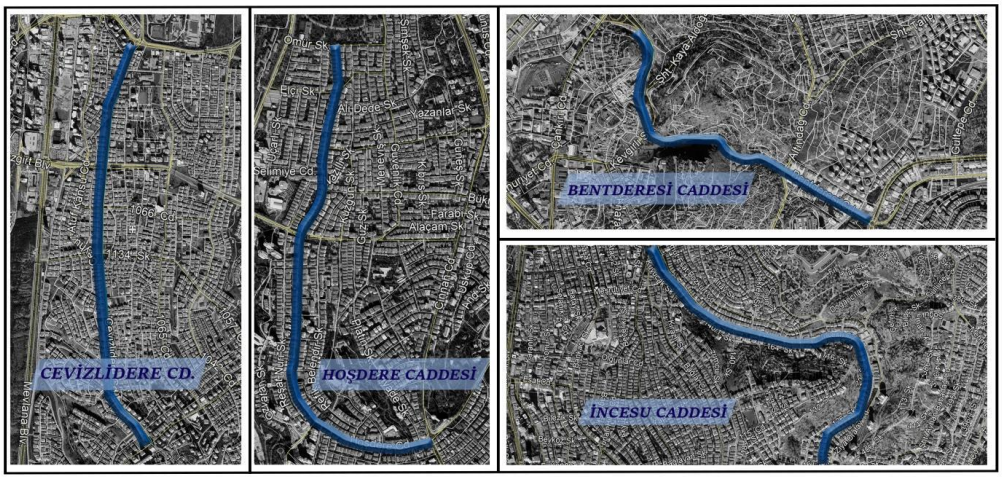
Su havzalarının yerleşime açılması, atık suların su kaynaklarına deşarjı ile yaşanan kirlenme, orman alanlarının kaybı, artan trafik yoğunluğu, rekreasyon ve turizm kullanımlarının baskısı gibi etmenler doğal su yollarının kaybolmasına ve doğal su kaynaklarının bozulmasına ve kirlenmesine neden olmaktadır. Kırsal alanlardan kentsel alanlara artan göç ve nüfus artış hızı, kentlerde arazi değişikliklerine neden olmuştur. Barınma ihtiyacının karşılanması için yeni yapılaşmaları beraberinde getirmekte ve bu durum sıkışık ve yoğun kentsel alanların ortaya çıkmasına yol açmaktadır. Kentleşme süreciyle birlikte, geçirimsiz yüzeyler artmakta ve yeşil alanlarda azalma meydana gelmektedir. Şekil 2.17'de görüldüğü üzere kentleşme öncesi ve sonrası suyun yer altına akışı görülmektedir.



Şekil 2.17 Kentleşme öncesi ve sonrası suyun akışı (Demir, 2012)

Yeşil alanların tahrip edilmesi, yer altı kaynaklarının yeterince beslenememesi, yağmur suların deşarj edildiği alıcı ortamların kirletilmesi ve geçirimsiz yüzeylerden dolayı kentlerde sel ve taşkın olayları meydana gelmektedir. Bu durum yer altı su rezervlerini de etkilemekte ve doğal döngüsünü kaybeden su alanlarının yenilenme kapasitesini de olumsuz etkilemektedir. Dolayısıyla su sorunu her geçen gün doğa aleyhine bozulmakta ve çevresel bir soruna dönüşmektedir.

Kent içinde trafik sorunlarını hafifletmek amacıyla dere yatakları kapatılarak yol, kavşak ve köprüler inşa edilmektedir. Yoğun kentsel yapılaşma ile birlikte derelerin güzergâhlarını tespit etmek zorlaşmıştır. Ankara'nın başkent ilanından sonra hızlı bir kentleşme süreci yaşanmış, dere ve dere kıyıları tatlı su, balıkçılık ve rekreasyon alanları olarak kullanılırken günümüzde bu dereler ulaşım sistemi altında kalmıştır. Bu durum sel ve taşkınların yaşanmasına neden olmaktadır. Bu durumun temel sebebi, doğal dere yataklarının beton menfezlere alınması ve bu alanların inşa edilen yollar tarafından dere yatağı olarak kullanılmasıdır (Yılmaz ve Ercoşkun, 2020). Bu caddeye ise genellikle kaybolan dere adı verilmektedir. Ancak, derenin bu şekilde üstünün kapatılması kent belleğinin kaybolmasına ve dere-kent tarihi bağının zamanla yok olmasına neden olmaktadır (Şekil 2.18).



Şekil 2.18 Dere yataklarında bulunan yollara verilen cadde isimleri (Yılmaz ve Ercoşkun, 2020)

Ankara'da Şekil 2.19'da görüldüğü üzere geçmişten günümüze birçok sel felaketi yaşanmıştır. Altgeçitler, toplu ulaşım araçları ve metro istasyonları sular altında kalmıştır. Ancak, bu sel felaketlerinin aslında bir doğa olayı olmadığı, yanlış kent uygulamalarının yarattığı etkiler olduğu söylenebilir. Dere yataklarının evsel ve sanayi atıkları ile kirletilmesi sonucu derelerin kapatılması ve kanalizasyon hatlarına dönüştürülmesi, bir kısmının beton menfezler içinden yer altından akması, bugün ulaşım altyapısı ve üstyapısını tehdit etmekte ve beton menfezler içinde akan derelerin güzergâhlarını tespit etmeyi imkânsız hale getirmiştir (Semiz, 2019). Bu durum geçmişte bu alanların dere yatağı olması nedeniyle aşırı yağışlarda sel oluşmasına yol açmakta ve mal ve can kayıplarına sebep olmaktadır.



Şekil 2.19 Ankara' da sel felaketinde etkilenen alanlar (Semiz, 2019)

Geçirimsiz yüzeylerin yoğun olduğu yerleşimlerde, sel ve taşkın gibi sorunlar sıkça görülebilir. Bu durum, yağış sularının hızla yüzeyde birikmesine ve doğal akış yollarının tıkanmasına neden olarak erozyon gibi sorunları tetikleyebilir. Ayrıca, bu sorunlar önlenmezse, su kaynaklarının azalması ve yer altı su seviyelerinin düşmesi gibi etkilerle kuraklık sorununu beraberinde getirebilir.

Bakteriler, kimyasallar ve pestisitler gibi çeşitli kirleticiler, yüzeysel akışa geçen yağmur suyu ile göllere, derelere veya okyanuslara karışabilir. Sel ve taşkın olaylarında konut veya iş yerlerini su basması, drenaj yapılarının zarar görmesi ile lavabo veya tuvaletten gelen kirli suyun kanalizasyona karışıp daha sonra yağmur suyuna karışarak arıtılmadan su kaynaklarına karışması çevre ve insan sağlığı üzerinde olumsuz etkiler yaratabilir. Çeşitli kimyasalların yanı sıra ambalaj, yaprak, sigara izmaritleri gibi her türlü atık, yüzeysel akış ile sürüklenerek yağmursuyu yönetim sistemlerinin tıkanmasına neden olabilir ve bu atıkların yeryüzü su kaynaklarına taşınması, su ekosistemine ciddi zararlar verebilir (TOBB, 2019; Wang vd., 2021). Şekil 2.20'de yüzeysel akış nedeniyle meydana gelen bazı durumlar gösterilmektedir.



Şekil 2.20 Yüzeysel akış nedeniyle meydana gelen sorunlar (URL-3)

2.4 Yağmursuyu Yönetimi

Su yönetimi, uygarlıkların ortaya çıkmasından itibaren hayati bir öneme sahiptir, çünkü yaşamın sürdürülmesi suya bağımlıdır. Bu çalışmada, yağmur suyunun yönetilmesine odaklanılmakta ve bu bağlamda yağmur suyu yönetim konuları ele alınmıştır. Yağmur suyu yönetimi, tarih boyunca dönüşmüş ve günümüzde sürdürülebilir kriterleri sağlayan bir perspektife ulaşmıştır. Yağmur suyu yönetimi; ilk ortaya çıktığı işlemler (geleneksel su yönetimi) ve çevresel etkileri minimize eden, suyun verimli kullanımını teşvik eden sürdürülebilir yağmur suyu yönetimi olmak üzere iki başlık altında incelenmektedir.

2.4.1 Geleneksel Su Yönetimi

Su, yaşamın devamlılığı için vazgeçilmez bir kaynaktır. Ülkelerin ekonomik gelişimi, güvenlik önlemleri ve sosyal refahları açısından temel bir ihtiyaç olması, suyun önemini artırmaktadır (Özonat, 2017). Suyun doğal savunma hattı yaratması, manzara ögesi olarak ele alınması ve iklim koşullarından kaynaklanan serinletici etkisi, insanların suyu sadece bir ihtiyaç olarak değil, aynı zamanda doğal bir güzellik ve yaşam kaynağı olarak görmelerini sağlamıştır. Ayrıca, suyun ayinlerde kullanılmak üzere kutsal kabul edilmesi, çeşitli kültürlerde suyun yaşamın bir parçası olarak algılanmasını desteklemiştir. Suyun insanlık için taşıdığı değer, geçmişten günümüze önemli bir öge olarak sürmektedir.

Yaşam alanlarımızın varlıklarını sürdürebilmesi suya bağımlıdır. Uygarlığın başlangıcından itibaren, şehirler, nehirler veya su kütleleri boyunca inşa edilmiş, sakinlere tatlı su, gıda ve enerji sağlamıştır. Su, insan yerleşimlerinin ve medeniyetin gelişmesinde temel bir rol oynamıştır. Mezopotamya'da yerleşimler Dicle ve Fırat nehirleri boyunca gelişirken, Mısır'da Nil nehri boyunca yerleşimler

ortaya çıkmıştır. Bu yerleşimlerde suyun kontrolü ve yönetimi için erken sulama sistemlerinin inşası, tarımın geliştirilmesi ve toplulukların yaşamını sürdürmesi açısından kritik öneme sahip olmuştur. Bu sulama sistemleri, suyun düzenlenmesi ve dağıtılmasıyla toplulukların tarımsal üretimlerini artırarak beslenmelerini sağlamıştır.

Antik çağlarda, suyun etkili kullanımı için çeşitli su yönetim sistemleri geliştirilmiştir. Mezopotamya'da, sulama kanalları tarım için geliştirilmiş ve MÖ 2650'de Mısırlılar Nil Nehri'ni kontrol etmek için Sadd El Kafara Barajı'nı inşa etmiştir (Sözer, 2022). Minoslar, MÖ 2250'de sanitasyon ve su temini için yeraltı kil boru ağı kullanan ilk medeniyet olmuştur (Sözer, 2022). Aynı dönemde, İran'da Qanat Sistemi geliştirilmiştir (Grant, 2016). Bu sistem, suyu yeraltı ağıyla taşıyarak yüzey akışını azaltmayı ve kirliliği önlemeyi amaçlamıştır (Şekil 2.21).



Şekil 2.21 İran Qanat sistemi (URL-4)

Dünya genelinde, şehirlerin ihtiyaçlarına bağlı olarak farklı su yönetimi sistemleri kullanılmıştır. Şekil 2.22'de gösterildiği üzere Hintliler yağmur suyunu toplamak için basamaklı kuyular inşa etmişlerdir (Karakadılar, 2020).



Şekil 2.22 Hint Basamaklı Kuyular (Karakadılar, 2022)

Roma döneminde, su yönetimi alanında hidrolik biliminin keşfi önemli bir ilerleme olmuştur. Kente su getirmek için büyük suyolları ve su tesisleri kurulmuştur. Romalılar, temiz suyu dağlardan ve yüksek bölgelerden şehir çevresine taşımak, ayrıca suyu uzak mesafelerden getirebilmek amacıyla su kemerleri inşa etmişlerdir (Şekil 2.23). Su mimarisi içinde ayazmalar, suyolları, , su kuleleri, kemerler, kanallar, büyük su toplama havuzları, hamamlar, çeşmeler, hendekler ve daha birçok eser suyun kent gelişiminde önemli rol oynamıştır.



Şekil 2.23 Roma su kemerleri (Karakadılar, 2022)

Romalılar ve Bizanslılar, suyu şehirlere taşımak amacıyla geliştirdikleri gelişmiş su altyapılarıyla dikkat çekmişlerdir. Roma döneminde, nüfus artışıyla birlikte su ihtiyacı artmış ve sarnıçlar suyun depolanması ve taşınması için hayati öneme sahip hale gelmiştir (Sözer, 2022). Yerebatan Sarnıcı gibi büyük depolama tesisleri,

yağmur suyunun toplanması ve suyun depolanması için kullanılmıştır. Bu sistemler, suyun etkili bir şekilde taşınması ve depolanmasında önemli yapılar olmuştur (Şekil 2.24).



Şekil 2.24 İstanbul Yerebatan Sarnıcı (URL-5)

Roma dönemine ait olan su kanalları, kuzeyde Pamukkale ile Karahayıt arasında ve diğer bir set ise doğuda Güzelpınar istikametinde yer almaktadır (WHC, 1988). İki su kemerine ve su deposu kalıntılarına sahiptir (Şekil 2.25).



Şekil 2.25 Hiyerapolis (Pamukkale/Denizli) antik su kanalı ve Kent Haznesi-Sarnıcı (WHC, 1988)

Corriental rezervuar filtrasyon sistemi, Roma şehrindeki suyu temizlemek ve şehri daha sağlıklı hale getirmek amacıyla 2000 yıl önce geliştirilmiştir (Şekil 2.26).



Şekil 2.26 Corriental Rezervuar Filtrasyon Sistemi (Karakadılar, 2022)

Hitit Dönemi'nde (M.Ö. 1750-860), Hattuşa'da yer alan yeraltı suyunu toplamak için doğuda 36.000 m³'lük ve güneyde 20.000 m³'lük havuzlar ile kaya oyma sarnıçlar yapılmıştır (Wittenberg ve Schachner, 2013; Bozdağ vd., 2020). M.Ö. 16. yüzyılda Çorum Boğazköy'de ve M.Ö. 14. yüzyılda Kayseri Pınarbaşı'nda Karakuyu Barajı ile M.Ö. 13. yüzyılda Konya Beyşehir'de Eflatunpınar Havuzu gibi su yapıları da Anadolu'nun en eski su yapıları arasında yer almıştır (Wittenberg ve Schachner, 2013; Bozdağ vd., 2020).

Urartular döneminde birçok kanal ve baraj yapılmıştır. Bu dönemde Şekil 2.27'de gösterildiği üzere Gürpınar Ovası'ndan Van Ovası'na su taşıyan 50 km uzunluğundaki tarihi Minua (Şamram) Kanalı inşa edilmiş ve günümüzde hala işlevini sürdürmektedir (Timür ve Alp, 2021).



Şekil 2.27 Minua (Şamram) Kanalı (URL-6)

Anadolu uygarlıklarında ve günümüzde hala varlığını sürdüren su kanalları, yağmur suyunu kanallar aracılığıyla taşımaktadır. Bu su olukları, yaşam alanlarındaki mekânlarla bütünleşmiş ve kentin su ile olan ilişkisini tanımlayan önemli unsurlar haline gelmiştir. Örneğin, Şekil 2.28'de görüldüğü üzere Balıkesir Zeytinli Mahallesi'nde sürekli akış halindeki çay suyu ve kullanımdan kaynaklanan atık suyu taşıyan kanal ve oluklar, mahalle için özgün bir mekânsal tipoloji

oluşturmuştur (Budak, 2023). Su olukları, taş kaplamanın ara boşluklarından toprağa geçerek ağaç köklerine kadar ulaşabilen suyun bir iletim aracıdır. Bu oluklar sokak kenarında ve sokağın ortasında inşa edilmiştir.



Şekil 2.28 Balıkesir Zeytinli Mahallesi su olukları

Su olukları, taş kaplamanın ara boşluklarından toprağa geçerek ağaç köklerine kadar ulaşabilen suyun bir iletim aracıdır. Bu oluklar sokak kenarında ve sokağın ortasında inşa edilmiştir. Sokak kenarına yapılan su toplama kanalları Safranbolu yerleşiminde görülmektedir. Günümüzde Şekil 2.29'da sunulduğu üzere Avrupa Eko-kentlerinde, Almanya Freiburg'ta ve Bo01'de su olukları kullanımı uygulanmaktadır (Gezer, 2013). Eriyen kar ve biriken yağmur suları, hem kış günlerinin serinliğini hissettirir hem de toprağın kokusunu duyurur. Bu su olukları su–mekân-bellek ilişkisinde önemli rol üstlenmektedir.



Şekil 2.29 Safranbolu su toplama kanalları; Almanya Freiburg, Bo01 (Gezer, 2013; Ercoşkun Y., 2016)

1700'lü yıllarda, kanalizasyon suları cadde ve bahçelerdeki açık kanallara deşarj edildiğinden dolayı, 1800'lü yıllara gelindiğinde nüfus yoğunluğunun artmasıyla

açık kanallar kolera gibi halk sağlığını tehdit eden salgınlara neden olmuştur (Gülcü, 2021). Açık kanallarla yapılan atık su deşarjı, 1800'lerde sağlık sorunlarına yol açmasıyla modern kanalizasyon sistemlerinin gelişimini hızlandırmıştır. Modern anlamda ilk kanalizasyon çalışmaları 1842 yılında Hamburg'da başlamıştır (Lofrano ve Brown, 2009). Sanayi devrimiyle birlikte, artan makine gücü drenaj sistemlerinde de kullanılmaya başlandı.

Sanayi Devrimi ile birlikte, kentler hızla büyüdü ve bu hızlı kentleşme, gecekondu mahallelerinin ortaya çıkmasına neden oldu. Bu alanlara göç eden nüfus, kentsel altyapı ve kamu hizmetlerinden yoksun bir şekilde yerleşmiştir. Bu durum, yoğun kentleşme ve sağlıksız yaşam koşulları nedeniyle sağlık sorunlarını beraberinde getirmiş ve bu bölgelerin kentsel dönüşüme tabi tutulmasına yönelik projeler geliştirilmeye başlandı. Bu projeler genellikle yağmursuyu ve lağım sistemlerini yer altına almayı amaçlamaktadır (López de Lucio, 1993). Bu dönemde, 1853'te Paris'te "Plan Haussmann" ve 1860'ta Barselona'da "Plan Cerdá" öne çıkan projeler arasında yer almıştır (Rodríguez vd., 2015). Bu projelerde, sokak suyunu ortadan kaldırmayı ve yol yüzeylerinin geçirimsiz hale getirmeyi amaçlamış, bu sayede su yönetimini kentsel mekân tasarımından ayıran bir yönetim modeli benimsemiştir. Bu su yönetimi yaklaşımı, 19. ve 20. yüzyıllarda şehirlerde temel bir prensip haline gelmiştir (Rodríguez vd., 2015).

Günümüz şehirlerinde ise çoğunlukla geleneksel yağmur suyu kontrol sistemleri kullanılmaktadır. Bu sistem, yağmur sularını hızlı bir şekilde toplamak ve kentsel alanlardan uzaklaştırmak amacıyla tasarlanmış ve genellikle mazgallar, borular ve benzeri yapısal elemanlardan oluşur. Amaç, yağmur sularını hızlı bir şekilde toplamak ve bu suları alıcı ortamlara iletmektir. Bu sistemlerin genel işleyişi aşağıdaki adımları içerir:

Mazgallar: Yağmur suyu kontrol sistemlerinin başlangıcı genellikle mazgallardır. Yağmur sularını yüzeyden toplamak için yerleştirilen açıklıklardır. Bu mazgallar, yağmur suyunun sisteme girişini sağlar.

Borular: Toplanan yağmur suları, borular aracılığıyla taşınır. Bu borular genellikle yer altında veya yer yüzeyinde döşenmiş olabilir. Yağmur sularını hızlı ve etkili bir şekilde toplama noktasından uzaklaştırmak için kullanılır.

Alıcı Ortamlar: Yağmur suları genellikle alıcı ortamlara yönlendirilir. Bu alıcı ortamlar genellikle kanalizasyon şebekeleri, su arıtma tesisleri veya doğal su kaynakları (deniz, göl, akarsu gibi) olabilir.

Su Arıtma: Sistem, yağmur sularını alıcı ortamlara iletmek öncesinde su arıtma tesislerine de yönlendirebilir. Bu adım, yağmur sularındaki kirleticilerin ve zararlı maddelerin temizlenmesini sağlar (Konyalı Dereli, 2020).

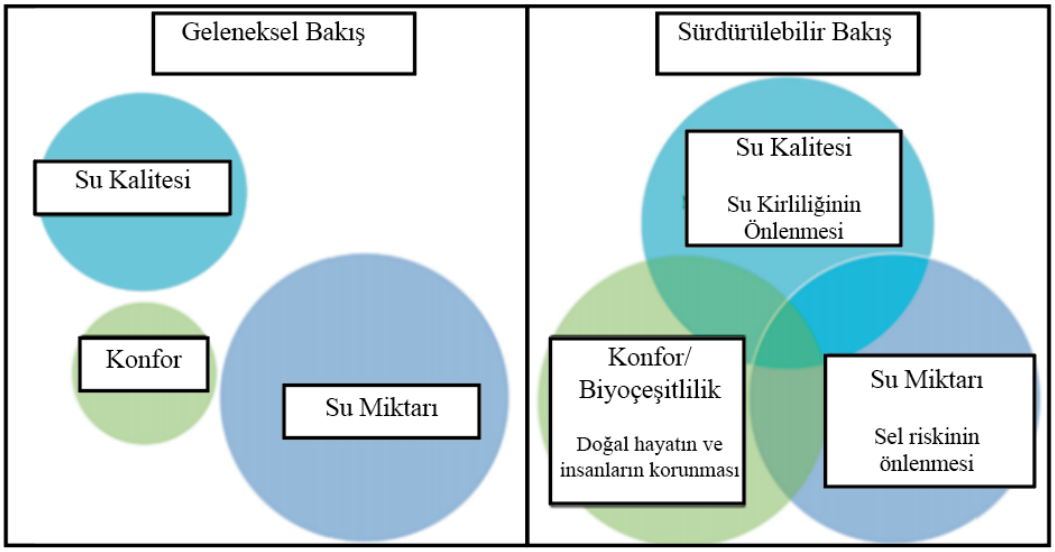
Geleneksel yağmur suyu kontrol sistemleri genellikle etkili olsa da bazı sorunlara neden olabilir. Örneğin, yoğun yağış dönemlerinde altyapıya aşırı yük getirebilir, taşkınlara ve su kirliliğine neden olabilir. Bu nedenle, modern kentsel planlama ve mühendislikte sürdürülebilir yağmur suyu yönetimi stratejileri ve yeşil altyapı uygulamaları da gittikçe önem kazanmaktadır.

2.4.2 Sürdürülebilir Yağmursuyu Yönetimi

Günümüzde şehirlerde su yönetimi için benimsenen yaklaşımlar, geçmişteki yöntemlere kıyasla daha etkili ve ekonomik bir perspektife odaklanmıştır (AI Lawrence vd., 1999). Bu değişim, sürdürülebilir su yönetimi ilkelerinin benimsenmesiyle birlikte gelmiştir. Özellikle, su temini ve uzak mesafelerden su taşıma odaklı yaklaşımın ötesine geçilmiş, kentsel peyzajın geliştirilmesi ve altyapı maliyetlerinin azaltılması gibi geniş kentsel konulara odaklanılmıştır.

Gri altyapılardan vazgeçilerek, suyun hızlı bir şekilde kanalizasyonlar aracılığıyla tahliye edilmesine odaklanan yapılar yerine, suyun bir kaynak olarak görülmesi ve sürdürülebilir su yönetiminin benimsenmesi önem kazanmıştır.

Sürdürülebilir yağmur suyu yönetim sistemlerinin temel amacı, suyun doğal döngüsünü korumak, yüzeysel akış miktarını ve kalite kontrolünü yaparak taşkın riskini azaltmak, akiferlere yağmur sularının karışmasını sağlama ve kentsel alanlarda yaban hayatı için uygun habitatlar oluşturarak biyoçeşitliliği desteklemektedir (Woods Ballard vd., 2015). Bu hedefler, sürdürülebilir yağmur suyu yönetim sistemlerinin çevresel sürdürülebilirlik ve kentsel planlama bağlamında önemli bir rol oynamasını sağlar. Geleneksel Su yönetimi ve Sürdürülebilir Su Yönetimi arasındaki farklar Şekil 2.30'da gösterilmiştir.



Şekil 2.30 Geleneksel su yönetimi bakış ile sürdürülebilir bakışın karşılaştırması (Nguyen vd., 2019'dan uyarlanmıştır)

Bu paradigma değişikliği, Best Management Practices (Schueler, 1987), Water Sensitive Urban Design (Wong, 2006), Sustainable Urban Drainage Systems (Perales-Momparler, 2015) ve Low Impact Development (Prince & County, 1999) gibi birçok yaklaşımı beraberinde getirmiştir. Bu yöntemler, su kaynaklarını daha sorumlu bir şekilde yönetmeyi ve kentsel ortamları iyileştirmeyi amaçlamaktadır. Bu yaklaşımlar Bölüm 2.6'da detaylı anlatılmaktadır.

Kentlerde yaşanan sel ve taşkın felaketleri azaltmak için sürdürülebilir yağmur suyu yönetimi rehberleri geliştirilmiştir. Örneğin, ABD'nin Lincoln kentinde hazırlanan Yağmur Suyu İnşaat Sonrası İyi Yönetim Uygulamaları Rehberinde:

Kentleşme sürecinin su kalitesindeki bozulmayı engellemeyi ve taşkın ile sel gibi felaketlerin etkilerini azaltmayı amaçlayan iyi yönetim uygulamalarını içeren teknik bir çerçeve sunmayı hedeflemiştir (Transportation and Utilities Department Watershed Management Division, 2020). Bu rehber, Nebraska Eyaleti'nin başkenti olan Lincoln için hazırlanmıştır. Lincoln, tarih boyunca birçok sel felaketiyle karşılaşmış ve bu felaketler maddi zarara ve can kaybına neden olmuştur. Bu kapsamda rehber, potansiyel sel felaketlerinin etkilerini azaltmak için kentteki yoğun yağışlarla birlikte yağmur suyunun akışının yavaşlatılması, depolanması ve yer altı su kaynaklarının beslenmesi amacıyla alınabilecek yapısal önlemlere odaklanmıştır (Budak, 2023). Rehber, iyi yönetim uygulama araçlarını parsel, yapı

adası, mahalle, bölge ve ulaşım koridorları olmak üzere beş farklı ölçekte ele almakta (Tablo 2.2).

Tablo 2.2 Yağmur Suyu İnşaat Sonrası İyi Yönetim Uygulamaları Rehberi Matrisi (Transportation and Utilities Department Watershed Management Division, 2020; Budak, 2023)

COĞRAFYA	YIL	ODAK STRATEJİ	UYGULAMALAR	ÖLÇEK					
				Parsel		Yapı Adası	Mahalle	İlçe	Ulaşım Koridoru
				Konut	Ticaret / Kamu				
Lincoln, Nebraska, ABD	2020	-Su kalitesinin iyileştirilmesi -Taşkın ve sel riskinin azaltılması	Biyolojik Su Tutma Alanı *(Bioretention)*	■	■	■	■	■	■
			Su Tuma Havuzu *(Retention Pond)*		■	■	■	■	■
			Bekletme (Geciktirme) Havuzu *(Extended Detention Bazin)*		■	■	■	■	■
			Filtreleme Şeridi *(Vegetative Buffer)*	■	■	■	■	■	■
			Bitkilendirilmiş Sığ Hendek *(Grazzed Swale)*	■	■	■	■	■	
			Yeşil Çatı (Green Roof)	■	■				
			Sızma Havuzu *(Infiltration Bazin)*		■	■	■	■	■
			Sızma Ekim Yatağı *(Infiltration Planter)*	■	■				
			Sızma Hendeği *(Infiltration Trench)*	■	■	■			■
			Yerel Bitkilendirme *(Native Vegetation)*	■	■	■	■	■	■
			Geçirimli Döşeme *(Permeable Pavement)*	■	■	■	■		■
			Yağmur Suyu Depolama Ünitesi *(Rain Barrelz and Cisternz)*	■	■				
			Yağmur Bahçesi *(Rain Garden)*	■	■	■	■		
			Toprak Islahı *(Soil Conditioning)*	■	■	■	■		■
			Yağmur Suyu Arıtma Zinciri (Stormwater Treatment Train)	■	■	■	■	■	■
			Yeraltı Depolama Tesisi *(Underground BMP)*		■			■	■
			Kent Ormanı *(Urban Forestz)*	■	■	■	■	■	■
			Yağmur Suyu Hendeği *(Vegetated Bioswale)*	■	■	■	■	■	■
			Yapay Sulak Alan *(Constructed Wetlandz)*		■	■	■	■	■
			Hidrodinamik Ayırıcı *(Hydro-Dynamic Separator)*		■			■	■

Rehber, tanımlar, verimlilik, avantajlar, dezavantajlar, uygulama esasları, maliyet, ana tasarım bileşenleri ve bakım gibi farklı açılardan iyi yönetim uygulama araçlarını detaylı bir şekilde ele almaktadır.

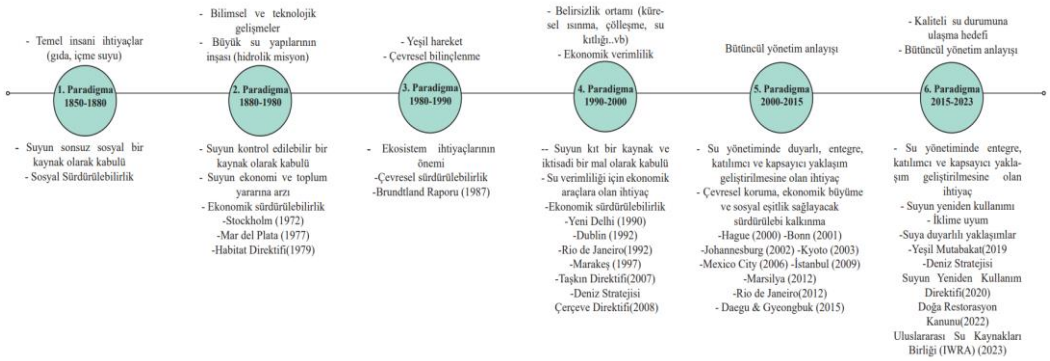
2.5 Su Yönetim Paradigmaları

Yerleşik hayata geçişle birlikte, tarımın hayatımıza girmesi suyun önemini artırmıştır. Tarım için suyun yönlendirilmesi amacıyla kanallar yapılmış, suyun farklı şekillerde kullanılabilmesi için sebil, sarnıç, çeşme ve havuz gibi mimari ögeler inşa edilmiştir. Bu yapılar, suyun depolanması, dağıtılması ve kullanılmasında pratik çözümler sunarak toplumların su kaynaklarını etkili bir şekilde değerlendirmelerine yardımcı olmuştur. Bu şekilde su, hem günlük yaşamın

bir parçası olarak hem de kültürel ve dini anlamda insanlar için vazgeçilmez bir unsurdur.

Su, geçmişten günümüze toplumlar için hayati bir öneme sahip olmuştur. Bu süreç içinde, suya erişim ve suyun kontrol edilme biçimleri toplumsal refahı büyük ölçüde etkilemiştir. Su yönetimi konusundaki yaklaşımlar, tarihsel olarak ve farklı ülkeler arasında büyük çeşitlilik göstermiştir. Bu çerçevede, suyun nasıl yönetildiğine dair çeşitli paradigmalara odaklanan bir inceleme yapılmıştır. 2003 yılında Allan tarafından ortaya konan 5 paradigma, su yönetimi konusundaki farklı düşünce sistemlerini temsil etmektedir. Bu paradigmalara dayanarak, su yönetimi anlayışları günümüze uyarlanarak 6 paradigma altında incelenmiştir. Her bir su yönetimi paradigmasında, suyun toplum, ekonomi ve çevre açısından sahip olduğu rol ve buna bağlı olarak su yönetimindeki uygulamalar değişime uğramaktadır. Bu çerçevede, farklı dönemlerde su yönetiminde hâkim olan düşünceler ve bu düşünce akımlarını yönlendiren uluslararası konferans ve belgeler özetlenmiştir (Şekil 2.31). 1. Paradigmada, su temel ihtiyaçlar için kullanılmakta ve su sonsuz sosyal bir kaynak olarak kabul edilmektedir. 2. Paradigmada bilimsel teknolojik gelişmeler ile su kontrol edilebilir bir kaynak olarak kullanılmış ve sanayinin hayatmıza girmesiyle beraber büyük su yapılarının inşası gerçekleşmiştir. 3. Paradigma 1980-1990 yılları arasında insan faaliyetlerinin çevre üzerindeki baskı ve tahribatlara karşı olarak yeşil hareket yaklaşımlarını içermektedir (Özanat,2017). Bu dönemde 1987 yılında Brundtland Raporu yayınlanmıştır. 4. paradigma döneminde küresel ısınma ve iklim değişimlerini olaylarının ortaya çıkması ve bu etkilerin değişimlerinin azaltmaya yönelik suyun kıt bir kaynak ve iktisadi bir mal olarak kabulü gerçekleşmiştir. 2000 yılı ve sonrası dönem 5. Paradigmayı kapsamakta olup suyun bütüncül olarak ele alınması anlayışı ortaya çıkmıştır. Su yönetiminde entegre, katılımcı ve kapsayıcı bir yaklaşım geliştirilmesine olan ihtiyaç gereksinimi kabul edilmiş bu bağlamda suya duyarlı yaklaşımlar ve yeşil çözümler, politikalar üretilmeye çalışılmıştır. Bu paradigma döneminde suyun etkin kullanımına yönelik Kyoto Konferansı, Dünya Su Forumları, Rio Konferansı gibi önemli konferanslar gerçekleşmiştir. 6. Paradigmada günümüzü de kapsayan süreçte kaliteli, iyi durumda su hedeflenmiş ve bütüncül entegre yaklaşımı anlayışı devam ettirilmektedir. İklim değişimine bağlı olarak tüm dünyada artan sel ve taşkın olaylarından sonra suya duyarlı yaklaşımlar ve yeşil uyum kapsamında politikalar ve yönetmelikler çıkmıştır. Bu dönemde Suyun Yeniden Kullanım

Direktifi (2020) ve en son olarak Uluslararası Su Kaynakları Birliği Toplantısı (2023) yapılmıştır.



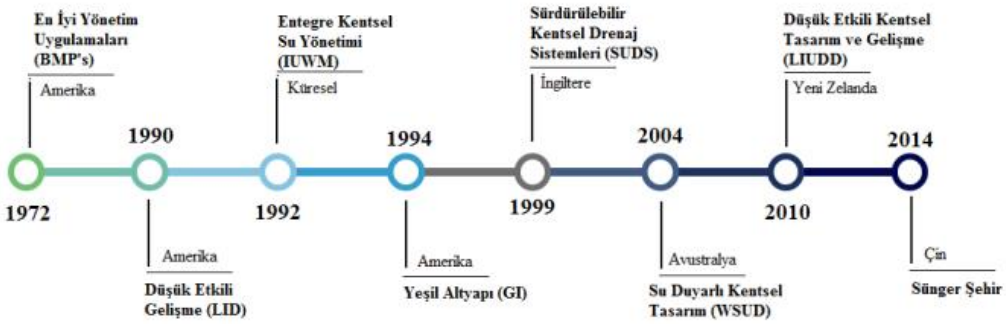
Şekil 2.31 Su yönetimi paradigmaları (Allan, 2023; Özonat, 2017 ve Avrupa Komisyonu, 2020'den uyarlanrak tez kapsamında hazırlanmıştır)

2.6 Dünyada Suya Duyarlı Yaklaşımlar

Kentlerdeki nüfus artışı, kentsel gelişme dinamikleri, sanayi faaliyetlerinin kirletici etkileri, artan enerji ihtiyacı, altyapı ihtiyacının bakım ve inşa maliyetleri, geçirimsiz yüzeylerin artmasıyla sel ve taşkın olayların artması, doğal yaşam alanların tahribatı ve bunların sonucunda ortaya çıkan iklim değişimi kentlerde büyük sorunlara neden olmaktadır. Kentleşmeyle beraber geleneksel su yönetim politikaları yetersiz kaldığından, kentler alternatif yönetim politikaları geliştirmeye başlamıştır.

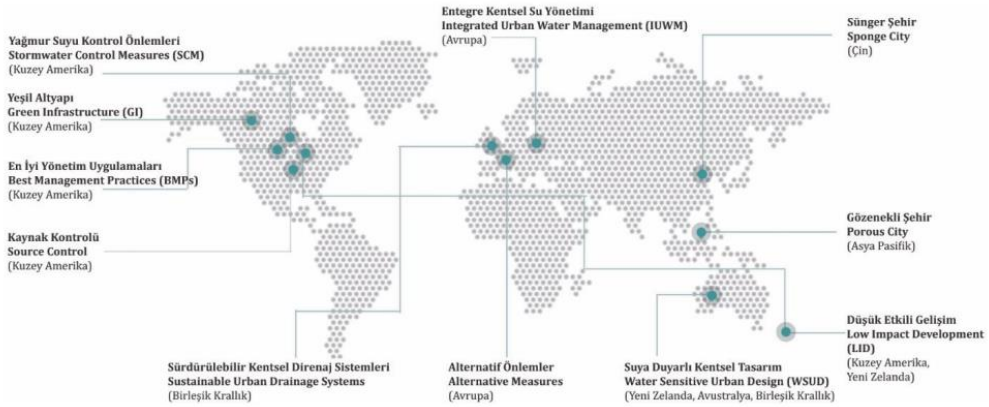
Yönetim politikalarının değişimi, farklı coğrafyalarda ortaya çıkan çeşitli su yönetimi yaklaşımlarıyla birlikte geniş bir terminoloji yelpazesini ortaya çıkarmıştır (Fletcher vd., 2015). Bu değişim, Amerika'da "En İyi Yönetim Uygulamaları" (Best Management Practices-BMPs) ile 1972'de başlamış olup, 1990'ların ortalarına doğru hızla gelişmiştir. Ardından, Düşük Etkili Gelişim (Low Impact Development) ve daha sonra Yeşil Altyapı (Green Infrastructure) yaklaşımları ortaya çıkmıştır. Avrupa ve birçok ülkede, Entegre Kentsel Su Yönetimi benimsenmiştir. İngiltere'de, Sürdürülebilir Kentsel Drenaj Sistemleri (Sustainable Urban Drainage Systems-SUDS) terimi kullanılmış, Avustralya'da ise Suya Duyarlı Kentsel Tasarım (Water Sensitive Urban Design) yaklaşımı gelişim göstermiştir. Yeni Zelanda'da ise Düşük Etkili Kentsel Tasarım ve Gelişme terimleri benimsenmiştir (Tuncay, 2021a).

Çin'de, 2014 yılında artan sel baskınlarına karşı geliştirilen "Sünger Şehirler" (Sponge City) kavramı, yağmur suyunun korunması, sızması ve arıtılmasını sağlamayı amaçlamıştır (Radcliffe, 2019). Bu yaklaşımlar, Şekil 2.32 ve Şekil 2.33'te gösterildiği üzere su yönetimi politikalarının küresel çapta nasıl çeşitlendiğini ve bölgesel ihtiyaçlara uygun çözümler geliştirildiğini göstermektedir.



Şekil 2.32 Dünyada yağmur suyu yönetimi ile ilgili gelişen kavramlar (Fletcher vd., 2014; Hoyer vd., 2011 ; Radcliffe, 2019; TU Delft, 2018)

Dünyanın farklı bölgelerinde ortaya çıkan bu terminolojiler, ülkelerin potansiyelleri ve coğrafi koşulların da etkisiyle şekillenmekte ve biyoçeşitlilik unsurlarını gözeterek, su kalitesinin iyileştirilmesi ve sosyal anlamda kapsayıcı mekanlar oluşturan bu kavramların sayısı artmaktadır. Bu yaklaşımlar farklı kavramlar olarak ele alınmışsa da temelde; su kalitesinin korunması, yağmur suyunun alternatif kaynak olarak kullanılması, yer altı su seviyesinin desteklenmesi ve sel baskınları ile başa çıkma gibi benzer amaçlara sahiptir. Dünyada suya ilişkin çeşitli yönetim yaklaşımları ortaya çıkmıştır.



Şekil 2.33 Dünyada Suya Duyarlı Yaklaşımlar (Tuncay, 2021)

Çalışmanın bu kısmında dünyadaki suya duyarlı yaklaşımlar incelenmektedir.

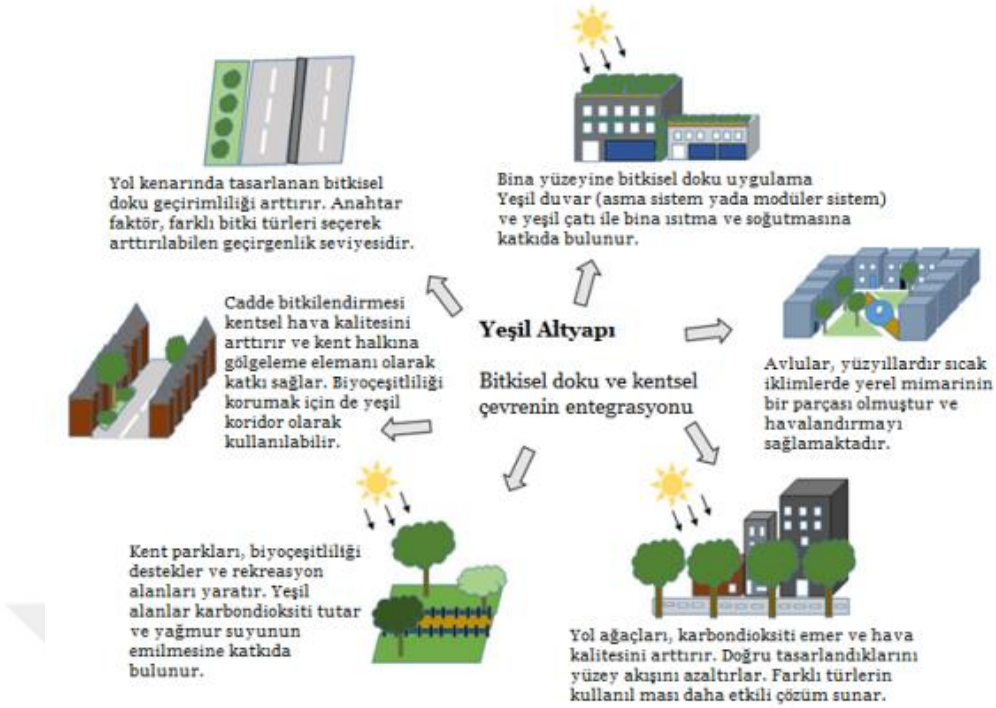
- **Yeşil Altyapı (Green Infrastructure)**

Yeşil altyapı kavramı, yaşam alanlarımızda doğa tabanlı yaklaşımları benimseyerek sürdürülebilir kalkınma hedeflerini destekleyen bir perspektife işaret eder. Bu kavram, Brundtland Raporu'nda 1987 yılında sürdürülebilir kalkınma hedefleriyle birlikte tanıtılmış ve 2000'li yılların başından itibaren Amerika Birleşik Devletleri'nde önem kazanmıştır (Tuncay, 2021a).

Benedict ve McMahon (2006) tarafından yapılan tanıma göre, yeşil altyapı yaklaşımı, açık alanlardaki sistemleri bir araya getirerek farklı disiplinleri birleştiren bir konsept mekanizması olarak tanımlanmaktadır. Bu yaklaşım, doğal ekosistem değerlerinin korunmasını ve sürdürülebilirliğini destekleyerek, insanlara bütünleşik sosyal, ekonomik ve estetik faydalar sağlayan birbirine bağlı bir açık alan ağı oluşturmayı amaçlar (Nijhuis vd., 2012). Yeşil altyapı, bu bağlamda toplumları, çevreyi ve ekonomiyi dengede tutan bütüncül bir yaklaşım sunar.

Yeşil altyapı, tüm doğal sistemlerin birbirine bağlı olduğunu vurgulayarak, ekosistem hizmetlerini sunarken bitkisel elemanları temel strateji olarak kullanır. Kenti birbirine bağlayarak süreklilik arz eden yeşil alanları benimser, bu yaklaşım ise ekolojik çevre ve yapılı çevrenin entegrasyonunu hedefler (Tuncay, 2021a). Son yıllarda, iklim değişimi ile birlikte su ve karbon yönetimini destekleyen kentsel araçlar ve yeşil çatı gibi birçok sistemi içermektedir (Özdemir, 2009).

Yeşil altyapı, biyolojik süreçleri, su kaynaklarını ve kentsel yeşil alanları korumayı amaçlayarak insanların sağlık ve yaşam alanlarının kalitesine katkıda bulunur (Rouse ve Bunster-Ossa, 2013). Bu yaklaşımda, gri altyapı yerine yağmursuyu yönetiminde bitki örtüsü ve toprağı kullanır. Doğal süreçlere bütünlük kazandığı için sadece su yönetimi değil, aynı zamanda hava kalitesini artırma ve taşkın önleme gibi sorunlara da çözüm üretir (EPA, 2012). Yeşil altyapı, yaşam alanlarımızı bütüncül bir bakış açısıyla ele alarak doğal süreçleri optimize etmeyi amaçlar. (Şekil 2.34).



Şekil 2.34 Yeşil Altyapı (Wootton-Beard vd., 2016, Kaplan, 2020)

Yeşil altyapı çalışmaları, ülkelerin gündeminde önemli politika konuları olarak yer almakta olup; iklim değişimi, tarım, biyoçeşitlilik, çevre, kentsel dirençlilik ve bölgesel kalkınma gibi konuları kapsar. Bu yaklaşımın planlama ilkeleri arasında, bağlantılık, işlevsellik, diğer disiplinlerle entegrasyon ve katılımcı süreç gibi stratejiler bulunmaktadır (Gülgün ve Yazıcı, 2016).

- **Düşük Etkili Gelişim (Low-Impact Development - LID)**

Düşük Etkili Gelişim (Low-Impact Development - LID) yaklaşımı, Kanada ve Amerika Birleşik Devletleri'nde benimsenmiş bir su yönetimi stratejisidir. Bu yaklaşım, ABD Federal Temiz Hava Kanunu'nun 1972'de uygulanmasının ardından ve 1977'de peyzaj mimarı Ian McHarg'ın "Doğa ile Tasarım" ilkesinden ilham alarak Vermont için hazırlanan planlama çalışmasında Barlow ve arkadaşları tarafından ilk defa ortaya atılmıştır (Radcliffe, 2019).

Düşük etkili gelişim yaklaşımı, Yeşil Altyapı sistemlerini kullanmaktadır. Bu strateji, Kanada ve ABD'de yağmursuyu yönetimi mevzuatına dahil edilmiş ve su yönetiminde temel bir rol oynamaktadır (Fletcher vd., 2014). Amerika Birleşik Devletleri'nin birçok eyaletinde, bu yaklaşımın yaygınlaştırılması amacıyla eğitim programları ve fonlar düzenlenmiş ve yöneticiler ile halkın bilgilendirilmesi

hedeflenmiştir (Mazotta vd., 2014). Bu sayede, Düşük Etkili Gelişim yaklaşımının uygulanması ve benimsenmesi teşvik edilmiştir.

EPA (Çevre Koruma Ajansı)'ya göre, Düşük Etkili Gelişim terimi (LID), yağmursuyu akışını en aza indirmeyi, su kalitesini korumayı, su habitatlarını desteklemeyi ve arazi kullanımında hidrolojik etkileri düzeltmeyi amaçlayan bir tasarım stratejisidir (Sadeghınazhad, 2019).

Düşük Etkili Gelişim (LID), ilk dönemlerinde yağmursuyu yönetimine odaklanmış, bu kapsamda havza genelinde hidrolojik restorasyona önem vermiş ve "Düşük Etkili Gelişim Rehberleri" aracılığıyla yağmursuyu tutma ve toplama elemanlarını kullanarak hidrolojik unsurların nasıl iyileştirilebileceğini örneklerle göstermiştir (Tuncay, 2021a). Düşük etkili gelişimin temel hedefleri şunları içermektedir:

-Yapılaşmanın hidroloji üzerindeki etkisini en aza indirmek,

- Biyolojik ve kimyasal kirleticileri temizleyerek su kalitesini artırmak,

- Canlı yaşamı için su varlığını koruyarak biyoçeşitliliği desteklemek,

- Geçirimsiz yüzeyleri azaltıp doğal alanları korumak,

- İklim değişikliği etkilerini azaltmak için yüzey akış oranı ve akış süresini hesaba katmak,

- Kirliliği önlemek ve uygun bakımların yapılması için eğitimler düzenlemek,

- Entegre yönetim uygulamalarını benimseyerek doğa tabanlı çözümler kullanmak,

- Kentleri entegre etmek.

Bu hedefler, Düşük Etkili Gelişim'in su yönetimi ve çevresel sürdürülebilirlik konularında benimsediği çok yönlü ve bütüncül bir yaklaşımı yansıtmaktadır (Ministry of the Environment and Climate Change, 2017).

- **Sürdürülebilir Kentsel Drenaj Sistemleri (Sustainable Urban Drainage Systems-SUDS)**

İngiltere'de sürdürülebilir drenaj sistemlerine olan ihtiyaç farkındalığı, 1980'lere kadar uzanmaktadır. Bu dönemde, mevcut altyapıya aşırı yüklenme olduğu ve taşkın sıklığının kabul edilemez düzeye ulaştığı anlaşılmıştır. Sürdürülebilir yağmur suyu sistemleri, ilk olarak Oxford Üniversitesi'nde düzenlenen Conflo 88 konferansı ile resmiyet kazanmaya başlamıştır (Andoh ve Iwugo, 2002). Daha

sonra, bu konferansı takip eden yine Oxford'da Conflo 92 konferansı gerçekleştirilmiş ve bu konferans, kentsel drenaj konusuna odaklanarak "Kentsel Akış Kontrolü Kapsamı" (Scope for Control of Urban Runoff) adlı rehber kılavuzlar yayınlamıştır (Fletcher vd., 2014). Bu etkinlikler, sürdürülebilir drenaj sistemlerinin önemini vurgulamış ve bu alanda yapılan çalışmaların ve rehber kılavuzların gelişimine öncülük etmiştir. İngiltere'de sürdürülebilir drenaj sistemlerinin geliştirilmesi, taşkın risklerini azaltma ve su kaynaklarını daha etkili bir şekilde yönetme çabalarını desteklemiştir.

İngiltere İnşaat Sanayi Araştırma Birliği (CIRIA) tarafından başlatılan kapsamlı bir proje, kentsel akış kontrol yöntemlerini ele alarak kapsamlı bir belge üretmeyi amaçlamıştır (Andoh ve Iwugo, 2002). Bu çabalar, sürdürülebilir drenaj sistemlerinin geliştirilmesine önemli bir katkı sağlamıştır.

D'Arcy (1998), sürdürülebilir drenaj üçgeni kavramını ortaya atmıştır, bu kavram miktar, kalite ve habitat/su özellikleri olmak üzere üç ana unsuru içermektedir (Fletcher vd., 2014). İngiltere'de 1999 yılında resmi olarak sürdürülebilir drenaj sistemleri kabul edilmiştir (Andoh ve Iwugo, 2002).

SuDS kavramı, 2000 yılında kılavuz belgeleri ve stratejileri ile desteklenmiştir. Bu yaklaşım, doğayı taklit ederek yüzey sularını kentsel form içine entegre etmeyi amaçlar. Su kaynaklarının kaynağında yönetilmesini hedefleyerek yağmur suyunun yüzey akışına geçmeden önce kontrol altına alınmasını sağlar. Şekil 2.35'te gösterildiği üzere Sürdürülebilir Kentsel Drenaj Sistemlerinin su kalitesi, miktarı, biyoçeşitlilik ve estetik gibi dört temel faydası bulunmaktadır (Woods Ballard vd., 2015). Bu yaklaşım, çevresel sürdürülebilirlik ve kentsel su yönetimi alanında önemli bir adımdır.



Şekil 2.35 Sürdürülebilir Kentsel Drenaj Sistemi Temel Faydaları (Woods Ballard vd., 2015'den uyarlanmıştır)

İngiltere'nin ada üzerine kurulu bir yerleşim olması, deniz sularının yükselmesi riskini beraberinde getirdiği için ülkede suya duyarlı yaklaşımların benimsenmesini zorunlu kılmıştır. Bu bağlamda, endüstrileşme, kentleşme ve özelleştirme politikalarına suya duyarlı şehirler politikasını entegre etmektedir.

Suya Duyarlı Kentsel Tasarımın İngiltere'de uygulanması konusunda CIRIA, çeşitli senaryo örnekleri, fikir kitapçığı ve farklı ölçeklerde nasıl uygulanacağına dair örnekler sunmaktadır (AECOM, ARUP, 2013). Bu kaynaklar, İngiltere'nin su yönetimi ve kentsel tasarımında benimsediği stratejileri ve bu stratejilerin uygulanmasını destekleyen örnekleri içermektedir (Şekil 2.36)



Şekil 2.36 Suya Duyarlı Şehir Diyagramı (AECOM, ARUP, 2013; SYGM, 2021)

CIRIA'ya göre, sürdürülebilir kentsel drenaj sistemleri, yağışın düştüğü yerde doğal süreçleri taklit ederek yönetilmesini savunur. Sürdürülebilir Kentsel Drenaj Sistemi (SuDS) el kitabında, yağmursuyu toplama, yağmursuyu hasadı, geçirimli yüzeyler, yağmur bahçeleri gibi kullanımlar, suyun akış hızını yavaşlatmak için tutma havuzları, su yatakları, göletler ve sulak alanlar gibi kullanım teknikleri bulunmaktadır. Bu teknikler, sızma ve yer altı suyunun artmasında etkili olmaktadır. Kitap aynı zamanda bu yaklaşımın geliştirdiği dört temel fayda (suyun kalitesi, miktarı, biyoçeşitlilik ve estetik) ve bunlara ilişkin tasarım kriterleri ve göstergelere de odaklanmaktadır (Woods Ballard vd., 2015).

- **Entegre Kentsel Su Yönetimi**

Eski Avrupa şehirlerinde geleneksel su altyapısı bulunsa da bu altyapıların artan nüfus ve giderek öngörülemeyen şiddetli hava olaylarına uyum sağlamakta zorlandığı gözlemlenmiştir. Avrupa Birliği Su Çerçeve Direktifi (WFD), bu zorlukları aşmak ve su yönetimini iyileştirmek amacıyla 23 Ekim 2000 tarihinde kabul edilmiş ve daha sonraki yıllarda üzerinde değişikliklere tabi tutulmuştur. WFD, 2009 yılında bir nehir havzası yönetim planını tamamlayarak AB üye devletlerini 2015 veya en geç 2027'ye kadar tüm sulardaki su kalitesini korumaya ve iyileştirmeye yönelik kararlar almaya teşvik etmiştir (Sözer, 2022).

Avrupa'da Su Çerçeve Direktifi aracılığıyla birçok ülke, su yönetimini geliştirmek ve yağmur suyunu da içeren ülkeye özgü mevzuatları oluşturmak için çaba sarf etmiştir (Hoyer, 2011). Avrupa Birliği'nin Su Çerçeve Direktifi, iletişimi ve işbirliğini teşvik etmeyi, yönetim alanlarını düzenlemeyi ve su sistemlerini koruma ve canlandırma hedeflerini belirlemeyi amaçlamaktadır (Su Çerçeve Direktifi, 2000).

Su Çerçeve Direktifi, Avrupa'da önceki su düzenleme standartlarının odaklandığı içme suyu, yüzme, balıkçılık ve yer altı sularına ek olarak, kapsamlı bir plan oluşturma hedeflerini genişleterek çevresel yönetim uygulamalarını ve kalite standartlarını kapsamaktadır (Hoyer, 2011). Bu yaklaşım, sadece su kalitesini değil, çevresel sürdürülebilirliği de dikkate alarak su yönetimine bütünlük kazandırmayı amaçlamaktadır.

2014 yılı itibariyle, Ekolojik Koruma, Su Çerçeve Direktifi içinde öncelikli bir konu olarak belirlenmiş ve içme veya yüzme amaçlarından bağımsız olarak tüm suları kapsamaktadır. Bu direktif, çevre konularını politik sınırlarla kısıtlanmadan havzanın tamamını ele alan birleşik bir yaklaşımla yönetilebilme olanağı sağlamaktadır (Sözer, 2022). Sınırlar ulusal sınırları aşmakta ve su yönetimi gibi anlaşmaların önemini vurgulamaktadır. Su Çerçeve Direktifi, nehir havzası yönetim planlarını oluşturmak için belirlenmiş yöntemi ve havza planlarının oluşturulmasını talep etmektedir (Avrupa Parlamentosu ve Konseyi'nin 2000/60/EC Sayılı Direktifi, 2000).

Avrupa Birliği, "Interactive, Time Critical, and Highly Self-Adaptive Cloud Applications" (SWITCH) programını finanse etmiştir. Bu program, Suya Duyarlı Kentsel Tasarım kılavuzunu oluşturan bir projedir (Hoyer, Dickhaut, Kronawitter ve Weber, 2006). Proje, "Geleceğin Şehri İçin Yenilikçi Su Yönetimi" aracılığıyla kentsel su yönetimine daha entegre bir yaklaşım oluşturmayı amaçlamaktadır. Hamburg, Lódz ve Zaragoza gibi 12 şehir, SWITCH girişimi tarafından belirlenen ve rapor edilen belirli su konularını tanımlamıştır (Hoyer, vd., 2006).

Almanya'da Merkezi Olmayan Kentsel Tasarım, Sürdürülebilir Kentsel Drenaj Sistemleri ve Suya Duyarlı Kentsel Tasarım olmak üzere üç yaklaşım benimsenmiştir. Almanya 2000 yılında Su Kaynakları Mevzuatını (Su Kaynaklarını Yönetme Hakkında Kanun) yürürlüğe koymuş ve bu kanun, su kaynaklarını

yönetme, atık suyu arıtma ve çevreyi koruma gibi amaçları benimsemiştir (Federal Su Kanunu, 2000).

Avrupa Birliği, 2010-2013 yılları arasında İspanya'nın Valencia şehrinde "Kentsel Ortamlarda Yağmur Suyu Verimli Yönetimi" adlı bir programı finanse etmiş ve İspanyol belediyelerine sürdürülebilir su yönetimi konusunda su kaynakları yönetimi ve arazi kullanımı politikaları üretmeyi amaçlamıştır (Sözer, 2022).

Su Uluslararası Ofisi, 2014 yılında Fransa'nın Limoges şehrinde su tutma ve sızma gibi tekniklerle yağmur suyu yapılarını içeren alternatif tekniklerin sergilendiği bir portföy oluşturmuştur (Radcliffe, 2019).

Avrupa Birliği'nin su yönetimi, Kuzey Denizi Bölgesi'nde Değişen Sel Riskine Uyumlu Yanıtları Yönetme Projesi (MARE) gibi projeleri içermektedir. MARE projesinin amacı, kentsel sel riski yönetimini uygulamak için bir metodoloji geliştirerek çerçeve ve kaynak oluşturmaya katkıda bulunmakta ve Dordrecht, 2010 yılında Hollanda Delta Programı kapsamında resmi olarak tanınan pilot bölge olarak belirlenmiştir (Avrupa İklim Adaptasyon Platformu Climate-ADAPT, 2016).

Hollanda, suya duyarlı tasarım uygulamalarını belirleyen yerel coğrafi koşulların spesifik hedeflerini tanımlayan bir ülke örneğidir. Bu nedenle, göller, göletler, hendekler ve tanklarda yerel yağmur suyu depolaması, merkezi olmayan su tutma ve toplama (örneğin, yeşil çatılar veya binalar ve trafik alanlarından toplanan yağmur suyu gibi) zorunlu kılmıştır (Hoyer, vd., 2006).

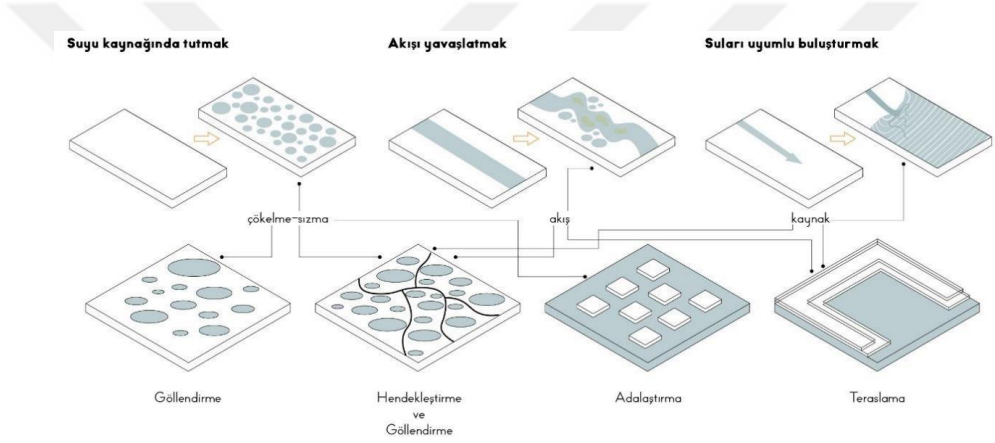
Danimarka'da, Suya Duyarlı Kentsel Tasarım da gelişmektedir. En başarılı Suya Duyarlı Kentsel Tasarım uygulamalarından biri, Kopenhag'ın birleşik kanalizasyon toplama alanını yeniden tasarlamak için devletin girişimi ile olmuştur. Bu projeyle "Suya Duyarlı Bir Şehir" yaklaşımı ile beş aşamada oluşturmayı amaçlamakta ve Kopenhag şehri, projeye ilişkin bulguların bir kısmını kısmen uygulamış olup, pilot testlere tabi tutulmaktadır (Fryd vd., 2013).

- **Sünger Kent**

Çin'de yoğun nüfus artışı ve hızlı kentleşme, kentsel drenaj problemlerini artırmıştır. Çin hükümeti, 2008-2010 yılları arasında şehirlerin %62'sinin su baskınlarına maruz kaldığını belirtmiş ve kentsel taşkınların ülkeyi sosyoekonomik olarak olumsuz etkilediği bir durum haline geldiğini ifade etmiştir (Liu, vd., 2017).

2012 yılında Pekin Üniversitesi'nde düzenlenen "Düşük Karbonlu Kentsel ve Bölgesel Bilim ve Teknoloji Gelişimi Forumu"nda, kentsel drenaj problemleri ve bu sorunlara çözüm olarak "Sünger Şehir" kavramı önerilmiştir (Kaplan, 2020).

"Sünger Şehir" yaklaşımı, farklı ölçeklerde suya duyarlı araçları kullanarak tasarım yapmayı, kente iklim dostu kentsel su yönetimi oluşturmayı ve doğa temelli sistemlerle bütünleşik bir yaklaşımı içermektedir (Peng & Reilly, 2021). Bu yaklaşımda, su şehirlerden barajlar, kanallar ve mazgallarla koparılmayıp şehir tarafından absorbe edilir (Yu, 2012). Sünger Şehir yaklaşımında, yağışlı havalarda sel riskini engellemek için yağmur suyunu emerek depolayan ve taşkın riski ortadan kalktığında bir sünger gibi emdiği suyu bırakıp eski haline dönen "esnek" bir bakış açısı benimsenmiştir (Şekil 2.37).



Şekil 2.37 Sünger Şehir Teknikleri (Tuncay, 2022)

Sünger Şehir yaklaşımı, Çin Hükümeti tarafından 2014 yılında Şehircilik ve Kırsal Gelişim Bakanlığı, Finans Bakanlığı ve Su İşleri Bakanlığı'nın ortak çalışması sonucu bir politika haline getirilmiş ve oluşturulan rehberle resmileştirilmiştir (Tuncay, 2022). Bu yaklaşıma dayalı olarak yönetmelikler çıkarılmış ve kentsel yeşil alanlar, sulak alanlar gibi sünger araştırma odaklı şehir politikaları benimsenmiş ve projeler başlatılmıştır (Xing, Han, Jiang, Li, 2016).

Çin Hükümeti tarafından seçilen ve projenin uygulanması hedeflenen 30 pilot şehir arasında en iyi uygulamalardan biri olarak Wuhan Şehir Projesi öne çıkmıştır (Cook vd., 2019). Çin'in 13. Beş Yıllık Planı (2016-2020) kapsamında altyapı konularında suyun korunmasının öne çıktığı belirtilmiş ve su kaynaklarının iyileştirilmesi ile su ile çevre arasındaki dengeyi sağlama politikalarına vurgu yapılmıştır (Şekil 2.38).

Ayrıca, 2030 yılına kadar Çin hükümetinin kentlerinin %80'inin Sünger Şehir yaklaşımını içeren kentlere dönüşmesi hedeflenmiştir (TU Delft, 2018).



Şekil 2.38 Sünger Kent diyagramı (Austrade, 2016'den uyarlanmıştır)

Çin Hükümeti, şehirlerinde Sünger Şehir yaklaşımı kentsel su yönetimini politikalar ve uygulamalar ile desteklemiş projelere fon oluşturarak yaygınlaşmasını sağlamıştır. Bu yaklaşımın en belirgin başarısı, kent yönetiminde su konusunda söz sahibi her kurumun belirli bir amaç bağlamında kendi planlarını bütüncül bir şekilde kurgulamalarına ortam oluşturmasıdır (Cosierand Shen 2009).

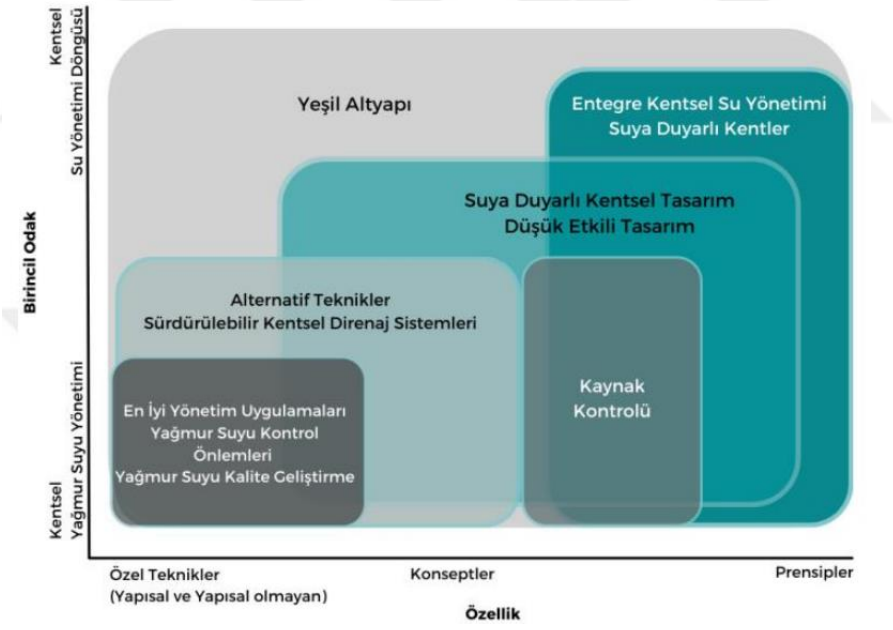
Sünger Şehir Projeleri, taşkın önleme ve kontrolünde doğa temelli çözümleri benimsemekte ve projelerde, yağmur suyunu yeniden kullanmayı, yıllık akışı azaltmayı içeren taşkın depolama, yağmur suyunun yeniden kullanımı ve taşkın geciktiren sistemleri içeren çeşitli Suya Duyarlı Kentsel Tasarım unsurlarını kullanmaktadır. Geçirimli yüzeyler, yağmur bahçeleri, nehir kıyı bölgeleri, yeşil cephe kaplamaları, yeşil çatılar ve göletler gibi unsurlar projelerde etkin bir şekilde kullanılmaktadır.

- **Suya Duyarlı Kent**

Avustralya'daki kurak koşulların şehir su kaynakları üzerindeki belirsizlikleri, kenti daha dayanıklı hale getirmeye yönlendirmiştir. Bu bağlamda, Avustralya

Hükümeti, su kaynaklarını güvence altına almak amacıyla Wong ve Brown'un (2011) çalışmasının etkisiyle "Suya Duyarlı Kentsel Tasarım" kavramını benimsemiştir. Suya Duyarlı Kentsel Tasarım terimi, ilk kez Moritz tarafından 1992 yılında ortaya atılmış ve bu yaklaşımın ilk yönergeleri 1994 yılında Whelans ve Maunsel tarafından yayınlanmıştır.

1994 yılında, birçok hükümet, Ulusal Su Kalitesi Yönetimi Stratejisi'ni başlatmak üzere bir araya gelmiş ve bu strateji, su kalitesi, yayılım ve nokta kirliliği, yer altı suyu, atık yönetimi kanalizasyon sistemleri ve su geri dönüşümünü kapsayan 24 standart içermektedir (Radcliffe, 2019). Bu kapsamlı strateji, Avustralya'da su kalitesini farklı alanlarda yönetme ve iyileştirme kararlılığını ortaya koymaktadır. Suya Duyarlı Kentsel Tasarım; su yönetimi, kentsel tasarım ve peyzaj planlaması entegre olarak ele almakta ve ekonomik, ekolojik, sosyal ve kültürel sürdürülebilirlik alanlarında kapsamlı hizmetler sunmayı amaçlamaktadır. Aynı zamanda kentsel su yönetimi bağlamında bir planlama yaklaşımı olarak Suya Duyarlı Kent çerçevesini de kapsadığı Şekil 2.39'da gösterilmiştir (Dolman, 2019).



Şekil 2.39 Kentlerde su yönetimi yaklaşımları (Dolman, 2019'dan uyarlanmıştır)

Avustralya'da, çeşitli kuruluşlar tarafından kurulan ve finanse edilen bir dizi İşbirliği Araştırma Merkezi (CRC) oluşturulmuştur. Avustralya'nın Ulusal Su İnisiyatifi, "İnovasyon ve Kapasite Oluşturarak Suya Duyarlı Avustralya Şehirleri

Yaratma" hedefi doğrultusunda, Suya Duyarlı Kent kavramını benimsemiştir. Suya Duyarlı Kent, kentsel altyapı sistemleri, entegre kentsel su yönetimini birlikte ele almakta ve katılım süreçlerini de dahil ederek bütünleşik bir sistem oluşturmaktadır.

"Suya Duyarlı Kent" (SDK) kavramı, kentsel tasarıma "suya duyarlılık" ilkesini kazandırmış ve disiplinler arası bir çerçeveyle su kaynaklarının ve kalitesinin korunduğu, toplumun aktif katılımını sağladığı sürdürülebilir kent sürecine bir adım olarak açıklanmıştır (Wong ve Brown, 2009). Suya duyarlı bir kentin yaşanabilir, dirençli, sürdürülebilir ve üretken gibi taşıması gereken dört özellik bulunmaktadır (Şekil 2.40).



Şekil 2.40 Suya duyarlı kent hedefleri (URL-7'den uyarlanarak tez kapsamında hazırlanmıştır)

Altı aşamayı içeren bu süreçte su sisteminin evrimini yönlendirmek üzere belirlenen aşamalar "Moving toward Water Sensitive Cities" (Suya Duyarlı Şehirlere Geçiş) raporunda aşağıdaki şekilde açıklanmıştır (Brown vd., 2016) ve Şekil 2.41'de gösterilmiştir.

•Su Sağlayan Şehir (Water Supply City): Bu aşamadaki şehirler, merkezi bir su temini sistemine sahiptirler, barajlar ve çeşitli sistemler aracılığıyla tatlı su kaynaklarından kente su sağlarlar ve temin edilen su, herkes için uygun maliyetli ve eşit bir şekilde dağıtılır.

•Kanalizasyon Şehri (Sewered City): Bu aşamadaki şehirler, çevre sağlığını önemsemektedirler. Evsel ve endüstriyel atık sularını şehirden uzaklaştırmak için

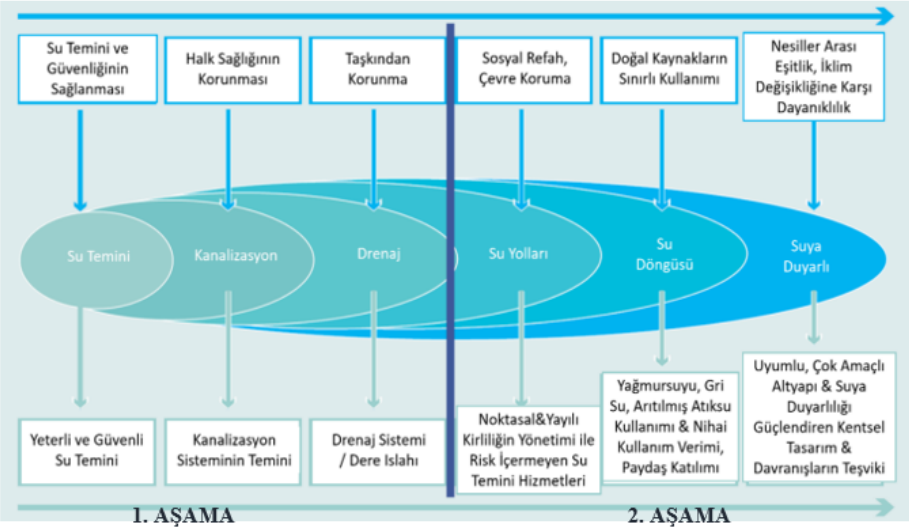
kanalizasyon sistemlerini kullanırlar. Bu yaklaşım, daha iyi bir halk sağlığı ve hijyen amacına hizmet etmektedir.

•Drenaj Şehri (Drained City): Yağmursularının, atık sular gibi kentten ayrıştırılmakta aynı zamanda kentsel alanlardaki taşkın risklerini azaltmayı hedeflemektedir (Brown vd., 2016).

• Suyolları Şehri (Waterways City): Bu şehirler su temininin ve atık suları arıtmanın çevre üzerinde yarattığı etkilerin farkında ve bu yüzden kentsel planlamayla suyu entegre bir şekilde yürütmekte böylece yağmur bahçelerini, su yollarını ve benzeri sistemleri kullanarak yağmur suyunu koruma altına almaktadır

•Su Döngüsü Şehri (Water Cycle City): Su yönetimini bütüncül bir perspektifle ele almakta, yağmursuyu, gri su ve geri dönüştürülmüş atık sularını bir kaynak olarak etkili bir şekilde kullanmakta ve kentte sürdürülebilir yaklaşımlar benimsenmiş ve kamu, özel ve toplum arasında ortak değerlere odaklanan yönetim düzenlemelerini hedeflemiştir (Brown vd., 2016).

•Suya Duyarlı Şehir (Water Sensitive City): bir kentin su ihtiyacını karşılarken aynı zamanda yaşanabilirliği artırmayı amaçlayan bütüncül ve entegre bir kentsel su döngüsü yönetimine dayanmaktadır. Bu yaklaşım, sel ve taşkın risklerini azaltır, su kalitesini korur, suyu hasat edip geri dönüştürür ve çok işlevli yeşil kamusal alanlar oluşturur. Ayrıca, suya duyarlı toplum, suyla etkileşimde bulunmaya aktif olarak katılır ve planlama ile tasarım süreçlerinde önemli bir rol oynamaktadır.



Şekil 2.41 Kentsel su yönetimi geçişleri çerçevesi (Brown vd., 2008'den uyarlanmıştır)

6 aşamalı kentsel su yönetimi şemasına baktığımızda, ilk 3 aşamada şehirlerde su temini, toplum sağlığını koruma ve sel/tıkanıklık olaylarının etkilerini azaltma gibi konularda kararlar alıp uygulanmaktadır. Ancak, bu yaklaşımın maalesef sürdürülebilir olmadığı gözlemlenmektedir. Bu çabalar, genellikle beklentilere yönelik kısa vadeli çözümleri içermekte olup (Brown vd., 2016), uzun vadeli çevresel sürdürülebilirlik ve ekolojik denge hedeflerine yeterince odaklanmamaktadır. Ancak, diğer 3 aşamada, şehirlerin hedefleri daha karmaşık ve gelişmiş bir yöne dönüşmekte ve temel ihtiyaçların ötesine geçerek, daha az çevresel etki ve doğal kaynakları koruma ve şehirlerin gibi daha sürdürülebilir hedefler amaçlanmıştır. Bu hedefler çerçevesinde, toplumun kentten beklentileri de şekillenmiştir.

Suya duyarlı kent; dirençli, konforlu, verimli ve sürdürülebilir bir kent olarak da bilinir (CRC, 2022). Wong ve Brown'ın (2009) göre, sürdürülebilir kentsel su planlaması ve yönetimi uygulamalarına dayanan SDK, kentsel kuruluşların ve şehir altyapısının tasarımında öncelikle yaşanabilirlik, sürdürülebilirlik ve esnekliği vurgulamaktadır.

Suya duyarlı bir kentin planlanması, Su Temini Havzaları Olarak Kentler, "Ekosistem Hizmetleri Sunan Kentler" ve "Suya Duyarlı Toplumlardan Oluşan Kentler" olmak üzere üç temel ilkeye dayanmaktadır (Brown vd., 2009): Planlama süreçlerinde toplumun katılımı ve su konusunda duyarlılığının arttırılması, suya duyarlı kent yaklaşımının vazgeçilmez bir parçasıdır.

Geleneksel yaklaşımlarla karşılaştırıldığında, suya duyarlı kent yaklaşımının getirdiği yenilikçi unsurlar şunlardır (Brown vd., 2009):

Su planlaması ve kent planlaması arasındaki uyum: Su ve kent planlama arasında etkili bir uyumu hedeflemekte ve su kaynaklarının sürdürülebilir kullanımını içermektedir.

Uyarlanabilir ve Çok İşlevli Altyapı: Uyarlanabilir ve çok yönlü altyapı sistemleri ile değişen şartlara uyum sağlayabilen ve farklı işlevlere hizmet edebilen altyapı projelerini desteklemektedir.

Bilim, Politika, Uygulama ve Toplum Arasında İşbirlikleri: Uygulamalara ve politikalara toplumun da dâhil edilmesiyle sürdürülebilir ve verimli işbirliklerini teşvik ederken daha etkili çözümlere ulaşmayı sağlamaktadır.

2.7 Bölüm Değerlendirmesi

Çalışmanın bu bölümünde suyun hayatımızdaki önemi, kavramsal çerçevesi, iklim değişikliği ile kentleşmenin su kaynakları üzerindeki etkileri incelenmiştir. Su krizi ve bu krizin küresel bir sorun haline gelmesine neden olan faktörler, yanlış kent uygulamaları ve beraberinde getirdiği sel ve taşkın gibi olumsuz etkilerle birlikte değerlendirilmiştir.

Tarihsel ve kültürel bağlamda su yönetimi konusundaki çeşitliliğe odaklanarak, medeniyetlerin binlerce yıl öncesine su yönetimine ilişkin ortaya koydukları sistemlere de yer verilmiştir.

Kentlerin hızlı gelişimi, su yönetimi entegrasyonunu karmaşık ve zorlu bir hale getirmesiyle suyun sürdürülebilir bir kaynak olarak görülmesi gündeme gelmiştir. Bu bağlamda, artan sera etkisi ve iklim değişikliklerinin etkilerini en aza indirmek ve suyun kıt bir kaynak olarak kabul edilip iklim değişikliğinin etkilerini en aza indirmek adına uyum stratejileri ve politikalarının geliştirilmesi gerektiği vurgulanmıştır.

Günümüzde, birçok ülkenin suyun kentsel planlamadaki rolünün farkında olduğu, dünya genelinde çeşitli bölgelerde ortaya çıkan suya duyarlı yaklaşımlar detaylı olarak açıklanmıştır. Su kaynaklarının korunmasında, kaybolan su kaynaklarının yok olmadan kente kazandırılmasına ilişkin günlük yaşam sürecimizde buna göre şekillendirmemiz gerektiği belirtilmiştir. Su, kent formlarının oluşturulması, temizlenmesi ve geri dönüştürülmesinde kritik bir rol oynadığından, kentsel planlama ve tasarım süreçlerinde suyun merkezi bir yerde olması gerektiğininin önemi ortaya konulmaya çalışılmıştır.

3
SUYA DUYARLI KENTSEL TASARIM

Suya Duyarlı Kentsel Tasarımın (SDKT) ortaya çıkışı, gelişimi, kente sağladığı faydalar ve uygulamalara ilişkin kısıtlamalar çalışmanın bu bölümünde detaylı bir şekilde incelenmiştir. SDKT, yağmur suyunu alternatif bir kaynak olarak ele alarak, yağmur suyunun tutulması, toplanması, sızması, filtrelenerek taşınmasında çeşitli araçlar kullanmaktadır. Bu çalışmada, bu araçların kullanımları detaylı olarak değerlendirilmekte ve SDKT araçlarının bina, sokak, mahalle, kent ve bölge ölçeklerinde nasıl uygulanabileceği konusunda kapsamlı bir kılavuz oluşturulmuştur.

3.1 Suya Duyarlı Kentsel Tasarım Gelişimi

Suya Duyarlı Kentsel Tasarım terimine ilk referans, Avustralya'da "Düşük Etki Geliştirme"nin (LID) benimsenmesi olarak Mouritz (1992) tarafından kullanılmış daha sonra 1994 yılında Whelans ve Halpern tarafından ilk resmi rehber rapor olarak hazırlanmıştır (Fletcher vd., 2014). Avustralya Hükümetleri Konseyi (Council of Australian Governments/COAG), Suya Duyarlı Kentsel Tasarım'ı (Water Sensitive Urban Design/WSUD) kentsel planlamanın, kentsel su yönetiminin ekolojik ve doğal hidrolojik süreçlere duyarlı olmasını sağlayan kentsel su döngüsünün yönetimi, korunması ve entegrasyonu olarak tanımlamıştır (Johnstone, vd., 2012). Bu yaklaşım, geniş kapsamlı olmasına rağmen, ilk uygulamalarda yağmur suyu yönetimi çerçevesinde gelişim göstermiştir (Fletcher vd., 2014). SDKT, yerel ve bölgesel düzeylerde yağmur suyu yönetimi için olumlu sonuçlar ortaya koyan bütünlükçü bir yaklaşımı temellendirerek, suyun sürdürülebilir yönetimini amaçlamaktadır (Wong, 2000).

SDKT, su yönetiminden daha karmaşık bir yapıya sahip olan çok disiplinli bir oluşumdur. İklim değişikliği, sel ve su kıtlığı gibi sorunlara karşı dirençli kentler oluşturmayı hedefleyerek, alternatif su kaynaklarını kullanma, ekolojik ve doğal süreçlere duyarlı planlama gibi çeşitli unsurları içermektedir. Bu çerçevede, suya duyarlı kentsel tasarımın, kentlerin sürdürülebilirliğini artırmak ve çeşitli çevresel zorluklara karşı dirençli hale getirmek adına önemli bir strateji olduğu anlaşılmaktadır.

SDKT (Suya Duyarlı Kentsel Tasarım), sürdürülebilir kentsel su yönetimi ve suya duyarlı şehirlerin oluşturulması amacıyla geliştirilmiş bir kentsel tasarım yaklaşımıdır. Bu yaklaşım, yağmur suyu yönetimi ile başlayan bir ilişki üzerine kurulmuş ve Avustralya'da kentsel yağmur suyu yönetimi uygulamalarının gelişimiyle SDKT'ye dönüşmüştür (Wong ve Brown, 2011). Wong ve Ashley (2006) tarafından yapılan bir çalışma, SDKT'yi "Suya Duyarlı" ve "Kentsel Tasarım" olarak iki ana bileşende ele almıştır.

Suya Duyarlı Bileşeni: Kentsel alanlarda su ortamlarının korunması ve su hizmetlerinin sağlanması gibi mühendislik ve çevre bilimleri gibi farklı disiplinleri içermektedir. Entegre kentsel su döngüsü yönetimini vurgulamakta ve su kaynaklarının sürdürülebilir bir şekilde kullanılmasını amaçlamaktadır.

Kentsel Tasarım Bileşeni: Geleneksel olarak suyla doğrudan ilişkili olmayan, ancak toprak ve su üzerindeki çevresel etkileri veya bu etkilere sahip olan konuları kapsayan, kentsel çevrelerin planlama ve mimari tasarımıyla ilişkili iyi tanınan bir alan olarak tanımlanmıştır.

Suya Duyarlı Kentsel Tasarım (SDKT), kentsel ortamların planlanması ve tasarlanması aşamasında suyun etkili ve sürdürülebilir bir şekilde yönetilmesini hedeflemektedir. Aynı zamanda, toplulukların değerlerine ve ihtiyaçlarına saygı göstererek, kentsel mekânları daha yaşanabilir ve çevresel açıdan sürdürülebilir hale getirmeyi amaçlamaktadır. Bu kapsamda SDKT, hem su yönetimi hem de kentsel planlama alanlarında bütünlükçü ve katılımcı bir yaklaşım sunarak sürdürülebilir kent gelişimine katkıda bulunmaktadır. Bu yaklaşım, dayanıklılık, su sürdürülebilirliği ve doğal çevre alanlarına “duyarlı” ilkesi göz önünde tutularak kentsel ortamların planlanmasını ve tasarlanmasını sağlamaktadır.

Suya Duyarlı Kentsel Tasarım (SDKT), kentsel su döngüsünü, yağmur suyu, içme suyu ve atık suyu, doğal su döngüsünden ilham alarak bir bütün olarak ele almaktadır. Bu tasarım yaklaşımı, yağmur suyunu merkeze alarak doğal ve yapay alanlarda yağmur suyunu bir yük olarak değil, aksine bir kaynak olarak görmeyi amaçlamaktadır. Bu bağlamda, yağmur suyunu kent ve kentliler için bir alternatif su kaynağı olarak değerlendirirken yağmursuyu kullanımı için de çeşitli seçenekler sunmaktadır. SDKT, yağmur suyunun yönetimini çevresel, sosyal ve kültürel açılardan ele almaktadır.

SDKT yaklaşımı, su yönetimi, kentsel tasarım ve peyzaj planlamasının disiplinlerarası işbirliğini içselleştirmektedir. Kentsel su döngüsünün tüm aşamalarını göz önüne alarak, su yönetimi adımlarını kentsel tasarım ilkeleriyle entegre etmeyi ve sürdürülebilir yağmursuyu yönetimi taleplerini kentsel planlama gereksinimleriyle birleştirerek kentsel su döngüsünü doğal döngüyle uyumlu hale getirmeye çalışmaktadır (Hoyer vd., 2011). Suya Duyarlı Kentsel Tasarım her ne kadar tüm su sistemlerinin yönetimini (içme suyu, yağmur suyu akışı, su yolu sağlığı, kanalizasyon arıtma ve geri dönüşüm) ele alırken çoğunlukla yağmursuyu yönetimi konularıyla ilgilenmektedir (Hoyer vd., 2011).

Arazi kullanımı ve su yönetimini birlikte ele alan düzenleyici bir araç olarak Suya Duyarlı Kentsel Tasarım (SDKT), kentsel mekânları tasarlarken doğayı taklit etmeye ve kentsel su döngüsünü doğal su döngüsüne benzetmeye yönelik bir yaklaşım sunmaktadır. SDKT amaçları şu şekildedir:

Doğal Sistemleri Koruma: Havzalarda suyun doğal hidrolojik davranışı üzerindeki etkileri en aza indirerek doğal sistemleri koruma hedeflenmektedir.

Yüzey ve Yeraltı Sularının Su Kalitesini Koruma: Su yönetimi ve kentsel tasarımın entegrasyonu ile yüzey ve yer altı sularının kalitesini koruma amacı güdülmektedir.

Geçirimsiz Yüzeyleri Azaltma: Yağmur sularının doğal zeminlere sızmasını teşvik etmek adına su geçirmez yüzeyleri en aza indirme çabaları gösterilmektedir.

Su Şebeke Sistemi ile Tasarruf: Su şebeke sistemi ile dağıtılan suda tasarruf sağlayarak su kaynaklarının etkin kullanımını teşvik etmeyi amaçlamaktadır.

Su Kalitesini Artırma ve Kirliliği Azaltma: Su kalitesini artırma ve doğal çevreye kirli su deşarjlarını en aza indirme amacı taşımaktadır.

Yağmursuyu Akışlarını Yönetme ve Yeniden Kullanma: Çatılardan ve diğer yüzeylerden yağmursuyu toplama, yeniden kullanma ve kentsel gelişimden kaynaklanan yüzey akışlarındaki zirve akımlarını azaltma yöntemlerini geliştirmeyi hedeflemektedir.

Atık Su Yönetimi ve Geri Dönüşüm: Atık suyu en aza indirme ve atık suların yeniden kullanımını sağlayacak arıtma sistemlerini geliştirmeyi amaçlamaktadır.

İmar Maliyetlerini Azaltma: İmar maliyetlerini en aza indirirken, peyzaj ve entegre su kullanımıyla çok amaçlı kentsel alanlar tasarlayarak görsel, sosyal, kültürel ve ekolojik değerleri artırmayı içermektedir (Wong ve Brown, 2013; Tamer, 2016).

Suya Duyarlı Kentsel Tasarım (SDKT) uygulamaları, kentsel alanlarda görsel ve rekreasyonel estetiği en üst düzeye çıkarmayı hedeflemektedir. Kentsel peyzajda yağmur suyunun kullanılması veya su geri dönüşüm sistemlerinin entegrasyonu gibi, yukarıdaki amaçlarla ilişkili tüm SDKT ögelerinin yerleşik forma (binalar ve peyzaj) entegrasyonunu benimsemektedir. İnsan faaliyetleri ile kentsel su ortamının unsurları arasındaki bağlantıyı gösteren unsurlar, yenilikçi peyzajın kullanımı, doğal su kaynaklarımızın korunması ve geliştirilmesindeki bireylerin bilinci rol ve sorumlulukları yerine getirmesi ile daha güçlü bir hale gelmektedir.

SDKT uygulamaları, kentsel alanlarda suyun sürdürülebilir yönetimi ile birlikte estetik değeri artırmayı ve toplumun su kaynaklarına duyarlılığını geliştirmeyi amaçlamaktadır. SDKT'nin entegre yaklaşımı, sadece kentsel su yönetimi için değil, aynı zamanda kullanıcıların çevresel bilinç seviyelerini yükselterek kentsel yaşam kalitesini artırmayı hedeflemektedir.

Suya Duyarlı Kentsel Tasarımlar, yağmur suyunu değerli bir kaynak olarak ele almanın faydalarını vurgulamaktadır. Bu tasarımlar, doğal su döngüsünü taklit ederek sızma, depolama ve buharlaşma yöntemleri ile hidrolojik dengeyi korumaktadır (Stormwater Committee, 1999). Aynı zamanda, doğal ve hassas alanları kentsel gelişmenin etkilerinden koruyarak kentleşme baskısını azaltmakta ve doğal yaşam alanları ve konut bölgelerinde peyzaj çeşitliliğini artırarak görsel konforu yükseltmektedir. Kamusal açık alanlar aracılığıyla topluluklar arasındaki ilişkileri güçlendirerek ve sosyal etkileşimi artırmaktadır. Bu tasarımlar, geleneksel su yönetimi sistemlerine göre daha düşük maliyetli olabilmektedir. Geleneksel sistemin gerektirdiği arazi ve çevre düzenlemeleri, kanalizasyon düzenlemeleri gibi inşaat ve yatırım maliyetlerini azaltarak ekonomik getirilere katkı sağlamaktadır.

SDKT uygulama aşamalarında çeşitli sosyal, ekonomik ve çevresel engellerle karşılaşabilmektedir. Özellikle yer altı su düzeyinin sınırlı olduğu alanlarda, parçalanmış ve eğimli arazide, kıraç arazilerde toprağın ana kayaya yakın olduğu alanlarda uygulanabilecek Suya Duyarlı Kentsel Tasarım araçları sınırlı olabilir.

Sosyal engeller arasında, suya duyarlı tasarlanan kentsel alanlara yönelik kamu tepkileri ile de karşılaşılabilir. Ayrıca, bu yaklaşımın bakım ve maliyetleri bazı durumlarda geleneksel yöntemlere kıyasla daha yüksek olabilir. Konut alanları için ayrılacak yerlerin açık alan olarak ayrılması gerektiği durumlarda mülkiyet sorunları ve potansiyel kar kayıpları gibi zorluklarla karşılaşılabilir. Bu nedenle, Suya Duyarlı Kentsel Tasarım Yaklaşımı'nın avantajları kadar sınırlamaların da dikkate alınması gereklidir.

3.2 SDKT İlkeleri ve Bileşenleri

Çeşitli ulusal, bölgesel ve yerel ajanslar tarafından Suya Duyarlı Kentsel Tasarım (SDKT) bileşenlerinin sürdürülebilir şekilde uygulanmasına ilişkin çeşitli planlama ve tasarım kılavuzları geliştirilmiştir. Bu kılavuzlar, su profesyonellerine, tasarımcılara, planlamacılara ve yöneticilere, kentsel gelişim ihtiyaçları, su kalitesi ve hidroloji kriterleri, havza özellikleri, yerel iklim koşulları, yerel düzenlemeler ve çevresel ile topluluk odaklı düşünceler temel alınarak bu stratejileri planlama, tasarlama ve uygulama konusunda rehberlik etmektedir (Fumero, 2020). Bu bölümde SDKT yaklaşımları ve tasarımları tanımlanarak SDKT araçları kılavuz niteliğinde sunulmaktadır.

Yağmur suyu yönetimini teşvik etmek için çeşitli çözümler bulunmaktadır. Her vaka çalışması farklıdır ve genellikle ideal çözüm, genellikle birkaç yöntemin bir kombinasyonudur (Woods-Ballard vd., 2007). Aşağıda, beş kategoriye göre ayrılmış olan SDKT araçlarının bir listesi bulunmaktadır:

1. Yağmursuyu Kullanımı
2. Arıtma/ Tedavi
3. Sızma/ Gözaltı
4. Taşıma
5. Buharlaşma/Terleme

Bu sınırlandırma, SDKT araçlarının ana fonksiyonunu dikkate alarak oluşturulmuştur (Hoyer vd., 2011).

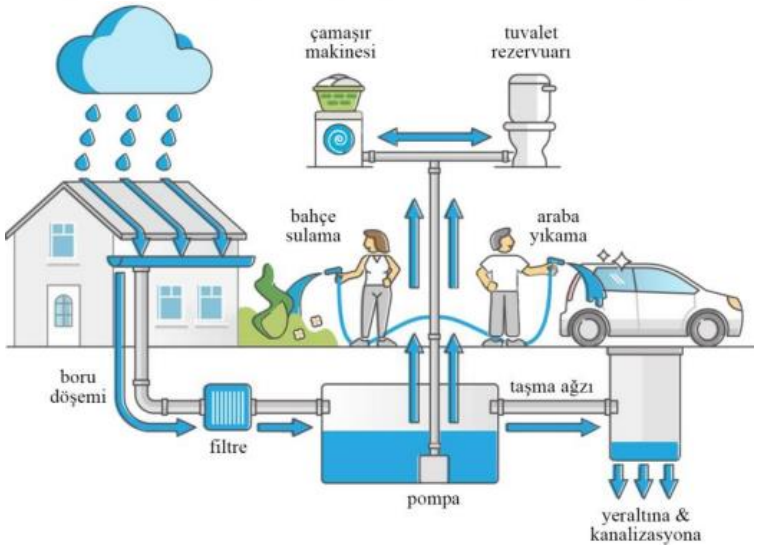
3.2.1 Yağmursuyu Kullanımı

Yağmursuyu doğrudan kullanıldığında taşınması için daha az enerji harcamakta ve merkezi olmayan su sistemlerinin yaygınlaşmasını teşvik etmektedir (Fumero,

2020). Merkezi sistemde bir sorun ortaya çıktığında, merkezi olmayan sistem su eksikliğini telafi etmek için yardımcı olmaktadır. Bu yöntemin tasarım unsuru yağmursuyu hasadıdır.

Yağmur suyu hasadı, yağmurun yağmasıyla oluşan suyun çeşitli alanlarda toplanıp depolanarak yeniden kullanılmasını içeren bir sistemdir. Ülkemizde 30105 sayılı Resmi Gazete'de 'Yağmursuyu Toplama, Depolama ve Deşarj Sistemleri Hakkında Yönetmelik' kapsamında, yağmur suyu hasadı sistemlerinin su dağıtım ve temin sistemlerine alternatif olduğu, ayrıca yüzeysel akış miktarını azaltarak olumlu etkiler sağladığı vurgulanmaktadır.

Yağmursuyu hasadı, yer altında veya yer üstünde daha büyük bir depolama cihazı kullanarak yağmur suyunu toplama sürecidir. Toplanan su, tuvaletlerde su ihtiyacını karşılamak, arıtıldıktan sonra bahçe sulamasında veya yangın söndürmede kullanılabilmektedir (Şekil 3.1). Yer üstü depolama sistemleri, suyun depolanması ve filtrelenmesi ile bahçe sulaması gibi işlevleri yerine getirmek üzere tasarlanmıştır. Filtrelenmiş su içilebilir su olarak kullanılabilmektedir. Yer üstü unsurları arasında çeşmeler veya havuzlar, bu tasarımın bir parçasını oluşturmaktadır.



Şekil 3.1 Yağmur suyu hasadı sistemlerinin çalışma sistemi (Taşkın, 2022)

Çatılardan toplanan yağmur suyu, su temininin yüksek düzeyde arıtma işlemine ihtiyaç duymadan kullanılabildiği bölgelerde etkili bir su kaynağı olarak kullanılabilir. Şahin ve Manioğlu'nun (2019) belirttiği gibi, genellikle binaların çatısından toplanan yağmur suyu, su ihtiyacının yüksek olduğu bölgelerde

kullanılabilecek bir kaynak olup, genel olarak yüksek düzeyde arıtma işlemine ihtiyaç duymamaktadır. Sık yağış alan ve sert yüzeyin yoğun olduğu bölgelerde yağmursuyu toplama, su kaynaklarını etkili bir şekilde kullanmanın ve su temininde faydalı olmanın bir yolu olabilir. Ancak, kurak bölgelerde yağmursuyu toplamanın olumsuz etkileri olabilir. Özellikle aşırı miktarda yağmursuyu toplandığında, toprak altına sızması gereken su miktarını azaltabilir. Bu durum, yer altı su kaynaklarının beslenmesine engel olabilir. Kurak bölgelerde su kaynakları genellikle kısıtlıdır ve yer altı su rezervleri önemlidir. Bu nedenle, yağmursuyu toplama sistemlerinin kurak bölgelerde dikkatlice planlanması ve uygulanması önemlidir. Aşırı yağmursuyu toplama, toprak altına sızan su miktarını azaltabilir ve yer altı su seviyelerini olumsuz yönde etkileyebilir. Bu durum, ekosistemleri, tarımı ve yerel su kaynaklarını olumsuz etkileyebilir.

Kurak bölgelerde, yağmur suyu hasadının etkili bir şekilde uygulanabilmesi için belirli yönetmelikler ve kısıtlamalar mevcuttur. Örneğin, Amerika'nın batı bölgesinde yer alan kurak ve yarı kurak eyaletlerden biri olan Colorado'da konut başına düşen toplam yağmur tankı hacmi belirli bir sınırla düzenlenmiştir. Şu anda geçerli olan yönetmelik, maksimum 2 yağmur tankına izin verirken, her birinin hacmi 110 galonu (416 litre) geçmemelidir (Loper ve Anderson, 2019). Bu tanklardan elde edilen yağmur suyu, yalnızca dış mekân kullanımları için, örneğin bahçe sulama ve araç yıkama gibi amaçlarla kullanılabilmektedir. Utah eyaletinde ise, her parsel için belirli bir yağmur suyu tankı hacmi sınırlaması getirilmiş olup, bu düzenleme 2500 galonu (945.000 litre) geçmemelidir (Loper ve Anderson, 2019). Bu kuralların varlığı, yağmursuyu hasadının uygun koşullarda gerçekleştirilmesini sağlamak ve su kaynaklarını sürdürülebilir bir şekilde yönetmek amacıyla uygun alanların seçilmesi önemlidir.

3.2.2 Arıtma

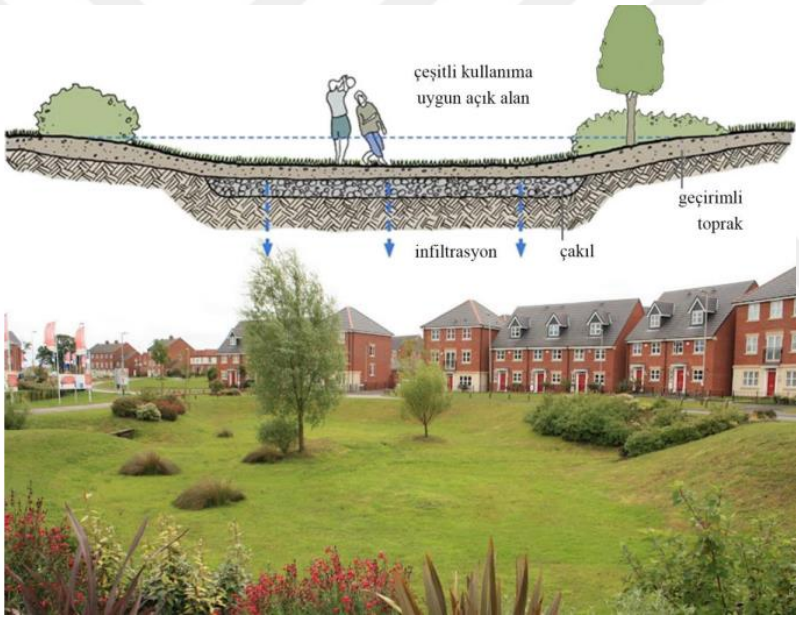
Yağmur suyu tekrar kullanılmadan önce veya yer altına sızmadan önce, temel bir adım olan yağmur suyu arıtımı, bazı kaynaklarda tedavi olarak da geçmektedir. Arıtma işlemi çeşitli tasarım unsurları ile mümkün kılınmaktadır.

Biyolojik Saklama Alanları

Tutma alanları, genellikle düşük eğimli, sığ peyzajlı çukurlar olarak tasarlanan ve suyun yüzey akışını kontrol etmek ve arıtmak için işlenmiş topraklar ve geliştirilmiş

bitki örtüsüne dayanan su yönetim sistemleridir (Hoyer vd., 2011). Bu sistemler, özellikle yoğun yağış olaylarının neden olduğu su akışını düzenler ve arıtır.

Sistem içerisinde, toprağın yüzeyini örten malç ve toprak katmanı, filtreleme işlemini gerçekleştirir. Bu filtreleme süreci, yüzeysel akış kaynaklı kirliliği azaltmanın yanı sıra yağış sonrası yüzeysel akış miktarını da düşürmeye katkı sağlamaktadır. Biyolojik tutma alanları, çeşitli boyutlarda uygulanabilir ve sistemin etkili bir şekilde işlev görebilmesi için çevresine göre daha düşük bir kotta tasarlanması gerekmektedir (Konyalı Dereli, 2020). Aynı tasarım mantığına sahip ve benzer işlevi yerine getiren uygulamalar arasında, küçük ölçekli biyolojik tutma alanları olarak kabul edilen yağmur bahçeleri, yağmur hendekleri gibi projeler de bulunmaktadır (Sagrelius vd., 2022). Yağışın olmadığı dönemlerde büyük ölçekli biyolojik tutma alanları, rekreasyon alanı olarak kullanılmaktadır (Şekil 3.2).



Şekil 3.2 Biyolojik tutma alanının (üstte) detay kesiti ve (altta) uygulama örneği (SusDrain, t.y.)

Biyotoplar

Ekolojik dengeyi sağlamak amacıyla bilinçli bir şekilde bir araya getirilen bitkilerin ve zaman zaman hayvanların oluşturduğu biyotoplar, genellikle sazlık ve diğer sulak alan bitkileri kullanılarak doğal oksijenasyon ve diğer süreçler aracılığıyla su kalitesini iyileştirmek amacıyla kullanılabilmektedir (Fumero, 2020). Aynı zamanda bu unsurlar, göletlerin veya su özelliklerinin peyzaj kalitesini artırmak üzere stratejik bir şekilde yerleştirilmelidir (Şekil 3.3). Bu yerleştirme, rüzgârı

engellemek, hoş olmayan manzaraları gizlemek veya kamusal alanları ve yürüyüş yollarını çerçevelemek gibi hizmetlere de katkıda bulunmaktadır.



Şekil 3.3 Biyotop örneği (Hoyer, 2011)

Çakıl ve Kum filtreleri

Çakıl veya kum gibi ana filtre malzemelerini içeren yer üstü veya yer altı odacıklardır. Genellikle yüzey sularını işlemek amacıyla tasarlanmış olup ihtiyaç halinde daha teknik filtreleme sistemlerini de içermektedir (Şekil 3.4). (Hoyer vd. 2011).



Şekil 3.4 Enkaz filtre kanalı (Hoyer, vd., 2011)

3.2.3 Tutma ve Sızma

Yağmursuyu, bu aşamada sistem araçları tarafından geçici olarak depolanmakta ve yavaşça sızmasına olanak tanımaktadır. Bu süreç, yağmur suyunu yüzey akışlarını en aza indirmek, sel riskini azaltmak, yağmursuyu kanalizasyonlarına olan baskıyı hafifletmek ve doğal hidrolojiyi korumak ve restore etmek amacıyla gerçekleşmektedir (Hoyer vd., 2011). Sistem araçları:

Çatı Üstü Tutma (Yeşil Çatı)

Çatıda su tutma yöntemleri, genellikle çatı sisteminin amacı ve boyutuna göre tasarlanmış çok katmanlı bir yapıyı içermektedir. Bu yapıya yeşil çatılar da denilmektedir. Yeşil çatılar, yağış anında yağmur suyunu yakalayarak yüzey akışını azaltmaktadır. Çatı sistemindeki yağmursuyu, toprak tarafından emilir ve bu su daha sonra bitkiler tarafından kullanılmaktadır (Şekil 3.5).

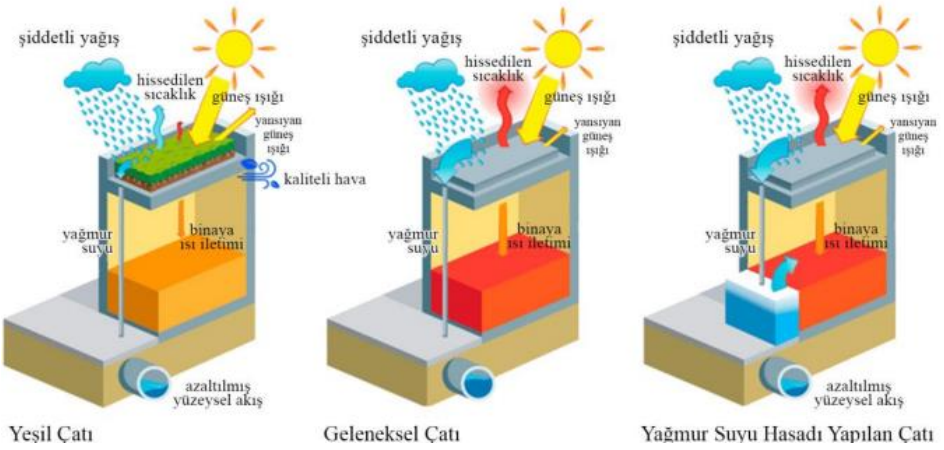


Şekil 3.5 Yeşil çatı katmanları ve Melbourne' de yeşil çatı uygulaması (URL-8)

Yeşil çatıların su tutma kapasitesi, yağış özellikleri, bitki örtüsü, çatı eğimi, sistem üzerindeki toprak kalınlığı, nem kapasitesi ve hidrolojik özellikler gibi faktörlere bağlı olarak değişebilmektedir (Liu vd., 2019).

Genellikle yaygın olarak kullanılan yeşil çatılar, daha hafif ve kuraklığa dayanıklı çim, sedum gibi sığ köklü bitkiler tercih edilmektedir. Daha yoğun çatılar ise düzenli bakım ve sulama gerektiren, daha ağır ve derin köklü bitkileri barındıran kalın bir büyüme ortamı gerekmektedir. Yeşil çatılarda olduğu gibi, çatı tutma kapasitesine sahip kahverengi çatılar da bulunmaktadır. Bu çatılar, genellikle çakıl, enkaz ve toprak gibi yerel kaynaklı malzemeleri kullanarak işlev görmekte ve genellikle yeni gelişmelerde habitat kaybını azaltma amacını taşımaktadır (Hoyer vd., 2011). Yeşil çatı, manzaranın bir parçası haline gelebilir veya hatta erişilebilir bir bahçe olarak kullanılmaktadır. Ayrıca yağmur suyu yönetimine katkısının yanı sıra binanın ısı yalıtımını destekleyerek, kentsel alanlardaki yeşil alan oranını artırarak biyoçeşitliliğe olumlu etkileriyle hem bina hem de kent ölçeğinde fayda

sağlamaktadır. Yeşil çatıların diğer çatılara kıyasla çevresine sağladığı katkılar Şekil 3.6'de gösterilmiştir.



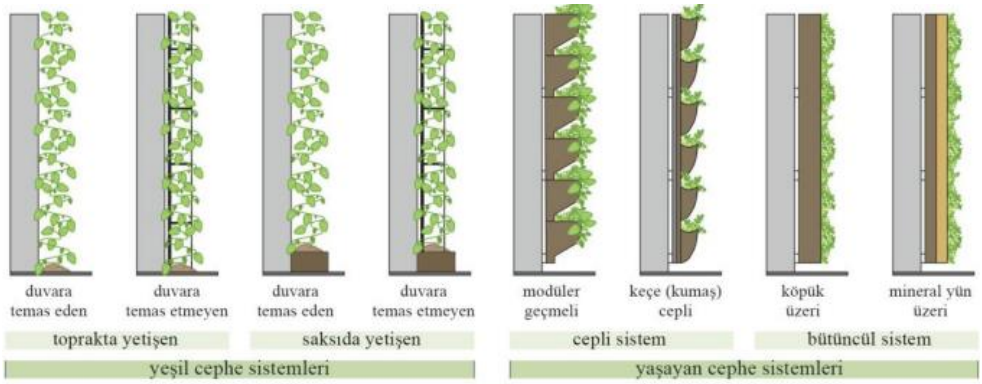
Şekil 3.6 Yeşil çatı, geleneksel çatı ve yağmur suyu hasadı yapılan çatının karşılaştırılması (Fraga vd., 2022; Taşkın, 2022)

Düşey Yeşil Sistem

Bitkiler, kendiliğinden tırmanarak veya tabanında yetiştirilen bahçe yataklarında ve cephede tutturulan saksılardan yetiştirilerek, dikey bir bitkisel sistemi oluşturmaktadır. Yapı, bir su teslimat sistemini içerir ve modüler elemanlar, alt tabaka alanını ve otomatik sulamayı içerir (Fumero, 2020).

Düşey yeşil sistemler, sistemler, inşaat tekniğine bağlı olarak yaşayan cephe sistemleri ve yeşil cephe sistemleri olmak üzere iki kategoriye ayrılır. Yeşil cephe sistemlerinde bitkiler, duvar altında bulunan büyüme alanlarında gelişir. Toprak seviyesinde veya zemin üzerindeki bir saksıda yetişen tırmanıcı bitkilerin cepheyi kaplamasıyla meydana gelen yeşil cepheler, düşey yeşil sistemler arasında uygulaması en kolay olanlardan biridir (Taşkın, 2022). Ayrıca, özellikle bina çatlaklarında kendiliğinden yetişen tırmanıcı bitkilerle, özel bir çaba göstermeden de ortaya çıkabilir.

Yaşayan cephe sistemlerinde ise bitkiler, duvardan ayrı tutulmakta ve duvara monte edilen bir yetişme ortamında büyümektedir. Aynı şekilde, damla sulama sistemi gibi, bitkinin su ihtiyacını karşılayacak sistemler de duvara monte edilen cepli veya bütüncül sistemler sayesinde taşınmaktadır. Bitkilerin çeşitliliği ve yoğunluğu sebebiyle, yeşil cephelere göre daha fazla bakım gerektirmekte aynı zamanda daha maliyetlidir (Erdoğdu, 2014). Yapım tekniğine ve yetişme ortamlarına göre belirlenen düşey yeşil sistem örnekleri Şekil 3.8'de sunulmuştur.

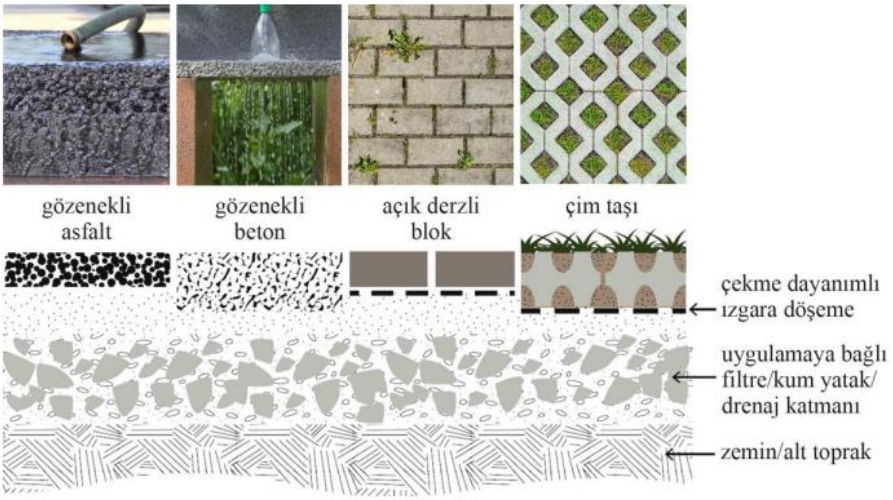


Şekil 3.7 Düşey yeşil sistem tiplerine ilişkin şematik detay kesitleri, (Pochodyła vd., 2021; Palermo & Turco, 2020'den yararlanılarak tez kapsamında hazırlanmıştır)

Geçirgen Kaplama

Geçirimli yüzey kaplama malzemeleri, genellikle kentleşmiş alanlarda tercih edilmektedir. Bu sistem, yağmur suyunun yer altına sızmasını kolaylaştırarak aynı zamanda yüzeysel akışın azalmasını sağlar. Taşıt yolu, yürüyüş yolu, kaldırım gibi alanların yanı sıra rekreasyon alanları, otoparklar, çatılar gibi çok çeşitli alanlarda kullanılabilen geçirimli yüzeyler, Şekil 3.9'da da görüldüğü üzere; sürdürülebilir yağmur suyu yönetiminin en temel uygulamalarındandır (Eisenberg vd., 2015).

Izgaralı döşemeler (plastik-geoweb veya beton), birbirine kenetlenen döşemeler (kilit taşı vb.), gibi geçirimli döşeme türleri bulunmaktadır (Gülcü, 2021). Bu tür döşemelerde, geçirimli yüzeyleri yağmur suyunun yer altına sızmasına izin verir; toprak tabakasından önce en alt katman olarak bulunan kum ve agrega tabakaları suyu uzaklaştırmaya yardımcı olmaktadır (Gülcü, 2021) (Şekil 3.8).



Şekil 3.8 Geçirimli yüzey detayı (alt) ve uygulama örnekleri (üst) (Hoban, 2019'dan uyarlanmıştır)

Geçirimli yüzey kaplama malzemeleri uygulama aşamasında, tasarlanacak alanın özellikleri ve ihtiyaçları dikkate alınmalıdır; aksi takdirde, zayıf mühendislik teknolojileri ile tasarlanan yüzeylerde ağır araç trafiği durumunda çökme ve çatlama gibi sorunlarla karşılaşılabilmektedir (Hoban, 2019).

Sızma Bölgeleri (Hendekler)

Yağmur hendekleri, yağmur suyundan maksimum fayda sağlamak için kullanılan uzun ve sığ çukurlardır. Bu hendekler, yağmur suyunu arıtma, taşıma ve yüzeysel akış miktarını azaltma amacıyla inşa edilir (Ünal ve Akyüz, 2017). Yağmur hendekleri, fırtınalar sırasında yüzey suyunun tutulması ve hızla sızması için tasarlanmış bitkilendirilmiş alanlardır. Genellikle çakıl, kum ve diğer mineraller veya alt yapılar kullanılarak yapılırlar ve her türlü kentsel mekânda kullanılabilirler (Gülcü, 2021). Yağmur hendekleri, yüzeyinde sürekli olarak su bulundurup bulundurmama durumuna göre ıslak veya kuru olmak üzere iki kategoride ele alınmaktadır.

Tutma Havuzu (Kuru)

Yüzey depolama havuzları, fırtına suyu akışını düzenleyerek yumuşatma ve tutma işlevini yerine getirir. Bu unsurlar genellikle kuru durumda bekler ve yağmur mevsimi geldiğinde gölette biriken suyu yavaşça yer altına sızdırır. Tutma havuzu (kuru) sadece yağış zamanlarında yağmur suyu biriktiği için, yerleşim bölgelerinde yol kenarları, orta refüj, alışveriş merkezleri, okul bahçeleri gibi alanlarda yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Ünal ve Akyüz, 2017).

Tutma Havuzu (Islak)

Kuru tutma havuzundan farkı, yağmur suyunu depolamaları ve sürekli olarak tutmalarıdır. Ayrıca suyu filtrelemek ve kalitesini artırmak için biyotoplara sahip olabilirler. Bu sistem suyu sürekli tuttuğu için genellikle kırsal alanlarda yerleşim bölgelerinin dışında tercih edilir (Ünal ve Akyüz, 2017).

Kuru ve ıslak tutma havuzlarına ilişkin detay Şekil 3.9'da sunulmaktadır.



Şekil 3.9 Solda tutma havuzu (kuru), sağda tutma havuzu(ıslak) (Hoyer vd., 2011)

Yağmur bahçesi

Yağmur bahçeleri, yağmur sularının herhangi bir işleme tabi tutulmadan doğrudan yönlendirildiği ve doğal bitkilerin yetiştirilebildiği toprak emme yöntemini kullanmaktadır (ÇŞİDB Yağmur Suyu Kullanma Kılavuzu, 2018). Yağmur bahçeleri, aşırı yağış kaynaklı akışı azaltmak amacıyla bitkilendirilmiş çöküntülü toprak alanlardır (Burge vd., 2012; Dunnet ve Yuan, 2018). Bu bahçeler, sığ havuzlar olarak tasarlanır ve yağmur suyu peyzaj konseptini geniş alanlara yayarak hem ekolojik hem de görsel fayda sağlamaktadır. Yağmur bahçeleri doğal yağışı sulama kaynağı olarak kullanır ve genellikle suyunu 24 ila maksimum 96 saat içinde tahliye edecek şekilde tasarlanır (Davis vd., 2009; Uncapher vd., 2012; Dunnet ve Yuan, 2018).

Bu sistem su taşıma işlevine sahip değildir; bunun yerine yağmur suyu akışını toplamak ve tutmak amacıyla tasarlanmıştır. Suyun bitki örtüsü ve toprak üzerinden akarken kirleticilerin tutulmasına ve filtrelenmesine olanak tanır. Yağmur suyu, şiddetli yağışların ardından araç yollarından, çatılardan, kaldırımlardan borular aracılığıyla veya sert zeminlerden eğim verilerek tutma alanına yönlendirilmektedir. Şekil 3.11'de yağış öncesi ve sonrasında yağmur bahçesine

ilişkin detaylar gösterilmektedir. Yağmur bahçesinin derinliği, büyüklüğü ve bitki seçimi alanın özelliklerine ve ihtiyacına göre belirlenmelidir.



Şekil 3.10 Yağmurlu (a) ve kuru havada (b) yağmur bahçesinin görünüşü ve detayları (c) (Gülcü, 2021)

Bekletme ve infiltrasyon haznesi (geocellular sistem)

Sistem, şiddetli yağışların ardından oluşan yüzeysel akışı kontrol etmek ve yönetmek amacıyla tasarlanmıştır. Bu hazneler, fazla yağmur suyunu bir süre tutarak geciktirme ve ihtiyaç duyulduğunda arıtarak tekrar kullanma olanağı sağlar. Ayrıca, drenaj sistemlerine karışacak yağmur suyunun kirlenmesini kirlenmesinin önüne geçen modern sarnıç görevi gören sistemlerdir (Demir, 2012). Modüler yapıları sayesinde çeşitli alanlara uyarlanabilir ve özel boyutlarda inşa edilebilirler.

Şekil 3.11'de verilen uygulama örneği, bu bekletme ve infiltrasyon haznesi sistemlerinin modüler yapısını gösterir ve farklı alanlara adapte edilebileceğini vurgular. Bu tür sistemler, sürdürülebilir su yönetimi için etkili bir çözüm sunmaktadır (SusDrain, t.y.).



Şekil 3.11 Bekletme ve infiltrasyon haznesi sistemleri için örnek uygulama ve sistemlerin yer altındaki görünüşü (URL-9).

Su Meydanı: Yüksek miktarda geçirimsiz yüzey içeren meydanlarda suyu yönetme ihtiyacına yenilikçi bir cevaptır. Genellikle meydan oyun alanıdır, ancak yağış zamanı sırasında bir su tutma havuzuna dönüşmektedir.

3.2.4 Taşıma / Nakil

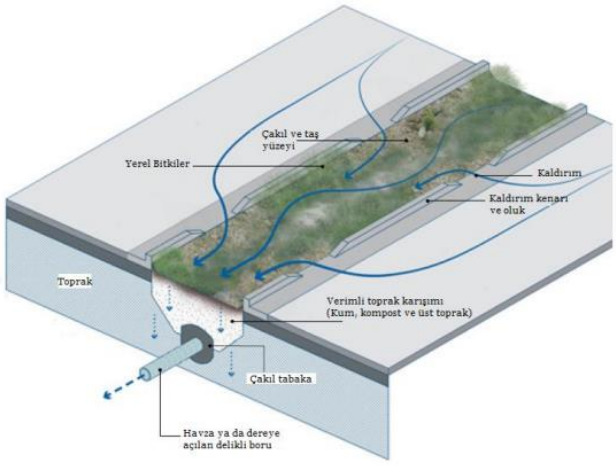
Taşıma aşamasında yağmur suyunun taşınması gerçekleşmektedir. Bu sistemler, yağmur sularını yağmur suyu toplama noktalarından alarak, genellikle su tutma havuzlarına veya yer altı sızma noktalarına yönlendirir. Bu aşamada, yağmur suyu çeşitli ön işlemlerden geçirilerek arıtılabilir. Bu sayede yağmur suyunun kalitesi artırılarak çevresel etkiler minimize edilmeye çalışılmaktadır.

Bitkili Su Arkları (Açık Fırtına Suyu Kanalları/Logarları)

Bitkili su hendekleri, sürdürülebilir su yönetimi için kullanılan bir tasarım ögesidir. Bu tasarım, yer altı kanalizasyon sistemlerine bir alternatif olarak öne çıkar. Su arkları, suyun akış hızını kontrol etmek ve yavaşlatmak amacıyla bitkilerin kullanımını içerir. Bu bitkiler aynı zamanda erozyonu önleme ve suyun doğal arıtımına katkıda bulunma potansiyeline sahiptir.

Mazgal, kaldırım kenarı taşı ve kapalı kanal sistemleri gibi geleneksel altyapı sistemlerinin yerine bitkili su hendekleri kullanılabilmektedir. Düşük eğimli yapılarıyla, suyun yavaşlamasına ve bitkilerin suyu etkin bir şekilde kullanmasına imkân tanırlar (Şekil 3.12). Bu tasarım, sürdürülebilir su yönetimi ve çevre sürdürülebilirliği açısından etkili bir çözüm sunabilir.

Yağmur bahçelerinden farklı olarak, bitkili su hendekleri genellikle otopark alanları, trafiğe açık yollar ve kaldırımlar gibi alanlar boyunca inşa edilirler. Bu tasarımın önemli avantajlarından biri, yerel türler ve uzun kök sistemine sahip bitkilerle kullanıldığında daha iyi performans göstermesidir (Konyalı Dereli, 2020). Bu, suyun etkili bir şekilde emilmesine ve arıtılmasına yardımcı olabilir. Bitkili su hendekleri, şehir planlaması ve inşaat projelerinde çevresel etkileri azaltmak için sürdürülebilir bir strateji olarak dikkate alınabilir.



Şekil 3.12 Bitkili Su Arkı Detayı (Team Sponge, 2019'dan uyarlanmıştır).

Açık kanalların kullanımı, suyun akışını görünür hale getirerek, izleyicilere suyun hareketini anlama ve takip etme fırsatı sunar. Bu şekilde, kanallar sadece suyun taşınması için değil, aynı zamanda kentsel çevrenin tasarımında ve toplumun su konusundaki farkındalığının artırılmasında bir araç olarak da işlev görebilir. Şekil 3.13'te, peyzaj alanlarında kullanılabilecek su arkına ait detay kesiti ve çeşitli uygulama örnekleri gösterilmektedir.



Şekil 3.13 Bir su arkının detay kesiti (sol) ve uygulama örnekleri (sağ) (SusDrain (t.y.) & Riye (t.y.) ve Binet, 2015'ten uyarlanmıştır)

Buharlaşma ve Terleme

Buharlaşma ve transpirasyon, su döngüsündeki kritik adımlardan biridir. Ancak kentsel alanlardaki yoğun kaplama nedeniyle bu önemli süreçler büyük ölçüde azalır ve ısı adası etkisini artırır. Suya duyarlı Kentsel Tasarım (SDKT), buharlaşma ve terleme süreçlerini kentsel alanlarda artırmayı hedeflemektedir. Bu amaçla, yeşil

ve geçirgen yüzeyleri artırarak su döngüsündeki bu önemli adımı destekler. Buharlaşma ve terlemenin iki ana türü bulunmaktadır (Hoyer, vd., 2011).

Pasif Buharlaşma ve terleme

Pasif buharlaşma ve terleme, iç ve dış mekân iklimini içsel özellikleri, özellikle terleme ve buharlaşma kullanarak iyileştirme amacına hizmet etmektedir. Her türlü bitkisel öge kentsel alanlarda bu süreci desteklemek için kullanılabilir.

Aktif Buharlaşma ve terleme

Aktif Buharlaşma ve terleme, yağmur suyu duvarları, havuzlar ve çeşmeler gibi unsurları kullanarak teşvik edilir. Temelde suyun hareketi genel alanların veya hava kalitesini değiştirme ve binaların sıcaklığını etkilemektedir. Aynı zamanda projedeki tasarım kalitesini artırır.

SDKT araçlarının işlevi, faydaları, kentsel ortamlarda kullanımları ve uygulanırken dikkat edilmesi gerekin kriterler Tablo 3.1'de gösterilmektedir.

Tablo 3.1 SDKT bileşenlerine ilişkin görsel sembol, işlev, fayda ve kriterler (Fumero, 2020 ve Hoyer, vd.'den yararlanılarak tez kapsamında hazırlanmıştır)

Yağmur Suyu Yönetimi	SDKT Bileşenleri	İşlevi	Faydaları	Kentsel Tasarım Uygulaması	Kriterler
Yağmur Suyu Kullanma	Yağmursuyu Hasadı 	Çatılardan yağmur suyunu toplar ve çeşitli bahçe sulama, tarım, süs havuzu ve tuvalet rezervuarı dolumu gibi alanlarda kullanılır	Yağmur suyunun toplanması Yüzeysel akış miktarını azaltmak Suyun su kıtlığına çözüm üretmesi	Büyük kompleksler Ticari ve ticari olmayan yapılar Yer üstü depolama sistemi olarak (çeşmeler, havuzlar)	Kurak bölgelerde yağmursuyu toplama hacminin belirlenmesi Yağış bakımından uygun alanların seçilmesi
Tutma Tedavi	Biyolojik Saklama Alanları 	Bir çöküntünün toprak karışımı ve bitki örtüsü ile doldurularak yağmur suyunu tutar	Yeni yaşam alanı sağlamakta Gelişmiş karbon tutumu Estetik açıdan hoş kentsel yeşil alanlar Kurak dönemlerde rekreasyon alanı	Kent parkları Toplu konut alanları	Filtre ortamının tatmin edici performansı korumak için geçirgen tutulması gerekir Filtre ortamının zamanında değiştirilmesi

Tablo 3.1 SDKT bileşenlerine ilişkin görsel sembol, işlev, fayda ve kriterler (Fumero, 2020 ve Hoyer, vd.'den yararlanılarak tez kapsamında hazırlanmıştır (devamı))

	Biyotoplar 	Ekolojik istikrar için bir araya getirilen bitkilerden ve bazen de hayvanlardan oluşur	Göletlerin veya su özelliklerinin peyzaj kalitesini artırmak Alanı rüzgârdan veya hoş olmayan manzaralardan korumak Kamusal alanları ve yürüyüş yollarını çerçevelemek	Sulak alanlar Sazlık yatakları Parklar	Sulak alan zamanla doygun koşullara ulaştıkça akış hacmindeki azalma giderek azalabilildiğinden Hacim kontrolünün yapılması gereklidir.
	Çakıl ve kum filtreleri 	Birincil filtre ortamı olarak çakıl veya kum kullanılarak yüzey suyu akışını arıtmak için tasarlanmış yer üstü veya yer altı bölmeler	Yüzey suyu akışını arıtmak	Kanallar veya binalar boyunca kenar olarak kullanılabilir	Yüzey suyu akışını hesaplanması Düzenli aralıklarla bakımı yapılmalı
Sızma	Yeşil çatı 	Yağmursuyunu temizlemek ve toplamak ve buharlaşmayı teşvik etmek için bitki örtüsüne sahip çatı	Yağışın tutulması, iklim değişikliğinin azaltılması, binanın daha iyi yalıtılması ve ısı adası etkisinin azaltılması, kuraklığa dayanıklılık, biyolojik çeşitlilik	Bina Ticari yapılar Kamu binaları	Toprağın nem düzeyi, kalınlığı ve hidrolik özelliği, yağış özellikleri, bitki örtüsü, çatı eğiminin hesaplanması

Tablo 3.1 SDKT bileşenlerine ilişkin görsel sembol, işlev, fayda ve kriterler (Fumero, 2020 ve Hoyer, vd.'den yararlanılarak tez kapsamında hazırlanmıştır (devamı))

	Düşey yeşil sistem 	Kendi kendine tırmanan bitkiler, cepheye yapıştırılan saksılardan veya bir alt tabakadan yetiştirilen bitkilerden oluşturulan dikey bitkisel sistemdir	Kentsel mikro iklimi düzenlemek Hava kalitesini artırmak Sera etkisini azaltma Bina cephesinde ısı ve ses yalıtımı sağlaması Gıda üretimi Estetik açıdan hoş, şifalı bitkiler	Sokak Yerleşme alanlarda	İlave sulama sistemi gerektirdiğinden yağmur suyu hasadı ve gri su sistemleri ile şebeke suyuna ihtiyaç duyulmayacak şekilde de tasarlanabilmeli
	Geçirgen kaplama 	Alt zemin çakıl yatağı veya başka bir gözenekli ortam sayesinde suyun geçmesine izin veren beton veya asfalt kaplamadır	Kentsel sel riskinin azaltılması Sokakta arabaların hızını azaltmak Yüzeyin altındaki katman ile kent ağaçlarının beslenmesini sağlamak	Araç yolu Yaya yolu Kaldırım Otopark Park Meydan Spor sahası	Yüzeyindeki boşluklar nedeniyle trafik yoğunlu az bölgede kullanılmalı Zemin toprağı düşük geçirgenliğe sahipse sızan suyu için toplama borusu olmalı
	Hendekler 	Yüzey suyunun tutulması ve hızla sızması için çakıl, kum ve diğer mineraller veya alt yapılar kullanılarak tasarlanmış bitkilendirilmiş alanlardır	Yağmur suyunu taşıma, arıtma ve yüzeysel akış miktarını azaltmak Rekreasyon amaçlı kullanılabilme	Meydan Otopark Avlu Bahçe Park Sokak	Yer altı su tabanı seviyesi belirlenmeli Toprağın geçirgenliği, yapıya olan uzaklığı hesaplanmalı Bitkisel materyal ile desteklenmeli

Tablo 3.1 SDKT bileşenlerine ilişkin görsel sembol, işlev, fayda ve kriterler (Fumero, 2020 ve Hoyer, vd.'den yararlanılarak tez kapsamında hazırlanmıştır (devamı))

	Yağmur bahçesi 	Yağmur suyu drenajı yapılarak belirli bir süre depolanır ve ardından ya zemin toprağına sızar ya da kanalizasyon sistemine karışır.	Kamusal alanlarda yeşilliğin arttırılması, Yüzeysel akışların geciktirilmesi ve akış hızlarının azaltılması Sel riskinin azaltılması Kentsel ısı adasının hafifletilmesi Estetiğin geliştirilmesi Yer altı suyunun yeniden doldurulması Yaşam ortamı sağlaması	Yapı, okul ve ticari alanların bahçelerinde Üniversite kampüslerinde Kamu yapı alanlarında Okul bahçelerinde Mahalle ve kent parklarında	Bitkilerin alanın doğal bitki örtüsünden seçilmesi, Dayanıklı bitkilerin seçilmesi Toprak geçirimliliğinin tespit edilmesi ve derinliğinin belirlenmesi, Yüzey akış miktarı ve drenaj alanı büyüklüğüne göre boyutlarının belirlenmesi alanda doğru konumlandırılması
	Ağaç Çukuru 	Yağmursuyu ağacın bulunduğu hendeğe süzülerek ağacı sularken çakıl ve boşlukların arasında depolanır	Suyun sızması, toplanması Kentsel ağaçların sulanması için yeniden kullanılması Kentsel ısı adasının azaltılması	Sokak Park Yapı bahçeleri Kaldırım	Ağaç seçiminde toprak tipi ile sahaya özgü diğer koşullar dikkate alınmalıdır Çöp ve tortuların uzaklaştırılması için bakımı düzenli yapılmalı

Tablo 3.1 SDKT bileşenlerine ilişkin görsel sembol, işlev, fayda ve kriterler (Fumero, 2020 ve Hoyer, vd.'den yararlanılarak tez kapsamında hazırlanmıştır (devamı))

	Bekleme infiltrasyon (geocellular sistem) 	Yağmur suyunu depolamak ve yavaşça süzmek için yer altına kurulan prefabrik yapılar.	Yüzeysel akışa geçen yağmur suyunun haznelerde tutularak akışın geciktirilmesi ve gerektiğinde arıtılarak yeniden kullanılması Sel felaketlerini önlemek Yüzeysel akış kirlenmesini engellemek	Yüksek yoğunluklu kentsel alanlar Ticari alanlar Otopark Çevre yolları	Hazne boyutu belirlenmeli Gelen yağışın toprağa sızma süresi de belirlenmeli Hazne boyutunu için doğrusal alanda gelen yağış miktarı, yıllık ortalama yağış miktarı ve süresinin araştırılması
	Su Meydanı 	Çift işlevli yapısıyla Meydan fırtına sırasında su tutma havuzuna dönüşür.	Yağmur suyunu depolaması Çift işlevli yapı ile meydan genel olarak oyun alanı olsa da fırtına sırasında su tutma havuzuna dönüşmesi Sel riskini önlemek	Meydan Park	Geçirimsiz yüzeyde su toplanır

Tablo 3.1 SDKT bileşenlerine ilişkin görsel sembol, işlev, fayda ve kriterler (Fumero, 2020 ve Hoyer, vd.'den yararlanılarak tez kapsamında hazırlanmıştır (devamı))

Taşıma Nakil	Bitkili Su Arkları 	Yer altı kanalizasyonlarına alternatif olarak ön arıtma cihazı olarak inşa edilen bitkili su kanalları	Yer altı kanalizasyonlarına alternatif olmak Suyun akış hızını kontrol etmek ve akış hızını azaltmak Erozyonu önlemek, suyun doğal arıtımında sağlamak	Otopark Trafiğe açık yollar Kaldırımlar Yeşil sokak güçlendirme projelerinde	Uygun olan bitkiler seçilmeli Tıkanmanın engellenmesi için eğimi %1 ile %4 arasında verilmeli Filtrelerin tıkanma ihtimaline ilişkin düzenli kontrol edilmeli Yağmur suyu tutma süresi eğim baz alınıp hesaplanmalı
Buharlaşma Terleme	Aktif buharlaşma terleme 	Buharlaşma ve terleme sürecini teşvik eden yeşil ve gözenekli yüzeyleri oluşturur	Kentsel ısı adasını azaltmak Estetik fayda	Yağmur suyu duvarları, çeşmeler ve havuzlar	Bitkilerin köklerinin yeterli oksijen alabilmesi Ortamdaki ışık ve sıcaklık düzeyleri dikkate alınmalı
	Pasif buharlaşma terleme 	Buharlaşma ve terleme sürecinde doğal yüzeylerin kullanılması	İç ve dış mekân iklimini iyileştirmek	Kentsel alanlardaki her türlü bitkisel unsur	Bitkilerin yetiştirildiği ortamda gölgelendirme veya rüzgâr koruması sağlamak

3.3 SDKT Bileşenlerinin Ölçeklendirilmesi ve Etkileri

SKDT ilkelerinin bir bölgedeki planlama sürecine tam anlamıyla entegre edilmesi ve uyum sağlaması için SDKT araçlarının ölçeklendirilmesi önemli rol oynamaktadır. Bu çerçevede SDKT araçları farklı şekilde ele alınmıştır. Lewis ve diğerleri (2015) tarafından önerilen ölçek hiyerarşisi Şekil 2.36'da gösterildiği üzere (Bölge/kent, havza/kentsel alan, alan/mahalle ve ada/parsel) olarak belirtilmiştir.



Şekil 3.14 SDKT araçlarının uyarlanması (Lewis, 2015)

Sharma vd., SDKT bileşenlerini bina/sokak ve mahalle/kent/bölge olarak sınıflandırmıştır. SDKT bileşenleri, kentsel ortamda akış hızını yavaşlatma, su kalitesini yönetme, sel ve taşkınları önleme, yağmur suyu toplama potansiyeli ve biyolojik çeşitliliği artırma gibi katkılara sahiptir. Tablo 3.1'de bina/sokak ölçeğinde uygulanabilen araçları içerirken, Tablo 3.2'de Mahalle/Kent/Bölge ölçeğinde uygulanabilen araçlar ve bu araçların yaşam alanlarımıza katkıları sunulmaktadır.

Tablo 3.2 Bina/Sokak ölçeğinde SDKT araçları ve faydaları (Sharma vd., 2019'den uyarlanmıştır)

	SDKT Bileşenleri	Akış Hızı Yavaşlatma	Su Kalitesi Yönetimi	Sel Yönetimi	Toplama Potansiyeli	Biyolojik Çeşitlilik
Bina ve Sokak Ölçeği	Yağmur Tankları	X		X	X	
	Yağmur Bahçeleri	X				X
	Yeşil Çatılar/ Çatı Bahçeleri	X	X	X	X	X
	Bahçeler/ Peyzaj	X	X			X

Tablo 3.2 Bina/Sokak ölçeğinde SDKT araçları ve faydaları (Sharma vd., 2019'den uyarlanmıştır (devamı)

	Geçirimli Yüzey	**X**	**X**			
	Bitkili Su Arkları	X	X			
	Hendekler	X	X	X		X
	Kum Filtreleri			X		
	Tampon Şeritler	X	X			
	İnfiltrasyon (Geocellular Sistem)	X	X			
	Yer Altı Depolama	X		X	X	

Tablo 3.3 Mahalle/Kent/Bölge ölçeğinde SDKT araçları ve faydaları (Sharma vd., 2019'den uyarlanmıştır)

Mahalle/Kent/ Bölge Ölçeği	SDKT Bileşenleri	Akış Hızı Yavaşlatma	Su Kalitesi Yönetimi	Sel Yönetimi	Toplama Potansiyeli	Biyolojik Çeşitlilik
	Tutma Havuzları		X			
	Geciktirme Havuzları		X			
	Tortu Havuzları	X	X			
	Göletler	X	X	X	X	X
	İnşa Edilmiş Sulak Alanlar	X	X	X		X
	Yer Altı Sulak Alanları		X			X
	Yağmursuyu Depolama Üniteleri	X		X	X	
	Doğal Su Yatakları (Akiferin Yeniden Dolumu)				X	

SDKT araçlarının iklimin düzenlenmesi, havanın temizlenmesi, suyun temizlenmesi, karbon tutumu, tozlaşma, biyolojik çeşitlilik sağlama, iklim değişikliğinin etkilerini azaltma ve yaşama ortamı sağlama gibi ekolojik etkileri bulunmaktadır. Bunlar Tablo 3.4'te sunulmaktadır.

Tablo 3.4 SDKT bileşenlerinin ekolojik etkileri (Arslantaş, 2020'den uyarlanarak hazırlanmıştır)

		EKOLOJİK ETKİ							
Uygulama Ölçeği	SDKT Bileşenleri	İklimin düzenlenmesi	Havanın temizlenmesi	Suyun temizlenmesi	Karbon tutumu	Tozlaşma	Biyolojik çeşitlilik sağlama	İklim değişikliği etkilerini azaltma	Yaşam ortamı sağlama
Bina, sokak	Yağmur Bahçesi	X	X	X			X	X	X
Bina, sokak	Geçirgen döşeme	X						X	
Bina, sokak	Yeşil duvar	X	X	X		X	X	X	X
Bina, sokak	Yeşil çatı	X	X			X	X	X	X
Bina, sokak	Bitkilendirilmiş otoparklar	X	X						
Sokak, mahalle	Sokak ağaçları	X	X	X	X	X	X	X	X
Sokak, mahalle	Sürdürülebilir kentsel drenaj	X	X	X					
Kent bölge	Yeşil koridor	X	X	X	X	X	X	X	X
Kent, bölge	Su kanalları	X		X					X
Kent, bölge	Akarsu koridorları	X		X			X	X	X

SDKT bileşenlerinin arazi değerinin artması, ekonomik büyüme ve yatırımların artması, turizm olanaklarının ve iş gücü verimliliğinin artması, ürün tedariğinin artması, ticari rekreasyon ve dinlenme tesislerinin artması, mêkan niteliğinde artış, sağlık harcamalarında azalma, taşkınların minimize edilmesi ile maddi kayıpların

azalması ve iklim değişikliğine uyumda artış gibi ekonomik etkileri Tablo 3.5'te gösterilmiştir.

Tablo 3.5 SDKT bileşenlerinin ekonomik etkileri (Arslantaş, 2020'den uyarlanarak hazırlanmıştır)

		EKONOMİK ETKİ									
Uygulama Ölçeği	SDKT Bileşenleri	Arazi değerinin artması	Ekonomik büyüme ve yatırımlarına artması	Turizm olanaklarının artması	İş gücü verimliliğinin artması	Ürün tedariğinin artması	Ticari rekreasyon ve dinlence tesislerinin artması	Mekân niteliğinde artış	Sağlık harcamalarında azalma	Taşkınların azalması ile maddi kayıpların azalması	İklim değişikliğine uyumda artış
Bina, sokak	Yağmur Bahçesi							X	X	X	X
Bina, sokak	Geçirgen döşeme						X	X		X	X
Bina, sokak	Yeşil duvar	X			X			X	X	X	X
Bina, sokak	Yeşil çatı	X			X	X	X	X	X	X	X
Bina, sokak	Bitkilendirilmiş otoparklar	X					X	X		X	X
Sokak, mahalle	Sokak ağaçları	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Sokak, mahalle	Sürdürülebilir kentsel drenaj	X	X	X		X	X	X	X	X	X
Kent, bölge	Su kanalları	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Kent, bölge	Akarsu koridorları	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Tablo 3.6'da kent estetiğinde iyileşme, spor aktivitelerinin artması, sosyal etkileşim ve toplumsal uyumun artması, toplumun çevereye farkındalığının artması, su ve kent belleğinin güçlenmesi, ruh sağlığında iyileşme ve doğaya erişilebilirliğinin artması gibi sosyal etkiler sunulmuştur.

Tablo 3.6 SDKT bileşenlerinin sosyal etkileri (Arslantaş, 2020'den uyarlanarak hazırlanmıştır)

	SOSYAL ETKİ								
Uygulama Ölçeği	SDKT Bileşenleri	Kent estetiğinde iyileşme	Spor ve rekreasyon aktivitelerinin artması	Sosyal etkileşim ve toplumsal uyumun artması	Toplumun iklim değişikliğine direncinin artması	Toplumun çevreyle ilgili farkındalığının artması	Su ve kent belleğinin güçlenmesi	Ruh sağlığında iyileşme	Doğaya erişilebilirliğinin artması
Bina, sokak	Yağmur Bahçesi	X			X		X	X	X
Bina, sokak	Geçirgen döşeme	X			X			X	X
Bina, sokak	Yeşil duvar	X			X			X	X
Bina, sokak	Yeşil çatı	X			X		X	X	X
Bina, sokak	Bitkilendirilmiş otoparklar	X			X		X	X	X
Sokak, mahalle	Sokak ağaçları	X		X	X		X	X	X
Sokak, mahalle	Sürdürülebilir kentsel drenaj	X			X			X	X
Kent bölge	Yeşil koridor	X	X	X	X	X	X	X	X
Kent, bölge	Su kanalları	X	X	X	X	X	X	X	X
Kent, bölge	Akarsu koridorları	X	X	X	X	X	X	X	X

SDKT uygulamalarının kentsel alanlara entegrasyonu, kentlerin sürdürülebilirliğini ve toplumun refahını artırmak için kritik bir rol oynar. Bu uygulamaların başarısı, kentsel çevrenin doğal kaynaklarını koruma, su döngüsünü etkin bir şekilde yönetme ve çevresel sürdürülebilirliği teşvik etme yeteneğine dayanmaktadır. SDKT uygulamaları; çevresel, ekonomik ve sosyal açıdan dengeli ve sağlıklı kentlerin oluşmasına yardımcı olmaktadır.

3.4 Bölüm Değerlendirmesi

SDKT araçları bu çalışmada bölgesel, kent/mahalle, bina/sokak olarak 3 kategoride sınıflandırılmıştır. Bölgesel ölçekte havza bazlı doğal su kaynakları ve akarsu kıyıları ve peyzajı ele alınmıştır. Kent/Mahalle ölçeğinde kent parkı, sürdürülebilir kentsel drenaj alanları ve geçirimli yüzeyler ele alınmıştır. Bina/Sokak ölçeğinde çatı, bahçe kullanımında yararlanılan yaygın bileşenler seçilmiştir (Tablo 3.7).

Tablo 3.7 SDKT bileşenlerinin ölçeklendirilmesi (Tez kapsamında hazırlanmıştır)

Bölge	Kent/Mahalle	Bina/Sokak
Akarsu koridorları Kıyı peyzajları	Kent Parkı Sürdürülebilir Kentsel Drenaj Alanları İnşa Edilmiş Sulak Alan Geçirimli Kaldırım Biyotop Tutma Alanları (Yağmur hendeği)	Yeşil Çatı Yağmur Bahçesi Yeşil Duvar Yağmur suyu Tankı

SDKT araçları, Bölüm 3.2'de detaylı şekilde açıklanmış ve bu doğrultuda Tablo 3.1, Tablo 3.2, Tablo 3.3, Tablo 3.4, Tablo 3.5, Tablo 3.6 ve Tablo 3.7'de SDKT bileşenlerinin ölçeklendirilmesi, faydaları, ekolojik-ekonomik-sosyal etkileri ve hangi kentsel ortamlarda uygulanabileceği incelenmiştir. Tez kapsamında, bu bilgiler özetlenmiş ve Tablo 3.8'de sunulmuştur.

Tablo 3.8 SDKT araçlarının uygulama ölçeği ve uygulama alanları (Kuller, 2017; Kemaneci, 2022'den yararlanılarak tez kapsamında hazırlanmıştır)

SDKT Bileşeni	İşlev	Uygulama Ölçeği	Uygulama Alanı	Sorunlar
Akifer depolama ve kurtarma	S,H	3,4	Düşük yoğunluklu yerleşim	Gelişmiş ön işleme ihtiyaç duyar

Tablo 3.8 SDKT araçlarının uygulama ölçeği ve uygulama alanları (Kuller, 2017; Kemaneci, 2022'den yararlanılarak tez kapsamında hazırlanmıştır (devamı)

Yağmur bahçeleri	T,S,B, H	1,2,3,4	Düşük yoğunluklu yerleşim	Tıkanma, kuraklığa karşı düşük dayanıklılık, hijyen ve tropikal hastalık vektörleri
Yeşil çatılar	T,S,B, H	1,2,3,4	Çatılar	Kurak iklimlerde sulama gerektirir
Sızma sistemleri	S	1,2,3,4	Yoğun şehir alanları, yollar ve otobanlar boyunca	Tıkanma, toprak kirliliği, sistem arızası
Geçirgen yüzey	T,S	1,2,3,4	Geçirimsiz yüzey	Yüksek bakım ve sistem arızası
Göletler ve göller	T,B,H	3,4	Bahçeler, parklar.	Kıyı erozyonu, yosun çiçeklenmeleri, sürü halinde kuşlar, sivrisinekler, sanitasyon, tropikal hastalık vektörleri
Kum filtreleri	A,H	1,2,3	Paralel (Kenar	Tıkanma, yüksek bakım
Tortu havuzları	A	2,3,4	Esnek: sokak peyzajı, bahçeler, parklar.	Hijyen ve tropikal hastalık vektörleri
Hendekler	T,S,B, A	1,2,3,4	Sokak manzarası, refüj şeridi otopark	Yüksek bakım, sanitasyon, tropikal hastalık vektörleri ve su baskını durumunda sivrisinekler
Sulak alanlar	H	3,4	Yüksek	Sivrisinekler, Tıkanma, kuraklığa karşı düşük dayanıklılık, hijyen ve tropikal hastalık vektörleri
Tanklar	T,N,B, H,A		-	Su kalitesi, sel koruması ile su temini arasındaki denge
A: arıtma B: buharlaşma H: hasat N:nakil T:tutma S:sızma 1:Bina 2:Sokak 3.Mahalle 4: Kent/ Bölge				

Suya Duyarlı Kentsel Tasarım (SDKT) araçlarının ölçeklendirilmesi, literatürde farklı bakış açılarıyla ele alınmaktadır. SDKT uygulama aşamalarında çeşitli kısıtlamalarla karşılaşmak mümkündür ve bu araçların hangi kentsel ortamlarda kullanılacağının belirlenmesi önemlidir. Her kentsel alanın kendine özgü koşulları ve ihtiyaçları bulunmaktadır. Bu kapsamda tasarımların yerel koşullara uygun olması büyük önem taşımaktadır.

Suya Duyarlı Kentsel Tasarım araçlarının etkili bir şekilde uygulanabilmesi için yerel faktörlerin ve kentsel ortamın ihtiyaçlarının dikkate alınması gerekmektedir. SDKT uygulamaları, fiziksel çevreye müdahale edilerek hem doğal kaynakların ve çevrenin sürekli olarak iyileştirilmesine hem de ekonomik ve toplumsal açıdan kentlerin geliştirilmesine katkı sağlamaktadır. Bu süreçte, uygulama aşamalarında ortaya çıkabilecek çeşitli kısıtlamaların bilinmesi ve bu kısıtlamalara uygun çözümlerin geliştirilmesi önemlidir.

4
SDKT KRİTERLERİ VE DEĞERLENDİRİLMESİ

Çalışmanın bu bölümde Suya Duyarlı Kentsel Tasarım kriterleri ulusal ve uluslararası örneklerle karşılaştırmalı analiz yapılarak değerlendirilmektedir. Bu analiz, hem benzer amaçları olan politika ve uygulamaların yerel düzeyde incelenmesine olanak tanırken, hem de uluslararası alanda kabul görmüş en iyi uygulamaların dikkate alınmasını sağlamaktadır.

4.1 SDKT Kriterleri

Önceki bölümlerde Suya Duyarlı Kentsel Tasarım kavramı üzerinden yapılan literatür incelemeleri ve yaşam alanlarımızda sel riskinin önlenmesi, yağmur suyu yönetimi ve su kıtlığının önlenmesi gibi konulara çözüm olabileceği değerlendirilmiştir. Bu kapsamda bu yaklaşıma ilişkin yedi kriter belirlenmiştir. Bu kriterlerin geçerliliğini test etmek amacıyla dünyada uygulanmış SDKT uygulamaları üzerinden değerlendirilme yapılmıştır. Belirlenen kriterler şu şekildedir:

4.1.1 Sosyal Kapsayıcılık /Aktörler

SDKT başarısı için uygulamaların hazırlanmasında halk, yerel yönetimler, yatırımcılar, merkezi kurumlar, STK gibi paydaşların katılımını içeren bir süreç tasarlanmalıdır. Topluluğu karar alma sürecine dâhil etmek, farkındalık yaratmak ve kamusal destek sağlamak, yağmur suyu yönetimi önlemlerinin uzun vadeli etkinliğine katkıda bulunur.

Suya Duyarlı Kentsel Tasarımın başarılı bir şekilde gerçekleştirilmesinde katılım önemli bir boyuttur. Topluluk üyelerinin katılımı, yerel su sorunlarının belirlenmesine ve etaplanmasında yardımcı olur aynı zamanda yerelin ihtiyaçlarını ve önceliklerini anlamak için bir fırsat sunar. Aktörlerin katılımı suya duyarlı tasarım konusunda yenilikçi fikirlerin ve çözüm önerilerin ortaya çıkmasını da sağlamaktadır. Projenin her aşamasında yerelin katılımı ile proje detaylarına daha hâkim olacağından bakım ve acil durum senaryolarına karşı hazırlıklı olmasını sağlayacaktır.

SDKT uygulamalarında yeşil ve rekreasyonel alanlar tasarlanırken toplulukların katılımına büyük önem verilmesi gerekmektedir. Bu alanların kullanımında, topluluk üyelerinin katılımı, bakım planlarının oluşturulmasında ve çeşitli çözüm önerilerinin sunulmasında önemli bir rol oynar. Su ile ilgili tasarımlar genellikle yeşil alanları içerir ve topluluğun bu alanlara katılımı, çevresel estetiğin ve kullanılabilirliğin artmasına büyük katkı sağlar.

Katılım süreci, yerelin su konularındaki bilincini artırmak için bir fırsat sunar. Topluluk üyeleri, su kaynaklarının sürdürülebilir kullanımı, yağmur suyu yönetimi ve su tasarrufu gibi konularda bilgi sahibi olabilirler. Bu da daha bilinçli ve sorumlu bir toplum oluşturarak su kaynaklarının etkili bir şekilde yönetilmesine katkı sağlar.

Bu boyutlar, Suya Duyarlı Kentsel Tasarımın sadece teknik bir mesele olmadığını, aynı zamanda toplumun bu sürecin bir parçası olarak etkileşimde bulunduğu ve karar süreçlerine aktif olarak dâhil olduğu bir çerçeve oluşturur. Bu da sürdürülebilir ve toplum odaklı su projelerinin geliştirilmesine katkıda bulunur.

4.1.2 Suya Duyarlılık

Kentsel su yönetimi, yerel ve küçük ölçekli su sistemlerini mümkün olduğunca kaynağa yakın bir şekilde yönetilmesini sağlamalıdır. Bu kapsamda, yağış esnasında yağmur suyunun yerinde tutulması, arıtılması ve daha sonra sızma ili yüzeysel akışa geçişi sağlanmalı ayrıca buharlaşmayı destekleyecek ölçüde sistemlerin teşvik edilmesi önemlidir. Suya duyarlılık, kentsel planlama bağlamında temel bir kavram olmalı ve planlama süreçlerinde öncelikli bir rol oynamalıdır. Kentsel planlamada su altyapısı, su kaynaklarına duyarlı bir şekilde yönetilmelidir. Bu kapsamda, yağmur suyu toplama sistemleri, su geri dönüşümü ve su arıtma tesisleri gibi altyapı unsurları, su kaynaklarının sürdürülebilir şekilde kullanılmasını desteklemelidir.

Yeşil alanlar, bitki örtüsü ve suya bağlı sistemler, kentsel planlamada suya duyarlılığı artırabilir. Bu alanlar, suyu absorbe ettiği için kentlerdeki suyun akışını kontrol etmeye ve su kalitesini iyileştirmeye yardımcı olabilir.

Su yönetimi ve sürdürülebilir kentsel gelişim, şehirlerin su kaynaklarına olan etkilerini minimize etmeyi, su kalitesini korumayı ve su ile ilgili riskleri azaltmayı amaçlar. Bu stratejiler, kentsel planlama süreçlerinde entegre edilmeli ve uygulanmalıdır. Su kaynaklarının etkili bir şekilde kullanılması, şehirlerin

sürdürülebilir büyümesini destekler ve çevresel etkileri en aza indirir. Ayrıca, suya duyarlı bir kentsel planlama, iklim değişikliği gibi küresel sorunlara adaptasyon sağlamada da kritik bir rol oynar.

4.1.3 Estetik Fayda

Merkezi olmayan yağmur suyu yönetimi önlemlerinin kullanımı, proje alanının görsel estetiğini artırabilir. Aynı zamanda yeşil alanlar ve su, şehirlerde yaşam kalitesi için temel unsurlardır. Bu alanlar rekreasyon faaliyetleri ile yerelin sosyal iletişimine katkı sağlayarak çevresel kalitesinin artırılmasında katkıda bulunur.

Su elemanları, kentsel açık mekânlarda kullanıcı üzerinde görsel, işitsel, psikolojik ve dokunma gibi etkilerde bulunmaktadır (Kürkçüoğlu, 2011). Mekân içinde baskın bir karakter olan su elemanları görsel olarak öne çıkmakta ve bazı kullanıcılar için odak noktası olma özelliği göstermektedir (Kürkçüoğlu, 2009). Bitkilendirme ve aydınlatma gibi materyallerin kullanımı ile suyun harmonisi, mekânın görünümünü zenginleştirir. Bu tasarım unsurları bir araya geldiğinde, estetik bir bütünlük oluşturarak mekânın atmosferini artırır. Ayrıca su elemanları çevresindeki hava sıcaklığını düşürerek doğal klima etkisi yaratır. Bu özellik özellikle sıcak iklim bölgelerinde mikro klimanın dengelemesine katkı sağlar (Kürkçüoğlu, 2009).

Su elemanlarının bu özellikleri, kentsel mekân tasarımında çok yönlü ve olumlu bir rol oynadığını göstermektedir. Kullanıcılar için estetik, duyusal ve pratik deneyimler sunarak kentsel mekânların kalitesini artırabilirler. Bu bağlamda, suya duyarlılık ilkesinin bu tasarımlarla bütünleştirilerek kullanılması önemlidir. Özellikle, su elemanlarında içme suyu yerine yağmur suyunun kullanılması, mekânın kalitesini artırmanın yanında yüzeysel akışı azaltıp sel ve taşkın riskini azaltacaktır. Yağmur suyunun kullanılması, doğal kaynakların korunmasına katkı sağlar ve kanalizasyona doğrudan gitmesini önleyerek yer altı su kaynaklarını besler. Bu uygulama sayesinde kentsel alanlardaki su ihtiyacı daha sürdürülebilir bir şekilde karşılanabilir.

4.1.4 Entegrasyon

Sürdürülebilir Yağmur Suyu Yönetimi ve SDKT bileşenleri genel kentsel planlama sürecine tam anlamıyla entegre edilmelidir. Ulaşım, arazi kullanımı ve diğer kentsel planlama unsurlarıyla koordinasyon, yağmur suyu yönetimine bütünlükçü, çevresel entegrasyona uyumlu ve etkili bir yaklaşım benimsemesi önemlidir.

Kentin bina, sokak ve farklı peyzaj elemanlarının bir bütün olarak su yönetim sürecine dâhil edilmesi, sürdürülebilirlik ve çevresel uyum açısından kritik bir faktördür.

4.1.5 Uygun Tasarım

Uygulamalarda arazi ile ilişkiyi, topoğrafiyayı, zemin geçirgenliğini, su tablosu seviyelerini ve su kalitesini içermelidir. SDKT araçları farklı hava olaylarına ve gelecekteki demografik ve ekonomik uyum sağlamak için esnek olmalıdır. Aynı zamanda, mevcut kentsel altyapı ile de uyumlu olmalıdır. Bölge için en iyi seçenek birçok faktöre bağlıdır. Örneğin, su yönetimi konuşulduğunda, suyun sızdırılması, yeniden sağlanması veya kullanılması gerekip gerekmediği düşünülmelidir. Tasarım, iklim değişikliği veya kentsel gelişim gibi değişen koşullara adapte olabilecek esneklikte olmalıdır.

Uygun çözümler, bir kentsel bağlamın mekânsal, ekonomik, sosyo-kültürel ve çevresel özelliklerini dikkate alarak geliştirilebilir (Nassauer 2013). Bu nedenle, kentsel tasarım önerileri, uygulamaya dayalı yaklaşımlarla ilgili karmaşık bir bağlam bilgisinden türemeli ve araştırma, haritalama, veri toplama, uygulama öncesi ve sonrası izleme gibi teknikleri içermelidir (Palazzo, 2019).

Kentsel peyzaj ekolojisi, “uyumlu bilgi döngüleri' ve “tasarlanmış deneyimler” ile tasarımı, uygulamaları ve politikaları bilgilendirmek için bilimsel araştırmayı kentsel tasarım sürecine entegre etmeyi önermiştir (Palazzo, 2019). Bu entegrasyon, kentsel alanların sürdürülebilirliği ve yaşanabilirliği için önemli bir temel oluşturur. Bu entegrasyonun önemi, kentsel tasarım sürecine bilimsel bilgi ekleyerek çözümlerin daha etkili, sürdürülebilir ve toplum ihtiyaçlarına uygun hale gelmesini sağlamaktadır. Araştırma, haritalama ve veri toplama gibi teknikler, tasarım önerilerini daha doğru bir şekilde yönlendirebilir ve uygulama öncesi ve sonrası izleme, süreçleri ile tasarımın nasıl performans gösterdiğini değerlendirme açısından kritik bir rol oynayabilir. Bu yaklaşım, kentsel tasarımın yalnızca estetik değil, aynı zamanda sosyal, ekonomik, çevresel sürdürülebilirlik üzerindeki etkilerini anlamak için bir çerçeve sağlar. Böylece kentsel alanlar hem bugünün hem de geleceğin ihtiyaçlarına sürdürülebilir, uygun ve yaşanabilir bir şekilde yönetilebilir.

4.1.6 Ekonomik Uyum

Uygulamalar, ekonomik olarak sürdürülebilir olmalı ve uzun vadeli faydalar sağlamalıdır. Ekonomik ve bütçe düşünceleriyle uyumlu maliyet etkin çözümler, yağmur suyu yönetimi uygulamalarının sürdürülebilirliğine katkıda bulunmaktadır.

Ekonomik olarak sürdürülebilir uygulamalar, genellikle toplum tarafından daha iyi kabul edilir. Çünkü düşük maliyetli ve uzun vadeli faydalar sağlayan projeler, toplumun destek ve katılımını artırabilir. Ayrıca proje için finansman bulmayı kolaylaştırabilir. Bu da projenin başarılı bir şekilde uygulanmasına ve sürdürülmesine yardımcı olur.

4.1.7 Disiplinlerarası Olması

Suya Duyarlı Kentsel Tasarım, mimarlık, kentsel planlama, peyzaj planlama, ekoloji ve mühendislik gibi çok disiplinli bir yaklaşıma sahiptir. Bu nedenle, projelerin tasarımı için çok disiplinli bir ekip ile çalışmak önemlidir. Farklı disiplinlerden uzmanların erken aşamalarda işbirliği yapması ve planlama sürecinde sürekli iletişimde olmaları, projelerin sürdürülebilir, etkili ve çevresel olarak duyarlı bir şekilde tasarlanmasını sağlamak için kritiktir.

Projede farklı bir ekip kullanmanın önemi, her disiplinin kendi uzmanlık alanına ait bilgi ve perspektifleri getirmesiyle ilgilidir. Örneğin, ekoloji uzmanları doğal yaşamın korunmasına odaklanabilirken, mühendislik uzmanları altyapının dayanıklılığına odaklanabilir. Bu farklı bakış açıları, projenin bütünsel ve dengeli bir şekilde ele alınmasını sağlamaktadır.

Farklı disiplinlerden gelen uzmanlar arasındaki erken işbirliği, tasarım sürecinin başında potansiyel sorunların tespit edilmesine ve çözülmesine yardımcı olmaktadır. Bu da projenin maliyetlerini azaltabilir ve uygulanabilirliğini artırabilir. Sürekli işbirliği ise değişen şartlara hızlı adapte olma ve tasarımı sürekli iyileştirme şansı verir. Bu nedenle, farklı disiplinlerden uzmanları içeren bir ekip, Suya Duyarlı Kentsel Tasarım projelerinin başarılı bir şekilde gerçekleştirilmesini sağlamak için önemlidir.

4.2 SDKT Uygulamaları

Çalışmanın bu bölümünde SDKT araçları, bina/sokak, mahalle, kent ve bölge ölçeklerinde incelenmiştir. Bu, kentsel mekânların her düzeyde nasıl planlandığı ve düzenlendiği konusuna da cevap oluşturmaktadır. Yaklaşık 50 örnek üzerinden yağmur suyu yönetimi incelenmiş ve bu örnekler arasında ölçek sınıflandırması yapılmıştır. Farklı ölçeklerdeki uygulamaların ve pilot projelerin başarıları ve karşılaştıkları zorluklar çerçevesinde örnek uygulamalar seçilmiştir. Bu bağlamda, başarılı pilot projeler ve ilham verici uygulamaların detaylı bir şekilde değerlendirilmesi, yağmur suyu yönetimi alanında gelecekteki projelerin daha etkili ve sürdürülebilir olması için önemlidir. Ulusal ve uluslararası düzeydeki iyi uygulama örneklerinin karşılaştırılması, farklı coğrafi ve kültürel bağlamlardaki başarı faktörlerinin belirlenmesine katkıda bulunmaktadır. Bu karşılaştırmalar, kentsel tasarım ve yağmur suyu yönetimi alanında en etkili stratejilerin ve politikaların belirlenmesine olanak sağlamaktadır.

Havza/bölge bazlı entegre su yönetimini kapsayan Rotterdam Su Planı (Waterplan2), mahalle ve kent ölçeğinde İsveç Malmö bölgesindeki Ekostaden Augustenborg Mahallesi incelenmektedir. Qunli Yağmur Suyu Parkı mahalle parkı niteliğinde olduğundan ele alınmış ve bina bazlı olarak Prisma Nürnberg kompleks yapı değerlendirilmektedir. Ulusal düzeyde ise kent ölçeğinde İzmir Sünger Kent projesi, mahalle yerleşimi olarak Düşler Vadisi Riva Projesi ve semt parkı olarak Ankara İsmet İnönü parkı seçilmiştir.

4.2.1 Rotterdam Su Planı (Waterplan2), Hollanda

Rotterdam, Hollanda'nın Amsterdam'dan sonra en büyük ikinci şehri olup önemli bir liman kentidir (Şekil 4.1). Limanın varlığı, şehrin dokusunu ve siluetini güçlü bir şekilde etkilemektedir. Rotterdam, deniz seviyesinin iki metre altında bulunduğu için sel felaketlerine karşı koruma amacıyla setlerle çevrili karmaşık bir pompa sistemine sahiptir (Hoyer, vd., 2011).



Şekil 4.1 Rotterdam ve limanının konumu (Tez kapsamında hazırlanmıştır)

2007 yılına kadar, Rotterdam şehri suyu bir tehdit olarak görmüş ve bu nedenle güvenlik, miktar ve su kalitesi gibi konulara odaklanmıştır. Ancak, 2007 yılında, Rotterdam'ın iklim değişikliğinden ciddi şekilde etkileneceği ve deniz seviyelerinin yükselmesi ile daha yüksek su seviyeleri; artan yağışın da sellerin artmasına neden olacağı endişesiyle birlikte, aynı zamanda Rotterdam nüfusunun azalması göz önüne alındığında, bu duruma çözüm olarak mekânsal planlama ve su yönetimine yönelik kapsamlı bir yaklaşım olan Waterplan 2 geliştirilmiştir (Lu, 2013).

Waterplan2, iklim değişikliğiyle başa çıkmak, sel riskini azaltmak ve su yönetimini iyileştirmek amacıyla uygulanan bir stratejidir. Bu plan, su seviyelerinin kontrolü, sürdürülebilir su kullanımı, yeşil altyapının geliştirilmesi ve kent içi su yollarının optimize edilmesi gibi çeşitli önlemleri içermektedir (Lu, 2013). Rotterdam, bu kapsamlı strateji ile hem şehir planlamasında hem de su yönetiminde öncü bir rol oynamaktadır. Bu çabalar, sürdürülebilirlik ve iklim değişikliğiyle mücadele konularında diğer şehirler için de örnek teşkil etmektedir.

Rotterdam, suyu sadece bir kaynak değil, aynı zamanda ana cazibelerinden biri olarak görmüştür. Şehir, suyu alternatif bir kaynak olarak kullanarak güvenliği sağlamayı, şehir siluetini iyileştirmeyi ve su ile etkileşimi teşvik etmeyi amaçlayan Rotterdam Watercity 2030 planını hayata geçirmiştir (Rotterdam Belediyesi vd., 2007a). Bu strateji, suyun şehir genelinde daha etkili bir şekilde yönetilmesini hedeflemektedir. Rotterdam Watercity 2030, su ile bütünleşik mimari projeler ve su kenarındaki alanların gelişimi gibi yönetim stratejileriyle şehir genelinde uygulanarak, Rotterdam'ı bir su kenti olarak konumlandırmayı amaçlamaktadır.

Rotterdam Waterplan 2'nin aşağıdaki hedefleri bulunmaktadır (Rotterdam Belediyesi vd. 2007a). Bunlar:

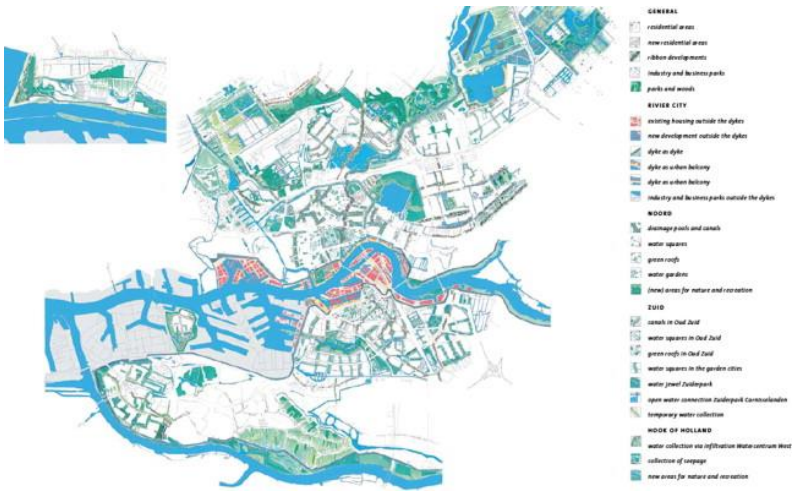
1.Koruma: Plan, Rotterdam'ı hem setler içinde hem de dışında meydana gelebilecek sel felaketlerine karşı korumayı amaçlamaktadır.

2.Temiz Su: Su kalitesini, su üzerine Avrupa Çerçeve Direktifi tarafından belirlenen standartlara uygun hale getirerek şehir genelindeki yaşam kalitesini artırmayı hedefler.

3. Çekici Şehir: Plan, kentsel planlamayı su yönetimi ile entegre etmeyi amaçlayarak su ile ilgili sorunlara çözüm getirip şehri yaşamak, çalışmak ve dinlenmek için daha çekici hale getirmeyi amaçlar.

4. Kanalizasyon: Plan, farklı alanlara özgü çözümlerle fırtına suyu akışını yeniden düzenlemeyi içerir.

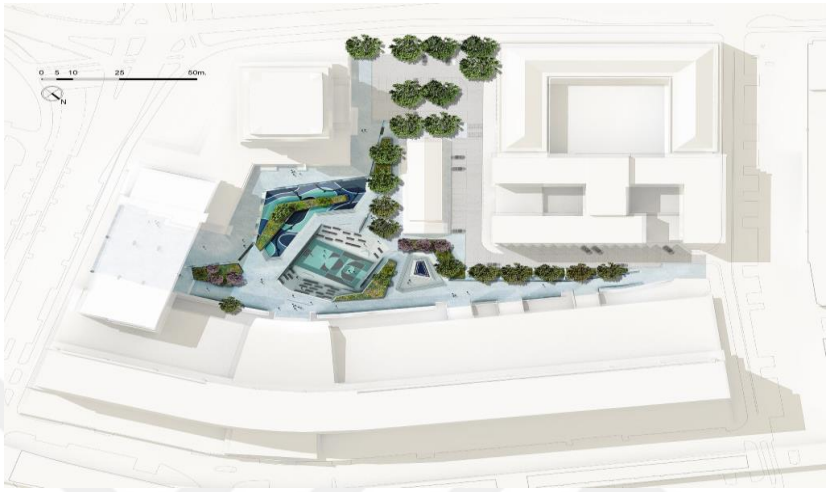
Bu hedeflere ulaşmak için Rotterdam, sadece su ile ilgili sorunlara çözüm getirmekle kalmayıp aynı zamanda kentsel kaliteyi artıran inovatif su yönetimi çözümlerini uygulamayı planlamıştır. Bu çözümlere örnekler arasında yeşil çatılar, su meydanları, su bahçeleri ve inovatif tutma alanları (örneğin yer altı otoparklarında yağmur suyu geçici depolama) bulunmaktadır. Şehir, bu önlemlerin nerede uygulanması gerektiğini gösteren bir harita geliştirmiştir (Şekil 4.2). 2007-2012 İcra Programı, uygulama ve konsept geliştirmenin zaman çerçevesini belirlemiştir (Rotterdam Belediyesi vd. 2007a).



Şekil 4.2 Rotterdam'ın su yapısı ve arazi kullanım planı (Lu, 2013).

Rotterdam'ın kullandığı en dikkat çekici inovatif çözümlerden biri su meydanıdır (aynı zamanda su plazası olarak da bilinir). De Urbanisten ve Studio Marco Vermeulen tarafından geliştirilen bu çözüm, kamusal alanın kalitesine katkıda bulunur ve teknik sistemler kullanarak fırtına suyunu yönetir. Kuru dönemlerde

meydan açık bir kamusal alan olarak kullanılırken, yoğun yağışlar sırasında meydan geçici yağmur suyu depolama alanı olarak işlev göstermektedir (Şekil 4.3). Su meydanı öncelikle 2011 yılında ilk pilot bölge olarak belirlenmiş ve konsepti geliştirmek amacıyla sorunları tespit etmek ve iyileştirmeler yapmak üzere uygulanmıştır (Boer 2010; Jacobs, 01 Eyl 2010).



Şekil 4.3 Rotterdam su meydanı (De Urbanisten)

Su meydanının pilot tasarımı, bir spor sahası ve oyun alanını içermektedir. Su meydanı alanın çevresindeki zeminin altında bulunur ve insanların oturup izleyebileceği basamaklarla çevrilidir. Alan, farklı seviyelerde oynama alanlarına bölünmüştür. Yılın %90'ında alan kuru kalır ve rekreasyon için kullanılır. Alanın fonksiyonu sadece şiddetli yağmur sırasında değişir: O zaman yağmur suyu meydana açıkça akar-oyun alanında başlayarak yerin dikkatlice düzenlenmiş çukurlarını doldurur ve kademeli olarak akarsular, derecikler ve küçük göletler oluşturur (Hoyer, vd., 2011). Yağmur daha uzun sürerse, spor sahası da dolmaya başlar (Şekil 4.4). Yağmur sona erdikten sonra yağmur suyu birkaç saat boyunca kalır ve ardından yavaşça Rotterdam'ın kanalizasyon sistemine boşaltılır (Boer 2010).



Şekil 4.4 Pilot su meydanının üstten görünümü - kurak dönemlerde, orta yağmurda ve şiddetli fırtınalarda (soldan sağa) (De Urbanisten)

Su meydanı, 2008-2009 yıllarında Rotterdam'da tasarlanmış ve uygulanmıştır. Şekil 4.5'te görüldüğü gibi, pilot proje su toplama, dağıtma ve geçici depolamayı amaçlamaktadır. Ayrıca, mahalle merkezi alanlarının çevresel kalitesini ve benzersizliğini iyileştirme fırsatı sunmaktadır.



Şekil 4.5 Uygulama sonrası su meydanı (De Urbanisten)

"Polder Çatı Projesi," 'Katshoek' otoparkının çatısını, çevredeki binalardan gelen yağmur suyunu kontrol altında depolayıp geri kullanabilen çekici bir yeşil çatıya dönüştürmüş (Şekil 4.6) ve bu proje ile aynı zamanda günlük rekreasyon ve açık hava etkinlikleri için kullanılabilir bir mekân haline gelmesini hedeflemiştir (De Urbanisten) .



Şekil 4.6 Katshoek Bahçesi: Yenilikçi Yağmur Suyu Yönetimi Projesi (De Urbanisten)

Rotterdam'un Zomerhofkwartier bölgesinde, Rain(a)Way'in "Flood" karosunun 10 farklı türünün test edildiği bir vitrin olan Rain(a)Way test alanı inşa edilmiştir. Bu pilot uygulama, karoların bakım, su geçirgenliği ve su görünürlüğü gibi çeşitli özelliklerini test etmeyi amaçlamaktadır (URL-10). Katshoek binası boyunca uzanan uzun bir şeritte yerleştirilen karolar (Şekil 4.7) her biri farklı renk, su geçirgenliği, detaylandırma ve dolgu özelliklerine sahip olan 10 bölümden oluşmaktadır (URL-10). Gri beton kiremitlerin hâkim olduğu bu alanda, yağmuru merkeze alan geçirimli yüzeye sahip estetik bir mekân oluşturulmuştur.



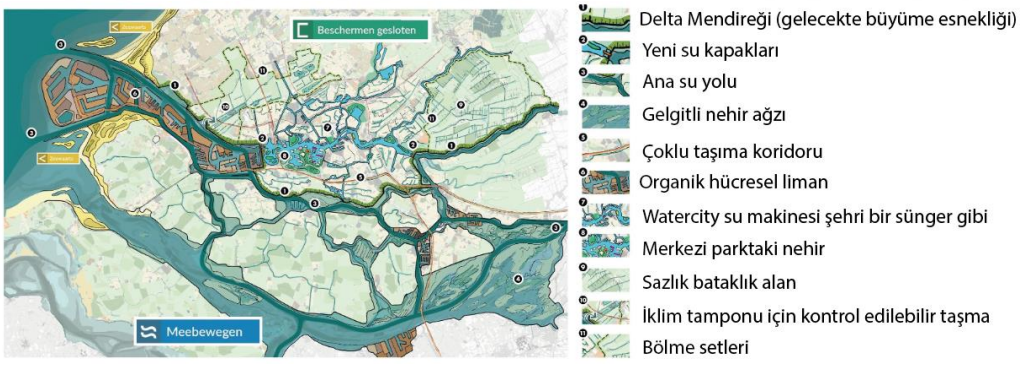
Şekil 4.7 Katshoek binası boyunca yerleştirilen karolar (URL-10)

Kurak dönemlerde, akiferlerdeki su tamponlarından elde edilen suyun tekrar pompalanarak şehre dağıtılması, Rotterdam'ın su yönetimi için önemli bir

stratejidir. Bu sistem, Rotterdam'da 2100 yılında beklenen su talebini değerlendirmek amacıyla küresel bir hesaplama ile incelenmiştir. Çalışmanın sonuçlarına göre, Rotterdam'ın kendi suyunu en etkili şekilde sirküle edebilmesi için kurak bir yılda yaklaşık 16 milyon m^3 suya ihtiyaç duyulacağı öngörülmüş (URL-11) ve bu kapsamda öngörülen su ihtiyacı için çeşitli senaryolar düşünülmüş ve uyum stratejileri belirlenmiştir. Özellikle çok kurak, orta derecede yağışlı ve çok yağışlı bir yıl için farklı senaryolara göre su yönetimi planları yapılmıştır (URL-11). Bu planlar, yağışlı bir yılda fazlalığın depolanması ve daha sonra kurak bir dönemde şehre geri getirilmesi üzerine odaklanmıştır.

Rotterdam'un 2100 yılına yönelik su yönetimindeki olası durumları ele alarak, şehir için uyum sağlama ve çeşitli hedefler belirleme çabaları mekânsal olarak yapılmıştır. Bu stratejiler, su sirkülasyonunu optimize etme, su tasarrufunu teşvik etme ve su kaynaklarını etkili bir şekilde yönetme hedeflerini içermektedir.

Sonuç olarak, Rotterdam'un su yönetimindeki bu stratejik planlar, iklim değişikliği ve su kaynaklarının azalması gibi zorluklara karşı şehrin dayanıklılığını artırmayı amaçlamaktadır. Bu planlar, sürdürülebilir ve etkili bir su yönetimi için önemli adımları içermektedir (Şekil 4.8).



Şekil 4.8 Rotterdam 2100 su planı ve iklim uyum stratejisi (URL-11'den uyarlanmıştır)

Rotterdam Waterplan2 yönetim planı, iklim değişikliği ile mücadele ve su yönetimi konusunda başarılı bir strateji benimseyerek sel ve taşkın önlenmesinde etkili olmuştur. Bu planda su meydanı çift işlevli planlanmış ve yağış olmadığı zamanda oyun ve spor alanı olarak kullanılırken, yağış esnasında su havuzuna dönüşmektedir. Çift işlevli bu meydan, kentsel alanlarda sürdürülebilir ve çok amaçlı kullanımları açısından örnek teşkil etmektedir.

Su meydanı sadece su yönetimi açısından değil, aynı zamanda toplumsal bir buluşma noktası haline gelmiş ve yapısı bağlamında kent odağı olarak algılanmaktadır. Meydan böylece, kent sakinlerini bir araya getirir ve kentsel yaşamın sosyal dokusunu güçlendirmektedir.

Yeşil çatıların kullanılması, yağmur suyunu tutarak aşırı yağışlarda kentin dirençli olmasına katkı sağlar. Bu, suyun kontrolsüz akışını önleyerek sel riskini azaltır ve yeşil çatılar aracılığıyla suyun geri kazanılmasını sağlar.

2035 ve 2100 eylem planları, kentin gelecekteki iklim değişikliği durumlarına karşı alınacak önlemleri ve stratejileri belirlemektedir. Bu, kent yönetiminin uzun vadeli bir vizyonla hareket ettiğini ve iklim değişikliğine uyum için planlı bir yaklaşım benimsediğini göstermektedir.

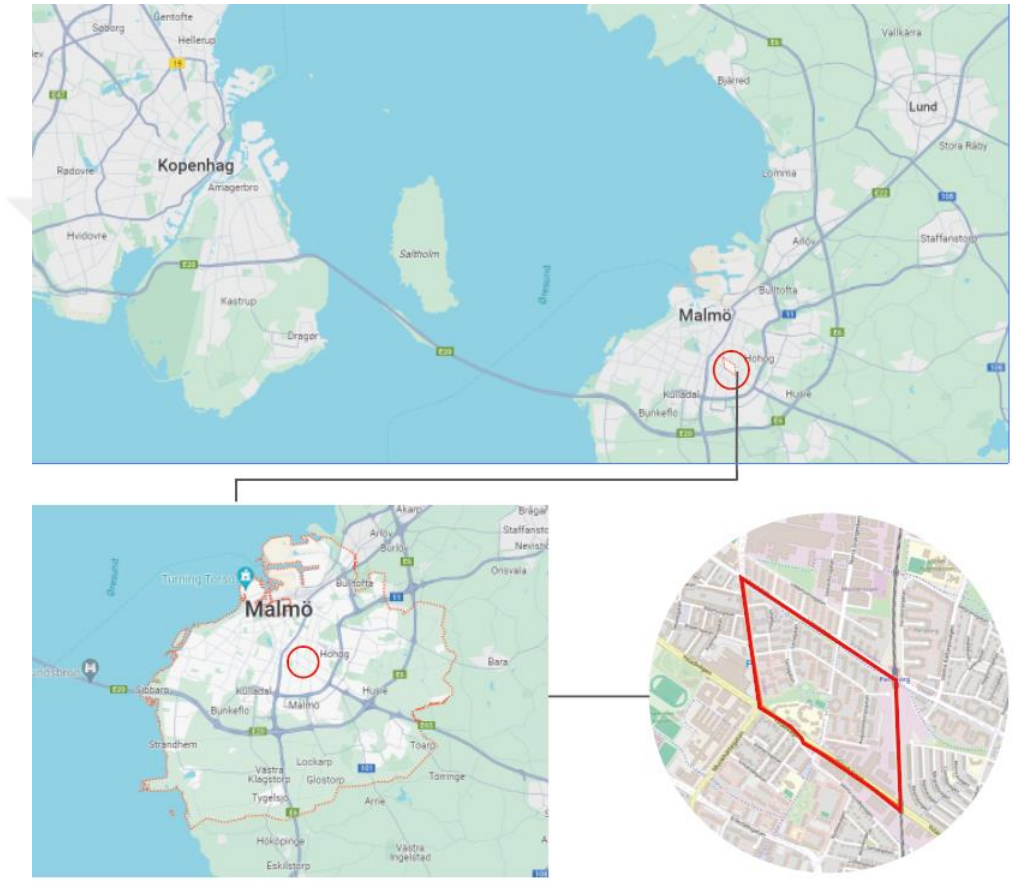
Tablo 4.1 Rotterdam Waterplan2 SDKT araçları ve kente katkıları (Tez kapsamında hazırlanmıştır)

Adı	**Rotterdam Waterplan2**	**Kazanımlar**
Konum	Hollanda	
SDKT Aracı	o Yeşil çatı o Su meydanı o Hendek o İnovatif tutma alanları(yer altı otopark) o Geçirimli yüzey o Yağmur suyu kanalları (Su arkı) o Aktif Buharlaşma o Pasif Buharlaşma	o Yapı bazlı su talebinin azalması o Sel ve taşkın riskinin önlenmesi o Estetik ve kaliteli bir çevrenin oluşması o Biyoçeşitliliğin artması o Yağmur suyunun kentsel tasarım ve peyzaj ile bütünleşmesi o Spor ve oyun alanları o Su meydanın odak noktası haline gelmesi o Kentsel ısı adası etkilerinin azalması o Rekreasyon faaliyeti
Ölçek	Mahalle	
Etki Alanı	Mahalle Kent	

Tablo 4.1'de SDKT araçları ve kente kazanımları sunularak, planın uygulanmasıyla elde edilen somut kazanımlar ve bu kazanımların kent yaşamına olan olumlu etkileri detaylı bir şekilde açıklanmaktadır.

4.2.2 Ekostaden Augustenborg (Malmö)

İsveç'in üçüncü büyük şehri olan Malmö, 300.000 nüfusuyla sadece şehir merkezi değil, aynı zamanda tüm metropoliten bölgeyi kapsayarak 700.000'den fazla kişiyi barındırmaktır (Fumero, 2020). Malmö, uzun bir süredir Öresund kanalındaki stratejik konumu nedeniyle önemli bir ticaret merkezi olmuştur (Fumero, 2020). 18. yüzyılın sonlarındaki modern limanın ve 19. yüzyılın ortalarındaki demiryolu bağlantısının inşasıyla birlikte, Malmö endüstri merkezi haline gelmiştir (Şekil 4.9)



Şekil 4.9 Augustenborg Mahallesinin konumu ve yapısı(Tez kapsamında hazırlanmıştır)

Öresunds Köprüsü'nün inşası (1995-2000) şehre yeni bir canlılık kazandırmış ve bu süreçte gerçekleşen kamu yatırımları sayesinde endüstriyel alanlar üniversite kampüsleri, parklar ve konut bölgelerine dönüştürülerek şehre yeni bir kimlik kazandırmıştır (Hoyer vd., 2011). Aynı dönemde, bazı mevcut mahalleler sakinlerin katılımıyla çevre dostu tasarım ve uygulamalara odaklanan ekolojik sürdürülebilirlik ilkesini benimseyerek dönüşmüştür. Bu dönüşümün dikkat çeken

örneklerinden biri, 1948 ile 1952 yılları arasında inşa edilen ve Malmö'nün ilk kamusal konut alanı olarak bilinen Augustenborg Mahallesidir (Şekil 4.10).



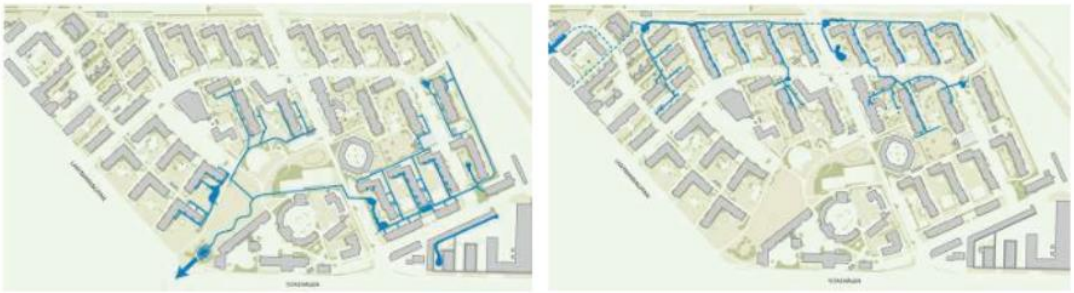
Şekil 4.10 Augustenborg Mahallesi yapısı (Beckmann, 2021 s. 180).

Augustenborg, Malmö'nün ilk kamusal konut alanlarından biri olup güneş ışığı için optimal koşulları sağlamak amacıyla tasarlanmış genel bir düzen içinde bulunmaktaydı. Kendi kömürle çalışan merkezi ısıtma santrali tarafından desteklenen bu mahalle, neredeyse kendi kendine yeten bir yapıya sahip olmuştur (Rolfsdotter C., Jansson Damanco Community, 2010). Ancak, 1980'li yıllarda durum değişmiş ve 32 hektarlık alanda bulunan düşük katlı binalarda 1.800 dairelik mahalle, fiziksel olarak bakımsız, ekonomik zorluklarla boğuşan ve sosyal açıdan dezavantajlı bir duruma dönüşmüş (Beckmann, 2021). Buna ek olarak, bölge işsizlikle, bina enerji verimsizliğiyle ve özellikle yetersiz bir drenaj sistemi, kil toprağı ve artan sayıda geçirgen olmayan zemin yüzeyi nedeniyle mevsimsel sel sorunlarıyla mücadele etmiştir (Rolfsdotter C., Jansson Damanco Community, 2010).

1998 yılında, İsveç'in Malmö şehrinde bulunan Augustenborg Bölgesi, Ekostaden (Ekolojik Mahalle) adıyla bilinen kapsamlı bir kentsel yenileme programıdır. Ekostaden yaklaşımı, bölgeyi bütünsel bir şekilde ele alarak ekolojik, sosyal ve ekonomik açıdan sürdürülebilir bir şehir bölgesine dönüştürmeyi amaçlamış ve bu

süreçte yerel sakinlerle birlikte, kamu ve özel sektördeki çeşitli paydaşlarla iş birliği yapmıştır.

Augustenborg Mahallesinde yağmur suyu sistemi aşamalı olarak değiştirilmiş ve değişim süreci, Augustenborg'un güney bölgesinde başlamıştır. Bu alanda, su doğudan batıya yönlendirilmiş ve ardından Augustenborg'un güneybatısındaki yağmur suyu borularına yönlendirilerek Şekil 4.11'de Malmö'nün su kanallarına suyun akışı gösterilmektedir (Beckmann, 2021 s. 180).



Şekil 4.11 Augustenborg Mahallesi yağmur suyu akış güzergâhı (Beckmann, 2021 s. 180).

Augustenborg'daki yağmur suyu sistemi, geleneksel altyapı yaklaşımlarından farklı olarak çevre dostu ve sürdürülebilir bir modeli benimsemektedir. Geleneksel su tahliye sistemlerinin aksine, Augustenborg'un yağmur suyu sistemi yağışları hızla şehirden uzaklaştırmak yerine, suyunu yerinde tutmaya odaklanmıştır. Yağmur suyu tutma çatıları yağış esnasında suyu tutmaktadır. Bölgede yaklaşık 30 yeşil çatı (Şekil 4.12) bulunmaktadır (Beckmann, 2021 s. 180), bu da yağmur suyunun yarısını etkili bir şekilde yönetir ve şehrin kanalizasyon sistemine iletilmesine gerek olmayan bir yükü hafifletmektedir.



Şekil 4.12 Augustenborg bazı yağmur suyu tutma çatı örnekleri (Mansson., 2021, s.130).

Mahallede bulunan parkta yağmur suyunun toplandığı gölet bulunmaktadır. Göl, suyun tüm yıl boyunca bulunduğu ıslak bir su toplama noktasıdır. Birçok bitki ögesi, farklı hayvan türlerini içeren bir biyotop alanı oluşturmaktadır (Şekil 4.13). Yıl boyunca su bulunması, aktif buharlaşmaya da katkıda bulunarak kentsel ısı adasının etkisinin azalmasını sağlamaktadır.



Şekil 4.13 Augustenborg Mahallesindeki Parkın Göleti (Nordlöf, 2016)

Çatılardan ve yol yüzeylerinden akan yağmur suyu, açık oluklar ve drenaj boruları aracılığıyla toplanır. Su, drenaj borularını takip ederek açık oluklara yönlendirilir (Şekil 4.14). Bu durum kaldırımda doğal bir akış oluşturacak şekilde seviye farkları oluşturmaktadır (Beckmann, 2021 s. 180).



Şekil 4.14 Çatılardan tutulan suyun oluklara akışı (Hoyer vd., 2011)

Toplanan su, büyük beton kanallara yönlendirilir. Ardından su hareketi boyunca ıslak göletler ve beton küplerle döşeli kanallar gibi noktalarda yavaşlatılır. Bu alanlar, suya oksijen sağlamak ve bitki örtüsünü desteklemek için tasarlanmıştır (Şekil 4.15).



Şekil 4.15 Yağmur suyu ileten kanal ve dere sistemleri (Beckmann, 2021 s. 180).

Kanallardan gelen su, bir gölette toplanır ve geciktirilir. Bu gölet aynı zamanda komşu sokağa bağlı borulara bağlı bir çıkışa sahiptir (Beckmann, 2021 s. 180). Bu göletler, parktakilerden daha küçük olup, yeşil alanlardan gelen suyu toplarlar (Şekil 4.16). Bu şekilde bölgede etkin buharlaşmaya katkıda bulunurlar. Ayrıca, kanallarla işbirliği içinde çalışarak su taştığında, yağmur suyunu su toplama noktalarına yönlendirir ve burada işlenmesini sağlarlar.



Şekil 4.16 Augustenborg bölgesindeki tipik gölet ve biyotoplar (Beckmann, 2021 s. 180).

Augustenborg'daki okul, öğrencilere daha etkileşimli ve doğayla daha yakın bir temas imkanı sunmak amacıyla çeşitli önemli değişiklikler yapmıştır. Okulun açık alanları, asfalt kaplamadan geçirimsiz yüzeylere dönüştürülerek yağmur suyunun daha iyi emilmesine olanak tanımıştır. Okul tarafından yapılan düzenlemeler

arasında, yeni dikilen ağaçlar ve yağmur suyu drenajlarıyla birleştirilen gölet bulunmaktadır. Bu gölet, öğrencilere biyoçeşitliliği teşvik etme ve doğal yaşamı keşfetme fırsatı sunmak için kullanılmıştır. Öğrenciler, göletteki bitki ve hayvan yaşamını gözlemleyerek su ekosistemleri hakkında bilgi edinme şansına sahip olmuşlardır. Bu değişiklik, sadece su yönetimine yardımcı olmakla kalmamış, aynı zamanda okul çevresine yeşil ve doğal bir atmosfer kazandırmıştır.

Mahalle sakinleri, atık yönetim sistemini şekillendirmek ve açık alanların su toplama düzenlemelerini belirlemek için çeşitli topluluk atölyelerine, tasarım bilgi oturumlarına, festivallere, kültürel etkinliklere ve sokak köşelerindeki gayri resmi sohbetlere katılmıştır. Bu katılım, sakinlerin projenin çeşitli yönlerini etkin bir şekilde şekillendirmelerine olanak tanımıştır.

2019 yılında, belediye otopark şirketi Parkering Malmö tarafından otoparkın duvarı da dâhil olmak üzere Şekil 4.17'de sunulduğu üzere çeşitli yerlere yeşil duvarlar kurulmuştur (Månsson, M. vd., 2021, s.41).



Şekil 4.17 Augustenborg Mahallesindeki yeşil duvar örneği (Månsson, M. vd., 2021, s.41).

Augustenborg Mahallesi, sel ve taşkınların sıkça yaşandığı ve çöküntü bölgesi haline gelmiş bir mahalle iken, Ekostaden Augustenborg planı ile mahallenin dönüşümü ve yenilenmesi başarıyla gerçekleştirilmiştir. Yenileme projesi, yerel

ihtiyaçları göz önünde bulundurarak tasarlanmış ve uygulama aşamalarında yerel halkın katılımına büyük önem verilmiştir.

Mahalledeki dönüşüm ve yenileme çalışmaları sırasında, sel ve taşkın risklerinin azaltılması, çevresel sürdürülebilirlik, enerji verimliliği ve kentsel yaşam kalitesinin artırılması gibi hedefler belirlenmiştir. Mahalle sakinlerinin güvenliğini sağlamak ve yaşanabilir bir çevre oluşturmak amaçlanmış ve yenileme projesi sırasında, mahalle sakinlerinin ihtiyaçlarını anlamak ve onların görüşlerini almak amacıyla aktif bir katılım süreci uygulanmıştır. Toplantılar, atölye çalışmaları ve eğitim süreçlerle yerelin proje sürecine dâhil olması sağlanmıştır. Bu katılım, mahalle sakinlerinin projeye duyduğu ilgiyi artırmış ve planın yerel ihtiyaçlara daha iyi uyum sağlamasını sağlamıştır. Uygulama aşamalarında, mahalle sakinlerinin geri bildirimleri ve katılımı ön planda tutulduğundan proje tasarımının ve uygulamasının sürekli olarak iyileştirilmesine olanak tanımıştır.

Uygulamada yoğun nitelikte yeşil çatılar uygulanmıştır. Çatılar yağmur suyunu büyük ölçüde tutarak yüzeysel akışı yavaşlatır ve yapı bazlı su talebini azaltmaktadır. Aynı zamanda çatılardaki bitkilerin mevsimsel olarak farklı renkte olması, estetik görüntülerin oluşmasını sağlamaktadır.

Mahalledeki okul alanında bulunan biyolojik göletin yapılması, öğrencilerin su ve doğa ile iç içe olmalarına ve çevreye karşı bilinçli bireyler olmalarına katkıda bulunmaktadır.

Kentsel açık alanlar ve atıl kalmış alanların mahalleyle bütünleşmesi açısından, örneğin otopark duvarları gibi, sokak sanatının yanı sıra yeşil duvarlar olarak planlanmaktadır. Bu tasarımlar, kentsel alanların estetik ve fonksiyonel olarak daha çekici hale getirilmesinde katkıda bulunmaktadır.

Sonuç olarak, Ekostaden Augustenborg planı, sadece fiziksel dönüşümü değil, aynı zamanda toplumsal katılımı da dikkate alarak başarılı bir mahalle yenileme örneği sunmuştur. Mahalle sakinlerinin ihtiyaçlarına ve beklentilerine odaklanan bu yaklaşım, sürdürülebilir kentsel gelişim için önemli bir örnek teşkil etmektedir. Tablo 4.2'de uygulanan SDKT araçları ve mahalleye katkıları gösterilmektedir.

Tablo 4.2 Ekostaden Augustenborg Mahallesi SDKT araçları ve kazanımları (Tez kapsamında hazırlanmıştır)

Adı	**Ekostaden Augustenberg**	**Kazanımlar**
Konum	Malmö, İsveç	
SDKT Aracı	○ Biyotop ○ Biyolojik saklama alanı (Gölet) ○ Kuru ve ıslak hendek ○ Yeşil duvar ○ Yeşil çatı ○ Yağmursuyu kanalları(su arkı) ○ Aktif buharlaşma ○ Pasif buharlaşma	○ Sel ve taşkın riskinin önlenmesi ○ Estetik ve kaliteli bir çevrenin oluşması ○ Biyoçeşitliliğin artması ○ Yağmur suyunun kentsel tasarım ve peyzaj ile bütünleşmesi ○ Sivil toplum ve mahalle sakinleri için açık hava eğitimleri ○ İnsan-doğa ilişkisinin gelişmesi ○ Kentsel ısı adası etkilerini azaltma ○ Toplum katılımı ○ Kamusal alanlarda yeşilliğin artması ○ Rekreasyon faaliyeti
Ölçek	Mahalle	
Etki Alanı	Mahalle, kent	

Mahallede biyotop, sulak alan ve biyolojik göletlerin kullanılması, biyolojik çeşitliliğin sağlanmasına önemli katkıda bulunmaktadır. Bu doğal ögeler, ekosistemleri destekler ve mahallede sürdürülebilir bir çevre oluşturmaktadır.

4.2.3 Qunli Yağmur Suyu Sulak Alan Parkı, Çin

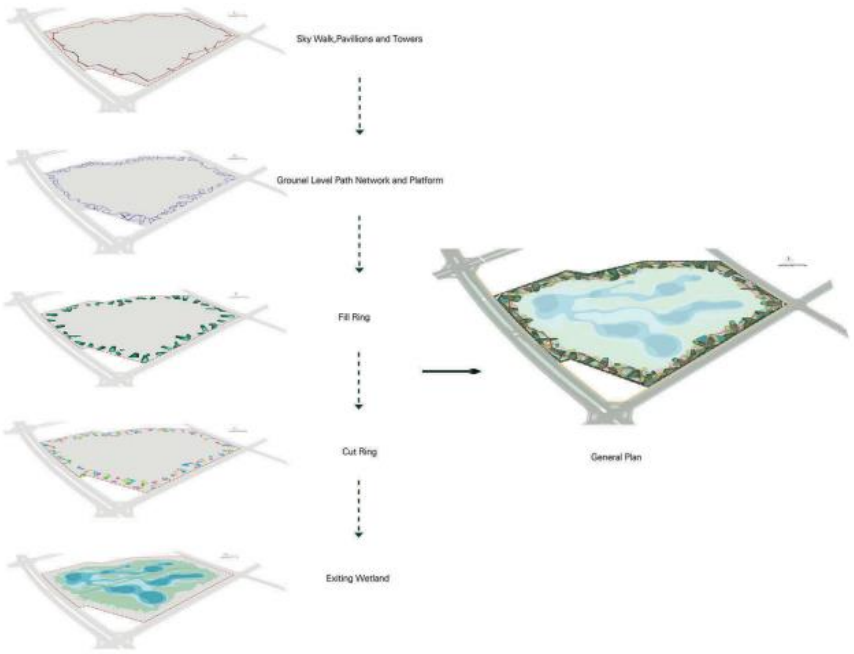
Qunli Yağmur Suyu Sulak Alan Parkı, Çin'in Harbin şehrinin Qunli banliyösündeki yeni yüksek bina yoğun konut gelişiminde bulunmaktadır. Park, 2012 yılında, yakındaki yeni otoyolların inşası nedeniyle tehlikeye giren eski bir bataklık alanında bulunuyordur (Brooks, 2013). Bitişik nizamlı mahalle, geçirimsiz yüzeyler ve çok iyi durumda olmayan drenaj sistemi nedeniyle sık sık sel felaketlerine maruz kalmıştır. Tasarımcılar, bölgeyi yeniden canlandırmak ve kentsel bir yağmur suyu tesisine dönüştürmek için plan hazırlamış ve (Şekil 4.18) tasarım, mahallede 'yeşil bir sünger' oluşturmayı amaçlamıştır (Brooks, 2013). Bu plan 5, 20 ve 50 yıl aralıklarla tekrar eden sel desenlerini emebilen ve tutabilen,

aynı zamanda sakinlere yeni bir rekreasyon alanı sunabilmeyi amaçlamıştır (Brook, 2013).



Şekil 4.18 Qunli Yağmursuyu Sulak Alan Parkı (Yu, 2012)

Park, çok işlevli olmasının yanı sıra bir dış şebeke yağmur suyu sistemi olarak işlev görmesi için tasarlanmıştır (Palazzo, 2019). Şekil 4.19'da parkın çok işlevli yapısı sunulmuştur. Parkın merkezi alanı, insanlara kapalıdır ve ekolojik süreçleri desteklemek için doğal sistemler korunmuştur. Yol drenajından gelen kirli yağmur suyu, orijinal sulak alanı çevreleyen birkaç göletten geçerek yerli bitkiler ve sulak alan çayırları, suyu arıtma işlemlerini başlatarak suyu arıtır ve akiferlere geri salmadan önce işler (Saunders, 2013).



Şekil 4.19 Qunli Yağmur Suyu Sulak Alan Parkının çok işlevli programı (Yu, 2013).

Göletler, mevsimlere ve değişen su seviyelerine göre değişen bir manzara oluşturur ve yükseltilmiş ahşap yürüyüş yolları, güverteler ve seyir kuleleri yağışlı mevsimde bile parka erişimi garanti ederken, yukarıdan alanın daha iyi bir deneyimini sağlar (Yu ve Padua 2006, 20). Ancak, topluluğun merkezi öneme verilmesine rağmen, topluluğun aktif olarak projede yer aldığına ilişkin bilgiye ulaşılamamıştır. Bu projede Çin'de, kentsel gelişim girişimlerinin genellikle üstten aşağı yaklaşımlarla oluşturulduğunu ve yerel toplulukların genellikle karar alma sürecine aktif olarak dâhil olmadığı anlaşılmaktadır. Yağmur suyu işbirliği gibi kavramlar, henüz yönetim düzeyinde tam olarak benimsenmemiştir ve "insanlar ve toprak" arasındaki bağlantı, genellikle tasarımcının yorumu ve uzmanlığına bağlı olarak gelişmiştir (Palazzo, 2019).

Su kalitesi verileri, yağmur suyu akışının miktarı ve su kirleticilerinin hacmi gibi konularda kapsamlı bir izleme programının olup olmadığı belirsizdir. Bu yüzden uygulama sonrası izleme eksikliği, güvenilir bir adaptif yönetim döngüsünü başlatma olasılığını engelleyebilir. Bu izleme boşluğu, projenin etkinliğini değerlendirmesini, gerekli düzeltmeleri yapmasını ve yağmur suyu sulak alan parkının uzun vadeli başarısını sağlamasını zorlaştırabilir.

Qunli Yağmur Suyu Sulak Alan Parkı ve çevresi, yoğun kentsel yapılaşma ve otoyol baskıları nedeniyle kentleşme baskısı altında kalan bir bölgede sel olaylarına maruz kalan ve ulaşılabilirlik sorunları yaşayan bir alandır (Palazzo, 2019). Bu sorunları çözmek amacıyla, bölgenin geçirimsiz yüzeylerle kaplı alanlarını ele alma planları yapılmış ve sürdürülebilir önlemler alınmıştır.

Bölgede yoğun yağışlarda sel olayları yaşanmaktaydı. Bu nedenle, drenaj altyapısının güçlendirilmesi için planlar yapılmış ve uygulama sonrasında altyapı iyileştirilmiştir (Palazzo, 2019). Bu sayede suyun daha etkili bir şekilde tahliye edilmesi ve sel riskinin azaltılması hedeflenmiştir.

Uygulama kapsamında biyolojik gölet, geçirimli yüzeyler ve kanallar gibi su yönetimi öğeleri eklenmiştir. Bu unsurlar, yağmur suyunun toplanması, arıtılması ve depolanmasına yönelik sürdürülebilir önlemler içermekte ve kullanıcılar için kamusal alanlar yaratmanın yanı sıra biyoçeşitliliğin gelişimine de katkı sağlamaktadır.

Tablo 4.3 Qunli Yağmur Suyu Parkı SDKT araçları ve kazanımları (Tez kapsamında hazırlanmıştır)

Adı	**Qunli Yağmur Suyu Parkı**	**Kazanımlar**
Konum	Harbin, Çin	o Sel ve taşkın riskinin önlenmesi o Estetik ve kaliteli bir çevrenin oluşması o Biyoçeşitliliğin artması o Yağmur suyunun kentsel tasarım ve peyzaj ile bütünleşmesi o Kentsel alanın estetik değerini artırmak o Yerel topluluk için kamu alanlarının yaratılması o İnsan-doğa ilişkisini geliştirmek o Yağmur mevsiminde bile parkın taşkın riski olmadan erişilebilir olması
SDKT Aracı	o Biyotop o Yağmur hendeği o Biyolojik saklama alanı (Gölet) o Yağmursuyu kanalları(su arkı) o Aktif buharlaşma o Pasif buharlaşma	
Ölçek	Mahalle	
Etki Alanı	Mahalle, Kent	

Uygulama sonrasında parkın erişilebilirliği artmış ve estetik değeri yükseltilmiştir. Yağış esnasında bile park, tasarımında kullanılan köprü gibi unsurlarla biyolojik gölet su manzarası oluşturarak çevreye estetik bir katkı sunmaktadır (Tablo 4.3).

4.2.4 Prisma Nürnberg, Almanya

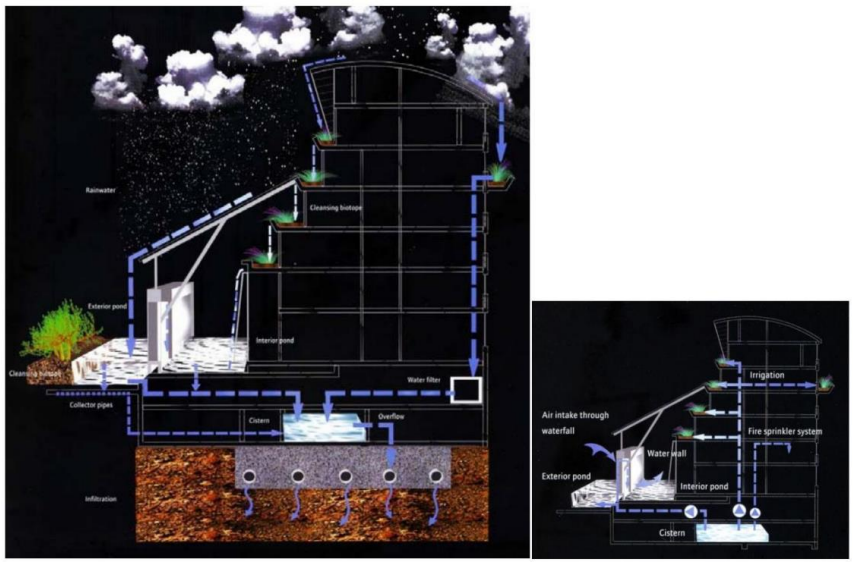
1991 yılında Almanya'nın Nürnberg kentinde inşa edilen Prisma, yoğun nüfuslu karma kullanımlı bir mahallede bulunmaktadır. Eble Architects, Atelier Dreiseitl ve Transsolar işbirliğiyle geliştirilen bu karma kullanımlı kompleks, 61 konut, 32 ofis, 9 mağaza, kahvehane ve anaokulundan oluşmaktadır (Atelier Dreiseitl, 1992).

Prisma, 6,000 m²'lik bir alanı kapsayan iki binadan oluşmaktadır ve bu binalar, birbirine açılı bir şekilde konumlandırılmış ve geniş bir avluyu çevreleyen büyük bir cam ev tarafından birbirine bağlanmıştır (Atelier Dreiseitl, 1992). Cam ev kompleksi, yer altı otoparkının üzerine inşa edilmiştir. Şekil 4.20'de görüldüğü üzere, site tamamen kapatılmış bir durumdadır. Cam ev, 4 kat yüksekliğinde olup tropikal bitki örtüsü, su yolu ve küçük bir iç gölet ile donatılmıştır (Sözer, 2022).



Şekil 4.20 Nürnberg Prisma iç avlu görüntüsü (Atelier Dreiseitl, 1992).

Yağmur suyu, bu projede önemli bir Suya Duyarlı Kentsel Tasarım unsuru olarak öne çıkar. Yapıda beşinci katta bulunan bir açık havuz, yağmur suyunu yakalamaktadır (Atelier Dreiseitl, 1992). Toplanan yağmur suyu, temizleme uygulamalarından geçerek yer altındaki depoya yönlendirilmektedir. Bu depo, Şekil 4.21'de gösterilen yer altı otoparkının altında bulunan ve 300 m³ kapasiteli bir tanktır ve kompleksin çatılarından gelen tüm yağmur suları, çeşitli temizlik ünitelerinden geçtikten sonra 240 m³'lük yer altı sarnıcına akar (Hoyer vd., 2011).



Şekil 4.21 Nürnberg kompleks yapının su dolaşım sistemi (URL-12)

Prisma için yağmur suyu konsepti, toplama, arıtma ve depolama unsurlarını içermekte ve ilk dolaşım sistemi sulama için tasarlanmıştır ve ikinci dolaşım sistemi ise hava koşullandırma içindir (Hoyer vd., 2011).

Prisma'nın yağmur suyu yönetim sistemi, suya duyarlı bir yaklaşım benimsemektedir. Çatılardan gelen yağmur suyu, tamamıyla beşinci kattaki küvetlerde ve açık hava göletinde toplanmaktadır. Bu su, küvetlerde ve yer altı sarnıcına giderken, sürekli olarak arıtma biyotoplarında temizlenmektedir.

Proje, suyu sadece bina iklim adaptasyonunu artırmak için kullanmaz. Görsel ve işitsel olarak siteyi hissetmeyi amaçlar ve bunu yapmak için su duvarları, su yolları ve göletleri kullanır (Şekil 4.22 ve Şekil 4.23)



Şekil 4.22 Yağmur suyu duvarları (URL- 13)

Başlangıçta yapay olarak şekillendirilen ve daha sonra doğa odaklı bir tasarıma dönüşen su yolu, yer altı sarnıcında toplanan yağmur suyunu kullanıyor (Hoyer, vd., 2011).



Şekil 4.23 Prisma içinde yer alan yağmur suyu kanalları (URL-13)

Doğal ışıkla dolu iklimlendirme, su duvarları sanatsal bir şekilde tasarlanmıştır. Cam levhaların yapımı, renk tasarımı, renkli cam parçalarının katmanlaştırılmasıyla elde edilmiş (URL-13). Cam parçalarının katmanlaşması, kaynaştırma sonrasında üç boyutlu bir etki yaratır ve ilginç ışık ve gölge efektleri oluşturmaktadır (Şekil 4.24).



Şekil 4.24 Prisma cam iç mekan görüntüsü (URL-13)

Site tamamen kapatıldığı için, Nürnberg Prisma'nın planlayıcıları, tüm yağmur sularını site içinde yönetmeyi ve hoş bir yaşam ve çalışma ortamı yaratmayı amaçlamışlardır (URL-13). Cam ev, bu çabadaki temel bir unsur olmuştur (Şekil 4.25).



Şekil 4.25 Prisma sosyal alanlar (URL-13)

Prisma Nürnberg, sürdürülebilir su yönetimi sistemleriyle dikkat çekmektedir. Yağmur suyu yönetim sistemi, yer altı sarnıcı aracılığıyla yağmur suyunu depolayarak çeşitli avantajlar sağlamaktadır (URL-13).

Prisma'nın yağmur suyu yönetim sistemi, yer altı sarnıcı, yağmur suyunu depolarken buharlaşma ve sızma oranının artmasını sağlayarak tipik kuru ve kirli havanın aksine dengeli sıcaklık ve nem sağlamaya yardımcı olmaktadır (URL-13).

Sarnıçta toplanan su, bina içerisinde çeşitli amaçlar için kullanılmaktadır. Sulama, yangın söndürme, su duvarları, açık ve kapalı havuzlar ve su kanalları gibi unsurların beslenmesinde kullanılmaktadır. Fazla su ise yer altında çakılla dolu bir depolama alanına yönlendirilir ve buradan zemine sızabilmektedir (URL-13). Ayrıca su duvarları, havayı kendisiyle birlikte aşağı çekerek hafif bir rüzgâr oluşturur. Bu sistemler, binanın kendi kendine yeterli hale gelmesine olanak tanımaktadır. Prisma yapısına ilişkin kullanılan araçlar ve kazanımlar Tablo 4.4 verilmektedir.

Tablo 4.4 Prisma Nürnberg SDKT araçları ve kazanımları (Tez kapsamında hazırlanmıştır)

Adı	**Prisma Nürnberg**	**Kazanımlar**
Konum	Nürnberg, Almanya	
SDKT Aracı	o Biyotop o Su göleti o Yağmur suyu tankı o Yeşil duvar o Su duvarı o Yeşil çatı o Yağmur suyu kanalları(su yolu) o Aktif buharlaşma o Pasif buharlaşma	o Kaliteli ve estetik çalışma ortamının sağlanması o Yaşayan ve çalışan tüm insanlar için ilham verici ve rahatlatıcı bir atmosfer yaratmak o İç ve dış mekân iklimini iyileştirmek o Yağmur suyunun kirlenmesinin önlenmesi o Yağmur suyu yönetim tesisleri de genel tasarım konseptine iyi bir şekilde entegre edilmesi
Ölçek	Yapı	
Etki Alanı	Yapı, Site (Mahalle)	

Prisma konsepti, sürdürülebilir su kullanımını teşvik ederken aynı zamanda çevresel etkileri minimize etmeyi amaçlamakta ve kaliteli ilham verici kentsel ortam oluşturmaktadır.

4.2.5 İzmir Sünger Kent Projesi

İzmir Büyükşehir Belediyesi, "Sünger Kent İzmir Projesi" sürdürülebilir yağmur suyu yönetimi hedeflemektedir. Proje Türkiye' de en kapsamlı yağmur suyu hasadı ve su odaklı yeşil dönüşümleri esas almaktadır. Projenin en önemli özelliği olarak ise İzmir' de yaşayan vatandaşların katılımını esas aldığı belirtilmektedir (URL-14). Bu proje kapsamında İzmir kentinde, yağmur bahçeleri, biyolojik hendekler, geçirimli yollar, yer üstü depoları ve sızma göletleri gibi çeşitli yeşil altyapı tekniklerinin kullanılarak altyapı üzerinde oluşan bu streslerin ortadan kaldırılmasını hedeflemektedir.

Bornova Metro İstasyonu Refüj Çalışması

Bornova Metro istasyonu ile Küçük Park arasında kalan Ankara Caddesi yan yolu refüjünde yağmur suyunun yönetilmesi için yeşil altyapı teknikleri planlanmıştır. Mevcut durumda viyadükten gelen yüzey akış sularının oluklarla otopark alanına verilmesi ve Ankara Caddesi yan yolunda Şekil 4.26'da görüldüğü üzere akışa geçen yağmur sularının biyolojik hendeğe yönlendirilmesi ile suyun miktarının ve hızının azaltılması, filtrelenmesi ve yer altı suyuna kazandırılması hedeflenmiştir (URL-14).



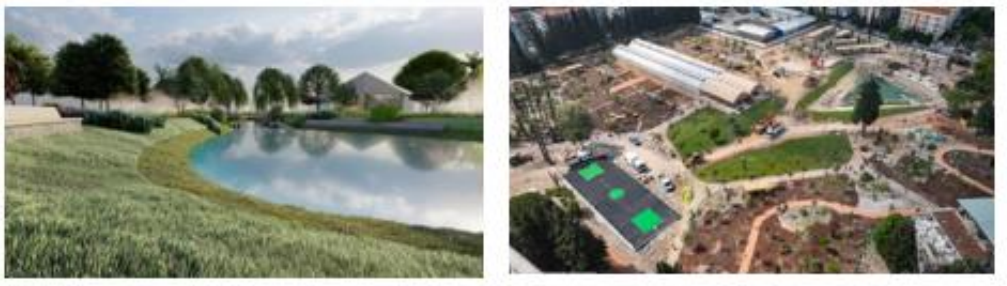
Şekil 4.26 Bornova metro istasyonu refüj çalışması (URL -15)

Yağmur Bahçesi Başvurusu

Yağmur bahçesi; çatı, yol gibi geçirimsiz yüzeylerden su toplayan, geçici olarak bu suyu bir hendek içerisinde bitkiler ile tutan ve akış sularının yollara ve dolaylı olarak körfeze karışmasını engelleyen bir yağmursuyu yönetim uygulamasıdır. Bu amaçla İzmir Büyükşehir Belediyesi 10.000 adet yağmur bahçesi teşvik programını başlatmış ve bu proje kapsamında başvuran kesime yerli bitki ve çiçekler verdiğini belirtmiştir.

Biyolojik Gölet

İzmir Büyükşehir Belediyesi bu proje ile, kent içerisindeki geçirimsiz yapay göletlere alternatif olarak, doğal yaşamı destekleyici, biyolojik çeşitliliği artıran doğal göletler oluşturmayı ve kent-kentli – su ilişkisini park alanlarında ekolojik yöntemler kullanarak artırmayı hedeflemektedir (URL-15). İlk pilot proje Buca Fırat Fidanlığında uygulanmaya başlanmıştır (Şekil 4.27.) İkinci pilot proje Bornova Çamdibi Atatürk Parkı'nda hayata geçileceğini belirtmiştir.



Şekil 4.27 Bornova Çamdibi Atatürk Parkı Biyolojik Gölet Projesi ve uygulama sonrası görünümü (URL-14 ve URL 15)

İzmir Büyükşehir Belediyesi tarafından yapılan açıklamada, Fırat Fidanlığının önceki kullanımının fidan deposu olarak hizmet verdiği belirtilirken (URL-15), yerel halkın talepleri doğrultusunda park olarak tasarlandığı vurgulanmıştır.

Fırat Fidanlığı Yaşayan Parkı, semt sakinlerinin ihtiyaçlarına uygun olarak biyolojik gölet, sera, çayır alanı, amfi tiyatro, mahalle bostanı ve piknik alanı gibi özellikler içermektedir. Ayrıca, yürüyüş rotaları, kafe, dinlenme alanları, spor alanları ve çocuk oyun alanları da parkın tasarımında yer almaktadır. Parkın ağaçlandırma çalışmaları sırasında, İzmir'in iklim ve doğasına uygun bitkiler tercih edilmekte olup, ayrıca gölet, mahalle bostanı ve diğer altyapı çalışmaları devam etmektedir.

Fırat Yaşayan Parkı, ekosistem koruma, toplumsal etkileşim ve tarımsal üretim olmak üzere üç temel amaca hizmet ederek, insanları doğayla bütünleştirmeyi ve sürdürülebilir bir yaşam alanı oluşturmayı amaçlamaktadır. Mayıs 2023 yılında açılışı yapılmıştır.

Buca Betontaş Pazaryeri Geçirimli Yüzey

İzmir'deki pazaryerleri ve otoparklarının çevre dostu ve sürdürülebilir bir yaklaşımla düzenlenmesi amacıyla yapılan çabalar kapsamında, Buca Betontaş Pazaryeri'nin 7.000 metrekarelik çatı alanından gelen yağmur suyunun etkili bir şekilde yönetilmesi planlanmıştır (URL-15). Yeşil alanların bir kısmı biyolojik hendek, bir kısmı yağmur bahçesi, yan tarafında bulunan otopark alanı geçirimli kaplama ile tasarlanmıştır (Şekil 4.28).

Yeşil altyapı teknikleri, Buca Betontaş Pazaryeri'nin çevresinde suyun etkili bir şekilde yönetilmesini sağlayarak kentsel alanlarda sürdürülebilir su kaynakları yönetimine katkıda bulunmaktadır. Bu çabalar, çevre dostu tasarım ve su kaynaklarının korunması konusunda önemli bir adımı temsil etmektedir.



Şekil 4.28 Buca Betontaş Pazaryeri (URL-15)

Yağmur Durakları

İzmir Büyükşehir Belediyesi yaptığı açıklamada, kentsel alanlarda yağmursuyu hasadını teşvik etmek ve toplumun bu konudaki farkındalığını artırmak amacıyla, mevcut yağmur duraklarında yağmursuyu hasadını yapmayı planladıklarını belirtmiştir (URL-15). Bu projede, modüler yağmur depoları kullanılarak

durakların çatılarından yağmursuyu depolanacak ve çevresindeki yağmur bahçelerinde hasat edilen su kullanılacaktır. Böylece, sürdürülebilir su yönetimi ve çevre koruma alanlarında bilinçli bir yaklaşımı temsil etmektedir. Bu çerçevede, pilot proje olarak Halkapınar aktarma istasyonu seçilmiş ve söz konusu istasyon, projenin etkinliğini test etmek, olası geliştirmeleri belirlemek ve benzer uygulamaların gelecekte genişlemesi için bir örnek teşkil etmek amacıyla seçilmiştir (Şekil 4.29).



Şekil 4.29 Halkapınar Yağmur Durağı (URL-15)

İzmir Büyükşehir Belediyesi "Sünger Kent" projesi ile aşırı yağışlardan kaynaklanan su baskınlarının önüne geçmek ve kuraklıktan kaynaklanan su stresine karşı yağmur suyunu toplamayı amaçlamakta ve bu bağlamda SDKT uygulamalarının yaygınlaştırılmasını hedeflemektedir. Halkapınar, Bornova ve Evka-3 metro istasyon duraklarından yağmur suyu hasadı yapılarak yeşil alanlarda kullanılması planlanmaktadır. Ayrıca Işıkkent Mezarlığı'nda drenaj sisteminde revizyon yapılarak Türkiye' de ilk defa Mezarlık alanında yağmur suyu hasadı yapılarak toplanan suyun mezarlıktaki yıkama ve bakım işlemlerinde kullanılacaktır. Sürdürülebilir su yönetimi ile mezarlık alanında su talebi azalmış olacaktır. Bu projenin önemi, sürdürülebilir su yönetimi ve su tasarrufu konularında atılan adımlarla aşırı yağışlardan kaynaklanan su baskınlarını azaltmak ve şehirde "Sünger Kent" uygulamalarını yaygınlaştırmaktır. Bu, çevre dostu bir yaklaşımı benimseyerek şehirdeki su kaynaklarını daha verimli bir şekilde kullanmaya yönelik önemli bir çabadır.

İzmir Büyükşehir Belediyesi'nin başlattığı bu proje, yağmur suyu yönetimi ve suya duyarlı tasarımlar açısından örnek teşkil ederek diğer kentlere ilham kaynağı

olmaktadır. Ancak, bu uygulamaların noktasal çözüm yerine birbirine entegre şekilde kentsel planlama süreçlerine dahil edilerek yapılması halinde daha büyük etkili kazanımlar elde edilebilecektir. Tablo 4.4'te İzmir Sünger Kent Projesinde kullanılan SDKT araçları ve etkileri sunulmaktadır.

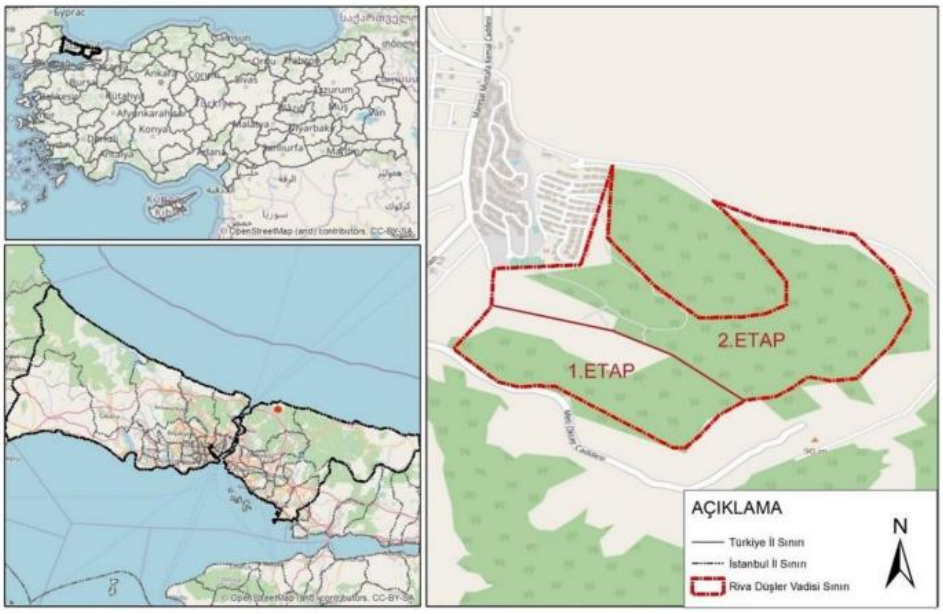
Tablo 4.5 İzmir Sünger Kent projesi SDKT araçları ve kazanımları (Tez kapsamında hazırlanmıştır)

Adı	**İzmir Sünger Kent Projesi**	**Kazanımlar**
Konum	İzmir	
SDKT Aracı	o Yağmur hendeği o Biyolojik gölet o Yağmur bahçesi o Geçirimli yüzey o Yağmur durakları o Yağmur suyu kanalları (su yolu) o Yağmur suyu deposu o Aktif buharlaşma o Pasif buharlaşma	o Sel ve taşkın riskini önlemek o Kentsel ısı adası etkisini azaltmak o Estetik ve kaliteli bir çevrenin oluşması o Biyoçeşitliliğin artması o Yağmur suyunun depolanması o Kentsel alanın estetik değerini artırmak o Yerel topluluk için kamu alanlarının yaratılması o İnsan-doğa ilişkisini geliştirmek
Ölçek	Kent	
Etki Alanı	Kent/ Bölge	

Bu proje, sürdürülebilir su kaynakları yönetimi konusunda önemli bir adım olup, gelecek projeler için bir referans niteliği taşımaktadır.

4.2.6 Düşler Vadisi Riva, İstanbul

İstanbul, Türkiye'nin en kalabalık şehri olup Avrupa ve Anadolu Yakası'ndan oluşmaktadır. Bu çalışmada odak noktası olarak seçilen Düşler Vadisi Riva, İstanbul'un Anadolu Yakası'nda, Beykoz ilçe sınırları içerisinde konumlanmaktadır. Proje, Riva Mahallesi'nde yer almaktadır ve yaklaşık 95 hektarlık alanda uygulanmaktadır (Akay, 2022). Konum detayları Şekil 4.30'da gösterilmektedir.



Şekil 4.30 Düşler Vadisi Riva Projesinin konumu (Akay, 2022)

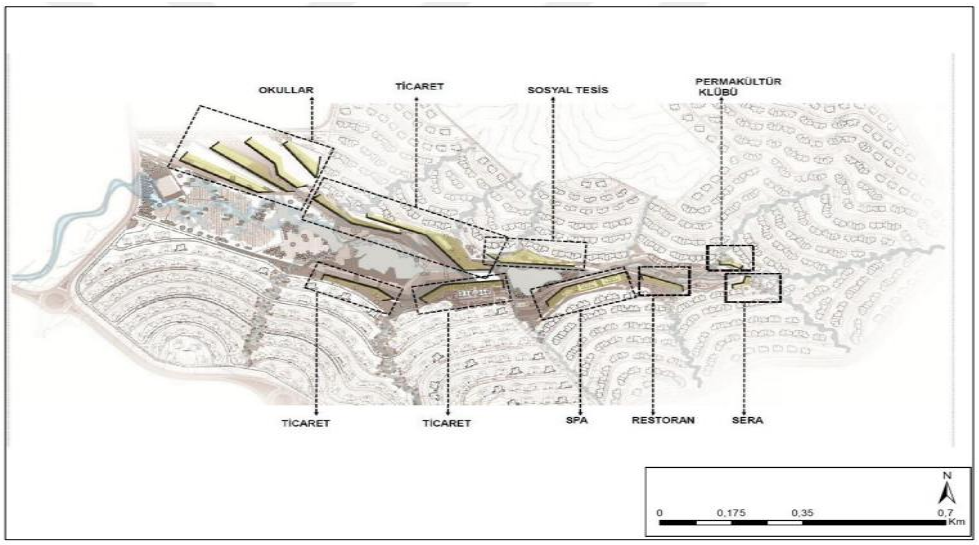
Proje, 2018 yılında başlatılmış olup, tamamlanma tarihi 2022 yılı olarak belirlenmiş olmasına rağmen, süreç devam etmektedir. Projeyle ilgili görseller, yüklenici firma Emlak Konut tarafından paylaşılmış ve şekil 4.30 olarak gösterilmiştir.

Projenin iki aşamadan oluşan ilk bölümünde, A-B-C tepelerindeki konut alanları ve vadi tabanındaki biyolojik gölet ve lagün alanı tamamlanmıştır (Şekil 4.31).



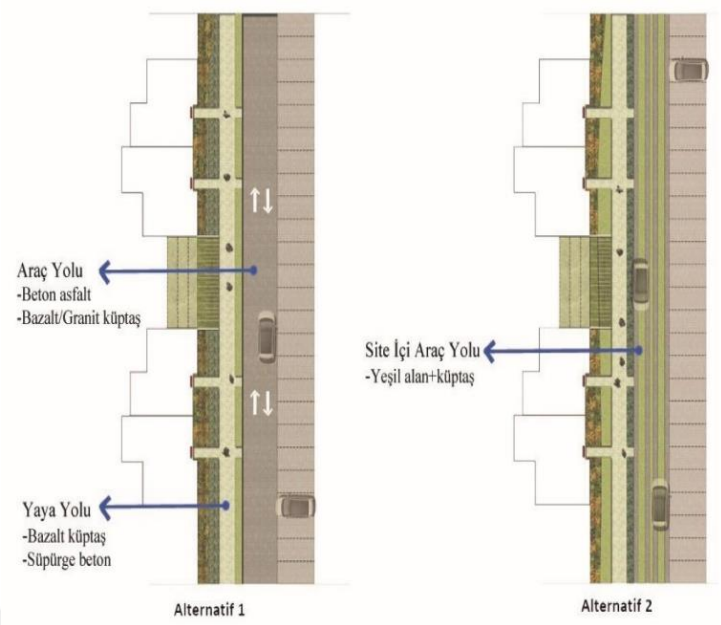
Şekil 4.31 Düşler vadisi Riva Projesine ait görüntüler (URL-16)

Uygulama alanında her tepeyi ayıran vadiler bulunmaktadır. Proje, bir vadi üzerine tasarlanmış olup, yamaçlara konut alanları, vadi tabanına ise ticari ve ticari olmayan yapılar inşa edilmiştir. Proje alanına ilişkin arazi kullanım yapısı Şekil 4.32'de gösterilmektedir.



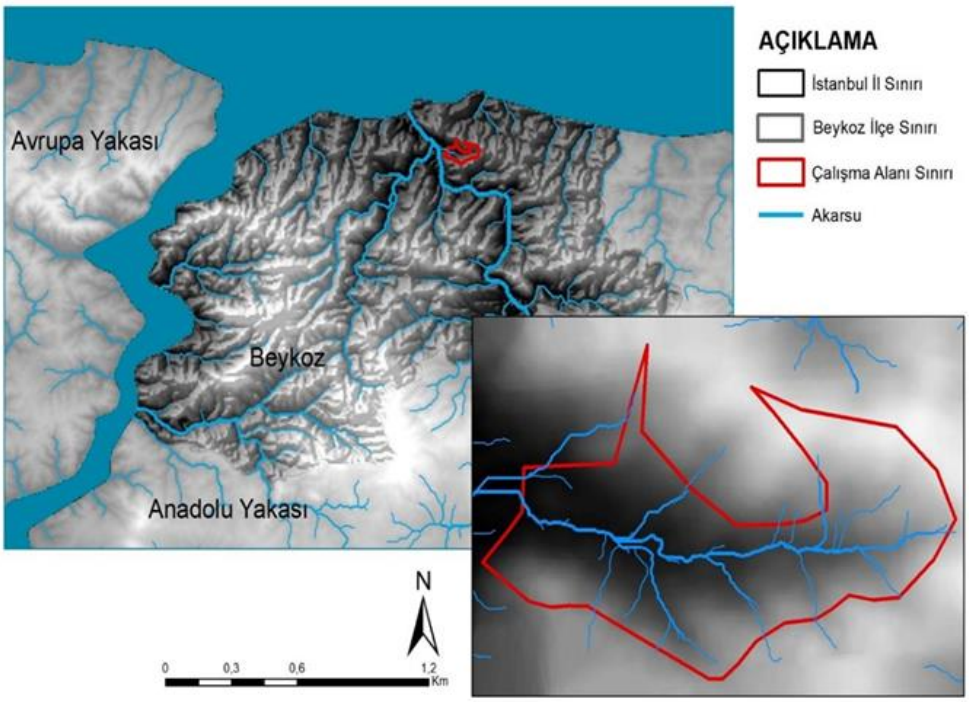
Şekil 4.32 Düşler Vadisi Riva projesinin arazi kullanım yapısı (Akay, 2022)

Ulaşım sistemi tasarlanırken, çevreye duyarlı bir yaklaşım benimsenmiş ve yeşil sisteme hizmet edecek şekilde alternatif tasarımlar geliştirilmiştir. Ulaşım aksı boyunca, yeşil bantlar düşünülerek planlanmıştır. Yol aksına paralel olarak kullanılan süpürge betonun üstüne, taş tozu ve granit küp taş kaplaması eklenmiş, bu sayede yüzeye düşen suyun süzülerek eğimli betona ulaşması sağlanmıştır (Akay, 2022). Daha sonra bu su, hendek hattına yönlendirilip kanallar aracılığıyla vadi tabanına iletilip deşarj edilmektedir. (Şekil 4.33)



Şekil 4.33 Yol yapısındaki geçirimli yüzey yapısı (Akay, 2022)

Riva Proje alanın yakınında Riva deresi bulunmakta olup Şekil 4.34'te gözüktüğü üzere vadi tabanında dere yatağı ve dereyi besleyen kollar bulunmaktadır.

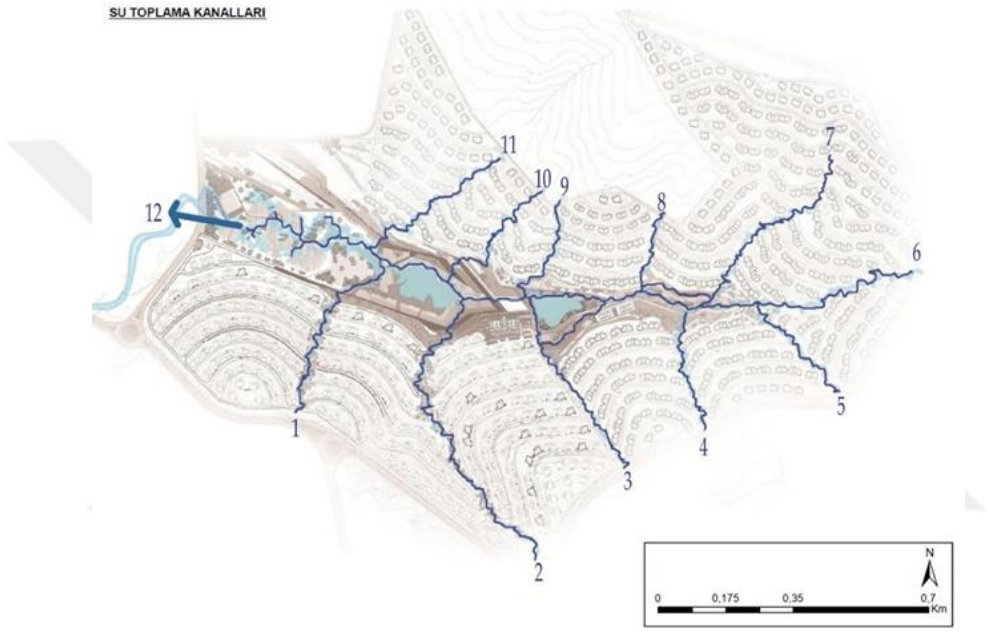


Şekil 4.34 Düşler Vadisi Riva proje alanı su yüzey yapısı (Akay, 2022)

Projede, vadi tabanında su döngüsünün sağlanması için su toplama alanları oluşturulmuştur. Su toplama kanalları ve su yüzeyleri haritası incelendiğinde, topografik eğim çizgilerinin temel alındığı görülmektedir. Ancak proje henüz

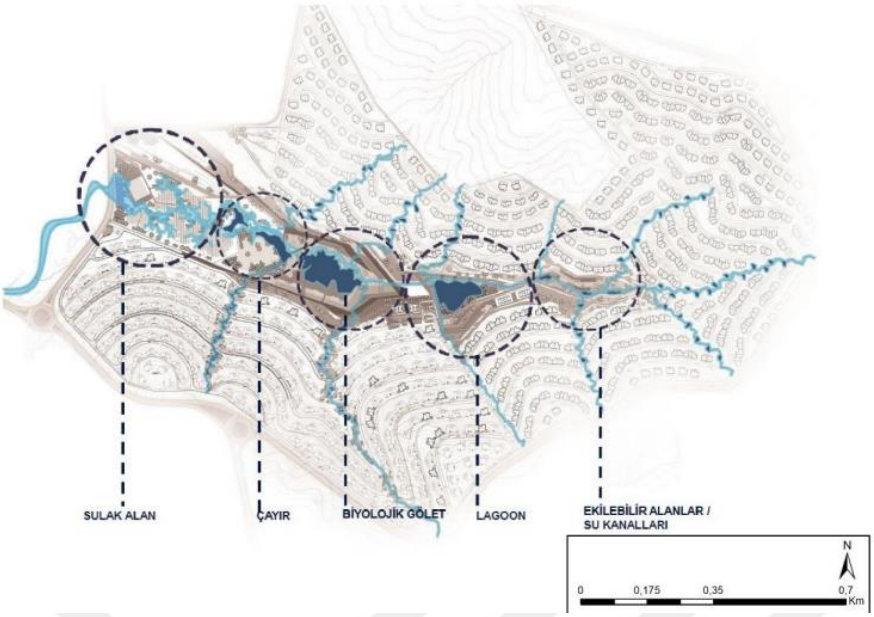
tamamlanmadığı için fiilen nasıl bir yerleşim olacağı belirsizdir. Bu nedenle, projeye yönelik hazırlanan planlar çerçevesinde su yüzey yapılarının dikkate alındığı anlaşılmaktadır.

Uygulamada toplam 12 kanal bulunmakta olup, bu kanalların derinlikleri 4.5 metre yüksekliğinde ve genişlikleri ise 5-8 metre arasında değişkenlik göstermektedir (Akay, 2022). Kanal yükseklik ve derinlikleri pik yağışlara göre hesaplanmıştır. Planlanan bu kanallar, yağmur sularının akışını yavaşlatarak biriktirilmesini ve tekrar kullanılmasını sağlamak açısından avantajlıdır.



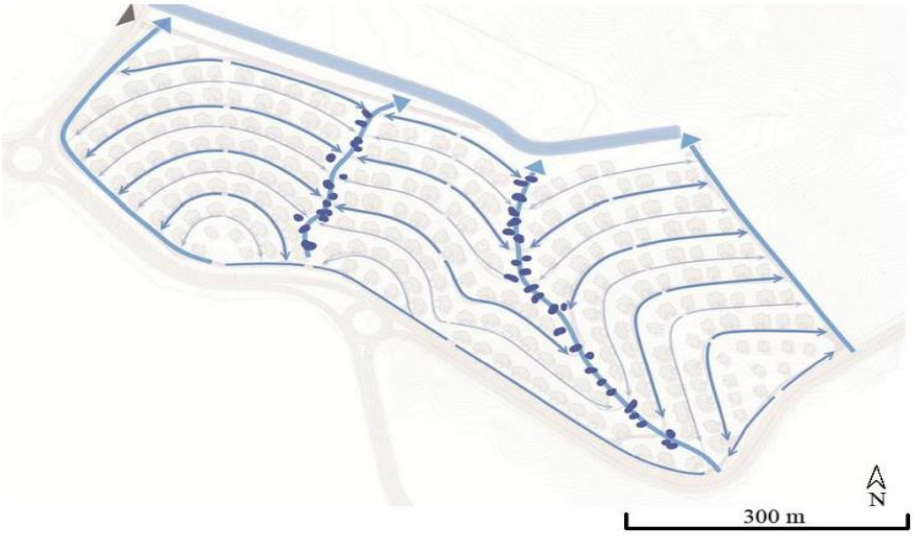
Şekil 4.35 Projedeki su toplama kanalları (Akay, 2022)

Su toplama alanları, sulak alan, çayır, biyolojik gölet, lagün ve ekilebilir alanlar (su kanalları) altı farklı alana Şekil 4.36'da gösterildiği üzere hizmet etmek amacıyla kompakt bir şekilde tasarlanmıştır (Akay, 2022).



Şekil 4.36 Projedeki su toplama alanları (Akay, 2022)

Su toplama alanları haricinde, vadi tabanlarında kademeli olarak tasarlanan su biriktirme alanları da bulunmaktadır (Şekil 4.37). Bu alanlar, yağmur suyunun tutulması açısından daha etkili bir yapıya sahiptir (Şekil 4.38). Yağmur suyunun akışını yavaşlatmak ve tutmak amacıyla vadinin belirli alanlarında su birikim noktaları oluşturulmuştur ve su toplama rotası boyunca kanallar oluşturularak suyun etkili bir şekilde yönetilmesi planlanmıştır (Akay, 2022). Bu sistem, su yüküne bağlı olarak belirlenen derinlik ve genişliğe sahip yağmur hendekleri ile desteklenmiştir. Bu tasarım, yağmur sularının doğrudan akışını kontrol ederek, suyun toprak içinde emilimini ve yer altı su seviyelerini desteklemeyi amaçlayarak yeşil sisteme entegre olmayı öngörmektedir.



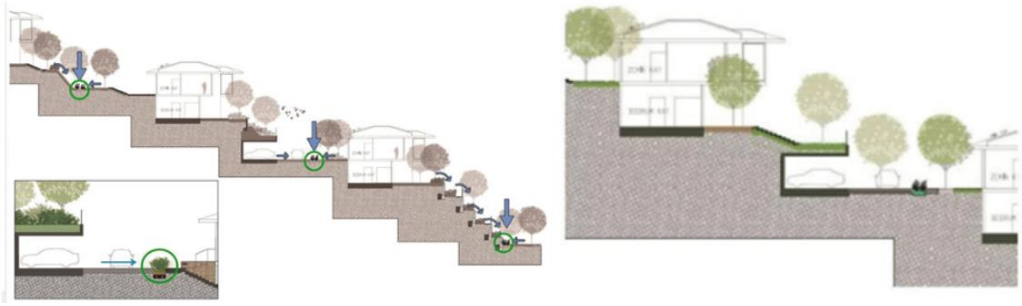
Şekil 4.37 Su biriktirme noktaları (Akay, 2022)

Yamaçlarda tarımsal faaliyetlerin yapılabileceği alanlar da özel olarak tasarlanmıştır (Akay, 2022). Bu alanlar, kullanıcıların doğayla etkileşimde bulunmasını sağlamakla kalmayıp, aynı zamanda sosyal iletişimi teşvik eden aktivite alanları oluşturarak çeşitli etkinliklere ev sahipliği yapmayı hedeflemektedir (Şekil 4.38). Bu sayede, proje sadece doğayı korumakla kalmayıp, aynı zamanda topluluk içinde etkileşimi artırmayı amaçlamaktadır.



Şekil 4.38 Sağda su biriktirme alanları; solda vadi yamaçlarındaki tarım alanları; (URL-16)

Düşler Vadisi Riva projesinde konut alanlarında yağışların etkisini minimize etmek ve yağmur suyunun emilimini sağlamak amacıyla yağmur bahçeleri planlanmıştır (Şekil 4.39). Bu yağmur bahçeleri, suyun emilimini artırarak filtrelenmesini sağlayarak çevresel sürdürülebilirliğe katkıda bulunmayı hedeflemektedir. Bu uygulama, yağmur sularının doğrudan akışını önlerken, yer altı su seviyelerini destekleyerek su kaynaklarını daha etkili bir şekilde kullanmaya olanak tanır.



Şekil 4.39 Projedeki yapı bahçe kesitleri ve yağmur bahçelerinin görünüşü (Akay, 2022)

Riva Projesi, biyolojik göletler, yeşil çatılar ve su yönetimi sistemleri gibi sürdürülebilir uygulamalar da içermektedir (Şekil 4.40) Bu proje çevresel ve sosyal açılardan sürdürülebilir bir kentsel yaşam alanı oluşturma hedeflemektedir.



Şekil 4.40 Proje alanındaki yeşil çatılar ve biyolojik gölet (Akay, 2022)

Düşler Vadisi Riva Projesi, benimsediği çevresel ilkeler ve suya duyarlı yaklaşımlar açısından diğer yerleşim alanlarına örnek olabilecek niteliktedir. Projede, yağmur bahçeleri, geçirgen yüzeyler, su toplama noktaları, su kanalları ve alanda kentsel tarım alanlarına yer verilerek toplanan yağmur sularının burada kullanılması hedeflenmektedir. Projede planlanan SDKT araçları ve bunları bulunduğu çevreye etkisi Tablo 4.6'da sunulmaktadır.

Tablo 4.6 Düşler Vadisi Riva Projesinde Planlanan SDKT araçları ve kazanımları (Tez kapsamında hazırlanmıştır)

Adı	**Düşler Vadisi Riva**	**Kazanımlar**
Konum	İstanbul	
SDKT Aracı	○ Yağmur hendeği ○ Biyolojik gölet ○ Yağmur bahçesi ○ Geçirimli yüzey ○ Yeşil Çatı ○ Yağmur suyu kanalları(su yolu) ○ Aktif buharlaşma ○ Pasif buharlaşma	○ Sel ve taşkın riskini önlemek ○ Kentsel ısı adası etkisini azaltmak ○ Estetik ve kaliteli bir çevrenin oluşması ○ Biyoçeşitliliğin artması ○ Yağmur suyunun depolanması ○ Kentsel alanın estetik değerini artırmak ○ İnsan-doğa ilişkisini geliştirmek ○ Yağmur suyunun depolanması ve kentsel tarımda kullanılması
Ölçek	Mahalle	
Etki Alanı	Kent	

Projenin henüz tamamlanmamış olması sebebiyle, fiilen nasıl bir yerleşim olacağının kestirilememesi, projeye yönelik hazırlanan planların değerlendirilmesiyle su yüzey yapılarının önemli olduğunu ortaya koymaktadır.

4.2.7 Ankara ili Çankaya ilçesi İsmet İnönü Parkı

Ankara Türkiye'nin başkenti olup en İstanbul'dan sonra en büyük ikinci şehridir. Çankaya 1936 yılında ilçe olmuş ve başkentte yer alması sebebiyle Türkiye Büyük Millet Meclisi, bakanlıklar, büyükelçilikler gibi önemli kamu tesisleri kentte yer bulunmaktadır. Ayrıca Çankaya'da; Kurtuluş Parkı, Ahlatlıbel Parkı ve Botanik parkı gibi büyük yeşil alanlar da yer almaktadır.

Çankaya ilçesi sınırları içerisinde bulunan Ahlatlıbel Atatürk Parkı'na, Sağlıklı Kentler Birliği tarafından da ödüle layık görülen, Ankara'nın ilk biyolojik göletinin 518 m² alanda inşa edildiği görülmektedir. (Şekil 4.41).

Ankara'da Şekil 4.41'de gösterildiği üzere Ahlatlıbel Atatürk Parkı Biyolojik Göletinin ardından Uğur Mumcu Parkı'na, Yaşar Kemal Parkı'na (500 m²), İlhan Cavcav Parkı'na (426 m²), İsmet İnönü Parkı'na (1495 m²) ve Zafer Park'a da (1384 m²'lik) biyolojik göletlerin inşa edildiği gözlemlenmiştir (URL-17).



Şekil 4.41 Çankaya İlçesinde Bulunan Parklardaki Biyolojik Göletler (Ahlatlıbel Parkı, Yaşar Kemal Parkı, Uğur Mumcu Parkı, Zafer Parkı (URL-17)

İsmet İnönü Parkı, Çankaya'nın yeni parklarından biri olup nüfus yoğunluğu fazla olan Birlik Mahallesi sınırları içerisindedir. Park yoğun ticari bölgeye sahip Yıldız Mahallesi'ne yakın konumdadır. Yakın çevresinde Lozan Parkı ve bu parkla birlikte tasarlanan Zafer Parkı ile güneyde İmrahor Vadisi ile kuzeyde Cumhurbaşkanlığı Köşkü'ne uzanan yeşil sistemlerin bir parçası olmuştur. Parkın toplam alanı 52.000 m² olan parkta 33.000 m² yeşil alan bulunmaktadır (Arslantaş, 2020).

Park, giriş bölümünde tören alanı, orta meydan, kapalı ve açık bölümleri olan kafeterya, büyük süs havuzu ve 2 metre genişliğinde doğal dere ile bisiklet ve araç yollarını içermektedir. Toplam 250 metrekare alan üzerinde mahallelilerin sosyokültürel aktivitelerini gerçekleştirebilecekleri Çankaya Evi de yer almaktadır. Ayrıca parkta bulunan 1.400 m²' lik bir alanı kaplayan biyolojik gölet, ekosistem süreçlerine katkı sağlamasının yanı sıra kent yaşamındaki estetik rolüyle de dikkat çekmektedir. Parktaki biyolojik gölet; kimyasal madde kullanılmadan su bitkileri ve yararlı mikroorganizmalar sayesinde suyu arıtarak temizleme işlevine sahiptir. Bununla birlikte bölgedeki kuş türleri göletten faydalanarak yaşamsal ihtiyaçlarını gidermektedir. Gölet ile ayrıca su ve bakım masraflarında tasarruf sağlanmaktadır.

Bu parkın tasarımı, doğal ögeleri ve ekosistemleri koruma odaklıdır. Topoğrafyanın dokunulmadan korunması, parkın ekolojik bütünlüğünü sürdürmeye yönelik bir yaklaşımı yansıtır. Parkta:

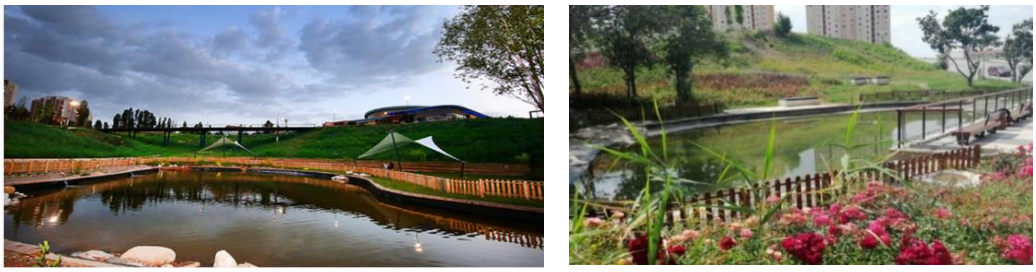
- Mevcut ağaçların korunması, parkın yeşil dokusunu ve biyoçeşitliliğini sürdürmeyi amaçlamış

-Parktaki doğal dere ve çukur alanlar, biyolojik gölet oluşturmak için kullanılmıştır. Bu, doğal su döngüsünü korumak ve suya dayalı ekosistemleri desteklemek amacıyla yapılmış bir tasarım ögesidir.

-Toprak kaymasını engellemek amacıyla kullanılan çalılar, eğimli alanlarda stabilite sağlamak için eklenmiştir. Bu, hem toprak erozyonunu önlemeye yönelik bir stratejidir hem de peyzaj estetiği sağlar (Arslantaş, 2020).

- Gölet, parkta su özellikleri ekleyerek ekosistem çeşitliliğini artırır. Göletin olmadığı çukur alanda lavanta tarlası ve rekreasyon amaçlı amfi tiyatro gibi ögeler, parkın çok yönlü kullanımını teşvik eder (Şekil 4.42)

-Suya dayanıklı malzemeler ve yeşil çatılı idari alan, oyun alanları, koşu yolları ve fitness alanlarında suya dayanıklı malzemeler kullanılarak dayanıklılık ve uzun ömürlülük sağlanmıştır. Parkın idari alanının yeşil çatılı tasarlanması, enerji tasarrufu ve çevresel uyum sağlamak için kullanılan bir stratejidir.



Şekil 4.42 Parkta yer alan biyolojik gölet (Arslantaş, 2020).

Parkta geçirgen yüzeylerin kullanılması, yağmur suyunun birikmesini engeller ve yer altı su seviyelerine katkıda bulunarak su döngüsünü destekler. Bu özellikler bir araya geldiğinde, park sadece toplumun açık hava aktiviteleri için değil, aynı zamanda çevresel sürdürülebilirlik ve ekosistem koruma amacıyla da tasarlanmış bir yeşil alan olarak öne çıkmaktadır (Şekil 4.43).



Şekil 4.43 Sırasıyla parkın üstten görünüşü ve parkta yer alan bisiklet yolu (Arslantaş, 2020).

İsmet İnönü Parkı, çevresindeki alışveriş merkezleri ve ticari alanların baskısına rağmen aktif bir yeşil alan olarak korunduğu için büyük bir öneme sahiptir (Arslantaş, 2020). İmar planı baskılarına karşın park, betonlaşma ve ticari faaliyetlerin etkisi altında kalmamıştır. Park, sadece estetik bir değer taşımakla kalmayıp, aynı zamanda çevresel sürdürülebilirlik ilkesine uygun tasarım özelliklerini içermesiyle dikkat çekmektedir.

Parkta kullanılan Suya Duyarlı Kentsel Tasarım araçları, özellikle biyolojik gölet ve geçirimli yüzeyler gibi unsurlar, yağmur suyunun etkin bir şekilde yönetilmesini sağlar (Arslantaş, 2020). Bu tasarım öğeleri, sürdürülebilir su kullanımını teşvik eder ve su döngüsüne katkıda bulunarak çevresel etkileri en aza indirir. Ayrıca, İsmet İnönü Parkı'nın diğer parklarla bağlantı kurarak ekolojik bir hat oluşturmaya çalışması, kentsel alanlarda doğal yaşamın korunması için önemli bir adımı temsil eder.

Tablo 4.7 İsmet İnönü Parkı SDKT araçları ve kazanımları (Tez kapsamında hazırlanmıştır)

<table>
<tr><td>Adı</td><td>İsmet İnönü Parkı</td><td rowspan="2">Kazanımlar</td></tr>
<tr><td>Konum</td><td>Ankara</td></tr>
<tr><td>SDKT Aracı</td><td>o Biyolojik gölet
o Yağmur bahçesi
o Geçirimli yüzey
o Yeşil Çatı
o Yağmur suyu kanalları (su yolu)</td><td rowspan="4">o Sel ve taşkın riskini önlemek
o Kentsel ısı adası etkisini azaltmak
o Estetik ve kaliteli bir çevrenin oluşması
o Biyoçeşitliliğin artması
o Yağmur suyunun depolanması
o Kentsel alanın estetik değerini artırmak
o Yerel topluluk için kamu alanlarının yaratılması
o İnsan-doğa ilişkisini geliştirmek
o Rekreasyon Alanı
o Enerji tasarrufu ve çevresel uyum</td></tr>
<tr><td>Ölçek</td><td>Mahalle</td></tr>
<tr><td>Etki Alanı</td><td>Kent</td></tr>
</table>

Sonuç olarak, İsmet İnönü Parkı, sadece yeşil bir alan olmanın ötesinde, kentsel planlama ve çevre sürdürülebilirliği alanında bir örnek teşkil eder. Şehir içinde doğanın korunması ve yeşil alanların önemi konusunda ilham verici bir rol üstlenmiştir. Tablo 4.7'da parkta kullanılan SDKT araçları ve katkılarına yer verilmektedir.

4.3 Bölüm Değerlendirmesi

Suya Duyarlı Kentsel Tasarımın (SDKT) kriterleri 4.1 numaralı bölümde detaylı olarak incelenmiştir. Çalışmanın bu bölümünde ise seçilen örnekler üzerinden SDKT kriterlerinin değerlendirilmesi yapılmaktadır.

İncelenen örnekler farklı ölçeklerde seçilerek, SDKT bileşenlerinin farklı ölçeklerde nasıl kullanılabileceğini göstermeyi amaçlamaktadır. Öncelikle dünya üzerinden yapı, semt parkı, mahalle ve kent ölçeğinde dört örnek incelenmiştir. Ardından Türkiye'nin en büyük 3 kenti olan İstanbul, Ankara ve İzmir üzerinden

örnekler seçilmiştir. Bu üç büyük kent iklim değişikliğine uyum çerçevesinde iklim eylem planları da hazırlamışlardır.

İlk incelenen kent, Rotterdam Waterplan 2 Planı ile belediyenin iklim değişikliğine karşı başlattığı bir projedir. Bu proje, Rotterdam kent bağlamında ve ülke genelinde bir örnek oluşturarak dünya genelinde diğer şehirlere ilham kaynağı olmuştur. Seçilen bu örnek, kent bazlı olmasına rağmen etki alanı havza bazlı olmuştur. Rotterdam Waterplan 2 kapsamında gerçekleştirilen uygulamalar suya duyarlı olup kentsel ortamların estetiğine katkı sağlamış ve kendi kendine yeten sürdürülebilir bir su yönetimini ortaya koymuştur. Waterplan 2 projesi, tüm Suya Duyarlı Kentsel Tasarım (SDKT) kriterlerini başarıyla karşılamaktadır. Bu proje, uygulamalardan olumlu geri dönüşler alarak, doğru uygulamaların ve SDKT'nın başarısını ortaya koymaktadır.

Ekostaden Augustenborg projesi, mahalle bazlı bir inisiyatiftir. Bu proje, çöküntü mahallesi olma eğilimindeki bir bölgede gerçekleştirilen dönüşüm ve yenileme uygulamaları ile mahalleyi bambaşka bir hale getirmeyi amaçlamıştır. Proje kapsamında mahalledeki yapıların yenilenmesi gerçekleştirilmiş ve suya duyarlı araçların su yönetimine entegrasyonu sağlanmıştır. Bu araçların kullanılmasıyla rekreatif faaliyetlerin artması ve su-doğa kent bağının vurgulandığı biyolojik gölet gibi unsurlara yer verilmiştir.

Ekostaden projesi hem kendi ülkesine hem de dünyadaki diğer kentlere örnek gösterilen bir mahalle projesidir. Projenin uygulanmasında katılım payının yüksek olması, uygulamaların yerel ihtiyaçlara ve isteklere uygun olarak tasarlanmasına olanak tanımıştır. Bu da uygulama sonrası kullanımın artmasını sağlamış ve uygulamalardaki başarının ortaya çıkmasına katkı sağlamıştır.

Ekostaden projesinin Suya Duyarlı Kentsel Tasarım (SDKT) kriterlerinin tamamını karşılaması, uygulamanın doğruluğunu ve başarısını göstermektedir. Projede su yönetimi, çevresel sürdürülebilirlik ve mahalle katılımı gibi önemli unsurların başarıyla bir araya getirilmiş olması, SDKT'nın etkili bir şekilde uygulanmasını göstermektedir.

Qunli, otoyolların inşasından sonra kentleşme baskısı altında olan ve yağış esnasında sel olaylarının yaşandığı bir bölgede yer almaktadır. Yağış zamanında parkın sular altında kaldığı ve erişilemez hale geldiği sorunla karşı karşıya

kalmıştır. Bu kapsamda Çin Hükümetinin 2014 yılında Sünger Kent yaklaşımını benimsemesi, kentin suya duyarlı yaklaşım politikalarını geliştirilmesinde etkili olmuştur. Parkta, Sünger Kent yaklaşımına uygun olarak sulak alanlar, geçirimli yüzeyler, su kanalları gibi Suya Duyarlı Kentsel Tasarım (SDKT) araçlarına yer verilmiştir. Ayrıca, park içinde seyir terasları ve manzara izleme noktaları gibi ögeler oluşturularak, kullanıcıların parkın keyfini çıkarması amaçlanmıştır.

Suya duyarlı yaklaşımın benimsenmesiyle bölgede yapılan uygulamalar, sel ve taşkınları engellemekte etkili olmuş, park içindeki yenileme çalışmaları ve sulak alanlar gibi uygulamalar, parkın kullanımını artırmış ve aynı zamanda erişebilirlik durumunu geliştirmiştir. Ancak, projenin aktörleri ve uygulamanın test edilmesi, izlenmesi gibi değerlendirmelerin eksik olduğu anlaşılmıştır. Projeyi şekillendiren daha çok tasarımcının yorumu ve uzmanlığına bağlı olmuştur. Bu noktada, projenin etkinliği ve sürdürülebilirliği açısından aktör katılımı ve düzenli izleme değerlendirmelerinin geliştirilmesi önemlidir.

Nürnberg Prisma 2, ticari ve ticari olmayan kullanımları içeren iki binadan oluşan bir projeyi kapsamaktadır. Bu projede, yağmur suyu hasadı, su yolları, iç havuz ve yağmur duvarları gibi Suya Duyarlı Kentsel Tasarım (SDKT) araçlarına yer verilmiştir. Yağmur suyu, yer altında bulunan otopark alanındaki tankta depolanarak daha sonra binaya dağıtılmaktadır. Bu geliştirilen sistem, binanın kendi kendine yeterli olmasını sağlamaktadır. Ayrıca, binanın iç tasarımı ve SDKT araçları iç havuz gibi çevresel etmenlere çekici bir şekilde odaklanmıştır. Ancak, projenin sınırlı aktör ilişkisi veya ekip yapısı nedeniyle Prisma, SDKT kriterlerinin tamamını kapsayamamıştır. Bu durum, projenin eksikliklerini ve belirli SDKT unsurlarının tam olarak uygulanamamış olabileceğini göstermektedir. Bu bağlamda, projenin sürdürülebilirlik ve etki açısından tüm SDKT kriterlerini içermesi önemlidir.

İzmir Sünger Kent projesi, Türkiye'de İzmir Büyükşehir Belediyesi tarafından başlatılan bir yaklaşımdır. Proje, kent genelinde suya duyarlı bir yaklaşımı hedeflemekte ancak yapılan Suya Duyarlı Kentsel Tasarım (SDKT) çözümlerinin genellikle noktasal olduğu ve kentsel planlamaya bütüncül bir bakış açısının eksik olduğu görülmüştür. Bu uygulamaların, noktasal çözümlerden ziyade birbirine entegre şekilde kentsel planlama süreçlerine dahil edilerek yapılması, daha büyük etkili kazanımlar elde edilmesine katkı sağlayabilir.

Projede yağmur bahçelerinde yetişen bitkilerin dağıtılması, yağmur suyu tankı başvuruları gibi yaklaşım, yağmur suyu yönetiminde halkın bilinçlenmesini sağlayacaktır. Bu tür bilinçlendirme ve dağıtılan bitkilerin kullanımı, sürdürülebilir su yönetimi konusunda toplumun daha aktif bir rol almasını teşvik edebilir. Bu şekilde, proje sadece fiziksel çözümler sunmanın ötesinde, toplum katılımını ve bilincini artırarak daha etkili bir su yönetilmesi sağlayacaktır. Proje, Suya Duyarlı Kentsel Tasarım (SDKT) kriterlerini, yağmur suyu yönetim politikalarında benimsemesi ve uygulamalarından olumlu geri dönüşler almasıyla, sadece fiziksel çözümler sunmanın ötesinde toplum katılımını ve bilincini artırarak daha etkili bir su yönetimi oluşturacaktır.

İstanbul Düşler Vadisi Riva projesi, katılım boyutunu içermeksizin yapım şirketinin projesi kapsamında ilerlemektedir. Ayrıca, bu tür yerleşim alanları genellikle kentten bağımsız olup izole bir yaşam ortamı sunmaktadır. Ayrıca bu yerleşimler, sadece sitede yaşayan kesimin kullanabileceği nitelikte sosyal tesis alanları kapsamaktadır. Bu nedenle, proje kente sunduğu bağlam açısından değerlendirilememektedir.

Proje alanında dere yatağı ve dere kollarının varlığı nedeniyle, bu alanlarda planlanan su toplama kanalları, biyolojik göletler ve hendekler gibi yapıların oluşturulması büyük önem taşımaktadır. Yoğun yağış durumunda, yerleşim alanının afet riski altında olabileceği göz önünde bulundurulmalıdır. Dolayısıyla, proje aşamasında planlanan stratejilerin eksiksiz bir şekilde uygulanması ve sürekli izlenmesi hayati öneme sahiptir.

Projenin benimsediği ilkeler ve Suya Duyarlı Kentsel Tasarım (SDKT) araçlarının yağmur suyu yönetimi ve peyzajla entegrasyonundaki yaklaşımı, arazi kullanım kararlarını suyun dikkate alarak olası risklere karşı önlem alması, SDKT kriterleri açısından olumlu bir adımdır. SDKT kriterlerinin projenin her aşamasında etkin bir şekilde kullanılması, uygulamaların sürdürülebilirliğini artırabilir. Projenin tamamlanması ve uygulama sonrası etkilerin gözlemlenmesiyle birlikte daha kapsamlı bir değerlendirme yapılabilecektir. Bu durum, projenin su yönetimi alanındaki başarılarını ölçmek ve gelecekteki benzer projeler için öğrenilen deneyimleri paylaşmak adına önemli bir adım olabilir.

Ankara'dan seçilen İsmet İnönü Parkı, biyolojik gölet, geçirimli yüzey, yeşil çatı gibi Suya Duyarlı Kentsel Tasarım (SDKT) araçlarına başarılı bir şekilde yer vermiştir. Ayrıca, parkın yakın çevresinde kentleşme baskısı olmasına rağmen, bu parkın varlığını koruması ve diğer yeşil alanlar ile bütünlük oluşturması önemlidir. Örneklerin SDKT sürecine ilişkin değerlendirilmesi Tablo 4.8'de sunulmuştur.

Tablo 4.8 Seçilen örneklerin SDKT kriterleri bağlamında değerlendirilmesi (Tez kapsamında hazırlanmıştır)

Ölçek	**Etki Alanı**	**Örnek Olaylar**	**SDKT Kriterleri**						
			Su duyarlılığı	**Estetik Fayda**	**Aktörler**	**Entegrasyon**	**Uygun Tasarım**	**Ekonomik Uyum**	**Disiplinlerarasılık**
Kent	Havza Bölge	Rotterdam Waterplan2 (Hollanda)	■	■	■	■	■	■	■
Mahalle	Kent	Ekostaden Augustenborg (İsveç)	■	■	■	■	■	■	■
Mahalle Parkı	Kent	Qunli Yağmur Suyu Parkı (Çin)	■	■		■	■		
Yapı	Site (Mahalle)	Nürnberg Prisma (Almanya)	■	■		■	■	■	
Kent	Bölge	İzmir Sünger Kent	■	■			■		■
Mahalle	Mahalle	Düşler Vadisi Riva (İstanbul)	■	■		■		■	■
Mahalle Parkı	Mahalle	İsmet İnönü Parkı (Ankara)	■	■		■		■	

SDKT uygulamaları, kentlerin yaşam kalitesini, yaşanabilirliğini ve toplumsal dayanışmayı artırma potansiyeline sahiptir. Bu uygulamalar, insanların ve diğer canlıların sağlıklı bir çevrede yaşamalarını sağlamak amacıyla hayata geçirilmektedir. Sağlıklı bir çevre, insanların erişilebilir, doğal ve kültürel ortamların varlığını sürdürmesi için önemlidir. Bu durum, fiziksel ve zihinsel

sağlığı destekler ve kent bilincine sahip toplumların sürekliliğine katkı sağlamaktadır. SDKT uygulamaları, kentsel alanların daha sürdürülebilir ve dirençli hale getirilmesini sağlamaktadır. Ayrıca, toplumsal katılım ve bilinçlendirme çalışmalarıyla desteklendiğinde, SDKT uygulamaları kentlerde daha yaşanabilir bir çevrenin oluşturulmasına önemli katkılarda bulunabilir.

SDKT, planlama aşamasına dâhil edilmesi, arazi kullanım kararlarına kentsel altyapı ve ulaşım sistemine entegrasyonunun uygulanabilirliği, maliyet etkinliği ve elde edilen faydalar üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Sürdürülebilir su yönetimi stratejilerinin etkili bir şekilde uygulanması planlama sürecinde daha bütünlükcü bir yaklaşım benimsemeye olanak tanıyabilir.

SDKT uygulamaları, kısa, orta ve uzun vadede kent örneklerinde gözlemlendiği gibi olumlu sonuçlar doğurur. Bu olumlu sonuçların elde edilmesinde, sistem esnekliğinin önemli bir rolü vardır. SDKT sistemleri, bina düzeyinden bölge düzeyine kadar geniş bir ölçekte uygulanabilir ve farklı ölçeklerdeki kent ve bölge planlarıyla uyum içinde olabilir.

SDKT ilkelerinin kentsel planlama süreçlerine entegre edilmesi ve geliştirilmesi, kentlerin sürdürülebilirliği açısından büyük önem taşır. Ayrıca, iklim krizinin etkilerini en aza indirebilmek ve daha yaşanabilir kentler oluşturabilmek için SDKT yaklaşımından daha fazla yararlanılması ve farklı içerikteki kentsel ve bölgesel planlara entegrasyonunun sağlanması gerekmektedir.

SDKT, yaklaşımı sadece inşaat mühendisliği ile ilgili değildir, aynı zamanda mimarlık, kentsel tasarım planlama, ekoloji vb. gibi çeşitli disiplinleri de içermektedir. Bu çok disiplinli yaklaşım, müdahalelerin kalitesi için esastır.

İletişim sisteminin geliştirilmesi ve bölge sakinlerinin SDKT yaklaşımının önemini anlaması gerekmektedir. Yerel sakinler, yağmur suyu yönetimiyle bağlantılı sorunların ve merkezi olmayan çözümlerin avantajları konusunda bilgilendirilmelidir. Gelecekteki benzer projelerde, kentsel planlama süreçlerinde toplumun aktif katılımını sağlamak ve çeşitli paydaşları projeye dâhil etmek, suya duyarlı yaklaşımların daha etkili bir şekilde hayata geçirilmesine olanak tanıyabilir. Katılımcı bir planlama süreci, projelerin toplumun ihtiyaçlarına daha uygun ve sürdürülebilir bir şekilde tasarlanmasına katkı sağlayabilir.

5
SONUÇ

Tarihsel süreç boyunca suyun ekosistem ve insanlık için önemi tartışılmazdır. Su günlük aktivitelerimizi devam ettirmemizde olmazsa olmaz unsurlardan biridir. Suyun insanlar üzerinde fiziksel, psikolojik ve görsel etkilerinden dolayı kentsel mekânlarda yoğun şekilde kullanılmaktadır. Böylece su yapıları kentsel mekânlara estetik, serinleticilik, huzur, ses ve dinginlik gibi işlevler kazandırmaktadır. Bu bağlamda su sadece bir kaynak olarak değil kentin sürdürülebilirliğine ve yaşanabilirliğine katkı sağlayan bir öğedir. Ancak kentleşme hareketleri, artan nüfus baskısı, kentsel ısı adası, yeşil alan tahribatı, havza alanlarına yerleşme baskılarından dolayı dünyada iklim krizi ve kuraklık gibi tehlikeler ortaya çıkmıştır. Bu tehlikelerin etkilerini azaltmak için başta Avustralya, İngiltere ve ABD gibi ülkeler su yönetim planlarını ortaya koymuş ve böylece Suya Duyarlı Kentsel Tasarım kavramı ortaya çıkmıştır.

Suya duyarlı kent, geçirimsiz yüzeyleri en aza indirmeyi, suyu yerinde yeniden kullanmayı, kentsel ortamlardan alıcı ortamlara akan suyun kalitesini iyileştirmeyi ve doğal çevreye kirli su deşarjlarını en aza indirmeyi hedeflemektedir. Böylece peyzaj ve entegre su yoluyla kentsel alanlarda görsel, sosyal, kültürel ve ekolojik değerleri geliştirmek için çok amaçlı yeşil alanlar tasarlanmaktadır.

Suya Duyarlı Kentsel Tasarım ögelerinin kentle entegrasyonu su baskınlarına ve su kıtlığına karşı direnci nasıl sağlar?" ana araştırma sorusundan yola çıkılarak tez çalışmasında Suya Duyarlı Kentsel Tasarım yaklaşımı incelenmiştir. Suya Duyarlı Kentsel Tasarımın ortaya çıkışı, gelişimi hangi hedef ve ilkelerin kapsadığı, karşılaştığı zorluk ve sınırlara yer verilmiştir. Ayrıca bu yaklaşımda yağmur suyu yönetimi temel alınarak bileşenler sınırlandırılmıştır. Yağmur suyunun toplanması, arıtılması, filtrelenmesi ve taşınmasında Suya Duyarlı Kentsel Tasarımın hangi bileşeninin kentsel ortamlarda kullanılabileceğine ilişkin kılavuz oluşturulmuştur. Bu kılavuzda SDKT bileşenleri uygulamasından sonra kente katkısına yer verilmiştir. Ayrıca SDKT araçları uygulanırken bitkilerin alanın doğal bitki örtüsünden seçilmesi, alandaki toprak geçirimliliğinin ve derinliğinin tespit edilmesi gereklidir. Ayrıca yüzey akış miktarı ve drenaj alanı büyüklüğüne göre

SDKT aracının boyutunun belirlenmesi, alanda doğru konumlandırılması, gelen yağış miktarı, yıllık ortalama yağış miktarı ve süresinin araştırılması ve düzenli aralıklarla bakımının yapılması önemlidir.

SDKT ilkelerinin bir bölgedeki planlama sürecine tam anlamıyla entegre edilmesi ve uyum sağlaması için SDKT araçlarının ölçeklendirilmesi büyük önem taşımaktadır. Bu bağlamda, SDKT araçlarının ölçeklendirilmesi literatürde farklı yaklaşımlarla ele alınmıştır. Lewis ve diğerleri (2015) tarafından önerilen ölçek hiyerarşisi, Bölge/Kent, Havza/Kentsel Alan, Alan/Mahalle ve Ada/Parsel şeklinde ele alınmışken Sharma (2019) tarafından bina/sokak ve mahalle/kent/bölge olarak sınıflandırmıştır. SDKT ilkelerinin bir bölgedeki planlama sürecine tam anlamıyla entegre edilmesi ve uyum sağlanması için önerilen ölçek hiyerarşisi hedefe ulaşmada önemli bir rol oynadığından bu tez çalışmasında da araçlar ölçeklendirilmiştir.

SDKT araçları yerleşim alanları (konut alanları, ticari yapılar, kamu alanları ve üniversite kampüsleri) gibi kentsel alanlarda uygulanmaktadır. Bu alanlarda yağmur suyu hasadı yapılmakta ve yapı bazlı su talebinin azalmasında etkili olmaktadır. Yağmur bahçesi, yeşil çatı, yağmur hendeği, biyotop, geçirgen kaldırım, geçirimli yüzey gibi araçlar uygulanmaktadır. Ayrıca bu araçlar yeşil sokak kapsamından yola çıkılarak geçirimsiz yüzeyleri azaltmayı hedefleyerek sokak ölçeğinde yol+kaldırım bağlamında uygulamalar yapılmaktadır. Yollarda geçirimli malzeme, yağmur ağaç çukuru, yol kenarı refüjlerde yağmur bahçesi, yola paralel yağmur suyunu taşıyan kanallar ile bütünlük sağlamaktadır. Otopark kullanımlarında modüler kaldırım, yağmur hendeği ve biyolojik tutma alanları uygulanmaktadır. Meydan kullanımlarında ise yağış olmayan zamanlarda rekreaktif olarak kullanılan meydan işlevi, yağış zamanında ise su havuzu olarak çift işlevli kullanılmaktadır. Park kullanımlarında, biyolojik gölet, geçirimli yüzey yeşil çatı ve yağmur bahçesi uygulamaları görülmektedir. Kentte kullanılmayan atıl alanlar olarak altyapı arasındaki boşluk olarak örneğin kavşak noktalarında sızma hendekleri uygulanarak yağmur suyunun yer altına sızmasında etkili olabilmektedir.

Çalışmada, Suya Duyarlı Kentsel Tasarım uygulamasına geçilmeden önce uyulması gereken kriterler belirlenmiştir. Bu kriterler suya duyarlılık, estetik, aktörler, uygun tasarım, entegrasyon, ekonomik uyum ve disiplinlerarasılık olmak

üzere yedi kriterden oluşmakta olup bu kriterler, tasarımın başarılı bir şekilde uygulanabilmesi için temel referans noktalarını sağlamaktadır. Belirlenen kriterler bağlamında seçilen örnek uygulamalar değerlendirilmiştir. Havza/bölge bazlı entegre su yönetimini kapsayan Rotterdam Su Planı (Waterplan2), mahalle ve kent ölçeğinde İsveç Malmö bölgesindeki Ekostaden Augustenborg Mahallesi incelenmiştir. Qunli Yağmur Suyu Parkı mahalle parkı niteliğinde olduğundan ele alınmış ve bina bazlı olarak Prisma Nürnberg kompleks yapı değerlendirilmiştir. Türkiye'de kent ölçeğinde İzmir Sünger Kent projesi, mahalle/site yerleşimi olarak Düşler Vadisi Riva Projesi ve semt parkı olarak Ankara İsmet İnönü parkı seçilmiştir. Yedi kriter üzerinden yapılan değerlendirmede, Rotterdam Su Planı (Waterplan2) ve Ekostaden Augustenborg Mahallesi projelerinin tüm kriterleri kapsadığı anlaşılmıştır. Ancak Qunli Yağmur Suyu Parkı uygulamasında kullanılar için tasarım yapılmasına rağmen, topluluğun aktif olarak projede yer aldığına ilişkin bilgiye ulaşılamamıştır. Yağmur suyu iş birliği gibi kavramlar, henüz yönetim düzeyinde tam olarak benimsenmemiştir ve "insanlar ve toprak" arasındaki bağlantı, genellikle tasarımcının yorumu ve uzmanlığına bağlı olarak gelişmiştir. Su kalitesi verileri, yağmur suyu akışının miktarı ve su kirleticilerinin hacmi gibi konularda kapsamlı bir izleme programının olup olmadığı belirsizdir. Bu yüzden uygulama sonrası izleme eksikliği, güvenilir bir adaptif yönetim döngüsünü başlatma olasılığını engelleyebilir. Bu izleme boşluğu, projenin etkinliğini değerlendirmesini, gerekli düzeltmeleri yapmasını ve yağmur suyu sulak alan parkının uzun vadeli başarısını sağlamasını zorlaştırabilir. Nürnberg Prisma uygulamasında da aktörlerin katılıma ilişkin bilgiye ulaşılmamış daha çok yapının mimarı ve tasarımcısı üzerinden projenin oluştuğu tespit edilmiştir. Projeye ilişkin tasarım süreci ve izleme-değerlendirme bilgilerine ulaşılamamıştır.

Türkiye'de seçilen kent ölçeğinde İzmir Sünger Kent projesinde İzmir Büyükşehir Belediyesinin başlatmış olduğu bir proje olup kent genelinde suya duyarlı yaklaşımını hedeflemektedir. Ancak yapılan SDKT çözümleri daha çok noktasal olup kentsel planlamaya ilişkin bütüncül bir bakış açısı olmadığı anlaşılmıştır. Bu uygulamaların noktasal çözüm yerine birbirine entegre şekilde kentsel planlama süreçlerine dâhil edilerek yapılması halinde daha büyük etkili kazanımlar elde edilebilecektir.

İstanbul Düşler Vadisi Riva projesi henüz tamamlanmamış olup, yapılan incelemeler sonucunda planlama aşamasındaki eksikliklere dikkat çekmektedir. Yapıların birbirine çok yakın konumlanması, doğal alanlara zarar vermiş ve çevresel hassasiyet eksikliğini ortaya koymuştur. Yerleşim alanlarının kentle bağlantısı yeterince değerlendirilmemiş ve projenin katılım boyutu göz ardı edilmiştir. Projede katılım boyutu dâhil edilmeden yapım şirketinin projesi kapsamında ilerlemektedir.

Proje, suya duyarlı ve doğa odaklı çözümler sunmayı amaçlamaktadır. Ancak, bu yaklaşımın uygulanmasında planlama ve tasarım konularında daha fazla dikkat gerekmektedir. Su toplama kanalları gibi çözümler, sel ve taşkın riskini azaltabilir; ancak genel çevresel etkiyi azaltma konusundaki eksiklik göze çarpmaktadır. Dere yatağı ve dere kollarının varlığı, planlanan su toplama kanalları, biyolojik göletler ve hendekler gibi yapıların özenle oluşturulmasını gerektirmektedir. Yoğun yağış durumunda yerleşim alanının afet riski göz önüne alınmalıdır. Bu nedenle, projenin stratejilerinin eksiksiz bir şekilde uygulanması ve sürekli izlenmesi önem taşımaktadır. Su toplama kanallarının ve diğer su yapılarının tasarımı, afet risklerini en aza indirmek için büyük bir titizlikle ele alınmalıdır. Bu da projenin güvenli ve sürdürülebilir bir şekilde tamamlanması için temel bir gerekliliktir.

Projeye dair çeşitli yönler incelendiğinde, planlama sürecinde dikkat edilmesi gereken birçok noktanın bulunduğu anlaşılmaktadır. Benzer projelerin gelecekte daha dikkatli bir planlama sürecinden geçmesi ve çevresel etkilerin göz önünde bulundurulması, kentsel gelişimin sürdürülebilir ve çevre dostu bir şekilde gerçekleşmesini sağlayacaktır.

Ankara’da, Ahlatlıbel Atatürk Parkı Biyolojik Göleti, Uğur Mumcu Parkı'na, Yaşar Kemal Parkı’na, İlhan Cavcav Parkı'na, İsmet İnönü Parkı'na ve Zafer Park'a da biyolojik göletlerin inşa edildiği gözlemlenmiştir. Park içerisinde yapılan uygulamalar dikkate alınarak mahalle parkı olarak Çankaya ilçesi sınırlarında bulunan İsmet İnönü parkı seçilmiştir. Bu parkın yakın çevresinde bulunan diğer parklarla bağlantı kurarak ekolojik bir hat oluşturmaya çalışması, kentsel alanlarda doğal yaşamın korunması için önemli bir adımı temsil eder. İsmet İnönü Parkı, sadece yeşil bir alan olmanın ötesinde, kentsel planlama ve çevre sürdürülebilirliği alanında bir örnek teşkil eder. Şehir içinde doğanın korunması ve yeşil alanların önemi konusunda ilham verici bir rol üstlenmiştir.

Kentsel mekânda suya duyarlı tasarım araçlarının kullanımı, birçok noktasal çözüm için başarılı sonuçlar içermektedir. Ancak bu sürecin, kentsel su yönetimi ve kentsel planlama süreçlerine entegre bir şekilde yürütülmesi gerekmektedir. Belirlenen SDKT kriterleri baz alınarak literatürde incelenen birçok çalışmadan yola çıkarak bu sürecin kapsamlı ve tutarlı bir şekilde ilerleyebilmesi için SDKT uygulamalarında, Suya Duyarlı Kentsel Tasarım Rehberi veya modeli olacak şekilde bir yol haritasına ihtiyaç bulunmaktadır. Modelin uygulanması sırasında SDKT kriterlerine odaklanarak sürecin takip edilmesi önemlidir. Bu yol haritası, suya duyarlı kentsel tasarımın prensiplerini ve uygulama adımlarını içermelidir. SDKT uygulamalarında Suya Duyarlı Kentsel Tasarım Rehberi veya modeli oluşturmak, bu süreci takip etmek, kentsel mêkanın suya duyarlı ve sürdürülebilir bir şekilde yönetilmesi için kritik bir adımdır. SDKT modelinin ilk aşaması, sorunların tespiti ve stratejilerin belirlenmesi olmalıdır. Bu aşamada, uygulama yapılacak SDKT bileşenin mekânsal etki ölçeğini belirlemek ve proje katılımcılarını belirlemek önemlidir. Ayrıca, uygulama yapılacak alanın çeşitli disiplinlerin oluşturduğu bir ekip tarafından yapılan analizlerini içermelidir. Tasarım aşamasında, SDKT bileşenlerinin işlevlerinden yararlanılarak seçilmesi ve kirliliğin önüne geçmek için SDKT bakım planının oluşturulması gerekmektedir. Tasarım boyutundan sonra, bu uygulamanın kontrol edilmesi, bakım planı konusunda katılımcıları bilgilendirme, tasarımın kentsel mekândaki etkisi ve oluşturduğu bağlamın tartışılması gerekmektedir. Aşamalı olarak tasarlanacak SDKT modelinde, SDKT için belirlenen kriterler dikkate alınarak tüm adımlar bütüncül ve iç içe geçmiş bir şekilde ele alınmalıdır. Bu adımların takip edilmesi, sürdürülebilir su yönetimi stratejilerinin etkili bir şekilde uygulamasında etkili olacaktır. Aynı zamanda, planlama sürecinde bütünlükçü bir yaklaşım benimsemeye olanak tanıyarak çevresel, toplumsal ve ekonomik açıdan dengeli bir kentsel tasarımı teşvik etmeyi hedeflemektedir. SDKT uygulamaları, kentlerde toplumsal yaşam kalitesini artırarak yaşanabilirliği ve toplumsal dayanışmayı güçlendirir. Bu uygulamalar, sağlıklı bir çevrede yaşamak amacıyla insanların ve diğer canlıların refahını ön planda tutar. Sağlıklı bir çevre, erişilebilir, doğal ve kültürel ortamların varlığını sürdürerek insanların fiziksel ve zihinsel sağlığını destekler. Ayrıca, kent bilincine sahip toplumların sürekliliğine de katkı sağlar. Bu bağlamda, SDKT uygulamaları kentlerin sürdürülebilirliğini artırır ve toplumun genel refahını yükseltir.

Suya duyarlılık, kentsel planlama bağlamında temel bir kavram olmalı ve planlama süreçlerinde öncelikli bir rol oynamalıdır. Kentsel planlamada su altyapısı, su kaynaklarına duyarlı bir şekilde yönetilmelidir. SDKT başarısı için uygulamaların hazırlanmasında halk, yerel yönetimler, yatırımcılar, merkezi kurumlar, STK gibi paydaşların katılımını içeren bir süreç tasarlanmalıdır. Topluluğu karar alma sürecine dâhil etmek, farkındalık yaratmak ve kamusal destek sağlamak, yağmur suyu yönetimi önlemlerinin uzun vadeli etkinliğine katkıda bulunur. SDKT araçları farklı hava olaylarına ve gelecekteki demografik ve ekonomik uyum sağlamak için esnek olmalıdır. Aynı zamanda, mevcut kentsel altyapı ile de uyumlu olmalıdır. SDKT çok disiplinli bir yaklaşımdır. Bu çalışmada Suya Duyarlı Kentsel Tasarım, planlama, tasarım ve katılım yönlerine vurgu yapmaktadır. Ancak, bu yaklaşımın diğer potansiyel yönleri, özellikle teknolojik ve ekonomik boyutlar, belirli mühendislik bilgisini gerektirdiğinden bu nitelikler tezin dışında bırakılmıştır.

Ülkemizde havza alanlarının yerleşime açılması ve su kaynaklarının sanayi atıkları tarafından kirletilmesinden dolayı su kaynakları giderek azalmaktadır. İklim değişikliğinin de yarattığı olumsuz etkilerin de artmasıyla beraber, su sorunu Türkiye için önemli bir riski teşkil etmektedir. Yeşil alanların giderek yerini betona bıraktığı ülkemiz kentlerinde yerel yönetimlerin, bakanlıkların yağmur suyu yönetim planlarının ekolojik ve sürdürülebilir yönetim ilkelerini uygulamaya geçirilmesi bu bağlamdaki uygulamaları ve su yönetim planlarını artırması gereklidir. Su yönetim planlarının kent planlama kararları ile beraber ele alınması gerekmektedir. Bu doğrultuda iklime duyarlı yeşil altyapı sistemlerini içerecek uygulamaların kentsel tasarım süreçlerine entegre edilebilmesi gerekli ve önemlidir.

Ülkemizin genelinde su ile ilişkili tüm mevzuatın gözden geçirilerek, suya duyarlı ve iklim değişikliğine dirençli kentlerin oluşturulması doğrultusunda merkezi yönetimlerce bir çalışma başlatılmalıdır. Bu amaçla, il ve ilçeler için Suya Duyarlı Kentsel Tasarım Rehberi oluşturulmalı ve zorunlu hale getirilmelidir. Suya Duyarlı Kentsel Tasarım Rehberi'nin zorunlu hale getirildiği yerleşimlerde, mevcut planların bu bağlamda güncellenmesi gerekmektedir. Yenilenen planlar, su yönetimi, iklim değişikliği ve sürdürülebilirlik ilkelerini içermeli ve bu yönde revize edilmelidir. Ayrıca, mevcut yerleşim alanlarında yağmur suyu yönetimi uygulamalarının hayata geçirilebilmesi için pilot yerleşimlerin belirlenmesi

önemlidir. Bu pilot yerleşimlerde yapılan uygulamaların başarısı, diğer yerleşimler için örnek teşkil edebilir. Bu nedenle, yerel yönetimlere bu tür uygulamaları hayata geçirmeleri için teşvikler sağlanmalıdır. Bu adımlar, suya duyarlı ve iklim değişikliğine dirençli kentlerin oluşturulmasında önemli bir ilerleme kaydedilmesine katkı sağlayacaktır.

Sonuç olarak suya duyarlı planlama ve tasarım yaklaşımları benimsendiğinde gelecekte oluşabilecek su krizi ve kuraklık risklerini en aza indirgemiş ve suya duyarlı kentler yaratılmış olacaktır. Bu bağlamda, SDKT uygulamaları kentlerin sürdürülebilirliğini artırır ve toplumun genel refahını yükseltir. Suyun kentsel planlama ve tasarımda merkezi bir faktör olarak ele alınması, suya dayalı çözümlerin benimsenmesini teşvik eder ve su kriziyle mücadelede SDKT'nin rolünü vurgulayarak, gelecekteki kentsel tasarım ve planlama stratejilerine katkı sağlayarak çalışmanın amacına da cevap oluşturmaktadır. Dolayısıyla, yağmur sularının kaybedilmesi ya da yararlanılmaması yerine yüzeysel akışa geçmesiyle yer altı suları beslenmiş olacak ve böylece sel ve taşkınlar da önlenmiş olacaktır. Yağmur suyu yönetimi, kentlerde su talebinin karşılanmasında etkili olacaktır. Ayrıca, nehirler, dereler gibi su ögelerinin ve yakın çevrelerinin kentlere kazandırılmasıyla rekreasyon alanları oluşturulabilir. Bu alanlar, kentlerde mikro klima dengesinin korunmasına katkı sağlarken aynı zamanda yeşil alan ve kentsel kimlik oluşturacak alanlar kazanılmış olacaktır. Bu uygulamalar, yaşam alanlarımızdaki su-bellek bağının yeniden kazanılmasına da katkı sağlayacaktır.

KAYNAKÇA

Acciona. (n.d.). Climate change Retrieved from https://www.acciona.com/climate-change/

AECOM, (2013). Water Sensitive Urban Design in the UK – Ideas for built environment practitioners. London: CIRIA.

Akay, Ö. (2022). *Yeşil Altyapı Sistemleri Ve Unsurlarının Peyzaj Tasarım Ölçeğinde İrdelenmesi: Düşler Vadisi Riva Projesi (İstanbul) Örneği.* (Yüksek Lisans Tezi). Artvin Çoruh Üniversitesi. Lisanüstü Eğitim Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı, Artvin.

Allan, J.A. (2003). Integrated Water Resources Management is More a Political Than a Technical Challenge. Water Resources Perspectives: Evaluation, Management and Policy, 50, 9-23.

Andoh, R. Y., & Iwugo, K. O. (2002). Sustainable Urban Drainage Systems: a UK Perspective. In Global Solutions for Urban Drainage pp. 1-16.

Arslantaş, F., Sanalan, K. C., Çil, A. Der (2020). Şehirlerde Yeşil Altyapı ve Doğa Tabanlı Çözümler İyi Uygulama Örnekleri.

Austrade. (2016). China's Sponge City Program Making China's cities watertight presents opportunities for Australian water technologies. AWIC 2016.

Benedict, M. and Mc Mahon, E.T. (2006). Green Infrastructure: Linking Landscapes and Communities. ISBN 1-59726-027-4 ed. Island Press. Washington, DC, USA.

Binet, H. (2015). Diana, Princess of Wales Memorial Fountain by Gustafson Porter [Fotoğraf]. Metalocus. Erişim: 24 Mart 2024, https://www.metalocus.es/en/news/diana-princess-wales-memorial fountain-gustafson-porter.

BM UNCCD (1997). Birleşmiş Milletler Çölleşme ile Mücadele Sözleşmesi, Paris

BM (UNFCCC) (2011). Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi.

Bockemühl, Weller und Partner/Atelier Dreiseitl. (1992). Nikolaus Cusanus House, Stuttgart, Almanya.

Boer, Florian (2010). Watersquares. The Elegant Way of Buffering Rainwater in Cities. In: TOPOS, issue 70, 42-47.

Brooks, R. 2013. "Qunli Stormwater Wetland Park Stores Rainwater while Protecting the Environment from Urban Development." (accessed on 15 Jan 2017). http://inhabitat.com/ qunli-stormwater-wetland-park-stores-rainwater-while-protecting-the-environment-from-urban development

Brown, R., Rogers, B., ve Werbeloff, L. (2016). Moving toward Water Sensitive Cities: A Guidance Manual For Strategists And Policy Makers. Victoria: Cooperative Research Centre for Water Sensitive Cities.

Budak, L. (2023). *İklim Değişikliğine Dirençli Kentlerin Tasarımında Stratejik Bir Kentsel Su Yönetimi Yaklaşımı: Edremit/Zeytinli Mahallesi Suya Duyarlı*

Kentsel Tasarım Rehberi. (Yüksek Lisans Tezi). Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.

Cook, S., van Roon, M., Ehrenfried, L., LaGro Jr, J., & Yu, Q. (2019). WSUD "Best in Class" Case Studies From Australia, New Zealand, United States, Europe, and Asia. In A. Sharma, T. Gardner, & D. Begbie, Approaches to Water Sensitive Urban Design (pp. 561-583). Elsevie.

Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı. (2018).Yağmur Bahçesi Hazırlama Kılavuzu, Ankara.

Davis, A.P., ve diğ. (2009). Bioretention technology: overview of current practice and future needs. J. Environ. Eng. Cilt 135, Sayı 3, Sf. 109–117

Demir, D. (2012) *Konvansiyonel Yağmursuyu Yönetim Sistemleri ile Sürdürülebilir Yağmursuyu Sistemlerinin Karşılaştırılması.* (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

De Urbanisten, Witteveen+Bos Belgium, Common Ground. (2019). Waterplan Antwerpen. https://www.urbanisten.nl/work/waterplan/. (Erişim tarihi 14.02.2024).

Dolman, N. (2019). Water Sensitive Urban Design. Planning and Design of Urban Space. https://doi.org/10.13140/RG.2.2.15172.45443/1

Diop, S., M'mayi, P., Lisbjerg, D., Johnstone, R., United Nations Environment Programme., & GRID--Arendal. (2002). Vital water graphics: An overview of The State Of The World's Fresh And Marine Waters. Nairobi, Kenya: United Nations Environment Programme.

Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council. (2000). Water Framework Directive. Official Journal L 327.

Devlet Su İşleri (2022). DSİ 2022 Yılı Faaliyet Raporu

DSİ (2023). DSİ 2022 Yılı Faaliyet Raporu. TC Tarım ve Orman Bakanlığı Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü. 2023, Ankara. https://cdniys.tarimorman.gov.tr/api/File/GetFile/425/Sayfa/759/1107/DosyaGaleri/dsi2022faaliyetraporu.pdf (Erişim tarihi: 24.01.2024)

Dünya Ekonomik Forumu (2015). https://www.weforum.org/agenda/2015/07/how-to-improve-flood-resilience

Eisenberg, B. & Lindow, K.C. & Smith, D.R. (2015). Permeable Pavements. Virginia, ABD: American Society of Civil Engineers.

Ercoşkun Yalçıner, Ö. (2016). *Geleneksel Türk Kentinden Sürdürülebilirlik Çıkarımları*. İdealkent Dergisi, 7(19), 522-549.

Erdoğdu, E. (2014). *Düşey Yeşil Sistemlerin Enerji Etkinliklerinin Değerlendirilmesi,* (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

European Commission .(2007). Water Scarcity and Droughts Expert, Drought Management Plan Report, Including Agricultural, Drought Indicators and Climate Change Aspects, November.

European Communities, (2007), Drought Management Plan Report, Including Agricultural, Drought Indicators and Climate Change Aspects.

EPA (2012). Green Infrastructure, http://www.epa.gov/green-infrastructure (Erişim tarihi: 20.01.2024)

EPA, Climate Change Adaptation Resource Center, Retrieved from https://www.epa.gov/arc-x/strategies-climate-change-adaptation

Fletcher, D.T, Shuster, W., Hunt, W.F., Ashley, R., Butler, D., Arthur, S., Trowsdale, S., Barraud, S. Semadeni-Davies, A., Bertrand-Krajewski, J., Mikkelsen, P.F., Rivard, G. Uhl, M., Dagenais, D., Viklander, M. (2015). SUDS, LID, BMPs, WSUD and more – The evolution and application of terminology surrounding urban drainage. Urban Water Journal, Vol. 12, No. 7, 525–542.

Fraga, J. P. R. & Okumura, C. K. & Guimarães, L. F. & Arruda, R. N. & Becker, B. R. & Oliveira, A. K. B. & Verol, A. P. & Miguez, M. G. (2022). Cost-benefit analysis of sustainable drainage systems considering ecosystems services benefits: Case study of canal do mangue watershed in Rio de Janeiro city, Brazil. Clean Technologies and Environmental Policy, 24, 695-712.

Food and Agriculture Organisation (FAO) (2012). Aquastat.

Fraga, J. P. R. & Okumura, C. K. & Guimarães, L. F. & Arruda, R. N. & Becker, B. R. & Oliveira, A. K. B. & Verol, A. P. & Miguez, M. G. (2022). Cost-benefit analysis of sustainable drainage systems considering ecosystems services benefits: Case study of canal do mangue watershed in Rio de Janeiro city, Brazil. Clean Technologies and Environmental Policy, 24, 695-712.

Fryd, O., Backhaus, A., Birch, H., Fratini, C., Ingvertsen, S., Jeppesen, J., Jensen, M. (2013). Water Sensitive Urban Design retrofits in Copenhagen - 40% to the sewer, 60% to the city. Water Science & Technology, 1945- 1952.

Fumero, A. (2020). Water Sensitive Urban Design (WSUD) as a climate adaptation strategy (Master's of Science Thesis). Politecnico di Torino, Italy.

Gezer, H. (2013). Geleneksel Safranbolu evlerinin sürdürülebilirlik açısından değerlendirilmesi. İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 12(23), 13-31.

Grant, G. (2016). The Water Sensitive City. Pondicherry, India: John Wiley & Sons, Ltd.

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

Gülgün, B., Yazıcı, B. (2016). Yeşil Altyapı Sistemlerinde Mevcut Uygulamalar. Ziraat Mühendisliği Dergisi, Sayı 363: 31-37.

Hoban, A. (2019). Water Sensitive Urban Design Approaches and Their Description. İçinde A.K. Sharma, T. Gardner, D. Begbie (Editör), Approaches to Water Sensitive Urban Design, 25–47. Amsterdam, Hollanda: Elsevier.

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.

IPCC. (2021). Altıncı Değerlendirme Raporu (AR6). https://www.ipcc.ch/assessment-report/ar6/ (Erişim Tarihi: 17 Aralık 2023)

Jacobs, John (n.d.) (2010). Waterplan 2 Rotterdam. Presentation. Available: http://www.switchurbanwater.eu/outputs/pdfs/GEN_PRS_Rotterdam_Water_Plan.pdf, accessed: July 28.

Johnstone, P., Adamowicz, R., Haan, F. J., Ferguson, B., ve Wong, T. (2012). *Liveability and the Water Sensitive City.* Victoria: CRC for Water Sensitive Cities.

Lofrano, G., & Brown, J. (2010). Wastewater management through the ages: A history of mankind. Science of The Total Environment, 408(22), 5254-5264.

López de Lucio, R., Ciudad (1993). Urbanismo a f inales del siglo XX. Valencia: Universitat de Valencia, Servicio de Publicaciones.

Karakadılar, A. C. (2022). Nature-Based Design for Water-Sensitive Cities: A Street-Scale Computational Approach. Middle East Technical University, Graduate School of Natural and Applied Sciences.

Kaplan, H. (2020). *Suya Duyarlı Kent Uygulamaları: İstanbul Ataköy Atıksu Toplama Havzası.* (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Kapluhan, E. (2013). Türkiye'de Kuraklık ve Kuraklığın Tarıma Etkisi. Marmara Coğrafya Dergisi, 27, 487-510. ISSN: 1303-2429. İstanbul.

Keeley, M., Koburger, A., Dolowitz, D. P., Medearis, D., Nickel, D., & Shuster, W. (2013). Perspectives on the use of green infrastructure for stormwater management in Cleveland and Milwaukee. Environmental management, 51(6), 1093-1108.

Kemaneci, S. (2022). *Water Sensıtıve Urban Desıgn: A Case Study Of Bahçelievler Neıghborhood In Balıkesir.* (Master's of Science Thesis). Istanbul Technical University. Istanbul.

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

Kuller, M., Bach, P. M., Ramirez-Lovering, D., & Deletic, A. (2017). Framing water sensitive urban design as part of the urban form: A critical review of tools for best planning practice. Environmental Modelling & Software, 96, 265–282. https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2017.07.003

Kurban, D. (2023).*"İklim Değişikliği Karşısında Kentlerin Eylem Planları: AB ve Türkiye Kentleri"* Trakya Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Edirne.

Kurnaz L., (2019). Son Buzul Erimeden İklim Değişikliği Hakkında Her Şey", İstanbul, Doğan Kitap Yayınevi.

Kürkçüoğlu E. İ. (2009). "*Kentsel Açık Mekanlarda Yapay Su Elemanı Tasarım İlkelerinin Mekansal Algı ve Çevre Psikolojisi Bağlamında İrdelenmesi: Üsküdar Belediye Meydanı Örneği"*. (Yüksek Lisans Tezi). Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Lewis, M., James, J., Shaver, E., Blackbourn, S., Leahy, A., Seyb, R., Simcock, R., Wihongi, P., Sides, E., & Coste, C. (2015). Water Sensitive Design for Stormwater (Issue March). Auckland Council. http://content.aucklanddesignmanual.co.nz/project-type/

Liu, H., Jia, Y., & Niu, C. (2017). "Sponge city" concept helps solve China's urban water problems. Environmental Earth Sciences, 76(14), 473.

Loper, S. A. & Anderson, C. J. (2019). Rainwater Harvesting State Regulations and Technical Resources (Rapor No: PNNL-24347 Rev.1). United States of America: Pacific Northwest National Laboratory (PNNL).

Lu, P., & Stead, D. (2013). Understanding the notion of resilience in spatial planning: A case study of Rotterdam, The Netherlands.

Liu, W. & Feng, Q. & Chen, W. & Wei, W. & Deo, R. C. (2019). The influence of structural factors on stormwater runoff retention of extensive green roofs: New evidence from scale-based models and real experiments. Journal of Hydrology, 569, 230-238.

Makarigakis, A.K.; Jimenez-Cisneros, B.E. UNESCO's Contribution to Face Global Water Challenges. Water 2019, 11, 388. https://doi.org/10.3390/w11020388

Malin Falkenmark, J. L. (1989). Makro Olcekli Su Kıtlığı Mikro Olcekli Yaklaşımlar Gerektirir. Yarı-Kurak Bir Gelişimdeki Kırılganlığın Yonleri. Doğal Kaynaklar Forumu, 258-267.

Mazzotta, M.J., Besedin, E., Speers, A.E. (2014). A Meta-Analysis of Hedonic Studies to Assess the Property Value Effects of Low Impact Development. Resources 3, 31-61.

Månsson, M., & Persson, B. (2021). Augustenborg's stormwater system. In M. Beckmann (Ed.), The Eco-city Augustenborg: Experiences and Lessons Learned (pp. 178-185). Malmö: Arkus Publications.

MGM (2023). 2023 Yılı Yağış Değerlendirmesi. TC Tarım ve Orman Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü. Ocak 2023. https://mgm.gov.tr/FILES/arastirma/yagisdegerlendirme/2022yagisdegerlendirmesi.pdf (Erişim tarihi: 24.01.2024)

MGM (2023). 2023 Yılı Kuraklık Değerlendirmesi. TC Tarım ve Orman Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü. Ocak 2023. https://mgm.gov.tr/veridegerlendirme/kuraklik-analizi.aspx?d=yillik#sfB (Erişim tarihi: 24.01.2024)

Ministry of the Environment and Climate Change (2017). LID Stormwater Management Guidance Manual – Draft - Version 1.0

Muluk, Ç. B., Kurt, B., Turak, A., Türker, A., Çalışkan M.A., Balkız, Ö., Gümrükçü. S., Sarıgül, G., Zeydanlı, U. (2013). Türkiye'de Suyun Durumu ve Su Yönetiminde Yeni Yaklaşımlar: Çevresel Perspektif. İş Dünyası ve Sürdürülebilir Kalkınma Derneği- Doğa Koruma Merkezi.

Municipality of Rotterdam et al. (2007a). Waterplan 2 Rotterdam. Working on Water for an Attractive City (English summary). Rotterdam. Available: http://www.waterplan.rotterdam.nl/Rotterdam/Openbaar/Overig/Waterplan/PDF/Algemeen/WPsamenvattingENGA5.pdf, accessed: April 28, 2

Mouritz, MJ (1992). Sürdürülebilir Kentsel Su Sistemleri: Politika ve Profesyonel Uygulama. Perth, Avustralya: Murdoch Üniversitesi.

NASA. (2016). Global Climate Change, Vital Signs of the Planet, 10 Interesting Things About Air. Retrieved from https://climate.nasa.gov/news/2491/10-interesting-things-about-air/ Erişim Tarihi: 25 Aralık 2023).

NASA. (2023). Global Climate Change, Vital Signs of the Planet, Understanding Our Planet to Benefit Humankind. (https://climate.nasa.gov/)Erişim Tarihi: 25 Aralık 2023).

Nassauer, J. I. 2013. "Landscape as Method and Medium for the Ecological Design of Cities." In Resilience in Ecology and Urban Design: Linking Theory and Practice for Sustainable Cities, edited by S. T. A. Pickett, M. L. Cadenasso, and B. McGrath, 79–98. Dordrecht: Springer Netherlands.

Nijhuis, S., Jauslin, D. and Vries, C. (2012). Flowscapes, İnfrastructure as landscape, Landscape as infrastructure, Graduatin lab. Landscape architecture, Delf University of Thecnology Faculty of Architecture, Department of Urbanism, and Semester guide MSC 3&4

Nguyen, T.T., Ngo H.H., Guo, W., Wang, X.C., Ren, N., Li, G., Ding, J. and Liang H. (2019). Implementation of a spesific urban water management-sponge city. Science of the Total Environment, 652, 147-162

Nordlöf, B. (2016). "1D/2D modeling of the open stormwater system of Augustenborg using Mıke Flood" (Master's thesis). Lund University. Sweden.

OSB Orman ve Su İşleri Bakanlığı. (2014). Su Kaynaklarını Modelleme Konusunda Strateji ve Yol Haritası, Ankara. (https://www.tarimorman.gov.tr/SYGM/Belgeler/Modelleme%20Hakk%C4%B1nda%20Strateji%20ve%20 Yol%20Haritas%C4%B1.pdf Erişim Tarihi: 05.10.2023).

Özdemir, A. (2009). Peyzaj Tasarımında Yağmur Suyu Denetimi. Peyzaj Mimarlığı Dergisi, 2009(1), 77-89.

Özonat, Ç. (2017). *Arazi Kullanım Değişikliklerinin İçme Suyu Havzaları Üzerindeki Etkilerinin Değerlendirilmesi: Elmalı Baraj Gölü Havzası Örneği.* T. C. Orman Ve Su İşleri Bakanlığı. (Uzmanlık Tezi). Ankara

Palazzo, E. (2018). From water sensitive to floodable: defining adaptive urban design for water resilient cities. Journal of Urban Design, ISSN: 1357-4809 (Print), 1469-9664 (Online). DOI: 10.1080/13574809.2018.1511972.

Palermo, S. A. & Turco, M. (2020). Green Wall systems: Where do we stand. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 410, 012013.

Peng, Y., & Reilly, K. (2021). Using Nature to Reshape Cities and Live with Water: An Overview of the Chinese Sponge City Programme and Its Implementation in Wuhan. Retrieved December 15, 2021, from Grow Green: https://growgreenproject.eu/wp-content/uploads/2021/01/SpongeCity-Programme-in-Wuhan-China.pdf

Radcliffe, J. C. (2019). History of water sensitive urban design/low impact development adoption in Australia and internationally. In Approaches to Water Sensitive Urban Design (pp. 1-24): Elsevier.

Rodríguez M.I., Cuevas M.M., Martínez G. and Moreno B., (2014). Planning Criteria for Water Sensitive Urban Design. WIT Transactions on Ecology and the Environment, 191, pp. 1579-1591.

Rolfsdotter C., Jansson Damanco Community (2010). Ekostaden Augustenborg - on the way towards a sustainable neighbourhood

Rouse, D. C., & Bunster-Ossa, I. F. (2013). Green infrastructure: a landscape approach. American Planning Association Planning Advisory Service Report Number 571.

Saaty, T. L., & Vargas, L. G. (2001). Models, Methods, Concepts & Applications Analytic Hierarchy Process. Springer.v.

Sachs, J., Kroll, C., Lafortune, G., Fuller, G., & Woelm, F. (2021). Sustainable Development Report 2021. Cambridge: Cambridge University Press. doi:10.1017/9781009106559

Sarıcan, Y. (2015). Avrupa Birliği Ve Türkiye'de Kuraklık Yönetimi Uygulamalarının Değerlendirilmesi, Orman ve Su İşleri Uzmanlık Tezi, Ankara

Satılmış, H, (2019), *Kentsel Yerleşmelerde Yer Alan Su Yapılarının Kentsel Tasarım Elemanı Olarak İrdelenmesi.* (Yüksek Lisans Tezi). Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Sadeghınazhad, S. (2019). *Low impact development (LID) practices in flood control of urban areas using SWMM.* (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü

Salioğlu, B., Yüce, E. Ş., Ibello, V., & Yücel, M. (2021). İklim Değişikliği, Ekosistem Servisleri ve Bölgesel Yönetim Stratejileri. B. Salioğlu, & B. Öztürk içinde, İklim Değişikliği ve Türkiye Denizleri Üzerine Etkileri (s. 1- 24). İstanbul: Türk Deniz Araştırmaları Vakfı (TÜDAV) Yayın No:60.

Saunders, W. S. 2013. Designed Ecologies the Landscape Architecture of Kongjian Yu. Basel: De Gruyter.

Semiz, Y. (Yönetmen). (15 Kasım 2019). Asfaltın Altında Dereler Var Belgesel Galası. Luwi Film, Ankara İMO.

Sharma, A., Rashetnia, S., Gardner, T. & Begbie, D. (2019). WSUD Design Guidelines and Data Needs. In A. K. Sharma, T. Gardner & D. Begbie (Eds.), Approaches to water sensitive urban design: Potential, design, ecological health, urban greening, economics, policies, and community perceptions (pp. 75-86). Elsevier Inc. https://doi.org/10.1016/B978-0 12-812843-5.00004-6

Shiklomanov, I. A. ve Rodda, C. J. (2003).World Water Resources at the Beginning of the Twenty First Century.Cambridge University Press

Sagrelius, P. Ö. & Blecken, G. & Hedström, A. & Ashley, R. & Viklander, M. (2022). Environmental impacts of stormwater bioretention systems with various design and construction components. Journal of Cleaner Production, 132091.

Şahin, N. İ & Manioğlu, G. (2019). Water conservation through rainwater harvesting using different building forms in different climatic regions. 44, 367-377.

Sözer, T. (2022). *Water Sensıtıve Urban Desıgn: A Transformatıve Approach As Part Of The Urban Form.* (Master's of Science Thesis). Middle East Technical University. Ankara.

Stormwater Committee. (1999). Urban Stormwater: Best Practice Environmental Management Guidelines. Victoria, Australia: CSIRO.

SusDrain. (t.y.). (2023). Using SuDS. SusDrain. https://www.susdrain.org/delivering-suds/index.html (Erişim: 24 Aralık 2023)

SYGM (2021). Dönüşüm Çağında Su Gündemi. TC Tarım ve Orman Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü. Aralık 2021.donusum_cag_tas_web_080222.pdf (Erişim tarihi: 24.01.2024)

Tamer, N.G., (2016). Bugünden Yarına Kent ve Su Planlaması , Kent ve Kentliler 21.Yüzyıl için Planlama Seminerleri, A.Ü. Siyasal Bilgiler Fakültesi

SYGM (2021)Ekosistem Esaslı Su Kalitesi Yönetimi. TC Tarım ve Orman Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü. https://www.tarimorman.gov.tr/SYGM/Belgeler/Ekosistem%20Esasları%C4%B1%20Su%20Kalitesi .pdf (Erişim: 12 Aralık 2023).

Taşkın, H. F. (2022). "*Su Korunumu Açısından Yerleşme Tasarımında Yüzeysel Akış Miktarının Değerlendirilmesi".* (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Tarım ve Orman Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü (2023). İklim Değişikliğine Uyum Ve Tedbirler Alt Çalışma Grubu 2021 yılı Raporu.

Team Sponge (2019) 'The Sponge Handbook: Chennai - Using the Landscape Approach to transform the South Buckingham Canal Area.' Cities Fit for Climate Change (CFCC) of GIZ.

Timür, Z., Alp, Ş. (2021). Peyzaj Mimarlığı Açısından Tarihi Minua (Şamram) Sulama Kanalının Tahribat Nedenleri ve Çözüm Önerileri. Peyzaj Araştırmaları ve Uygulamaları Dergisi, 3(1), 39-47.

Transportation and Utilities Department Watershed Management Division. (2020). Stormwater Post Construction Best Management Practices Guidance Manual. Lincoln, Nebraska, ABD: Transportation and Utilities Department, Watershed Management Division.

Tuncay Eşbah, H. (2021a). Suya Duyarlı Şehirler. Türkiye Su Enstitüsü. https://drive.google.com/file/d/1kddmp0iLt9FAribcAXWr1EGnpyffA4wI/view (ISBN: 978-605-7599-59-9), İstanbul.

Tuncay Eşbah, H., (2022). Sünger Şehirler, Çevre, İklim ve Sürdürülebilirlik, 23(2) 99– 108.

TU Delft (2018). ErQi Sponge City Final Report. Multidisciplinary Project. TU Delft with the collaboration of Arcadis. November.

TÜİK. (2022). Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi Sonuçları, 2022. Türkiye İstatistik Kurumu. https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=49685 (Erişim Tarihi 20.01.2024).

Türkeş, M. (2008). İklim Değişikliği ve Çevre, 1, s. 26-37

Türkeş, M. (2012). Türkiye'de Gözlenen Ve Öngörülen İklim Değişikliği, Kuraklık ve Çölleşme. Ankara Üniversitesi Çevrebilimleri Dergisi, 4(2), 1-32. https://doi.org/10.1501/Csaum_0000000063

TOBB. (2019). Ekosistem Esaslı Yönetimi. Türkiye Cumhuriyeti Tarım ve Orman Bakanlığı, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü https://www.tarimorman.gov.tr/SYGM/Belgeler/Ekosistem%20Esasl%C4%B1%20Su%20Kalitesi.pdf (Erişim Tarihi 20.02.2024).

UNEP. (2022). A Scientific Assessment of the Third Pole Environment. https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/39757/ASATPE.pdf (Erişim Tarihi: 07.02.2023).

United Nations Environment Programme. (UNDESA) United Nations Department of Economic and Social Affairs, Population Division. (2019). World Population Prospects, Volume I: Comprehensive Tables (ST/ESA/ SER.A/426).

United Nations Climate Change (UNFCCC). (2011). Framework Convention on Climate Change https://unfccc.int/resource/docs/2011/cop17/eng/inf01.pdf (Erişim tarihi 10.01.2024).

UNU-INWEH (United Nations University Institute for Water, Environment and Health). (2017). Climate Change Impacts on Health in the Arab Region: A Case Study on Neglected Tropical Diseases. Regional Initiative for the Assessment of Climate Change Impacts on Water Resources and SocioEconomic Vulnerability in the Arab Region (RICCAR) Technical Report, Beirut, E/ESCWA/SDPD/2017/RICCAR/TechnicalReport.1.digitallibrary.un.org/record/1324395.

Ünal, U. & Akyüz, D. E. (2017). Sürdürülebilirlik Açısından Yağmur Hendekleri. Akademia Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi, 2(3), 71-82.

Yılmaz, M ve Ercoşkun,Ö. Y. (2020). Ankara'da Ulaşım Sistemlerinin Altında Kalan Dereler: Bentderesi Örneği, IBAD Sosyal Bilimler Dergisi, (7), S: 1-18

World Heritage Convention (WHC). (1988). Hierapolis-Pamukkale (Turkey) https://whc.unesco.org/en/documents/110214

Whelans ve Maunsell, H. (1994). Suya Duyarlı Kentsel (Konut) Tasarımı için Planlama ve Yönetim Kılavuzları, Batı Avustralya Planlama ve Kentsel Gelişim Dairesi için Hazırlanan Rapor. ISBN 0 64615 468 0.

WMO (2020). World Meteorological Organization, State of the Global Climate, WMO Report 1264, Switzerland.

WMO, (2021a). World Meteorological Organization, https://public.wmo.int/en/our-mandate/what-we-do/ application-services/hydrosos

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

Wootton-Beard, P. C., Xing, Y., Prabhakaran, D., Thirumalai, R., Robson, P., Bosch, M., ... & Donnison, I. (2016). Improving the impact of plant science on urban planning and design. Buildings, 6(4), 48

Wong, T. H., ve Brown, R. R. (2009). The water sensitive city: principles for practice. Water Science & Technology—WST, s. 673-682.

Wong, T., Allen, R., Brown, R., Deletić, A., Gangadharan, L., Gernjak, W., . . . Walsh, C. (2013). *Blueprint2013 - Stormwater Management in a Water Sensitive City.* Melbourne: CRC for Water Sensitive Cities.

WWAP (World Water Assesment Programme). (2012). The United Nations World Water Development Report 4: Managing Water under Uncertainty and Risk, Paris, UNESCO.

Xing, M., Han, Y., Jiang, M., & Li, H. (2016). The Review of Sponge City. In 2016 5th International Conference on Sustainable Energy and Environment Engineering (ICSEEE 2016). Atlantis Press.

Yu, K., (2012), Designed Ecologies. The Landscape Architecture of Kongjian Yu. William S. Saunders.

Yu, K. (2012). "Ecological Infrastructure Leads the Way: The Negative Approach and Landscape Urbanism for Smart Preservation and Smart Growth." In Applied Urban Ecology: A Global Framework, edited by M. Richter and U. Weiland, 152–169. West Sussex: John Wiley & Sons

Yu, K., and M. Padua. (2006). "The Art of Survival." In Mulgrave, edited by K. Yu and M. Padua. VIC: Image Publishing Group

İnternet Kaynakları

URL 1: Home – Climate Change: Vital Signs of the Planet (nasa.gov) Erişim Tarihi 10.01.2024

URL-2: https://www.birgun.net/haber/bozkurt-ta-sel-felaketi-ilcede-kaos-hakim-kayip-sayisi-hala-netlesmedi-355064

URL-3: https://bianet.org/haber/gire-filla-kazi-alani-neden-alelacele-kapatildi-290298 Erişim Tarihi 10.01.2024

URL-4 https://whc.unesco.org/en/documents/141554

URL-5 https://kultur.istanbul/yerebatan-sarnici-muzesi/

URL-6. Şamram Kanalı, https://www.urartular.com.tr/alticerik/60/su-mimarisi.html

URL-7: bestpractices.powerh2020.eu Erişim tarihi 24.01.2024

URL-8: Melbourne Yağmur Hendeği/

http://www.urbanwater.melbourne.vic.gov.au/industry/treatment-types/green-roofs/ City of Melbourne . Erişim Tarihi 10.01.2024

URL-9: https://www.sdslimited.com/products/sds-geolight/>, (Erişim tarihi 24.01.2024)

URL- 10 https://rainaway.nl/katshoek-garden/ (Erişim tarihi 24.01.2024)

URL-11https://www.urbanisten.nl/work/rotterdamwaterstad2100 (Erişim tarihi 24.01.2024)

URL-12 https://www.northernarchitecture.us/water-management/the-climate-in-the-nuremberg-prisma.html (Erişim tarihi 24.01.2024)

URL-13 https://dernuernberger.blogspot.com/2019/06/das-niedrigenergiehaus-prisma.html (Erişim tarihi 11.02.2024)

URL-14 https://sungerkent.izmir.bel.tr/sungerkent-izmir.html (Erişim tarihi 24.01.2024)

URL-15 https://sungerkent.izmir.bel.tr/projeler.html (Erişim tarihi 24.01.2024)

URL-16 https://www.duslervadisiriva.com/ (Erişim tarihi 24.01.2024)

URL-17 https://www.cankaya.bel.tr/pages/316/BIYOLOJIK-GOLETLER/ (Erişim Tarihi 15.02.2024)

TEZDEN ÜRETİLMİŞ YAYINLAR

Konferans Bildirileri

Demir M., Aktuğlu Aktan E. Ö.(2021). 3rd International Design For Living With Water Symposium (ISDLW-III), İstanbul, Türkiye.