T.C.

TRAKYA ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SU DUYARLI KENTSEL TASARIM YAKLAŞIMI KAPSAMINDA SÜRDÜRÜLEBİLİR YAĞMUR SUYU YÖNETİMİ: EDİRNE KENT ÖRNEĞİ

CANSU KONYALI DERELİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MİMARLIK ANABİLİM DALI

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Rukiye Duygu ÇAY

EDİRNE - 2020

Cansu KONYALI DERELİ'in hazırladığı "**SU DUYARLI KENTSEL TASARIM YAKLAŞIMI KAPSAMINDA SÜRDÜRÜLEBİLİR YAĞMUR SUYU YÖNETİMİ: EDİRNE KENT ÖRNEĞİ**" başlıklı bu tez, tarafımızca okunmuş, kapsam ve niteliği açısından Mimarlık Anabilim Dalında bir **Yüksek lisans tezi** olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri (Ünvan, Ad, Soyad):	İmza
Prof. Dr. Tülay CENGİZ TAŞLI	……
Dr. Öğr. Üyesi Rukiye Duygu ÇAY	……
Dr. Öğr. Üyesi Selin ARABULAN	……

Tez Savunma Tarihi: 18/12/2020

Bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak gerekli şartları sağladığını onaylarım.

İmza

Dr. Öğr. Üyesi Rukiye Duygu ÇAY
Tez Danışmanı ……

Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü onayı

……
Doç. Dr. Hüseyin Rıza Ferhat KARABULUT
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

T.Ü. FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MİMARLIK ANABİLİM DALI YÜKSEK LİSANS PROGRAMI
DOĞRULUK BEYANI

Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında, tüm verilerin bilimsel ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini, kullanılan verilerde tahrifat yapılmadığını, tezin akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını, kullanılan tüm literatür bilgilerinin bilimsel normlara uygun bir şekilde kaynak gösterilerek ilgili tezde yer aldığını ve bu tezin tamamı ya da herhangi bir bölümünün daha önceden Trakya Üniversitesi ya da farklı bir üniversitede tez çalışması olarak sunulmadığını beyan ederim.

.... / .... / ....
Cansu KONYALI DERELİ
İmza

Yüksek Lisans Tezi

Su Duyarlı Kentsel Tasarım Yaklaşımı Kapsamında Sürdürülebilir Yağmur Suyu Yönetimi: Edirne Kent Örneği

T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü

Mimarlık Anabilim Dalı

ÖZET

Plansız kentleşme, geçirimsiz yüzeylerin artması, mevcut bitki örtüsünün yok edilmesi suyun doğal döngüsünü engellemektedir. Bu durum su kaynaklarını riske sokarak kentlerde sel ve taşkınlara neden olmaktadır. Bu kapsamda tüm dünyada sürdürülebilir yağmur suyu sistemlerinin kullanımı önemli hale gelmiştir. Çalışma alanı olarak Edirne ilinin Merkez ilçesinde kentsel alanda yer alan ve taşkınların yaşandığı Şükrüpaşa, Fatih ve Kocasinan mahalleleri belirlenmiştir. Kentin en yüksek noktasından en alçak noktasına kadar yağmur suyunun yüzeysel akışını azaltmak ve infiltrasyonunu sağlamak hedeflenmektedir. Çalışma alanının mevcut durumu, meteoroloji verileri, altyapı durumu, topoğrafyası, uydu görüntüleri incelenmiştir. Alanın topoğrafya verisi ve havza yapısı doğrultusunda taşkın riski taşıyan caddeler tespit edilmiştir. Yağmur suyunun hareketi ve yüzeysel akış yönü belirlenmiştir. Caddelerde mevcut bitkisel durumu anlamak için bitkisel doku analizi yapılmıştır. Çalışma alanında kentsel yeşil alanlar, sert zeminler ve çatı yüzeyleri miktarları belirlenerek depolanabilecek yağmur suyu miktarı hesaplanmıştır. Tüm bu veriler değerlendirilerek, alanın yağmur suyu potansiyeli belirlenerek, akışın olduğu caddelerde akışı azaltmak adına bitkisel öneriler sunulmuştur.

Yıl : 2020

Sayfa Sayısı : 182

Anahtar Kelimeler : Su duyarlı kentsel tasarım, Sürdürülebilirlik, Yağmur suyu yönetimi, Taşkın suyu yönetimi, Kentsel drenaj, Edirne

Master Thesis

Sustainable Rainwater Management within the Scope of Water Sensitive Urban Design Approach: Edirne City Case

Trakya University Institute of Natural Sciences

Department of Architecture

ABSTRACT

Unplanned urbanization, increase of impermeable surfaces, destruction of existing vegetation prevent the natural cycle of water. This situation puts water resources at risk and causes floods and overflows in cities. In this context, it has become important to use sustainable rainwater systems all over the world. Şükrüpaşa, Fatih and Kocasinan neighborhoods, which are located in the urban area in the central district of Edirne province and where floods took place, were determined as the study area. From the highest point to the lowest point of the city, it is aimed to reduce the runoff and infiltration of rainwater. The current situation of the study area, meteorological data, infrastructure status, topography, satellite images were examined. In line with the topography data and basin structure of the area, streets with flood risk were determined. The movement and runoff direction of rainwater has been determined. Vegetative texture analysis was conducted to understand the current vegetative situation in the streets. The amount of rainwater that can be stored was calculated by determining the amount of urban green areas, hard floors and roof surfaces in the study area. By evaluating all these data, the rainwater potential of the area was determined and herbal suggestions were presented in order to reduce the flow to the streets.

Year : 2020

Number of Pages : 182

Keywords : Water sensitive urban design, Sustainability, Rainwater management, Stormwater management, Urban drainage, Edirne

TEŞEKKÜR

Bu tezin gerçekleşmesinde, çalışmam boyunca desteklerini esirgemeyen, bu süreçte görmediklerimi görmemi sağlayan, bilgi, katkı ve yol göstericiliği ile beni geliştiren saygıdeğer danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Rukiye Duygu ÇAY'a, hayatımın her evresinde bana destek olan, emeklerini ödeyemeyeceğim sevgili ailem Esen KONYALI ve Muammer KONYALI'ya, çalışmam boyunca her zaman destek ve yardımcı olan, fedakarlık gösteren sevgili eşim Şafak DERELİ'ye sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

ÖZET iv
ABSTRACT v
TEŞEKKÜR vi
İÇİNDEKİLER vii
KISALTMALAR DİZİNİ ix
ŞEKİLLER DİZİNİ x
ÇİZELGELER DİZİNİ xv
BÖLÜM 1
GİRİŞ 1
1.1. Tarihçe 4
1.2. Dünyada ve Türkiye'de Suyun Durumu 9
1.2.1. Dünyada Suyun Durumu 10
1.2.2. Türkiye'de Suyun Durumu 14
1.3. Geleneksel ve Sürdürülebilir Yağmur Suyu Yönetimi 17
1.4. Peyzaj ve Su Yönetimi 22
BÖLÜM 2
SU YÖNETİMİ İLE İLGİLİ KAVRAMLAR 25
2.1. En İyi Yönetim Uygulamaları 28
2.2. Düşük Etkili Gelişim 30
2.3. Entegre Kentsel Su Yönetimi 32
2.4. Yeşil Altyapı 33
2.5. Sürdürülebilir Kentsel Drenaj Sistemleri 35
2.6. Su Duyarlı Kentsel Tasarım 37
2.7. Düşük Etkili Kentsel Tasarım ve Gelişme 39
2.8. Sünger Şehirler 41
BÖLÜM 3
EKOSİSTEM HİZMETLERİ 43
3.1. Hava Kalitesini İyileştirme 45
3.2. Kentsel ısı adası etkisini azaltma 46
3.3. İklim Düzenleme 47
3.4. Toprak Kalitesini İyileştirme 48
3.5. Sel ve Taşkın Önleme 48

3.6. Rekreasyon alanını artırma 49
BÖLÜM 4
SÜRDÜRÜLEBİLİR SU YÖNETİMİ YÖNTEMLERİ 50
4.1. Yağmursuyu Tankı 50
4.2. Yağmur Bahçesi 55
4.3. Bitkili Su Hendeği 61
4.4. Geçirgen Kaplama 66
4.5. İnfiltrasyon Hendeği 69
4.6. Yeşil Çatı 71
4.7. Mavi Çatı 76
4.8. Yeşil Duvar 79
4.9. Yapay Sulak Alanlar 82
4.10. Yol Ağacı ve Bitki Kutusu 85
BÖLÜM 5
DÜNYADAN VE TÜRKİYE'DEN ÖRNEKLER 89
5.1. Dünyadan Örnekler 89
5.2. Türkiye'den Örnekler 101
BÖLÜM 6
MATERYAL VE YÖNTEM 105
6.1. Materyal 105
6.2. Yöntem 109
BÖLÜM 7
BULGULAR 111
7.1. Şükrüpaşa Mahallesi Bitkisel Doku, Çatı, Sert Zemin ve Yeşil Alan Analizi 117
7.2. Fatih Mahallesi Bitkisel Doku, Çatı, Sert Zemin ve Yeşil Alan Analizi 123
7.3. Kocasinan Mahallesi Bitkisel Doku, Çatı, Sert Zemin ve Yeşil Alan Analizi 128
BÖLÜM 8
SONUÇ VE ÖNERİLER 134
8.1. Şükrüpaşa Mahallesi Önerileri 135
8.2. Fatih Mahallesi Önerileri 143
8.3. Kocasinan Mahallesi Önerileri 149
KAYNAKLAR 156
ÖZGEÇMİŞ 166

KISALTMALAR DİZİNİ

BM : Birleşmiş Milletler

CIRIA : İngiltere İnşaat Sanayi Araştırma Birliği

CWA : Temiz Su Yasası

DIN : Alman Standardizasyon Enstitüsü

EPA : Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı

FAO : Gıda ve Tarım Örgütü

IPCC : Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli

NPDES : Ulusal Kirletici Deşarj Giderim Sistemi

NYDEP : New York Çevre Koruma Bölümü

PAD : Peyzaj Araştırmaları Derneği

TÜİK : Türkiye İstatistik Kurumu

UNESCO : Birleşmiş Milletler Eğitim, Bilim ve Kültür Kurumu

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Kırsal ve kentsel alanlarda su döngüsü 2
Şekil 1.2. Roma evleri su toplama sistemleri 5
Şekil 1.3. Yerebatan Sarnıcı 6
Şekil 1.4. İndus Uygarlığı kanalizasyon çukurları 7
Şekil 1.5. Knossos'da bulunan drenaj sistemi M.Ö 1500 yılı 7
Şekil 1.6. Yeryüzünde su kaynakları 11
Şekil 1.7. Küresel su tüketimi 11
Şekil 1.8. Küresel ölçekte fiziksel su stresi 13
Şekil 1.9. 2020 sonbahar mevsimi yağış haritası 15
Şekil 1.10. 2017 yılı su tüketimleri 16
Şekil 1.11. Geleneksel ve sürdürülebilir yağmur suyu yönetimi döngüsü 19
Şekil 1.12. Konut düzenlemesi 20
Şekil 1.13. Yol düzenlemesi 21
Şekil 1.14. Yol kesiti 21
Şekil 1.15. 'Zümrüt Kolye' Boston Park 23
Şekil 2.1. Dünyada yağmur suyu yönetimi ile ilgili gelişen kavramlar 28
Şekil 2.2. En iyi yönetim uygulamaları döngüsü 29
Şekil 2.3. Düşük etkili gelişim modeli 31
Şekil 2.4. Entegre kentsel su yönetimi modeli 33
Şekil 2.5. Yeşil altyapı 34
Şekil 2.6. Sürdürülebilir drenaj sistemleri tasarımı unsurları 36
Şekil 2.7. Su duyarlı kentsel tasarım yaklaşımı 38
Şekil 2.8. Düşük etkili kentsel tasarım ve gelişmenin üç ilkesi 40
Şekil 2.9. Sünger şehir diyagramı 42
Şekil 3.1. Milenyum ekosistem değerlendirmesi bulguları 44
Şekil 3.2. Ağaçların ekosistem faydaları 46

Şekil 3.3. Kentsel ve kırsal alanlarda ısı adası 47
Şekil 4.1. Yağmur suyu toplama tankı konumlandırılması 51
Şekil 4.2. Yağmur suyu sistemi detayı 53
Şekil 4.3. Yağmur suyu tankı örnekleri 55
Şekil 4.4. Yağmur bahçesi. 56
Şekil 4.5. Yağmur bahçesi konumlandırılması 58
Şekil 4.6. Yağmur bahçesi kesiti 59
Şekil 4.7. Yağmur bahçesi örnekleri 60
Şekil 4.8. Bitkili su hendeği tasarımı 62
Şekil 4.9. Bitkili su hendeği 63
Şekil 4.10. Bitkili su hendeği kesiti 64
Şekil 4.11. Bitkili su hendeği uygulama örnekleri 65
Şekil 4.12. Geçirgen kaplama detayı 67
Şekil 4.13. Geçirimli kaplama uygulama örnekleri 68
Şekil 4.14. İnfiltrasyon haznesi/hendeği 70
Şekil 4.15. İnfiltrasyon hendeği örnekleri 71
Şekil 4.16. Yeşil çatı konstrüksiyonu a) ekstensif yeşil çatı b) intensif yeşil çatı 72
Şekil 4.17. Yeşil çatı katmanları 73
Şekil 4.18. Yeşil çatı 74
Şekil 4.19. Yeşil çatı uygulama örnekleri 75
Şekil 4.20. Mavi çatı ve bölmelendirilmesi 76
Şekil 4.21. Bölmeli ve bölmesiz mavi çatı profili 77
Şekil 4.22. Mavi çatı uygulama örnekleri 78
Şekil 4.23. Yeşil duvar uygulama yöntemi örnekleri 80
Şekil 4.24. Yeşil duvar 81
Şekil 4.25. Yeşil duvar örnekleri 82
Şekil 4.26. Yapay sulak alan planı 83
Şekil 4.27. Sulak alan kesit. 84
Şekil 4.28. Sulak alan örnekleri 85
Şekil 4.29. Yol ağacı bitki kutusu detayı 86
Şekil 4.30. Yol ağacı kesit 87
Şekil 4.31. Yol ağacı uygulama örnekleri 88

Şekil 5.1. Chulalongkorn Yüzüncü Yıl Parkı 90
Şekil 5.2. Chulalongkorn Yüzüncü Yıl Parkı planı 91
Şekil 5.3. Chulalongkorn Yüzüncü Yıl Parkı detayı 91
Şekil 5.4. Chulalongkorn Yüzüncü Yıl Parkı yeşil çatısı 92
Şekil 5.5. Chulalongkorn Yüzüncü Yıl Parkı su tutma alanı 93
Şekil 5.6. Chulalongkorn Yüzüncü Yıl Parkı yeşil alanları 93
Şekil 5.7. Quinli Yağmur Suyu Parkı merkez sulak alanı 94
Şekil 5.8. Kentten park alanına geçiş 95
Şekil 5.9. Yaya sirkülasyon ağından bir görünüm 96
Şekil 5.10. Park göletleri ve rekreasyon alanı bütünleşmesi 97
Şekil 5.11. Alanda bulunan oturma birimleri 98
Şekil 5.12. Tanner Springs Park 99
Şekil 5.13. Tanner Springs Park sulak alanı 100
Şekil 5.14. Tanner Springs Park sanat duvarı 100
Şekil 5.15. Tanner Springs Park 101
Şekil 5.16. Eskişehir Kent Park ve Porsuk Çayı 102
Şekil 5.17. Allaben Deresi boyunca oluşturulan yeşil kuşak 103
Şekil 5.18. İzmir Yeşil Altyapı Stratejisi Temaları 104
Şekil 6.1. Çalışma alanı 106
Şekil 6.2. Edirne il merkezinin 15 yıllık kentleşme durumu 107
Şekil 6.3. 2018 yılında Kocasinan Mahallesi'nde yaşanan sel olayı 108
Şekil 7.1. Çalışma alanı en yüksek ve en düşük kot 112
Şekil 7.2. Topoğrafya haritası 113
Şekil 7.3. Çalışma alanı doğal havza sınırları ve yüzeysel akış yönleri 115
Şekil 7.4. Çalışma alanında drone ile çekilmiş görüntüler 116
Şekil 7.5. Çalışma alanı eğim özelliklerine bağlı akış bölgelerinin yönlenmesi 117
Şekil 7.6. Bülent Ecevit Caddesi, Sami Topçu Paşa Caddesi, Necati Seçkin Sokak bitkisel doku 118
Şekil 7.7. Abdi İpekçi Caddesi bitkisel doku 118
Şekil 7.8. Bahriye Üçok Caddesi bitkisel doku 119
Şekil 7.9. Şehit Üsteğmen Efkan Yıldırım Caddesi ve Şehit Lütfü Küçükyoğurtlu Caddesi bitkisel doku 119

Şekil 7.10. Hoca Ahmet Yesevi Caddesi, Şehit Mustafa Kayın Sokak ve 8. Cadde bitkisel doku 120
Şekil 7.11. Ahmet Yalçın Sarıgöl Caddesi, Raif Ocak Caddesi ve Karacaova Sokak bitkisel doku 121
Şekil 7.12. Mithat Vardar Caddesi ve Av. Ruhi Uğurlu Sokak bitkisel doku 121
Şekil 7.13. İlhami Ertem Caddesi, Turhan Dursun Caddesi ve Şehit Üsteğmen Yılmaz Özcan Caddesi bitkisel doku 122
Şekil 7.14. Şükrüpaşa Mahallesi alan analizi 122
Şekil 7.15. Ümran Akkan Caddesi bitkisel doku 124
Şekil 7.16. İbrahim Zagra Caddesi bitkisel doku 124
Şekil 7.17. İbrahim Ay Caddesi ve İlhami Ertem Caddesi bitkisel doku 125
Şekil 7.18. Cevat Ağaoğulları Sokak, Veli Gürkan Sokak ve 35. Sokak bitkisel doku 125
Şekil 7.19. Burhan Işıkseren Caddesi, Ali Rıza Ataktürk Caddesi ve Tahsin Şıpka Caddesi bitkisel doku 126
Şekil 7.20. Abdullah Hatipler Sokak ve Şehit Polis Memuru Hüseyin İmrağ Sokak bitkisel doku 127
Şekil 7.21. Fatih Mahallesi alan analizi 127
Şekil 7.22. Talatpaşa Caddesi bitkisel doku 128
Şekil 7.23. Şevki Arman Caddesi, Türkan Seçkin Caddesi ve 44. Sokak bitkisel doku 129
Şekil 7.24. Prof. Dr. Süheyl Ünver Caddesi ve Ahmet Çalışkan Caddesi bitkisel doku 130
Şekil 7.25. Sadık Ahmet Caddesi ve Büyükgöze Sokak bitkisel doku 130
Şekil 7.26. Muammer Aksoy Caddesi bitkisel doku 131
Şekil 7.27. Kocasinan Mahallesi alan analizi 131
Şekil 8.1. Bülent Ecevit Caddesi, Sami Topçu Paşa Caddesi, Necati Seçkin Sokak önerileri 136
Şekil 8.2. Abdi İpekçi Caddesi öneri 137
Şekil 8.3. Bahriye Üçok Caddesi öneri 138
Şekil 8.4. Şehit Üsteğmen Efkan Yıldırım Caddesi ve Şehit Lütfü Küçükyoğurtlu Caddesi önerileri 139

Şekil 8.5. Hoca Ahmet Yesevi Caddesi, Şehit Mustafa Kayın Sokak ve 8. Cadde önerileri 140
Şekil 8.6. Ahmet Yalçın Sarıgöl Caddesi, Raif Ocak Caddesi ve Karacaova Sokak önerileri 141
Şekil 8.7. Mithat Vardar Caddesi ve Av. Ruhi Uğurlu Sokak önerileri 142
Şekil 8.8. İlhami Ertem Caddesi, Turhan Dursun Caddesi ve Şehit Üsteğmen Yılmaz Özcan Caddesi önerileri 143
Şekil 8.9. Ümran Akkan Caddesi öneri 144
Şekil 8.10. İbrahim Zagra Caddesi öneri 145
Şekil 8.11. İbrahim Ay Caddesi ve İlhami Ertem Caddesi önerileri 146
Şekil 8.12. Cevat Ağaoğulları Sokak, Veli Gürkan Sokak ve 35. Sokak önerileri 147
Şekil 8.13. Burhan Işıkseren Caddesi, Ali Rıza Ataktürk Caddesi ve Tahsin Şıpka Caddesi önerileri 148
Şekil 8.14. Abdullah Hatipler Sokak ve Şehit Polis Memuru Hüseyin İmrağ Sokak önerileri 149
Şekil 8.15. Talatpaşa Caddesi öneri 150
Şekil 8.16. Şevki Arman Caddesi, Türkan Seçkin Caddesi ve 44. Sokak önerileri 151
Şekil 8.17. Prof. Dr. Süheyl Ünver Caddesi ve Ahmet Çalışkan Caddesi önerileri 152
Şekil 8.18. Sadık Ahmet Caddesi ve Büyükgöze Sokak önerileri 153
Şekil 8.19. Muammer Aksoy Caddesi öneri 154

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 4.1. Yüzey kaplamasına göre akış katsayıları 54
Çizelge 7.1. Edirne ilinde sürdürülebilir yağmur suyu tasarımlarında kullanılabilecek örnek bitkiler 133

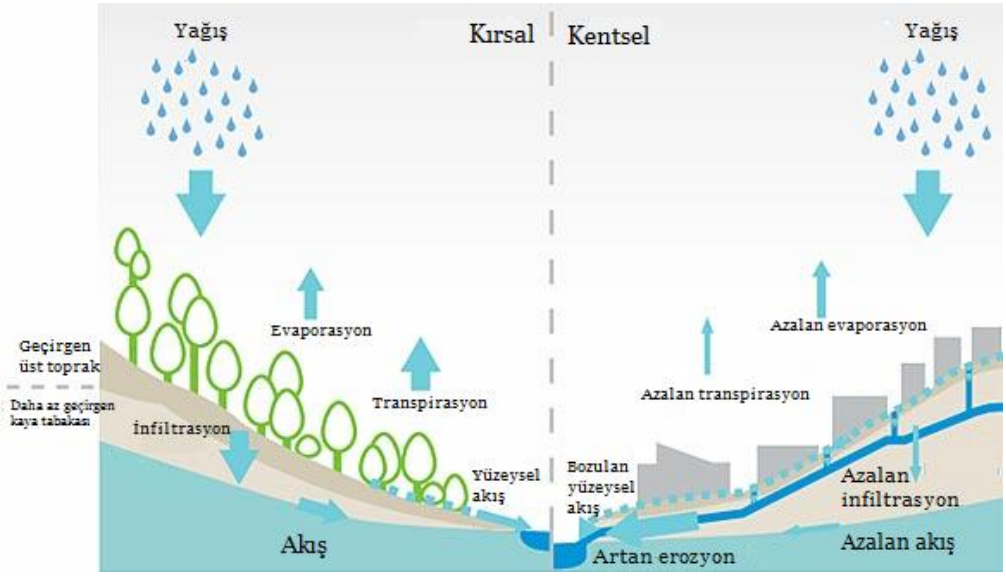
BÖLÜM 1

GİRİŞ

Su varlığı, gezegenimizde yaşamın devamını sağlayan en önemli kaynaklardandır. Su; atmosferde, toprağın üstünde ve altında yer alarak, tüm bu katmanlarda doğal bir döngü içerisinde varlığını sürdürmektedir. Su, tüm canlılar için birincil gıda ve tüm gıda ürünlerinde hayati değere sahiptir. Aynı zamanda su, iklim sisteminin de önemli bir belirleyicisidir (Ayboğa, 2010). Doğada rejenerasyonu sağlayan su, toplumlarda ülkelerin refahı, gelişmişlik düzeyleri, ekonomik kalkınmaları, jeopolitik konumları açısından da önemlidir. Tarihsel süreçler boyunca su kaynakları, uygarlıkların gelişimine yön verdiği gibi uygarlıkların çöküşlerinde de rol oynamıştır. Tarihte bir güç unsuru olarak karşımıza çıkan su, uygarlıkların kalitesini ve gelişmişliğini göstermekteydi. İnsanoğlunun temel ihtiyaçlarını karşılamakla beraber tarım, üretim, turizm, sanayi, ulaşım gibi birçok alanda da su kullanılmaktadır. Günümüzde de doğal ve stratejik kaynakların en önemlilerinden biridir (Yıldız, 2007). Ancak nüfus artışıyla birlikte su kaynaklarına olan talep ve baskılar artmıştır. Son yüzyılda dünya nüfusu üç kat artarken, su kaynaklarına olan talep yedi kat artmıştır (Cosgrove ve Rijsberman, 2000).

Doğal döngüsünde ilerleyen su, insan faaliyetleriyle birlikte bozulmaya başlamıştır. Tarımda ve sanayide bilinçsiz su kullanımı su kaynaklarını riske sokmaktadır. Ormanların tahrip edilmesi, yok edilmesi, orman alanlarına inşaat yapılması gibi nedenlerde havza davranışları olumsuz etkilenmektedir. Ormansızlaşmanın yüzey akışı artışı ve evapotranspirasyon (terleme+buharlaşma)'da azalma gibi etkileri de bulunmaktadır. İklim değişikliği de başlıca nedenler arasında yer almaktadır. Ayrıca nehirler, göller gibi su kaynaklarının doğal yollarının değiştirilmesi de bozulma

nedenlerindendir. Ancak insanlık tarihindeki en büyük olumsuz etki kentleşme ile olmuştur. Hızla artan kentleşme ile hidrolojik döngü giderek bozulmaktadır (Radcliffe, 2019) (Şekil 1.1). Doğal havza alanlarının ormancılık, tarım veya kentleşme faaliyetleri nedeniyle değiştirilmesi, suyun doğal döngüsünde ciddi değişikliklere neden olmuştur. Kentleşmenin artması ve havza alanlarının kentleşmesi ile o alanlarda mevcut bitki örtüsünün yok edilmesi ve yerine geçirimsiz (kaldırımlar, asfalt yüzeyler, çatılar, otoparklar, vb.) yüzeylerin oluşması doğal hidrolojide değişikliklere yol açmaktadır ve bu sebeple su doğal döngüsünü gerçekleştirememektedir (Poleto ve Tassi, 2012).



Şekil 1.1. Kırsal ve kentsel alanlarda su döngüsü (Melbourne Water, 2009).

Kırsal alanlarda geçirimsiz yüzeylerin oranı %1-2 arasındadır. Yerleşim alanlarında düşük nüfuslu banliyölerde %10, yüksek nüfuslu olanlarda %50 oranındadır. Endüstriyel ve ticari alanlarda %70 civarında iken, metropollerde bu oran %90'a çıkmaktadır (Hoyer, Dickhaut, Kronawitter, & Weber, 2011).Yoğun kentleşme olan bölgelerde geçirimsiz yüzeyler fazla olduğu için su bu yüzeylerden geçerken akış düzeyi ve hacmi artarak devam etmektedir. Bitki örtüsünün azalması ve geçirimsiz yüzeylerin artması ile yağmur suyunun toprağa sızması engellenmektedir (Poleto ve Tassi, 2012). Günümüzde beton malzeme dünyada sudan sonra en çok tüketilen ikinci madde haline gelmiştir (Naik, 2008). Artan bu geçirimsiz yüzeyler sebebiyle toprağa sızamayan su,

akışa geçerek kentte taşkınlara neden olmaktadır (Lau ve Mah, 2018). Kırsal yerleşimlerde geçirimsiz yüzeyler çok az olduğundan su doğal döngüsünde gerçekleşmektedir. Ancak yapılar geliştikçe, geçirimsiz yüzeyler artıkça yüzeysel akışa geçen su hasar verici taşkınlara, kuraklığa, düşük su kalitesine ve yer altı sularına olumsuz etki göstermiştir (Radcliffe, 2019). Akışa geçen yağmur suyu zirai ilaçlar, kimyasal artıklar, yakıt artıkları, geçirimsiz zemin atıkları ile kirlenerek havzalara ağır metalleri taşımaktadır. Bu durumda su kaynaklarının kirlenmesine yol açmaktadır (Huber, 2010).

Taşkınların artmasıyla birlikte günümüzde kentlerde kullanılan geleneksel yağmur suyu sistemleri yetersiz gelmeye ve maliyetleri de giderek artmaya başlamıştır. Geleneksel sistemler yağmur suyunu faydalı bir kaynak olarak değerlendirmeyen ve kentten mümkün olduğunca hızla tahliye edilmesini sağlayan sistemlerdir. Bu durum kentlerde yer altı sularının şarj oranlarını düşürerek, kentlerde mevcut içme suyunu sınırlandırabilmektedir. Ayrıca infiltrasyon ve evaporasyonu kısıtladığından kent iklimini olumsuz etkilemektedir. Artan kentsel gelişim ve iklim değişikliğine uyum sağlayamayan bu sistemler taşkınları da yönetemez hale gelmektedir (Hoyer vd., 2011).

1990'lardan bu yana bu problemlere çözüm bulmak adına doğal hidrolojik döngüyü taklit eden, yağmur suyunu yöneten ve taşkınları azaltmayı hedefleyen sürdürülebilir sistemler benimsenmeye başlamıştır (Poleto ve Tassi, 2012). Sürdürülebilir sistemler yağmur suyunu yüzeye indiği alanda tutarak yöneten, kentsel su kalitesinin koruyan, rekreasyon değerini sağlayan ve yer altı sularının şarjını destekleyen sistemlerdir (Zhou, 2014). Bu sürdürülebilir sistemler kapsamında dünyanın farklı ülkelerinde bu konu ile ilgili farklı politikalar geliştirilmeye başlanmıştır. Bu kavramlar en iyi yönetim uygulamaları (best management practices), düşük etkili gelişme (low impact develoment), entegre kentsel su yönetimi (integrated urban water management), yeşil altyapı (green infrastructure), sürdürülebilir kentsel drenaj sistemleri (sustainable urban drainage system), su duyarlı kentsel tasarım (water sensitive urban design), düşük etkili kentsel tasarım ve gelişme (low impact urban design and development), sünger şehir (sponge city) olarak sayılabilmektedir. Sürdürülebilir yağmur suyu yönetimi terminolojisinin gelişmesinde, dünyadaki iklim farklılıkları, yerel ve bölgesel koşullar, su yönetim anlayışları gibi nedenlerle temelde aynı fikri savunan kavramlar farklı isimlerle anılmaya başlanmıştır. Tüm bu kavramların temelde savundukları; taşkınların engellenmesi, yer altı su seviyelerinin ve doğal döngünün desteklenmesi, su kalitesinin

iyileştirilmesi olarak benimsenmiştir (Fletcher vd., 2014; Hoyer vd., 2011; Radcliffe, 2019; TU Delft, 2018).

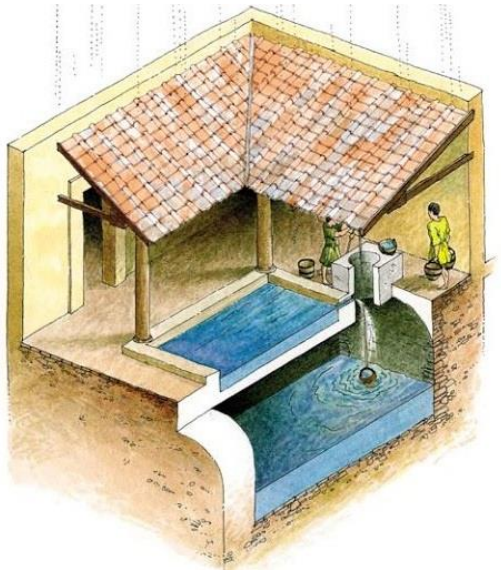
Tez çalışmasında ilk olarak tarihte yağmur suyu yönetimi incelenmiştir. Dünyada ve ülkemizde su varlığının durumu ve geliştirilen politikalara değinilmiştir. Geçmişte kullanılan geleneksel sistemlerin, günümüz sürdürülebilir sistemler ile farklarına bakılmıştır. Çalışmanın ana odak noktası bitkisel doku olduğundan peyzaj ve su yönetimi ilişkisi incelenmiştir. Dünya genelinde sürdürülebilir yağmur suyu konusunda geliştirilen kavramlar açıklanmıştır. Bu kavramların çözüm yöntemleri, yurtiçi ve yurtdışındaki uygulamalar ele alınmıştır. Bu kapsamda yağmur suyu tankı, yağmur bahçesi, bitkili su hendeği, geçirgen kaplama, infiltrasyon hendeği, yeşil çatı, mavi çatı, dikey bahçe, yapay sulak alanlar, yol ağacı bitki kutusu gibi yöntemler açıklanmıştır. Sürdürülebilir yağmur suyu yönetiminin kentlerde uygulanabilirliğine ilişkin süreçlerin irdelenmesi ve analizi, bu kavram doğrultusunda kentlerde yağmur suyu yönetim sistemlerinin ve gelişim süreçlerinin etkin gerçekleşebilmesini ortaya koymak amaçlanmıştır.

Çalışma alanı olarak, yağışlı günleri fazla olan Edirne ilinde taşkın risklerinin görüldüğü Şükrüpaşa Mahallesi, Fatih Mahallesi ve Kocasinan Mahallesi seçilmiştir. Bu bölgelerde geçmiş dönemlerde taşkınlar görülmüştür ve günümüzde iklim değişikliği ile öngörülemez şiddette olan yağışlar taşkınları giderek tetiklemektedir. Çalışma alanında yağışların yüzeysel akışa geçtiği ve çalışma kapsamında planlanan yöntemlerin uygulanabileceği alanlar tespit edilmiştir. Bu kapsamda bölgelerde sürdürülebilir yağmur suyu yönetimi konusunda bitkisel çözüm önerileri arazi ve iklim koşullarına uygun olarak önerilmiştir. Sonuç olarak günümüz çevre sorunları ve iklim değişikliği gibi nedenlerle mücadele edilen kentlerde yağmur suyunun sürdürülebilir yönetimi konusunda sorunların ortaya konulduğu ve önerilerin getirildiği bir yaklaşım oluşturarak, bu konudaki diğer çalışmalara örnek oluşturacak bir yaklaşım önerilmektedir.

1.1. Tarihçe

Tarihte ilk yerleşimler, su kaynaklarına ve limanlara yakın, saldırılara karşı korumalı ve atık suların kolayca uzaklaştırılabileceği alanlara kurulmuştur. Yerleşim alanları genişledikçe suya erişebilmek için kentlerde su yolları ve su kemerleri inşa edilmiştir (Rouse ve Bunster-Ossa, 2013). En eski yerleşim alanlarında veya kent

kalıntılarında yağmur suyu sistemlerinin var olduğu bulunmuştur. Romalılar tarafından inşa edilen drenaj kanalları günümüze kadar ulaşmaktadır. M.Ö. 2000 yılından itibaren roma evleri ve şehirlerinin yağmur suyunu içme ve kullanma suyu olarak kullanmak adına çatılardan topladığı bilinmektedir (Şekil 1.2). Aynı şekilde Latin Amerika'nın çeşitli ülkelerinde, Kolomb öncesi dönemde, kentlerde yağmur suyu toplandığına dair kalıntılar bulunmuştur. Afrika ve Asya'da binlerce yıldır geleneksel olarak çatı saçaklarından ve su yollarından gelen suyu basit toprak kaplar içerisine toplanmıştır (Radcliffe, 2019).



Şekil 1.2. Roma evleri su toplama sistemleri (Malone, 2016).

Tarihte bakıldığında İstanbul'da kentsel nüfusun artması ile su ihtiyacını karşılamak için çeşitli su yolları ile beslenen birçok geleneksel sarnıç sistemi kullanılmıştır. İlk olarak tarımsal alanlarda kullanılan sarnıçlar, özellikle tarihi yarımadada artan nüfusa bağlı olarak su kaynaklarının yetersiz gelmesi sebebiyle konutların ya da sarayların bodrum katlarında kullanılmıştır. İstanbul'da geleneksel sarnıçlara örnek verilmesi gerekirse; 336 sütunlu İmparator Sarnıcı (Yerebatan Sarayı) (Şekil 1.3), 224 sütunlu Pileksenus Sarnıcı (Binbirdirek) ve Acımusluk Sarnıcı bunlar arasında sayılabilir (Kılıç ve Abuş, 2018).



Şekil 1.3. Yerebatan Sarnıcı (Yerebatan, 2020).

Pers İmparatorluğu tarihte kentsel drenaj sistemini kullanan medeniyetlerden biridir. Niemczynowicz (1997)'e göre; persler kentsel akışı kutsal kabul ederek, kirliliği önleyici yasalar çıkarmışlardır. Derin kuyular ile yüzeysel akışı toplayarak yer altı sularını beslerken, sarnıçlar ile de yağmur suyunu toplamışlardır. İndus Uygarlığı zamanında da kentsel drenaj sistemlerinin olduğu bulunmuştur. İndus Uygarlığı'nın kentlerinde kentsel drenaj sistemlerinin şehrin yerleşimi ile doğru orantılı planlandığı görülmektedir (Şekil 1.4). Konutlar sokak kanalları ile bağlantılı olarak inşa edilmiştir. Ancak atık su doğrudan kanalizasyona verilmek yerine farklı yöntemle toplanmıştır (Burian ve Edwards, 2002).



Şekil 1.4. İndus Uygarlığı kanalizasyon çukurları (Hodge, 1992).

Girit Adası'na yerleşen Minos Uygarlığının kalıntıları arasında sıhhi kanalizasyon, çatı ve yüzey akışını toplayan taş kanal sistemleri ortaya çıkmıştır. Girit'teki sık ve şiddetli yağışlar sonucu yağmur suyu akışına çözümün gerekliliğini oluşturmuştur. Saray-şehir Knossos'da bulunan kalıntılarda kanalizasyon ve yağmur suyunu toplayan iki ayrı kanal olduğu görülmüştür (Şekil 1.5). Antik dönemlerde yağmur suyu ve atık su sistemleri medeniyetlere göre değişiklik göstermiştir (Burian ve Edwards, 2002).



Şekil 1.5. Knossos'da bulunan drenaj sistemi M.Ö 1500 yılı (Daedalus, 2002).

Modern kentsel alanlarda drenaj sistemlerine bakıldığında 19. yüzyıl bir dönüm noktası olmuştur. Bazı kentlerde yağmur suyu ile atık suyu ayıran sistemlerin olmaması ya da eksik olmasından dolayı yağmur suyu ile atık su birleşerek nehirlere akmış ve bu durum kentlerde hastalıklara yol açarak halk sağlığını ciddi şekilde etkilemeye başlamıştır. Silveira'ya (2002) göre, 19. yüzyılda İtalya'da insanların ve hayvanların ölüm oranları ile sanitasyon sistemlerinin arasında yapılan korelasyon analizinde doğru orantının gözlenmesiyle birlikte, septik sistemlerin gömülmesi ve yer altı kanalizasyon sistemine geçilmesi zorunluluk haline gelmiştir. Avrupa kentlerinin birçoğunda bunun gibi sağlık problemleri ile karşılaşılmıştır. Böylece, su ve yağmur suyu atıklarının şehirden uzaklaştırılmasının sorunları çözdüğü düşünülmüştür. Bu sebeple tarımsal alanlarda yüzyıllardır bir kaynak olarak görülen su, kentsel alanlarda tarihteki bazı istisnalar dışında uzaklaştırılması gereken bir atık olarak değerlendirilmektedir (Echols ve Pennypacker, 2015). Jones ve MacDonald (2007)'a göre, kentsel drenajın tarihi açısından en ünlü örneklerden biri olan Paris'te sıhhi hijyen kavramı ortaya atılmış ve nüfusun sağlığını korumak ve suyun neden olabileceği hastalıkları engellemek adına şehirden en hızlı şekilde uzaklaştırılması vurgulanmıştır. Bu durumda yalnızca kentler düşünülerek, havzalar göz ardı edilmiştir (Radcliffe, 2019).

19. yüzyıldan sonra suyun insanlar tarafından kullanımı gelişen sanayileşme ve hızlı nüfus artışıyla birlikte yoğunlaşmıştır. Kentsel nüfusun büyümesi, kent alanlarının genişlemesi, ulaşımın ağının büyümesi ile daha sofistike su temini ve atık su bertaraf sistemlerine ihtiyaç duyulmaya başlanmış ve altyapı sistemleri genişletilmiştir (Rouse ve Bunster-Ossa, 2013).

Kentsel büyümenin etkilerinden biri de yağmur suyu akışında yoğunluğa neden olan geçirimsiz yüzeylerin artışıdır. Geçmişte doğrudan toprağa sızan su, geçirimsiz yüzeylerin artışıyla birlikte toprağa sızamayan ve yüzeylerden akarak yüksek akış hacmi oluşturan bir hale gelmiştir. Artan yüzeysel akış beraberinde nehirlerin taşması, kentsel alanlarda suyun drene olamaması, kentsel taşkın ve seller, sosyal ve ekonomik kayıplara ek olarak, insanların sağlığı ve yaşam kalitesi için riskler doğurmuştur. 1990'lı yıllara kadar, karşılaşılan kentsel sorunlarla mücadele etmek adına yağmur suyunu kanalizasyon sisteminden ayırarak ve farklı bir yolla toplayarak sel ve taşkın sorunları ile mücadele edilebileceği düşünülmüştür. Ancak bu durum taşkınları durduramamıştır. Artan kentsel alanlar ile toprak yüzeyi azalarak gün geçtikçe sızdırmaz hale gelmiştir. Yeni kurulan

kentsel alanlarda yeni taşkın alanları gözlenmeye başlanmış ve bu sebeple daha büyük kanalizasyon sistemlerinin kurulması gerekliliği oluşmuştur. Bunun sonucunda doğal hidrolojik döngü tamamen değişmiş ve bu durum artan maliyetleri de beraberinde getirmiştir. Aynı zamanda çevresel nedenlerle atmosferde kirlenen yağmur suyu yüzeye iner, yüzeyde atıklar ile kirlenen su kütlesi toprağı kirletir, toprağa akan kirli su yer altı su kaynağını kirletir ve bu durum mevcut su kaynaklarını tehlikeye sokar. Bu zincirleme durum giderek daha fazla çevresel zarara neden olmuştur (Poleto ve Tassi, 2012).

Burian vd. (1999)'a göre; 19. yüzyıldan günümüze kentsel drenaj sistemlerinin gelişmesi dokuz kategoriye ayrılmıştır. Bunlar sırasıyla; su kaynaklı hastalıkların ortaya çıkması, atıkların sudan arındırma sisteminin gelişmesi, kanalizasyon sistemi tasarımı, boru sistemlerinde iyileştirme ve bakım, kombine-ayrı kanalizasyon sistemi tasarımı, kentsel hidrolojideki değişiklikler, mevcut sistemin yetersizliği, teknolojik ilerlemeler ve son olarak çevre bilinci ile tasarım kavramının ortaya çıkması şeklinde özetlenmiştir.

1.2. Dünyada ve Türkiye'de Suyun Durumu

Su, kendi doğal döngüsünde ilerleyerek sürekli olarak bir yerden başka bir yere hareket halindedir. Yeryüzünde su, topraktan, bitkilerden (terleme yolu ile) ve göller ile akarsulardan buharlaşır. Kara yüzeyinden ve bitkilerden terleme ile buharlaşan su, atmosfere giren suyun yaklaşık %15'ini oluşturmaktadır. Dünyanın yüzeyini ve aşağı atmosferi serinleten bu buharlaşma olayı, aynı zamanda bulutların oluşumunda atmosfere su sağlamaya yardımcı olmaktadır (Hakyemez, 2019).

Tatlı su kaynaklarının %69,5'lik kısmı buzul olarak kutuplarda veya donmuş olarak toprak tabakasında bulunmaktadır. Tatlı suların yaklaşık %30,1'i yeraltı suyu, kalan %0,4'ü ise yağış, atmosferdeki su buharı ve yüzey sularını kapsamaktadır. Yüzeyde bulunan tatlı su oranının düşük olması, kolaylıkla ulaşılıp yararlanılabilecek su miktarının az olduğunu göstermektedir. Su kaynaklarından biri olan akarsu ve göllerdeki su miktarı, dünyadaki toplam mevcut su miktarına oranla yaklaşık on binde bir buçuk kadardır. Dünya genelinde dağılımı değişen su kaynakları ve miktarları; su kirliliği, iklim değişikliği ve su havzalarının kentleşmesi ile daha da düşmektedir. Bununla birlikte hızlı nüfus artışı, tüketim alışkanlıklarının değişmesiyle birlikte sürekli olarak talebin artması ve su kaynakları üzerindeki baskıların artması sebebiyle dünya giderek büyüyen su

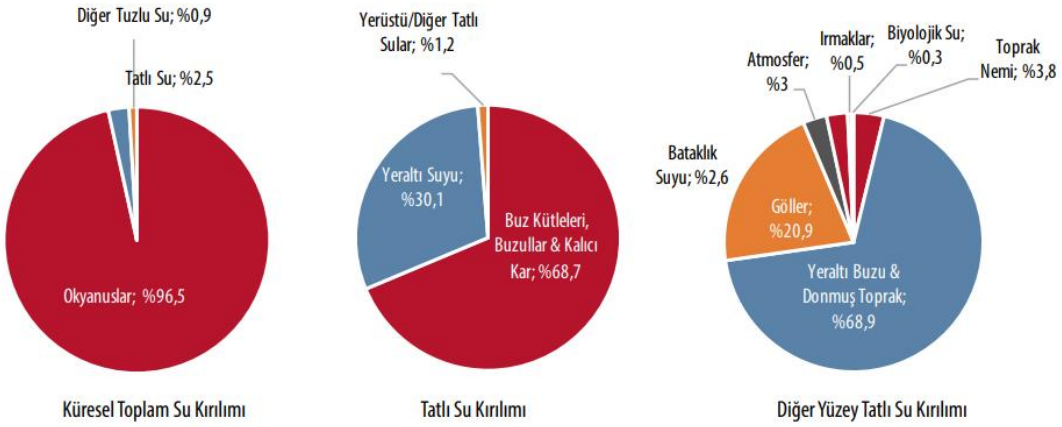
sorunları ile karşı karşıya kalmaktadır. Bu da su yönetimi konusunun giderek daha fazla önem arz ettiğini göstermektedir (Onuncu Kalkınma Planı, 2014).

Su, sürdürülebilir kalkınmanın merkezinde yer alan bir kaynaktır. Su kaynaklarının sağladığı çeşitli hizmetler arasında; yoksulluğun azalması, ekonomik büyüme ve çevresel sürdürülebilirlik sayılabilmektedir. Su, gıda ve enerji güvenliği, insan ve çevre sağlığı, çevre koruma ve ekosistem hizmetleri, sosyal refah ve ülke gelişimine katkıda bulunarak insan yaşamını doğrudan etkilemektedir. Sürdürülemez kalkınma ve yönetim başarısızlıkları, su kaynaklarını riske atarak su kalitesi ve kullanılabilirliğini olumsuz etkilemektedir.

‘’Suyun sürdürülebilir kalkınmanın temelinde yer aldığı’’ konusu 2012 BM Konferansı (Rio +20)’nda kabul edilmiştir. Su ile ilgili yönetim alanında ilerlemeler; geniş bir yelpazede toplumsal aktörlerin, karar verme sürecinde çeşitli düzeylerde ve kuruluşlar arasında dağılmasını destekleyen kapsayıcı yönetim yapılarının aracılığı ile bir araya gelmesini savunmaktadır (Birleşmiş Milletler, 2015).

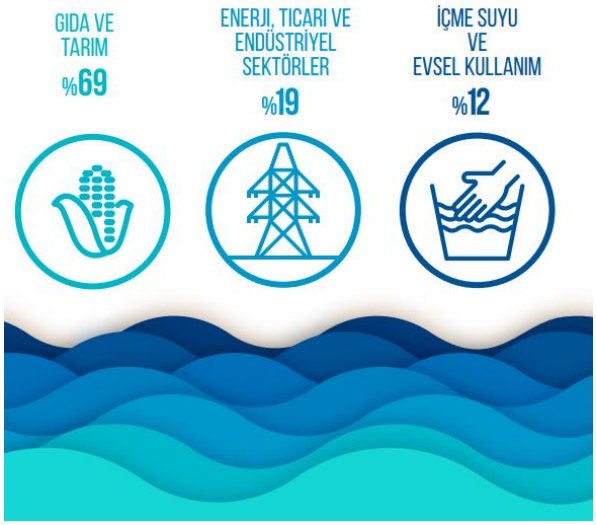
1.2.1. Dünyada Suyun Durumu

Dünya’nın toplam su varlığı yaklaşık 1,4 milyar km^3 civarındadır. Dünya yüzeyinin %75’i okyanuslarda bulunan tuzlu su ile kaplanmış olsa da yeryüzündeki tatlı su oranı %2,5 yani 35 milyon km^3’ tür. Bu tatlı suyun da yalnızca %0,3’ü yani 105.000 km^3’ü insan kullanımına uygun tatlı su kaynaklarıdır. Geri kalan tatlı su kaynakları çoğunlukla kutuplarda, yüksek dağlardaki buzullarda ve yer altı su rezervlerinde hapsolmuş durumdadır (Muluk vd., 2013) (Şekil 1.6).



Şekil 1.6. Yeryüzünde su kaynakları (Hakyemez, 2019).

Su, tarımda sulama amaçlı kullanım, enerji ve sanayi sektöründe kullanım ve insan kullanımı ile tüketilmektedir. Küresel ölçekte su kaynaklarının yaklaşık %69'u tarımsal sulamada kullanılmaktadır. Sanayi sektöründe kullanım %19 (enerji, ticari ve endüstriyel sektörler) ve insan kullanımı %12 şeklindedir (Şekil 1.7). Küresel su talebinin bu şekilde artmaya devam etmesi durumunda 2050 yılına gelindiğinde bu taleplerin %20-30 üzerinde artış göstereceği öngörülmektedir (UNESCO WWAP, 2012).

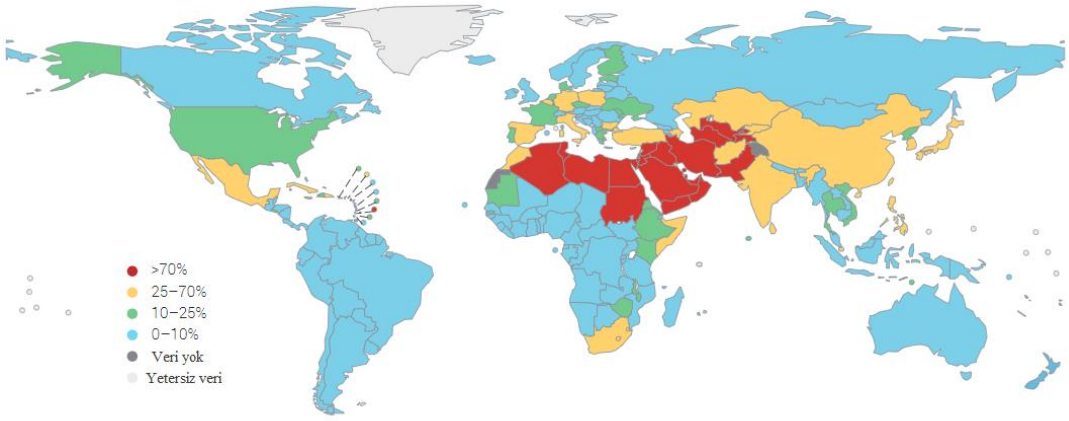


Şekil 1.7. Küresel su tüketimi (Hakyemez, 2019).

Su kıtlığı sorunu gelecekte en önemli problemlerden biri olacaktır. Geçtiğimiz 50 yıl boyunca, su kaynaklarının miktarı aynı kalmasına rağmen, su çekimi üç kat artmıştır. Dünyanın birçok yerinde yer altı suyu çekimleri, geri besleme ve sürdürülebilir su miktarının üzerindedir (Muluk vd., 2013). Gelecekte, nüfus artışı göz önüne alındığında kişi başına düşen su miktarının azalacağı ve sınırlı su kaynağına sahip bölgeler başta olmak üzere birçok bölgede su kıtlığı sorunları yaşanacağı öngörülmektedir. FAO'ya göre 1995 yılında su stresi ve su kıtlığı ile mücadele etmek zorunda olan nüfusun dünya nüfusuna oranı sırası ile %29 ve %12 iken bu oranların 2025 yılında %34 ve %15'e yükseleceği öngörülmektedir. Ayrıca 2050 yılında ise su sıkıntısı çeken ülke sayısının 54'e yükseleceğini ve bu şekilde yaşamak zorunda olan insan sayısının ise 4 milyara yükseleceğini belirtmiştir (Doğangönül ve Doğangönül, 2009).

Avrupa ülkelerinde günlük ortalama su tüketimi kişi başına 220 litredir. Kuzey Amerika ve Japonya'da kişi başına 350 litre iken, Afrika'da kişi başına sadece 10-20 litredir. Hindistan, Çin, ABD, Pakistan, Japonya, Tayland, Endonezya, Bangladeş, Meksika ve Rusya en büyük su kullanıcılarıdır Dünya nüfusunun beşte biri temiz içme suyuna erişememektedir ve nüfusun yarısı da hıfzıssıhha sisteminden yoksundur. Dünya sağlık örgütü istatistiklerine göre, her yıl en az 3-4 milyondan fazla kişi ve ishalden ölen 2 milyondan fazla çocuk su kaynaklı hastalıklardan dolayı hayatını kaybetmektedir (UNESCO WWAP, 2012).

Yüksek su stresi yaşayan ülkelerde 2 milyardan fazla insan yaşamaktadır. Küresel ölçekte su stresi %11 olmasına rağmen, 31 ülkede bu oran %25-%70 (minimum su stresi eşiği), 22 ülkede %70 üzerindedir. Şekil 1.8'de görülen haritada fiziksel su stresi çevresel su gereksinimleri de dahil olmak üzere tüm sektörler tarafından yıllık olarak çekilen tatlı suyun ve yenilenebilir tatlı su kaynaklarının toplamı olarak ifade edilmektedir. İklim değişikliğiyle birlikte kurak alanlar daha kurak hale gelecektir ve bu durumda su stresi seviyesini ciddi şekilde artıracaktır (UNESCO WWAP, 2012).



Şekil 1.8. Küresel ölçekte fiziksel su stresi (UNESCO WWAP, 2012).

Dünyada su kaynaklarının sürdürülmesi konusunda birçok strateji geliştirilmiştir ve halen geliştirilmektedir. Uluslararası düzeyde su konusu ilk olarak, 1972 yılında Stockholm'de yapılan Birleşmiş Milletler (BM) İnsan Çevresi Konferansında çevre ile ilgili 26 ilkeden birinde yer almıştır. Bu ilke "su, toprak hava ve doğal ekosistemlerin gelecek nesiller için planlama ve yönetim yoluyla korunması" şeklindedir.

Bu konuda ilk küresel aktivite ise 1977 yılında Mar del Plata'da (Arjantin)'de gerçekleşen BM Su Konferansı'dır. Konferans metninde ''Sosyo-ekonomik koşullar ve kalkınma düzeyi ne olursa olsun, bütün halkların temel ihtiyacını karşılayacak miktarda ve kalitede suya erişim hakkı vardır'' denmiştir. Konferansın ardından UNESCO Dünya Su Programı'nı başlatmıştır (Onuncu Kalkınma Planı, 2014).

1987 yılında Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu'nun hazırladığı Bruntland 'Ortak geleceğimiz' raporunda "sürdürülebilir kalkınma" kavramı ortaya çıkmıştır. Kent bilim Terimleri Sözlüğü'nde, "doğal kaynakların ve çevre değerlerinin savurgan kullanımına yol açmayacak şekilde akılcı yöntemlerle, günümüz ve gelecek kuşakların hak ve yararları da göz önüne alınarak kullanılması ilkesinden özveride bulunmaksızın, ekonomik gelişmenin sağlanmasını amaçlayan çevreci dünya görüşü" olarak tanımlanmıştır (Keleş, 1980).

Brundtland 'Ortak geleceğimiz' Raporu'nda geniş çapta kabul gören sürdürülebilirlik tanımı, "sürdürülebilir kalkınmanın, gelecek nesillerin kendi

ihtiyaçlarını karşılama yeteneğinden ödün vermeden mevcut kuşağın isteklerini ve ihtiyaçlarını karşılaması" olarak belirtilmektedir. Bu nedenle, sürdürülebilir çözümler bugünün ihtiyaçlarını karşılarken "geleceğin" gereksinimlerini ihmal etmemelidir (Hoyer vd., 2011).

Su sorunlarını uluslararası alanda kesin biçimde ele almak adına Dünya Su Forumu başlatılmıştır. Dünya Su Forumu her üç yılda bir Dünya Su Konseyi ve ev sahibi bir ülke tarafından gerçekleşmektedir. Herkese açık ve katılımcı şekilde düzenlenen forum, paydaşların entegre edilmesine yönelik çalışmaktadır. Burada amaç su ile ilgili sorunların politik olarak önemini artırmak, 21. yüzyıl uluslararası su sorunlarının çözümlenmesini desteklemek ve öneriler üreterek politik sonuçlar elde etmektir. 1992 yılında Rio Zirvesi'nde ''Sürdürülebilir kalkınma'' tüm insanlığın 21. yüzyılda ortak hedefi ile çevre ve kalkınma sorunlarıyla başa çıkılmasına ve bu kapsamda ilkeler ve eylem alanlarını ortaya koyan ''Gündem 21'' isimli eylem planı hazırlanmıştır.

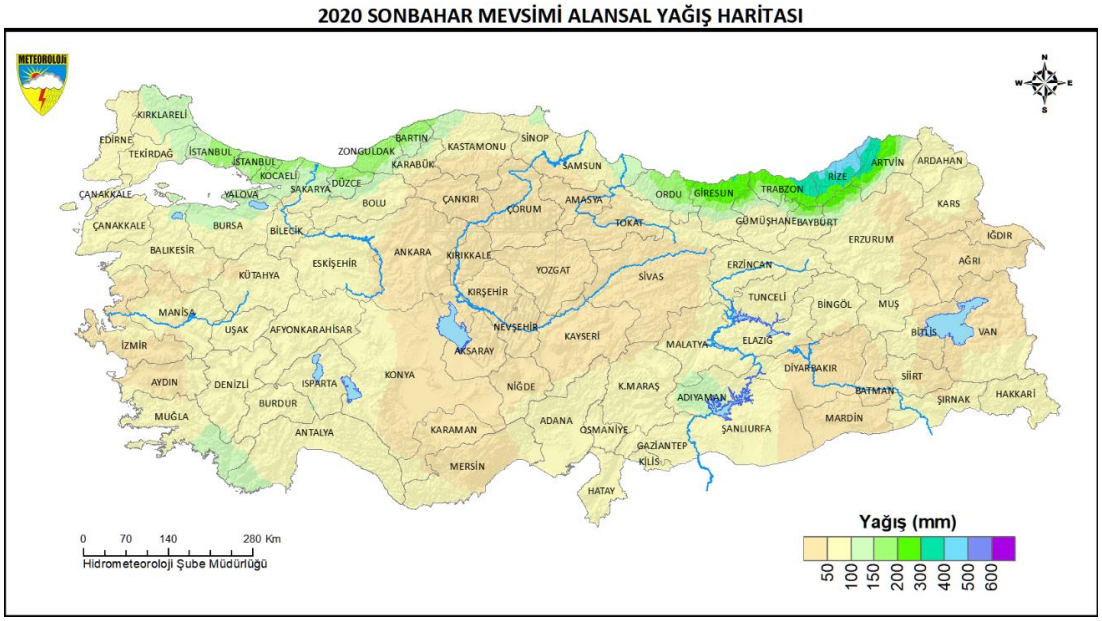
Küresel olarak su kaynakları ile ilgili en önemli kararlar 2000 yılında düzenlenen BM Binyıl Konseyi'nde alınmıştır. Ulusal kalkınma hedeflerinde (Millennium Development Goals), yoksulluk sınırının altında yaşayan ve su kaynaklarına erişemeyen insanların oranını 2015 yılına kadar yarıya indirmek hedeflenmiştir. Bu kapsamda sürdürülebilir kalkınmanın sağlanması için bütünleşik su yönetiminin önemli bir yaklaşım olduğu kabul edilmiştir (Onuncu Kalkınma Planı, 2014). 2009 yılı Birleşmiş Milletler Dünya Su Gelişim Raporuna göre; sel felaketleri ve kuraklık gibi suya bağlı felaketlerin sıklığı, 1996 ile 2005 yılları arasında görülen felaketler 1950-1980 yılları arasında görülenden iki kat daha büyük ve beş kat daha fazla hasara neden olmuştur. İklim değişikliği göz önüne alındığında önümüzdeki yıllarda kuraklık ve sel olaylarının sıklığının artacağı düşünülmektedir (Hoyer vd., 2011). Brundtland Raporu, Rio bildirgesi ve Gündem 21'den bu yana, sürdürülebilir drenaj sistemleri tasarımında sürdürülebilirliğin sağlanması için geleneksel yaklaşıma alternatif bir sistemin geliştirilmesi desteklenmiştir (Zhou, 2014).

1.2.2. Türkiye'de Suyun Durumu

Su kaynakları, çevresel, sosyal ve ekonomik kriterler açısından israf edilmeden ve kalitesi korunarak tüm kullanıcılara hakça tahsis edildiği sürece etkin kullanılacaktır. Bu

kriterlerin sağlanabilmesi adına sürdürülebilir su yönetimi ilkelerinin benimsenmesi ve uygulanması gerekmektedir (Onuncu Kalkınma Planı, 2014).

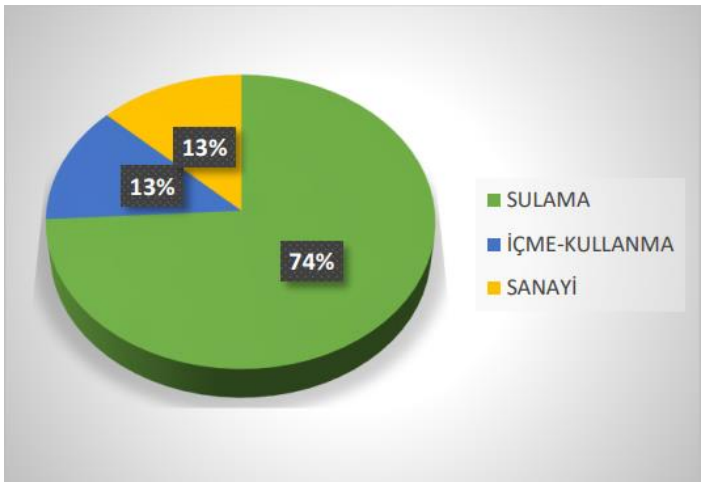
TÜİK'in 2017 yılı adrese dayalı nüfus verileri kullanarak yaptığı hesaplamaya göre, Türkiye'nin kişi başına düşen yıllık kullanılabilir su miktarının yaklaşık 1.400 m^3 olduğunu belirtilmiştir. Kişi başına düşen su miktarı yaklaşık 1.400 m^3 baz alındığında, Türkiye bu miktar ile su azlığı olan ülkeler arasına girmektedir. Türkiye'nin nüfusunun 2040 yılında yaklaşık 100 milyona ulaşacağı düşünülmektedir. Bu durumda kişi başına düşen su miktarının 1.120 m^3 olacağını ve ülkenin su sıkıntısı çeken bir ülke durumuna gelebileceğini göstermektedir. 1981-2017 yılları arasında yıllık ortalama yağış miktarı 574 mm olup, bu yağış yılda ortalama 450 m^3 hacminde yağış demektir (Şekil 1.9) (Ulusal Su Planı, 2019).



Şekil 1.9. 2020 Sonbahar Mevsimi Yağış Haritası (Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 2020).

Ülke genelinde bu yağış miktarının yaklaşık 172 milyar m^3'ü akışa geçmektedir. Bu suyun %74'ü yani 40,0 milyar m^3'ü sulama suyu, %13'ü yani 7 milyar m^3'ü içme ve kullanma suyu, %13'ü yani 7 milyar m^3'ü sanayi suyu ihtiyaçlarının giderilmesinde kullanılmaktadır (Şekil 1.10). 2017 yılı için, tüketilen suyun %72,2'si yani 39 milyar m^3'ü yerüstü sularından ve %27,8'i yani 15 milyar m^3'ü yeraltı sularından sağlanmaktadır. Tarımsal sulama ile sulama verimi düşük olan bölgelerde drenaj kanallarına geri dönen

sulama suları, tarım ilaçları ve gübre kullanımları ile taşınarak su kalitesini olumsuz etkilemektedir. Kırsal alandan kentsel alana göç ve nüfusun artışıyla birlikte tarım sektörüne olan talep giderek artmaktadır. Bununla birlikte sanayi sektörü de hızla gelişmiştir. Sanayi sektörü de su miktarından çok su kalitesine olumsuz etki yapmaktadır. Sağlıklı suya ulaşımın dengesini sağlamak adına sektörler arası su kullanım ihtiyaçlarının doğru belirlenmesi gerekmektedir. Türkiye'de toplam tüketilen su miktarı son 20 yılda %40 oranında artmıştır. Hızlı nüfus artışı dahil olmak üzere tarım, sanayi, enerji gibi suyu kullanan sektörlerin büyümesi göz önüne alındığında, önümüzdeki 25 yıl içinde su tüketiminin günümüzün üç katına çıkacağı öngörülmektedir (Ulusal Su Planı, 2019).



Şekil 1.10. 2017 yılı su tüketimleri (Ulusal Su Planı, 2019).

1988 yılında Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği yayınlanmıştır. Yönetmelikte su kaynaklarını ve su kaynak potansiyelini korumak, su kaynaklarını ekonomik ve sosyal kalkınma hedeflerini yönetmek, su kirliliğinin önlenmesini sağlamaktır (Şahin, 2010). 23 Haziran 2017 tarihinde ''Yağmursuyu Toplama, Depolama ve Deşarj Sistemleri Hakkında Yönetmelik'' yayınlanmıştır ve planlama, tasarım, projelendirme, yapım ve işletmesine ilişkin usul ve esaslar kurgulanmıştır (Coşkun Hepcan, 2019). T.C. Kalkınma Bakanlığının Onuncu Kalkınma Planı kapsamında 2014-2018 yıllarını kapsayan Su Kaynakları Yönetimi ve Güvenliği raporu hazırlamıştır. Bu raporda izleme, değerlendirme ve denetim yetersizliği, ortak bir veri tabanı ve bilgi akışı olmaması, kurum/kuruluşlar arası uyum zayıflığı gibi hususlar, su kaynakları yönetiminde

karşılaşılan temel sorunlar olarak tespit edilerek su yönetimi alanına yönelik politikalar belirlenmiştir. 2016 yılında uygulamaya konulan 65. Hükümet Eylem Plan'ında da su kaynaklarının geliştirilmesi ile ilgili eylemler yer almaktadır. Ulusal ölçekli strateji, gelişim ve kalkınma planlarıyla birlikte, su yönetiminde sorumluluğu bulunan kurum ve kuruluşlarında su yönetimi ile doğrudan veya dolaylı olarak bağlantılı eylem planları vardır. Ayrıca T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından 2019-2023 yılları kapsamında Ulusal Su Planı hazırlanmıştır. Bu planda su ile ilgili mevcut ve gelecekteki su politikalarının belirlenmesi, iyileştirilmesi ve geliştirilmesi hedeflerine yer verilmiştir (Ulusal Su Planı, 2019).

1.3. Geleneksel ve Sürdürülebilir Yağmur Suyu Yönetimi

Günümüz kentlerinde yağmur suyunu kontrol etmek adına geleneksel sistemler kullanılmaktadır. Geleneksel yağmur suyu sistemleri, kentsel alanlarda akışa geçen suyu hızlı bir şekilde toplayarak alandan uzaklaştırmak ve alıcı ortama iletmeyi amaçlamaktadır (Şekil 1.11). Alıcı ortamlar kanalizasyon şebekeleri, su arıtma tesisleri ya da genellikle deniz, göl ve akarsu gibi alanlardır. Geleneksel sistemler mazgallar ve borular gibi yapısal elemanlardan oluşmaktadır (Zhou, 2014).

Geleneksel (Konvansiyonel) yağmur suyu sistemlerinde;

- Konvansiyonel sistemler, yağmur suyunu yüzeyden olabildiğince uzaklaştırmak üzere tasarlanmıştır, ancak bu durum yağmur sularının da toplanmasına, yer altı sularına karışamamasına ve yer altı su seviyelerinin düşmesine neden olmaktadır. Aynı zamanda bu durum içme suyu kaynaklarında sınırlamalara yol açmaktadır.
- Geleneksel yağmur suyu sistemleri infiltrasyon ve evapotranspirasyonu azaltmaktadır. Bu durum kentlerin iklimini olumsuz etkilemekte ve kentlerde kentsel ısı adası etkisi yaratmaktadır.
- Geleneksel yağmur suyu sistemleri yoğun yağışlı dönemlerde taşma riski taşımaktadır. Bu taşkınlar kirli suyun nehirlere ulaşmasına ve ortama kirlilik yayılmasına neden olabilir (Hoyer vd., 2011)

Geleneksel yağmur suyu sistemleri kullanımından dolayı su erozyonu ve taşkınların meydana getirdiği hasarlar ve kayıplar, ısı adası etkisi, sulama ihtiyacı, artan sulama maliyetleri, su kaynaklarında oluşan kirlilik ve kısıtlamalar nedeniyle bu

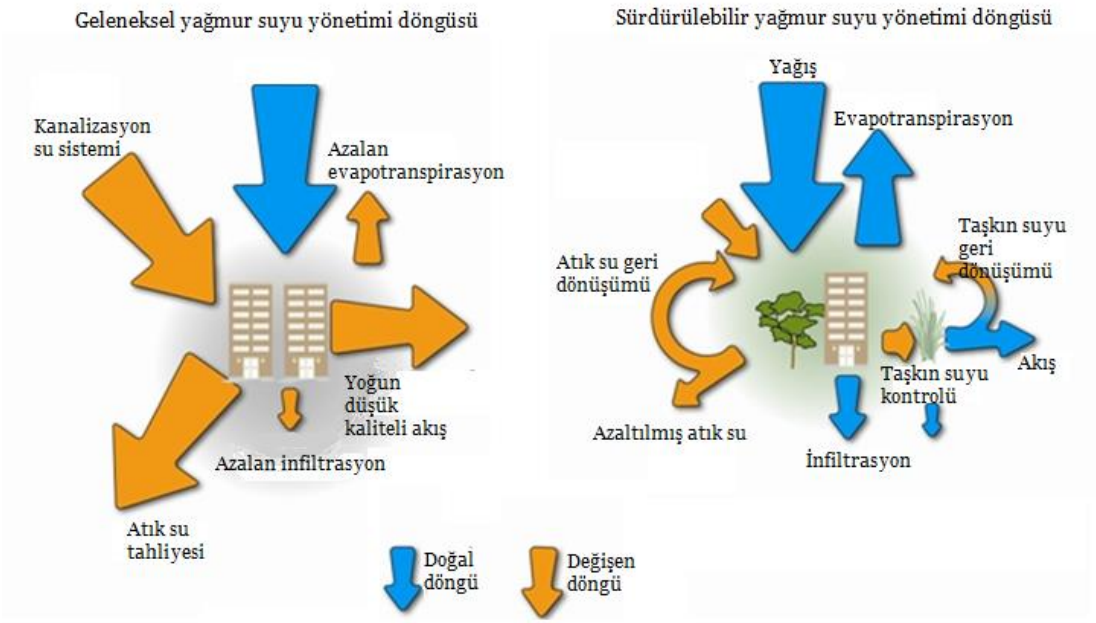
sürdürülemez duruma çözüm yolları üretilmesi gerekliliği oluşmuştur (Huber, 2010). Bu kapsamda sürdürülebilir yağmur suyu sistemleri gündeme gelmiştir. Bu sistemlerin aynı zamanda kentsel su kalitesini koruması, rekreasyon değerini sağlaması, yer altı sularını desteklemesi, ekolojik döngüyü koruması gibi önemli hususları da göz önüne alması gerekmektedir (Zhou, 2014).

Sürdürülebilir yağmur suyu yönetim sistemlerinin amacı suyun doğal döngüsünü korumak, yüzeysel akışın miktarını ve kalitesini kontrol etmek, olumsuz etkileri en aza indirmek, biyoçeşitliliği desteklemek, hidrolojik ve ekolojik döngünün doğal olarak devam etmesini sağlamaktır.

Sürdürülebilir yağmur suyu sistemlerinde;

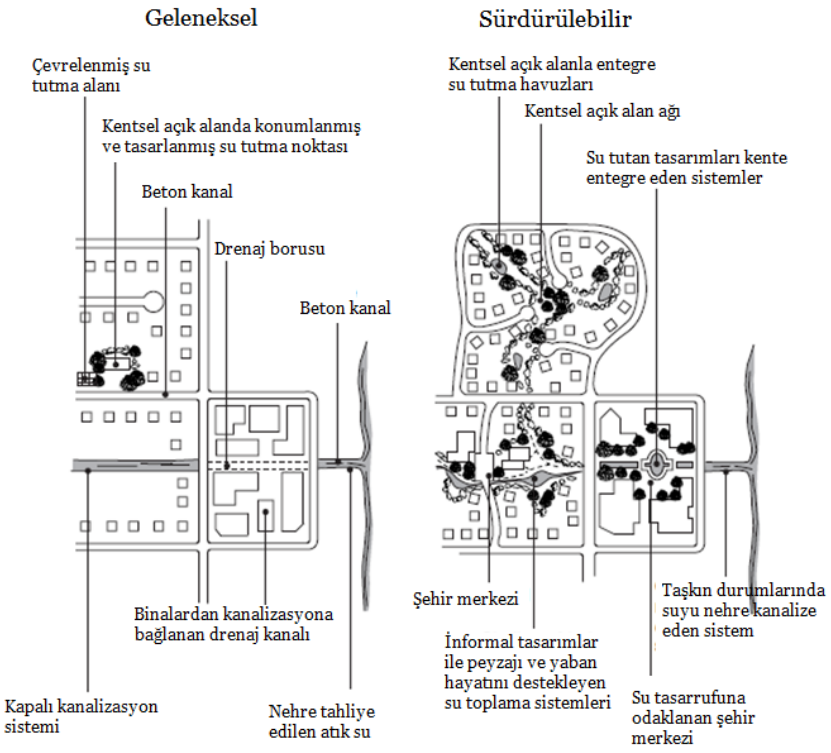
- Kentsel alanlarda yüzeysel akış miktarını azaltmak ve su kalitesini sağlamak,
- Kentlerde taşkın riskini en aza indirmek adına akış kontrolü,
- Akiferleri (Sutaşır) şarj ederek, doğal yer altı sularına yağmur sularının karışmasını sağlamak,
- Kentsel alanlarda yaban hayatı için habitatlar oluşturmak, biyoçeşitliliği desteklemek,
- Yüzeysel akışın getirdiği kirliliği tutup, suyun kalitesini artırmak amaçlanmaktadır (Woods Ballard vd., 2015).

Ayrıca sürdürülebilir sistemler; flora ve fauna varlığını korumak, doğal su yollarını korumak, toprağın ve atmosferin kirlenmesini önlenmek ve çevreyi iyileştirerek insanların yaşam kalitesine ve refahına katkıda bulunmaktadır (Butler ve Parkinson, 1997). Peter Stahre'ın 2006 yılında yayınlanan ''Sustainability in urban storm drainage: planning and examples'' isimli kitabında sürdürülebilir yağmur suyu yönetimi sistemlerinin kentin estetik, biyolojik, kültürel, ekolojik ve ekonomik açıdan iyileşmesine katkı sağladığını söylemiştir (Echols ve Pennypacker, 2015).



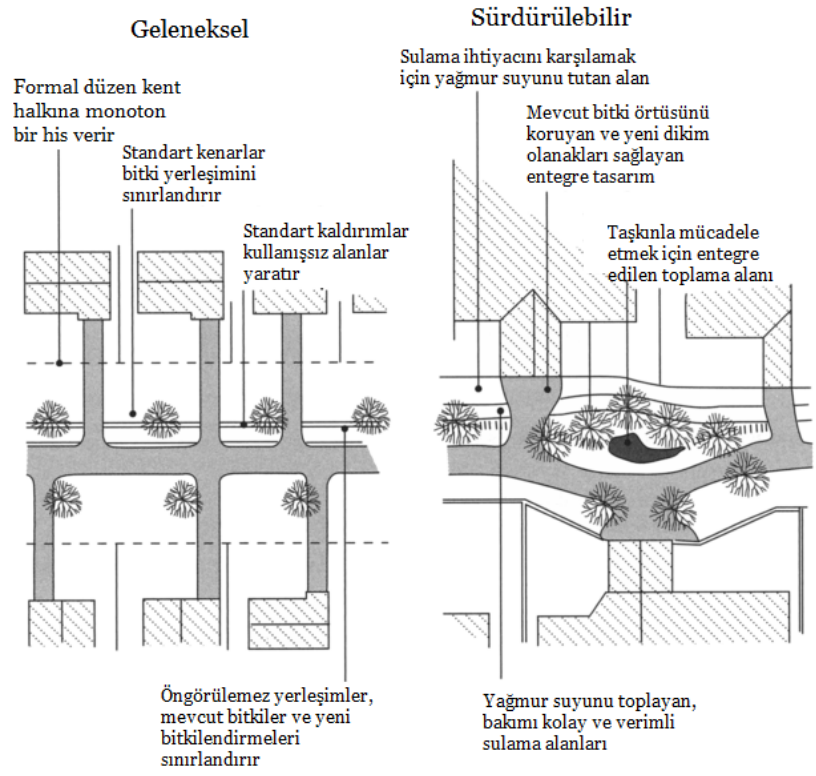
Şekil 1.11. Geleneksel ve sürdürülebilir yağmur suyu yönetimi döngüsü (Senn, 2013'den uyarlanmıştır).

Su duyarlı konut düzenlemesinde, konut blokları drenaj kanallarına ve kentsel açık yeşil alanlara açılan bütünleşik sistemlerdir (Şekil 1.12). Bu sistemler kullanım fonksiyonlarını iyileştirir, kente yerel kimlik sağlayarak refahı artırır. Bakım masraflarını düşürür. Kamusal açık yeşil alan sağlayarak suyun bu alanlardan yönlendirilmesine yarar (Victoria Stormwater Committee, 1999).

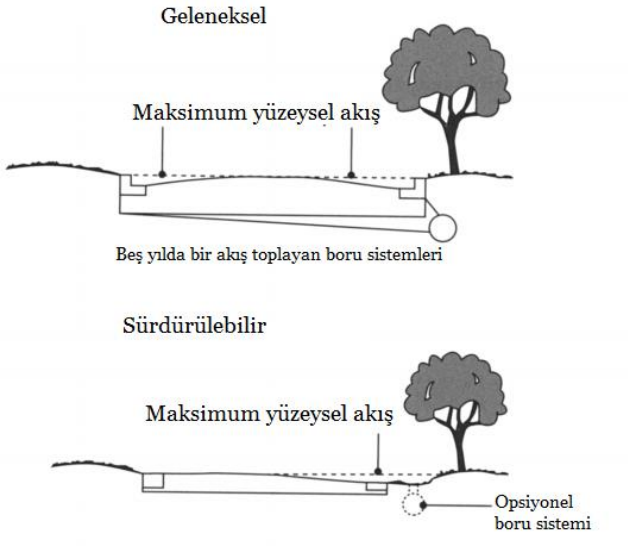


Şekil 1.12. Konut düzenlemesi (Victoria Stormwater Committee, 1999'dan uyarlanmıştır).

Su Duyarlı Yol düzenlemesinde, arazinin topoğrafyası ve doğal özellikleri göz önüne alınmalıdır (Şekil 1.13). Sürdürülebilir yağmur suyu sistemleri, yağmur suyunu kaynağa en yakın şekilde yönetmeyi, yüzeysel akışı azaltmayı ve su kalitesini artırmayı sağlamaktadır (Şekil 1.14) (Victoria Stormwater Committee, 1999).



Şekil 1.13. Yol düzenlemesi (Victoria Stormwater Committee, 1999'dan uyarlanmıştır).



Şekil 1.14. Yol kesiti (Victoria Stormwater Committee, 1999'dan uyarlanmıştır).

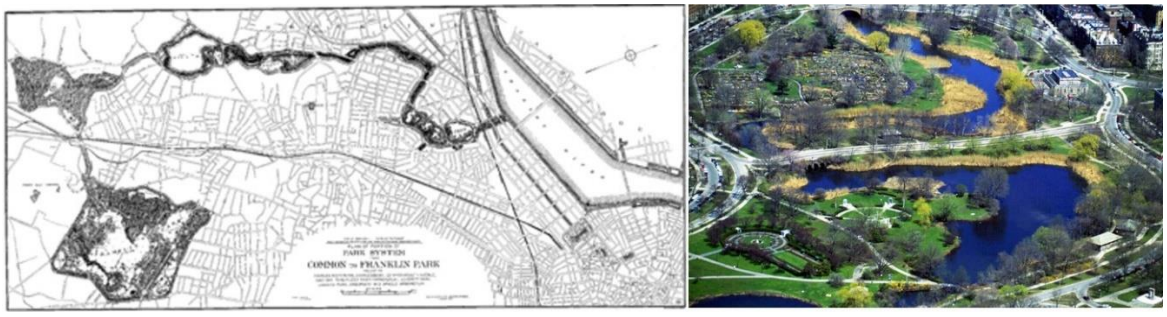
1.4. Peyzaj ve Su Yönetimi

Geçmişte nehir sistemleri ekonomik büyüme adına kontrol altına alınmıştır. Ulusları entegre etmek için karayolları, demiryolları ve enerji altyapıları inşa edilmiştir. Kentlerin doğası bozulmuş ve tek amaçlı inşa edilen altyapı sistemleri doğal alanların kültürel ve kentsel açıdan tahrip edilmesine yol açmıştır (Nijhuis ve Jauslin, 2015). Kentsel su sistemleri toplumların çeşitli ihtiyaçlarını karşılamak adına kurulmuştur. En tipik su sistemi örnekleri arasında merkezi su sistemi, kanalizasyon ve drenaj altyapısı sistemlerinden bahsedilebilir. Bu altyapı türlerinin stratejik yönetimi geleneksel olarak teknik çözümlere odaklanan ve belirsizliği azaltmayı amaçlayan, radikal alternatifleri göz ardı eden, rasyonel olarak maliyet-fayda değerlerine dayanan ve komut-kontrol mekanizması ile karakterize edilen sistemlerdir. Bu sistemler toplumlara geçmişte uzun süre hizmet etmiştir. Ancak günümüzde sosyopolitik güçler, iklim değişikliği, sınırlı kaynaklar, kentsel ortam ve ekolojik düzenin giderek önemli hale gelmesi ile küresel olarak kentlerde sorunlar yaşanmış ve su sistemleri giderek zorlanmaya başlamıştır (Ferguson, Frantzeskaki, Brown, 2013). Suyu dağıtma, depolama ve geri dönüştürmeyi içeren su altyapı sistemleri, alanın coğrafyası, topoğrafyası, hidrolojisi, iklimi ve ekolojisi hakkında bilgi sahibi olarak tasarlanmalıdır (Stokman, 2008). Altyapıların ekosistemler, toplum ve ekonomik esnekliği giderek artırması yönünde uluslararası bir kabul vardır. Dünyada henüz suya duyarlı şehir örneği ya da bunu tanımlamak için kabul edilmiş resmi ve kesin göstergeler mevcut değildir. Ancak bu durum devletler, toplumlar, planlama kuruluşları, su sektörü ve akademi tarafından uluslararası çapta kabul görmeye başlamıştır (Ferguson vd., 2013).

Tarihsel açıdan bakıldığında kültürel peyzajlar ile havzalar birbiri ile yakından ilişkili olup su akışı peyzajda en önemli faktörlerden biridir (Stokman, 2008). 18. yüzyılın ikinci yarısından itibaren altyapı, peyzaj tasarımcıları tarafından peyzaj alanlarının ayrılmaz bir parçası olarak görülmüştür. 19. yüzyılda Avrupa'daki sanayi devrimi sırasında, parklar sağlıklı şehirler için önemli bir altyapı olarak kabul edilmiştir. 1940'lı yıllardan itibaren peyzaj mimarları ve kentsel tasarımcılar enerji üretimi, taşkın alanları, sanayi alanları, otoyollar ve kentsel tarım alanı uygulanmalarına da dahil olmuşlardır. Ekolojik yaklaşım, açık alan, orman alanı, yaban hayatı habitatları, parklar ve doğal alanlar temiz hava ve su sağlayan doğa ve çevre temelli teknikleri kullanarak şehirleri sürdürülebilir altyapılar haline getirmektedir. Peyzajı altyapı olarak kavramak, peyzajı

kentsel gelişim ile tanımlayan ve sürdürülen işlevsel bir alan olarak ele alan, ekolojik ve ekonomik süreçleri biçimlendiren tasarım anlayışı ile hedefe yönelik bir yaklaşım olarak karakterize edilebilir. Bu konuda öncü olan yayınlar arasında peyzaj fikrini bir altyapı olarak tanımlayan Strang (1996) ve altyapı şehirciliği kavramını tanımlayan Allen (1999) yer almaktadır (Nijhuis ve Jauslin, 2015).

Peyzaj, doğanın doğal döngüsünü mühendislik ve kentsel tasarım süreçleri ile ilişkilendirerek mevcut altyapı anlayışını genişletme yeteneğine sahiptir. Yapılı ve doğal olanı birleştirerek, sürdürülebilir kentsel ve bölgesel formun temelini oluşturan altyapı peyzajları yaratılabilir. Peyzaj mimarlığının öncülerinden olan Frederick Law Olmsted'in, Boston'da bulunan "Zümrüt Kolye" park önerisi, sulak alanların saflaştırılması, ekolojik restorasyon, estetik ve eğlence değeri olan bir park olarak 1880'lerin başında sel yönetimi fikirlerini bütünleştiren bir yaklaşım olarak kabul edilmektedir (Stokman, 2008) (Şekil 1.15).



Şekil 1.15. 'Zümrüt kolye' Boston park (Thompson, 2013).

Gelişen kentlerde su altyapılarına bakıldığında doğal süreçleri içeren sistemlerin gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Ekolojik süreçleri ortadan kaldırarak, yerine teknik sistemler kullanmak ve bu sistemlere para yatırmak yerine; ekolojik süreçleri ve doğal sistemleri kentsel yerleşimlere ve planlara kapsamlı bir şekilde uygulamaya ihtiyaç vardır. Dinamik ve kendini yenileyen doğal süreçlerden faydalanan kentsel peyzajlar ''yapay ekolojiler'' gibi hareket etmektedir. Geleneksel sistemlere göre daha az teknik müdahale ve kontrol gerektirir, ekolojik toleransı yüksektir, estetik ve rekreasyon değeri

sunar. Bu düşünce ile kentsel sistemlerin sürdürülebilir tasarımlar için uygulanabilir çözümler sunmaktadır (Stokman, 2008).

BÖLÜM 2

SU YÖNETİMİ İLE İLGİLİ KAVRAMLAR

Gelişen kentler, iklim değişikliği, değişen yağış rejimleri ve yükselen deniz seviyeleri sebebi ile olumsuz risk altına girmektedir. Özellikle kıyı alanlarındaki mega kentlerin çoğu, yer altı sularının geri çekilmesi nedeniyle çökmeye eğilimli olan jeolojik tabakalar üzerinde yer almaktadır. Kentler deniz seviyelerinin yükselmesi ile taşkın risklerinin artması ve tatlı suların tuzlanması gibi ciddi sorunlarla karşılaşabilir (Nicholls, 1995). İklim değişikliği nedeni ile dünyada Londra, New Orleans, Tokyo, Houston, Meksika, Venedik, Bangkok gibi birçok gelişmiş şehir risk altında olup yükselen su seviyeleri ile mücadele etmektedir (Dolan ve Goodell, 1986). Nicholls (1995) çalışmasında; hızla kentleşen ve sayısı artan mega kentleri ve gelecekte yükselen deniz seviyelerinin bu kentlerde risk oluşturduğunu analiz eden bir çalışma gerçekleştirmiştir. İklim değişikliğinin yanı sıra kentlerde artan geçirimsiz yüzeyler de toprağın sızdırmazlığını azaltmıştır. Bu durum bitkisel dokunun azalmasına sebep olmuştur. Taşkınların oluşması ile kentlerde kanalizasyon sistemleri yetersiz gelmeye başlamıştır. Kentsel alanlarda yüzeysel akışa geçen yağmur suyu kimyasal maddeleri bünyesine alarak kirlenmekte ve bu durumda atmosferdeki suyun kirlenmesine neden olmaktadır. Tüm bu etkenler toprak kirliliği, su kirliliği, hava kirliliğini tetiklemekte ve yüzey sularının varlığını tehlikeye atmaktadır (Poleto ve Tassi, 2012). 20. yüzyıla gelindiğinde yağmur suyu drenaj sistemleri ile bazı çevre sorunlarının bağlantılı olduğu ortaya çıkmıştır. Böylece yeni bir drenaj konseptini uygulamaya geçirmek ve yalnızca halk sağlığı açısından değil aynı zamanda çevre sağlığı açısından da dikkat edilmesi gerektiği vurgulanmıştır. 1990'lardan bu yana, kentsel planlama ilkeleri doğal ekosistemleri taklit etmek ve yeşil alanlarla su döngüsünü olduğunca desteklemek üzere evrilmeye

başlamıştır. Kentsel kalkınma ile yağmur suyu kalitesini yönetmek, yeşil alanlar oluşturarak taşkın risklerini azaltmak, içilebilir ve içilemez yağmur suyu hasadı, kentsel ısı adası etkisini azaltmak, toplumun refahını ve kentsel çevrenin estetiğini artırmak konuları önem kazanmıştır (Radcliffe, 2019).

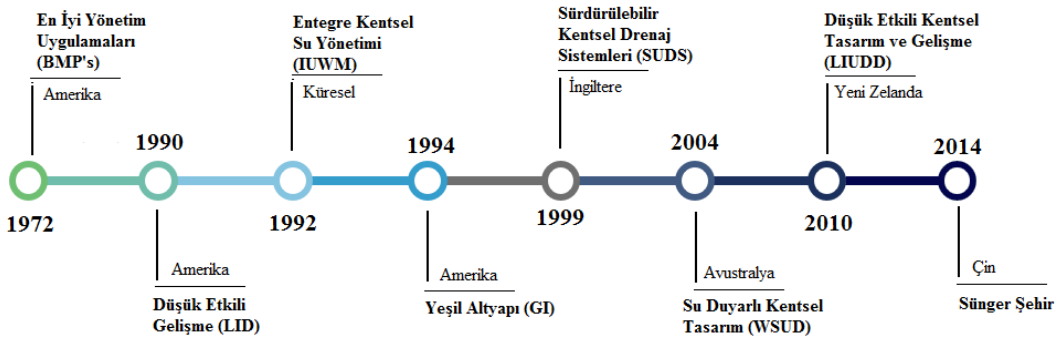
Hükümetler arası iklim değişikliği paneli (IPCC) ile 2013 yılında hazırlanan ‘’İklim Değişikliğinin Fiziksel Bilim Temeli’’ raporunda; 1901-2011 yılları arasında küresel sıcaklıkların yaklaşık 0.9° C artığı ve sanayi devriminden öncesine bakılarak yüzey sıcaklıklarının 2°C yüksek olduğu ve son buzul arası dönemde, deniz seviyelerinin günümüzden en az 5 ve en fazla 10 metre daha yüksek olduğu belirtilmiştir. İklim değişikliği ile mücadele için önlemler alınmazsa kasırgaların, kuraklıkların artacağı ve deniz seviyelerinin giderek yükselmesi ile kentlerin risk altında kalacağı belirtilmiştir. Ayrıca karbondioksit (CO2), metan (CH4) ve diazotmonoksit (N2O) gazlarının atmosferik birikimlerinin yaklaşık son 800,000 yıllık dönemde hiç görülmediği kadar yüksek düzeye çıktığı belirtilmiştir (IPCC, 2013).

IPCC’nin 20-23 Eylül 2019 ‘da oluşturduğu ‘Değişen İklimde Okyanuslar ve Kriyosfer Özel Raporu’nda ise; deniz seviyelerinin giderek yükseldiğini ve emisyonlar azaltılmazsa 2100 yılından itibaren geçen yüzyıla göre deniz seviyelerinin 10 kat hızlı yükseleceğini bildirmektedir. Emisyonların artması durumunda ise 2300’de denizlerde 5,4 metreye kadar yükselme olabileceği konusunu vurgulamaktadır. Deniz seviyelerinin ise günümüze kadar 16 cm yükseldiği tespit edilmiştir (IPCC, 2019).

Tüm bu durumlar karşısında dünyada birçok ülke, kentsel yağmur suyu ile ilgili yeni stratejiler geliştirilmesini önermiştir. Kentsel ortamda yağmur suyu yönetimi adına doğal su akışının sürdürülebilirliğini sağlamak ve bozulan hidrolojik döngünün yerine doğal döngüyü taklit eden sistemlerin kullanılması önerilmiştir. Kentte sızdırmazlığı kaybolan ve yerini geçirimsiz yüzeylerin aldığı alanların yerine toprak alanlar oluşturarak sızdırma kapasitesini artıracak sistemlerin tasarlanması gerekmektedir. Bunun sonucunda yüzey akış alanı azalmakta ve taşma riskleri düşürülmektedir. Bununla birlikte yer altı sularının desteklenmesi ve su kalitesinin iyileşmesi sağlanmaktadır. Doğal su döngüsünü destekleyen tasarımlar kentsel çevrenin iyileşmesini sağlamaktadır (Poleto ve Tassi, 2012).

Son yıllarda çeşitli ülkelerde sürdürülebilir yaklaşımlar benimsenmiş ve bu yaklaşımlar farklı kavramlarla ele alınmıştır. Amerika'da ''En İyi Yönetim Uygulamaları'' yaklaşımı ile başlayan bu düşünce zamanla ''Düşük Etkili Gelişim'' gibi farklı kavramlara evrilmeye başlamıştır. 1972'de ABD'nin Temiz Su Yasası ile sürdürülebilir yağmur suyu kavramları da gelişmeye başlamıştır. Daha sonra Amerika'da ''Yeşil Altyapı'' terimi kullanılmış ve yalnızca yağmur suyu değil genel kapsamlı bir altyapı düşünülmüştür. İngiltere, ''Sürdürülebilir Kentsel Drenaj Sistemleri'' benimsenmiştir. Planlamacılar ve ülke yönetimi bir arada çalışarak su yönetimi ve havza yönetimi konuları ile ilgilenirler. Avustralya'da ''Suya Duyarlı Kentsel Tasarım'' benimsenmiştir. Ülkede planlar bölgelere göre değişiklik göstermektedir, her bölge kendi havzasına, altyapısına, iklim ve sıcaklığına, yerel su döngüsüne ve toplumun beklentilerine göre yağmur suyu yönetimi stratejisi oluşturmuştur. Yeni Zelanda'da ''Düşük Etkili Kentsel Tasarım ve Gelişme'' kavramı doğal döngüyü taklit eden ve biyoçeşitliliği destekleyen bir prensip olarak belirlemiştir. Küresel ölçekte ''Entegre kentsel su yönetimi'' yağmur suyunu tüm evrelerinde entegre bir şekilde ele alan sistemleri içermektedir. Çin'de son yıllarda hızla artan kentleşme ve sel baskınlarıyla birlikte yağmur suyunun doğal olarak korunmasını, sızmasını ve arıtılmasını sağlayacak ''Sünger Şehirler'' kavramı benimsenmiştir (Radcliffe, 2019).

Kentsel yağmur suyu yönetiminde terminolojinin gelişmesi, yerel ve bölgesel koşullardaki farklılıklar, su yönetim anlayışı farklılıkları sonucunda, dünyanın farklı yerlerinde aynı konuyu savunan farklı terimler ortaya çıkmıştır. Bu sebeple kavram karmaşasını önlemek adına Ellis, Chocat, Fujita, Marsalek, Rauch, (2004) ''Urban Drainage: A Multilingual Glossary (Kentsel Drenaj Çok Dilli Sözlüğü)''nü İngilizce, Fransızca, Almanca ve Japonca olmak üzere farklı dillerde yayınlamıştır. Bu sözlük yağmur suyu sistemlerinde kullanılan terimlerin tanımlarını yapmaktadır (Fletcher vd., 2014). Dünyanın farklı ülkelerinde ortaya çıkan strateji terimlerinin kapsamları temelde aynı şeyi savunmaktadır. Bunlar; sel baskınları ile mücadele etme, yeraltı su seviyelerinin desteklenmesi, yerel hidrolojinin ve doğal su döngüsünün desteklenmesi ve bunun yanı sıra su kalitesinin iyileştirilmesidir. Tasarım kılavuzlarında ilk olarak yapısal olmayan uygulamaların hayata geçirilmesini savunarak sürdürülebilirliğin sağlanmasına odaklanılmıştır (Fletcher vd., 2014). Dünyada yağmur suyu yönetiminin tarihsel terminolojisi Şekil 2.1'da gösterilmiştir.



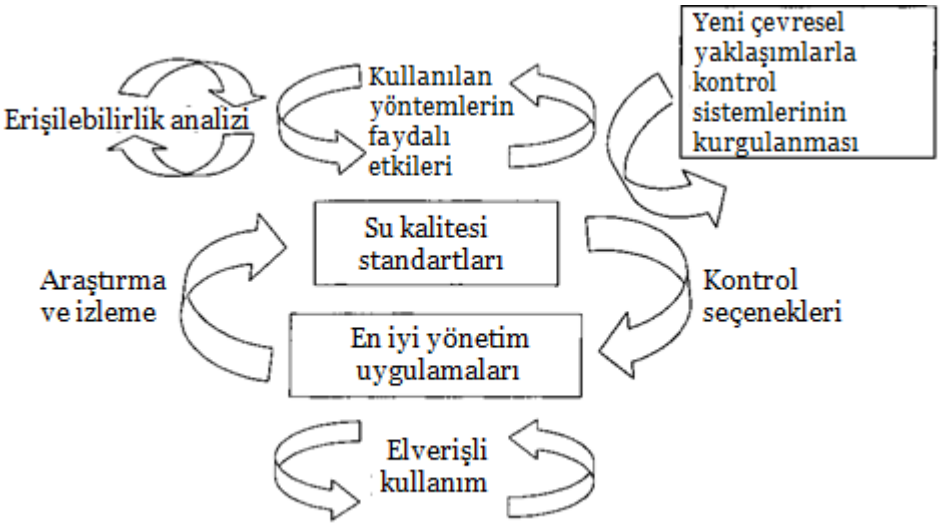
Şekil 2.1. Dünyada yağmur suyu yönetimi ile ilgili gelişen kavramlar (Fletcher vd., 2014; Hoyer vd., 2011; Radcliffe, 2019; TU Delft, 2018).

2.1. En İyi Yönetim Uygulamaları

Amerika Birleşik Devletleri'nde En iyi yönetim uygulamaları terimi, 1972'de Temiz Su Yasası'nın (CWA) (2011) bir parçası olarak ortaya çıkmıştır.1972 tarihli Federal Su Kirliliği Kontrol Kanunu, Ulusların sularının kimyasal, fiziksel ve biyolojik bütünlüğünü geri kazanma ve koruma hedeflerini belirlemiştir (EPA, 1993). Kavram, daha iyi arazi kullanım uygulamaları kavramından gelişmiştir ve kirlilik kaynaklarını kontrol etmek için kullanılır. Buradaki temel kararlardan biri, noktasal ve noktasal olmayan kirlilik kaynaklarının birbirinden ayrılarak en iyi yönetim uygulamalarının noktasal olmayan kirlilik kaynaklarına odaklanmasını önermiştir (Ice, 2004). Noktasal olmayan kirlilik kaynakları; tarım alanlarından ve kentsel alanlardan taşınan zararlı ve kimyasal maddeleri ifade etmektedir. Yüzey akışıyla birlikte zeminde bulunan kirleticiler taşınır ve kirlenen su göllere, nehirlere, sulak alanlara ve yer altı sularına ulaşır. Hükümet, noktasal olmayan kirliliğin su kalitesi sorunlarının önde gelen nedeni olduğunu belirtmektedir (EPA, 2018).

Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Kurumu olan EPA'ya göre; En iyi yönetim uygulamaları (BMP'ler), zararlı kimyasalların salınımını ve çevresel kirliliği önlemek adına Ulusal Kirletici Deşarj Giderim Sistemi (NPDES) yaklaşımının önemli bir parçasıdır. Bu kirlilik önleme yöntemlerinin, azalt, geri dönüştür ve yeniden kullan tekniği ile maliyeti ve kirlilik riskini azalttığı görülmüştür. Bu kavram atık su arıtma

sistemleri açısından tarihi bir değere sahip olup yapısal olmayan çözümlere odaklı gelişmiştir (Fletcher vd., 2014). Yöntem, maksimum düzeydeki yağışlarda, akış hacmini ve hızını azaltmak ve kirleticilerin kentsel alanlardan taşınmasını engellemek için kullanılır (Şekil 2.2).



Şekil 2.2. En iyi yönetim uygulamaları döngüsü (Ice, 2004'den uyarlanmıştır).

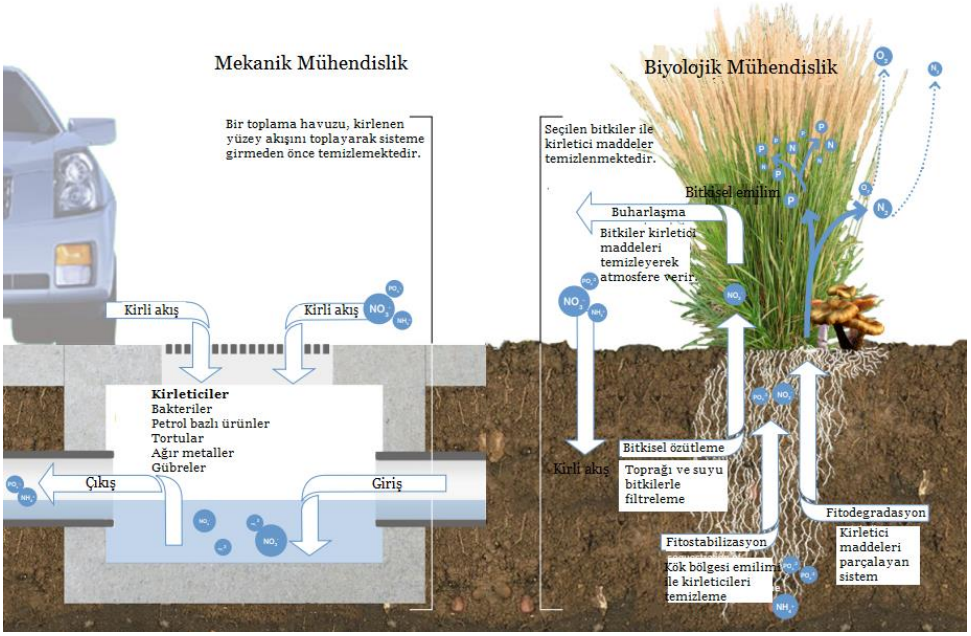
Yöntem uygulamaları peyzaj gerekliliklerine uygun olarak tasarlanıp, kentsel yeşil alan ve su tutma alanları olarak hizmet etmektedir. Uygulamaların toprak ve bitki örtüsü sistemleri yolu ile yüzeysel akışı azaltması ve kirleticileri engellemesi kentsel havza yönetimi için bir araç haline gelmiştir (Hunt, Kannan, Jeong, Gassman, 2009). En iyi yönetim uygulamaları kentsel alanlarda kullanıldığı gibi havza temelli sorunları çözmek içinde kullanılmaktadır. Doğru yöntem seçilmesinin yanı sıra uygulamanın sürdürülerek korunması da gereklidir. Havza yönetimlerinde alan özellikleri göz önüne alınarak hangi uygulamaların su kalitesinde iyileşmeyi sağlayabileceği değerlendirilmelidir (Meals, Dressing, Davenport, 2010). Yüzeysel akış ve kirletici maddelerin azaltılması için tüm havza alanı boyunca etkili bir yönteme ihtiyaç vardır, bu sebeple her havza farklı özelliklerde olduğundan araziye uygun tasarımlar geliştirilmelidir (Lee vd., 2012).

2.2. Düşük Etkili Gelişim

ABD'de 1990 yılında en iyi yönetim uygulamaları kavramının devamında ortaya çıkarak kabul edilmiştir. Düşük etkili gelişim kavramı ABD'de mevzuata geçmiş bir kavramdır ve ABD ile Kanada'da yağmur suyu yönetimi kavramı olarak bir temel oluşturmuştur (Fletcher vd., 2014). Barlow vd. (1977)'nin ABD Vermont'da arazi kullanım planlaması üzerine yazdıkları bir raporda, 'doğa yaklaşımı ile tasarım' anlayışını benimseyerek yağmur suyu yönetiminin en az maliyetle oluşturulması önerilmiştir.

EPA'ya göre Düşük etkili gelişim terimi (LID) ''Su kalitesini ve su habitatlarını koruyan, filtrasyon, infiltrasyon, evaporasyon ve evapotranspirasyon gibi hidrolojik süreçleri destekleyerek su miktarını ve kalitesini iyileştirmede doğal süreçleri taklit eden ve yüzeysel akış miktarını en aza indiren bir tasarım stratejisidir (Sadeghınazhad, 2019).

Yağmur suyu yönetimiyle birlikte yeşil alanları korumak ve geliştirmek amaçlanmaktadır. Doğal peyzaj özelliklerinin korunmasını, yağmur suyunu bir atık olarak görmekten ziyade bir kaynak olarak değerlendiren fonksiyonel alanlar yaratarak geçirimsizliği en aza, drenajı en yüksek seviyeye çıkarmak amaçlanmaktadır (Şekil 2.3). Kavramın faydaları; kentsel ısı adası etkisini azaltmak, yüzeysel akışı ve sel risklerini azaltmak, yer altı sularının şarjını sağlamak, enerji ve su tasarrufu sağlamak, maliyetleri azaltmak şeklinde sayılabilmektedir (EPA, 2009).



Şekil 2.3. Düşük etkili gelişim modeli (Huber, 2010'dan uyarlanmıştır)

Düşük etkili gelişim; alan planlamasında yağmur suyu yönetimi sistemlerini tasarımın ilk aşamalarında ele almalı, yağmur suyunu düştüğü alana mümkün olduğunca yakın yönetmeli ve çevreye duyarlı, doğal hidrolojiyi destekleyen alanlar yaratmalıdır (Ahiablame, Engel, Chaubey, 2012). Kavram, yağmur suyunu düştüğü alandan başlayarak akışa geçtiği tüm yüzeyler boyunca entegre bir şekilde yöneten, yağmur suyunu bir kaynak olarak gören ve taşkınları kontrol eden tasarımları içerir.

Düşük etkili gelişim tasarımında temel hedefler;

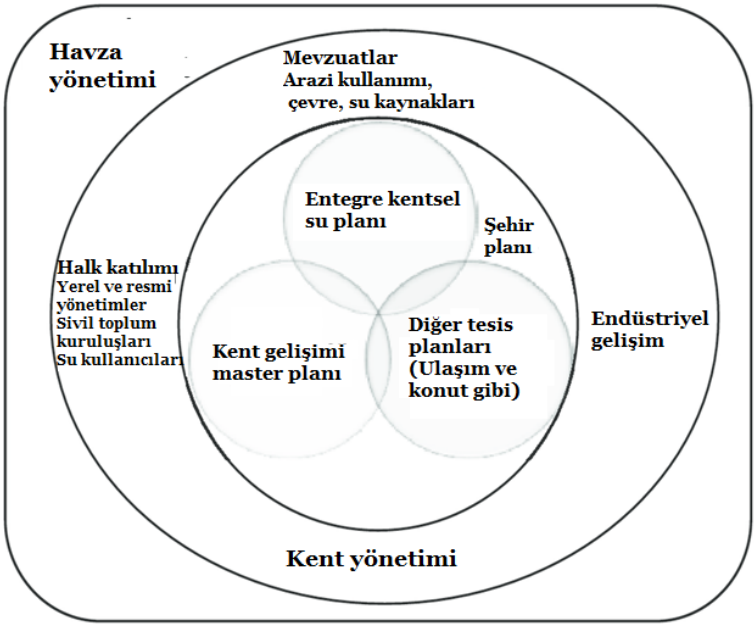
- Drenaj ağını geliştirmek ve havzalarla birleştiği alanları korumak,
- Yüzeysel akış hacmini ve hızını azaltmak,
- Kimyasal ve biyolojik kirleticileri temizleyerek su kalitesini artırmak,
- Biyolojik çeşitliliği desteklemek ve canlı yaşamı için toprağın su varlığını korumak,
- Mevcut sulak alanları desteklemek için yüzey ve yer altı suyu kaynaklarını şarj etmek,
- Kentsel taşkınları engellemek,
- İklim değişikliği etkilerini azaltılmak ve kentleri entegre etmek şeklinde sayılabilir (Ministry of the Environment and Climate Change, 2017).

2.3. Entegre Kentsel Su Yönetimi

Entegre kentsel su yönetimi, su politikaları konusunda tüm hükümetler tarafından ve her ekonomik kalkınma düzeyinde benimsenmiş küresel ölçekli bir su yönetim planlamasıdır. Küresel Su Ortaklığı (Global Water Partnership) tarafından "ekosistemlerin sürdürülebilirliğinden ödün vermeden, ekonomik ve sosyal refahı eşit bir şekilde maksimize etmek için su, toprak ve ilgili kaynakların koordineli gelişimini ve yönetimini teşvik eden bir süreç" olarak tanımlanmaktadır. Hem ekolojik hem de kent halkının yararına olan ortak hedefleri desteklemektedir (Jensen ve Nair, 2019).

Niemczynowicz (1999), entegre kentsel su yönetiminin arazi kullanım planlaması, kent ve peyzaj planlaması, enerji tasarrufu, ekonomi, sosyal ve kültürel sistemlerin bütünleştiğini savunmuştur. Bu kapsamda entegre kentsel su yönetimi ilkelerini; su döngüsünü, yer altı, yerüstü, doğal ve yapay sistemler olarak tanıyarak, tüm süreçlerini desteklemek, antropojenik ve ekolojik açıdan yağmur suyunun durumunu dikkate almak, kentte tüm paydaşların görüşlerinin alındığı bir yol izlemek, çevresel, sosyal ve ekonomik açıdan suyun sürdürülebilirliğini desteklemek olarak sıralayabiliriz (Niemczynowicz, 1999) (Şekil 2.4).

Entegre kentsel su yönetiminin temel amacı kentsel su yönetimi açısından işlevselliği sağlamaktır. Bu işlevselliğin içinde; rekreasyon alanları yaratılması, ekosistemin korunması, enerji tasarrufu ve zararlı gazların emisyonlarını sağlama ve bu sebeple düşen maliyetler, yer altı suyu yönetimi, biyoçeşitliliğin korunması, yağmur suyu kirliliğini önleme, halk sağlığına katkıda bulunulması, taşkın koruması ve yağmur suyu akışının yönetilmesi, yağmur suyu kalitesinin artırılması sayılabilir (Mitchell, 2006).



Şekil 2.4. Entegre kentsel su yönetimi modeli (Parkinson, Goldenfum, Tucci, 2010'den uyarlanmıştır).

Entegre kentsel su yönetimi, su kaynaklarını, su sektörlerini, su hizmetlerini ve yönetimini bütünleştiren bir yaklaşımdır. Bu yaklaşım;

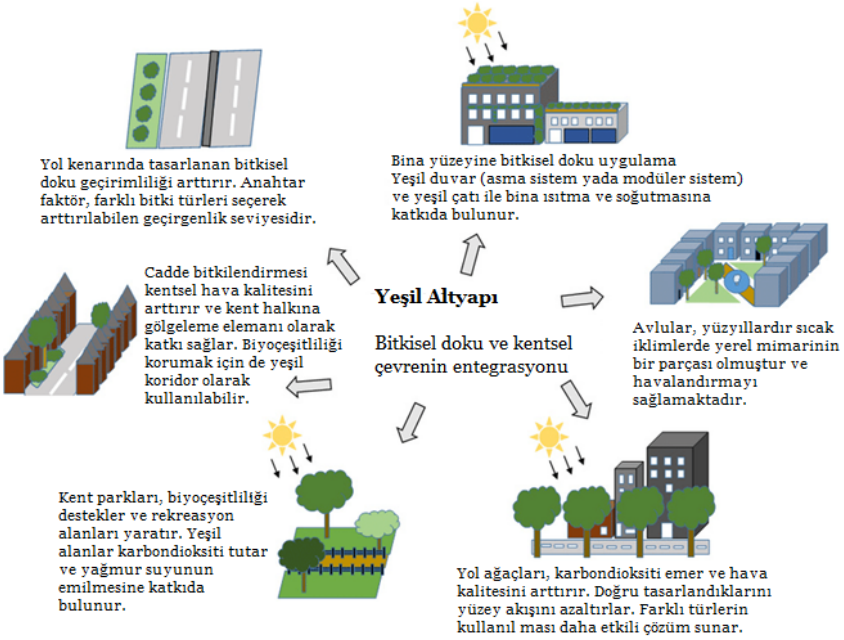
- Alternatif su kaynaklarını tanır,
- Su kaynaklarının niteliklerini ve potansiyellerini ortaya koyar,
- Suyu kaynağında korumayı ve sürdürmeyi hedefler,
- Şehirlerde resmi ve özel kurum uygulamalarını uyumlu hale getirir,
- Su kaynakları, arazi kullanımı ve enerji arasındaki bağı sağlar,
- Ekonomik verimliliği, sosyal eşitliği ve çevresel sürdürülebilirliği destekleyerek tüm paydaşların katılımını sağlar (Bahri, 2012).

2.4. Yeşil Altyapı

Yeşil Altyapı, ekosistemin işlevini ve değerini koruyan, ekosistem hizmetlerini sağlamak için tasarlanan ve yönetilen, birbiriyle bağlantılı doğal, yarı-doğal ve kültürel alanların oluşturduğu bir yeşil alan ağı olarak, doğa tabanlı çözümlerle birlikte iklim değişikliğinin olumsuz etkilerine karşı mücadelede kentlerin dayanıklılığını artırmada

önemli bir araçtır (Doğa Koruma Merkezi, 2019). Yeşil altyapı terimi, Firehock (2010)'a göre ABD'de 1994 yılında Florida Greenways Komisyonu tarafından arazi koruma stratejileri hakkındaki bir rapor ile birlikte ortaya çıkmıştır. Komisyonun vizyonu, tüm doğal sistemlerin birbirine bağlı olduğunu vurgulayan bir yaklaşım ile koruma stratejilerinin geliştirilmesidir. Komisyona göre yeşil altyapı 'stratejik olarak planlanıp yönetilen kentsel yeşil alanlar, su kaynaklarını koruyan, doğal süreçleri destekleyen, insanların sağlık ve yaşam kalitesine katkıda bulunan sistemler' olarak tanımlamıştır (Rouse ve Bunster-Ossa, 2013).

Bu kapsamda çalışmalar yürüten ABD hükümeti Çevre Koruma Ajansı EPA (2012) tarafından kabul edilen tanımı ise "Yeşil altyapı, su kaynaklarını koruyan ve yağmur suyunun doğal döngüsünü ve akışını destekleyen sistemlerdir. Yapısal sistemler kullanan gri altyapıdan farklı olarak yeşil altyapı, yağmur suyunu düştüğü yerde yönetmek için bitki örtüsünü ve toprağı kullanılır. Doğal süreçleri kentsel alana entegre ederek sadece yağmur suyu yönetimini değil, aynı zamanda taşkın azaltma, hava kalitesi artırma gibi sorunlara da çözüm üretmektedir" şeklindedir. Yeşil altyapının temel prensibi, ekosistem hizmetlerini sunmak için bitkisel elemanların kullanılmasıdır. Benedict ve McMahon (2006), Yeşil altyapının hem bir kavram hem de bir süreç olduğunu öne sürmektedir (Fletcher vd., 2014) (Şekil 2.5).



Şekil 2.5. Yeşil altyapı (Wootton-Beard vd., 2016'dan uyarlanmıştır).

Yeşil altyapı uygulamaları, yağmur suyu akışını kaynağında durdurmak üzere tasarlanmaktadır. Bu uygulamalar alanda mevcut özelliklere uyarlayarak doğal su döngüsünün eski haline getirilmesine yardımcı olmaktadırlar. Birçok yeşil altyapı uygulaması, yüzeysel akışı tedavi etmek, sızma ve terlemeyi teşvik etmek için bitki örtüsünü kullanmaktadır (Rutgers, 2016). Yeşil altyapı, yağmur suyunu sürdürülebilir şekilde yönetmeyi sağlamaktadır. Gri altyapının suyu mümkün olduğunca hızla uzaklaştıran sisteminin yerine, yağmur suyunu kentsel alanlar boyunca dağıtarak kaynağa ulaştırmayı amaçlamaktadır (MacAdam, 2012). Yeşil altyapı teknikleri, yağmur suyu sistemlerine yenilikçi, uygun maliyetli ve çevreye duyarlı çözümler sunmaktadır (Keeley vd., 2013). Yeşil Altyapı yüzey su kütlelerini birbirine bağlayan yeşil alanlar yaratırken, diğer doğal alanların korunması ve geliştirilmesi için akıllı çözümler üreten bir yaklaşım olarak düzenlenmiştir (Benedict ve McMahon, 2006). Yeşil altyapı, çevresel, ekonomik ve toplumsal açıdan da yarar sağlamaktadır. Çevresel olarak; yağmur suyu hacmini azaltan, yağmur suyundaki zararlı kirleticileri temizleyen kentsel yeşil alanlar yaratan ve havayı temizleyen sistemler olarak fayda sağlamaktadır. Ekonomik olarak; rekreasyon ve turizm değerini artırmak, mülk değerlerini artırmak, enerji, sağlık gibi alanlarda maliyetleri azaltarak fayda sağlamaktadır. Toplumsal açıdan ise kentsel yaşam kalitesini artıran, halk sağlığına katkıda bulunan, kişi başına düşen yeşil alanları artıran ve bu alanların eşit şekilde kentte dağılmasını sağlayan, kente estetik değer katan sistemlerdir (Rouseve Bunster-Ossa, 2013).

2.5. Sürdürülebilir Kentsel Drenaj Sistemleri

İngiltere'de sürdürülebilir drenaj sistemlerine ihtiyaç duyulduğunun farkındalığı 1980'lere dayanmaktadır. Mevcut altyapıya aşırı yükleme olduğu ve taşkın sıklığının kabul edilemez düzeye geldiği anlaşılmıştır. Sürdürülebilir yağmur suyu sistemleri ilk olarak Oxford Üniversitesinde düzenlenen Conflo 88 konferansı ile resmiyete kavuşmaya başlamıştır (Andoh ve Iwugo, 2002). Daha sonra bu konferansı takip eden yine Oxford'da Conflo 92 konferansı gerçekleştirilmiş ve bu konferans kentsel drenaj konusuna eğilerek 'Kentsel akış kontrolü kapsamı' (Scope for Control of Urban Runoff) isimli rehber kılavuzlar yayınlamıştır (Fletcher vd., 2014).

İngiltere İnşaat Sanayi Araştırma Birliği (CIRIA) tarafından kentsel akış kontrolünün yöntemlerini ele alan ve kapsamlı bir belge üretmeyi amaçlayan kapsamlı bir proje başlatılmıştır (Andoh ve Iwugo, 2002). D'Arcy, (1998) sürdürülebilir drenaj üçgeni (miktar, kalite, habitat/su özelliği) kavramını ortaya atmıştır (Fletcher vd., 2014).1999 yılına gelindiğinde İngiltere'de resmi olarak sürdürülebilir drenaj sistemleri kabul edilmiştir (Andoh ve Iwugo, 2002).

CIRIA'ya göre; sürdürülebilir kentsel drenaj sistemleri doğayı taklit ederek yağışın düştüğü yerde yönetilmesini savunur. Yağmur suyunun nehirlere akmadan önce akışının yavaşlatılmasına, suyun doğal sistemlerce tutulmasına ve toprağın suyu emmesine ve buharlaşmasına izin veren sistemler yaratmak savunulmaktadır (Woods Ballard vd., 2015).

Sürdürülebilir drenaj sistemlerinde temel hedefler; yüzey akışını kontrol etme, yüzey akışına geçen suyun kalitesini iyileştirme, su varlığını koruma, havzaları destekleme, kentte sel kontrolüne katkıda bulunmaktır (Poleto ve Tassi,2012). Bu sayede yüzeysel akış hızı azaltılır, kirliliğin çevreye taşınması engellenir ve su depolama kapasiteleri artırılır (Rathnayke ve Srishantha, 2017) (Şekil 2.6).



Şekil 2.6. Sürdürülebilir drenaj sistemleri tasarımı unsurları (Woods Ballard vd., 2015'den uyarlanmıştır).

Sürdürülebilir kentsel drenaj sistemlerinin kente sağladığı faydalar;

- Kentin ekolojik sağlığını iyileştirir ve ekolojik ayak izini azaltır,
- Mevcut drenaj sistemlerini doğal sistemlere evrimleştirir,
- Geçirimsiz yüzeyleri azaltarak, toprağa sızmayı artırır
- Erozyon riskini azaltır,
- İklim düzenleme, hava temizleme gibi ekosistem hizmetleri sağlayarak kentin mikro iklim kalitesini iyileştirir.
- Kent içindeki bitki örtüsünü artırır ve kentsel ısı adası etkisini azaltır,
- Kentte sosyal çevre kalitesini ve sağlığını artırır,
- Toplumun açık su sistemlerine görsel ve zihinsel olarak bağlı olmasını sağlar.

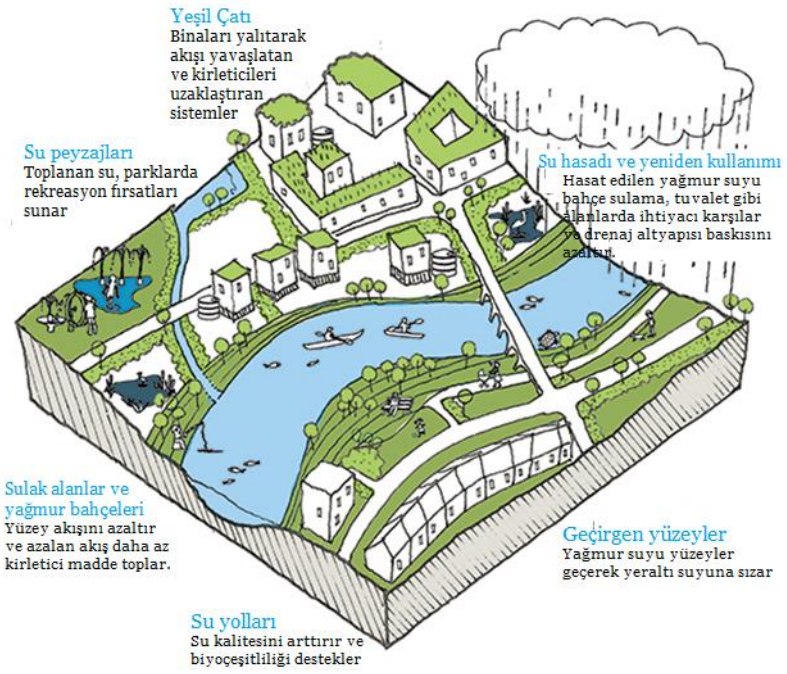
Suyu artık yeraltında veya gözden uzak sistemler olarak görmeyen sürdürülebilir drenaj sistemleri, suyu rekreasyon alanı olarak kullanılabilir, çevre konularında sorumluluğu teşvik eden, kentsel çevre kalitesi konularına dikkat çeken ve toplumu ekolojik konular ve sorunlar konusunda eğiten sistemler olarak tasarlar (Drain for life, 2013).

2.6. Su Duyarlı Kentsel Tasarım

Su duyarlı kentsel tasarım teriminin Avustralya'da ortaya çıkışının ilk referansı Mouritz (1992)'in çalışması olmakla birlikte, Whelans (1994)'in hazırladığı raporla yağmur suyu yönetimini kentsel tasarım ve peyzaj mimarlığı ile bağlantı kuran sistemler olması gerektiğini belirtmiştir (Radcliffe, 2019). Avustralya şehirlerinin çoğu havza alanlarındaki suyu kullanmaktadır. Bu havzalar yağış suları ile sürdürülebilirliğini sağlamaktadır. Ancak iklim değişikliği ve sıcaklık artışı gibi nedenler havza alanlarını riske sokmaktadır. Avustralya Hükümeti Ulusal Su Girişimi kapsamında Avustralya hükümetler konseyi su reformunda alınan bir karar ile ''Suya Duyarlı Avustralya Şehirleri Yaratmak için Yenilik ve Kapasite Geliştirme'' ilkesi benimsenmiştir. Su kaynaklarını geleneksel kaynaklara bağımlılıktan kurtararak, güvenli bir çeşitlilik sağlayarak verimli su teminlerine geçişin önü açılmıştır. Bu da su duyarlı kentsel tasarım terimini resmileştirmiştir (Wong ve Brown, 2009). Ekolojik olarak sürdürülebilir

kalkınma girişimleri, çevre kirliliğinin etkilerinden korunmanın ötesinde, doğal kaynakların korunmasına ve geri kazanılmasına dayalı bir kavramdır (Wong, 2006).

Su duyarlı kentsel tasarım, Avustralya'da su sistemleri ve drenaj ile ilgilenen bir devlet kurumu olan Melbourne Water'a göre; 'Yağmur suyunun sürdürülebilirliğini sağlamak için kentsel planlama ve tasarımı kullanarak, kentsel su döngüsünü doğal su döngüsüne yaklaştırarak su kaynaklarına ulaşmasını sağlamak'' şeklinde tanımlanmaktadır. Kentsel alanlar ve kentsel su döngüsü entegre etmeyi amaçlayan ortak bir ağdır (Melbourne Water, 2009) (Şekil 2.7).



Şekil 2.7. Su duyarlı kentsel tasarım yaklaşımı (Abbot vd., 2013'den uyarlanmıştır).

Su duyarlı kentsel tasarımın hedefleri; doğal su yollarını koruma, peyzaj ile yağmur suyunun arıtımını sağlamak ve aynı zamanda kentte estetik yeşil koridorlar oluşturmak, su kalitesini artırmak, geçirimsiz alanları azaltarak tepe akışlarını azaltmak, sürdürülebilir drenaj altyapılarını geliştirerek maliyeti azaltmak olarak sayılabilir. Kentsel tasarım ile kentsel su akışını entegre eden sistemleri teşvik eder. Su duyarlı kentsel tasarım aynı zamanda iklime duyarlı kentsel tasarım gibi kavramlara da ilham vermiştir (Fletcher vd., 2014).

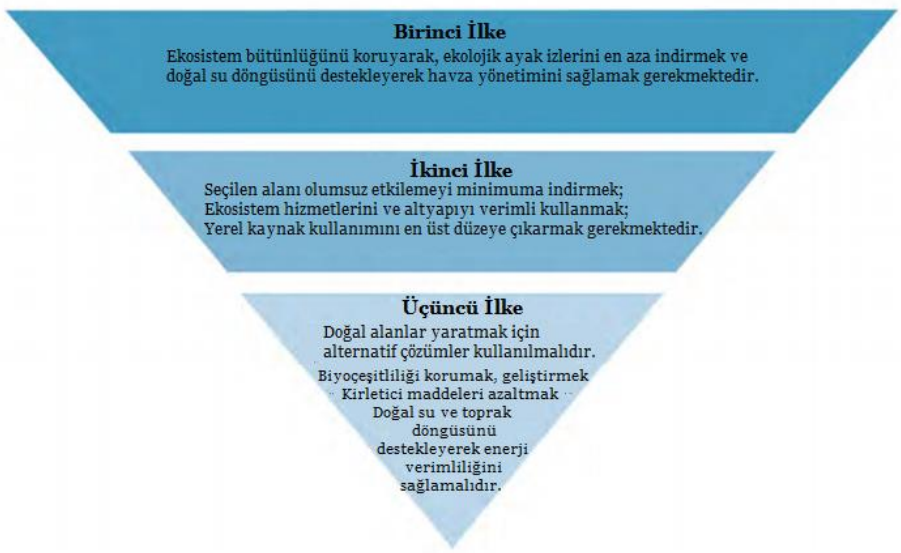
Su duyarlı kentsel tasarım ilkeleri şu şekilde sıralanabilir;

- Su hassasiyeti: Doğal su döngüsü, yüksek buharlaşma ve sızma oranı ve düşük yüzey akışını temsil etmektedir.
- Kentsel estetik ve rekreasyon: Yağmur suyunu görünür hale getirerek kamu bilinci oluşturulabilir. Yağmur suyunun görünür bir tasarım öğesi olarak kullanılması yaşam kalitesini de artırır.
- İşlevsellik: Bulunduğu bölgeye özel olarak tasarım yapılmalıdır. İklim, topoğrafya, bitki örtüsü gibi koşullar göz önüne alınarak tasarım yapılmalıdır. Tasarımlar yapılırken bakım ihtiyaçları uzun süreli olarak düşünülmelidir. Bakım ve onarımları yapılmayan tasarımlar işlevselliğini ve estetik değerini kaybedecektir. Gelecekte oluşabilecek değişimler (iklim değişikliği, demografik yapı ve ekonomik koşullar) göz önünde bulundurularak esnek tasarımlar geliştirilmelidir.
- Kamu algısı ve kabulü: Tasarım yapılırken tüm paydaşların talepleri dikkate alınmalı ve planlama sürecine dahil edilmelidir. Kullanıcı isteklerine yanıt veren sistemler tasarlanmalıdır. Bu sayede toplumda su bilinci de yaratılabilir. Ayrıca teknik olarak karmaşık, pahalı ve bakımı zor çözümlerden de kaçınılmalıdır.
- Bütünleşik planlama: Su duyarlı çözümler, işlev, estetik ve kullanılabilirliğin entegrasyonu sağlanmalıdır. Kentsel planlama, kentsel yönetim ve peyzaj bütünlüğü sağlanarak tasarım yapılmalıdır (Hoyer vd., 2011).

2.7. Düşük Etkili Kentsel Tasarım ve Gelişme

2003 yılında Yeni Zelanda hükümeti, sürdürülebilir kalkınma için bir eylem planı hazırlamıştır. Bu eylem planı kapsamında sürdürülebilir şehirler ve su yönetimi kavramına odaklanılmıştır. Sürdürülebilir şehirler kapsamında entegre kentsel yönetime, kentsel altyapı, kentsel tasarım ve kentsel yaşam kalitesini iyileştirmeye odaklanılmıştır. Bu hedeflere ulaşmak için kentsel ekosistemlerin iyi yönetilmesi gerekmektedir. Ekolojik sürdürülebilirliği sağlamak için yapılı çevre ile doğal çevre entegre edilmelidir. Kentsel ekosistem yönetimi habitatların korunmasının yanı sıra su döngüsü süreçlerinin doğal olarak gerçekleştirilmesidir. Ekonomik, ekolojik ve sosyal birleşenleri arttırmak için, kentsel su döngüsü kentsel tasarıma entegre edilmelidir (Van Roon, 2005) (Şekil 2.8). Bu

doğrultuda yıllar içinde düşük etkili kentsel tasarım ve gelişme kavramı ülkede benimsenmiştir. Bu program Yeni Zelanda Araştırma, Bilim ve Teknoloji Vakfı tarafından finanse edilip Landcare Research Şirketi ve Auckland Üniversitesi tarafından kavramlaştırılmıştır (Van Roon, Greenaway, Dixon, Eason, 2006). Düşük etkili kentsel tasarım ve gelişme, doğal süreçlere saygı duyan, koruyan ve geliştiren, doğal alanlar tasarlayan, uygun maliyetli tasarım ve gelişmelerdir. Ülkede birçok doğal tür tehdit altına girmiştir bu sebeple kavramın temel amaçlarından birisi yerel biyoçeşitliliği korumak ve artırmaktır (Ignatieva, Stewart, Meurk, 2008).



Şekil 2.8. Düşük etkili kentsel tasarım ve gelişmenin üç ilkesi (Van Roon ve Van Roon, 2009'dan uyarlanmıştır).

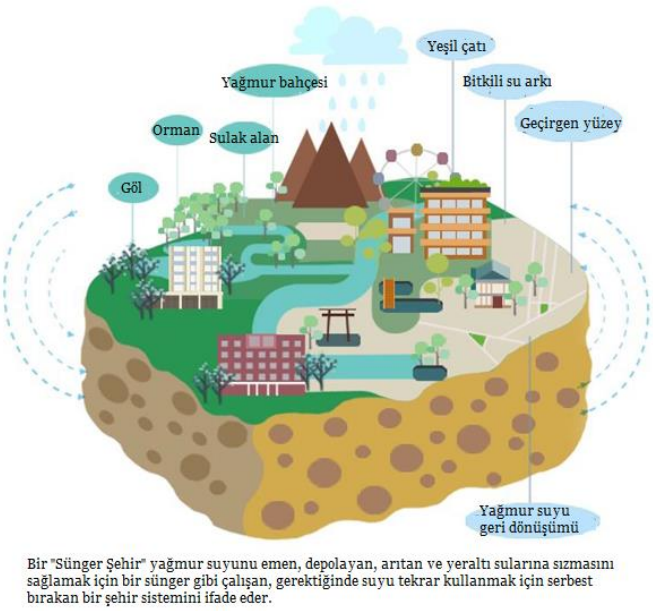
Düşük etkili kentsel tasarım ve gelişme kavramı, geleneksel kentsel gelişimi, biyoçeşitliliği destekleyen ve sosyal olarak olumsuz etkilerden kaçınarak, su ve kara ekosistem bütünlüğünü korumayı amaçlayan sistemlerdir. Öncelikle bölgesel ölçekte su toplanmasına ve havzalara entegre edilmesine odaklanılmıştır. Ayrıca kentsel su temini, atık su arıtma ve yağmur suyu drenaj sistemlerini verimli kullanarak su geri dönüşümünü sağlamaktadır (Van Roon, 2005). Düşük etkili kentsel tasarım ve gelişme hem ekolojik hem de kentsel tasarımda enerji tasarrufu sağlayan bütüncül yaklaşımlara dayanmaktadır (Newman ve Kenworthy, 1999). Bu kavram çevreye verilen zararı önlemek ve en aza

indirmek için doğayı destekleyen tasarım ve geliştirme uygulamalarından oluşur. Geçirimsiz yüzeylerden kaçınmak veya en aza indirmek, çevresel kirleticileri azaltmak için bitki örtüsünü kullanmak, biyoçeşitliliği artırmak için tasarımlar geliştirmektedir. Ayrıca altyapı sistemlerini en aza indirgeyerek maliyeti azaltmaktadır (Van Roon ve Knight, 2003).

2.8. Sünger Şehirler

Çin'de son on yılda yoğun nüfus artışı ile gelen hızlı kentleşme, kötü su yönetimi ve kentsel drenaj sorunları giderek artmıştır. Çin hükümeti yaptığı araştırmada 2008'den 2010'a kadar şehirlerin %62'sinin su baskınlarına maruz kaldığını belirtmiştir. 2012'de kentsel taşkınlar 184 şehri etkilerken bu sayı 2013 yılına gelindiğinde 234'e yükselmiştir. Bir kentsel sorun haline gelen taşkınlar çevresel ve sosyoekonomik olarak ülkeyi olumsuz etkilemiştir (Liu, Jia, Niu, 2017). Sünger şehir kavramı ilk olarak 2012 yılında Pekin Üniversitesinde düzenlenen "2012 Düşük Karbonlu Kentsel ve Bölgesel Bilim ve Teknoloji Gelişimi Forumu'nda önerilmiştir. İçerik olarak yağmur suyu kalitesinin iyileştirilmesi, yer altı sularının desteklenmesi, düşük karbon emisyonları gibi kavramlara değinilmiştir.

Çin Hükümeti 2014 yılında 'Sünger Şehirler' kavramını resmileştirmiştir. Bu kavram bir sünger gibi tüm yağmur damlalarını emen, suyu yeniden kullanılmak üzere yakalayan şehirleri ifade etmektedir (Şekil 2.9). Ülkede Ulusal kentsel drenaj tesisleri için fonlar oluşturulmuştur. Sünger araştırma odaklı şehir politikaları benimsenmiştir. Kentsel yeşil alanlar, sulak alanlar gibi konularda projeler başlatılmıştır (Xing, Han, Jiang, Li, 2016). Çin Hükümeti'nin 13. Beş Yıllık Planı (2016-20) doğrultusunda, altyapı sistemlerinden önemli konunun su korunumu olduğunu belirtmiştir. Su kaynakları yönetimi, su ekolojisinin iyileştirilmesi ve su ile çevrenin dengesinin sağlanmasının en önemli unsur olduğunu söylemişlerdir. Bu kapsamda Çin'de 2030 yılına kadar kentlerin %80'inin sünger şehir kavramı ile bütünleştirilmesi hedeflenmektedir (TU Delft, 2018).



Şekil 2.9. Sünger şehir diyagramı (Austrade, 2016'dan uyarlanmıştır).

Sünger şehir kavramı, su geri kazanımını en üst düzeye çıkarmayı ve geri dönüşüm yaparak ve su kaynaklarını ve rezervlerini verimli bir şekilde kullanarak kuraklık ve selin etkilerini en aza indirmeyi amaçlamaktadır. Kentsel alanlarda su duyarlı sistemler tasarlamak ve yağmur suyunu toplayan sistemleri uygulamak, yağmur suyunu filtre etmek, kullanılabilir hale getirmek ve bu kapsamda binaları, yolları ve kentsel yeşil alanları birbiri ile entegre ederek geliştirmek hedeflenmektedir. Kentsel peyzaj ile kenti ekolojik bir bütün haline getirerek daha istikrarlı bir ekosistem korunması sağlanabilir. Sünger şehirler için tasarlanan yeşil alanlar, kent insanı ile doğanın birlikte ortak yaşamını destekleyen, su kirliliği maliyetlerini, yerel çevresel yönetim maliyetlerini azaltan, şehir ve doğanın uyum içinde olduğu sürdürülebilir kalkınmanın ve çevrenin desteklendiği bir kent yapısı oluşturur (Zhang, 2017). Sünger şehir, yağmur suyunu düştüğü yerde yönetmeyi hedeflemektedir. Yağmur suyunu, tükenmiş akiferleri şarj etmek, sulanması gereken alanların ihtiyacını karşılamak için kullanmaktadır. Yağmur suyu arıtma işlemlerinden uygun bir şekilde geçerse içme suyu, tuvaletlerin ve evlerin temizliğinde kullanabilecek hale getirilebilmektedir (Austrade, 2016).

BÖLÜM 3

EKOSİSTEM HİZMETLERİ

Doğal ekosistemlerin ve bu ekosistemleri oluşturan türlerin yaşamını sürdürdüğü şartlar ve süreçlere ekosistem hizmetleri denir. Aynı zamanda insanlığa faydalı olan işlevlerin bütünüdür. Dünyamız geniş bir ekosistemler ağı olduğundan, küresel ölçekten mikroskobik ölçeğe kadar çok çeşitli ekosistem hizmetleri vardır. Ekosistemler; oksijen üretir ve iklimi dengeler, hava ve suyu temizler. Bitkiler yaşamın devamı için temel taşını oluşturur. Sayısız canlı türü toprağın korunmasında, besin maddeleri üretiminde, erozyonda ve su taşkınlarını azaltmada yardımcı olmaktadır. İnsan yaşamının devamlılığı için ekosistem hizmetlerinin düzgün bir şekilde işlemesi kritik önem taşımaktadır. 2003 yılında 95 ülkeden 1.300'den fazla bilim insanının katıldığı Milenyum Ekosistem Değerlendirmesinde ekosistem hizmetleri hakkında bulgular elde edilmiştir. Sonuçlar Şekil 3.1'de verilmiş olup, ekosistem hizmetleri ve sağlayıcıları, ''İşlevsel birimler'' ile ekosistem hizmetleri sağlayıcılarının işlevsel katkılarını, ''Uzamsal ölçek'' ile hizmetlerin çalıştığı ölçek gösterilmektedir (Şekercioğlu, 2010).

Hizmet	Ekosistem hizmet sağlayıcıları / tropik seviye	İşlevsel birimler	Uzamsal ölçek	Bu kavramsal çerçeveyi ekolojik çalışma amaçlı uygulama potansiyeli
Estetik, kültürel	Tüm biyoçeşitlilik	Popülasyonlar, türler, topluluklar, ekosistemler	Yerel-küresel	Düşük
Ekosistem mal ve ürünleri	Çeşitli türler	Popülasyonlar, türler, topluluklar, ekosistemler	Yerel-küresel	Orta
UV koruması	Biyojeokimyasal döngüler, mikroorganizmalar, bitkiler	Biyojeokimyasal döngüler, işlevsel gruplar	Küresel	Düşük
Hava arıtımı	Mikroorganizmalar, bitkiler	Biyojeokimyasal döngüler, popülasyonlar, türler, işlevsel gruplar	Bölgesel-küresel	Orta (bitkiler)
Sel ve taşkının azaltılması	Bitki örtüsü	Topluluklar, habitatlar	Yerel-bölgesel	Orta
Kuraklığın azaltılması	Bitki örtüsü	Topluluklar, habitatlar	Yerel-bölgesel	Orta
İklimlerin Dengesi	Bitki örtüsü	Topluluklar, habitatlar	Yerel-bölgesel	Orta
Tozlaştırma	Böcekler, kuşlar, memeliler	Popülasyonlar, türler, işlevsel gruplar	Yerel	Yüksek
Haşere kontrolü	Omurgasız parazitler ve avcı hayvanlar ve omurgalı avcı hayvanlar	Popülasyonlar, türler, işlevsel gruplar	Yerel	Yüksek
Suyun arıtılması	Bitki örtüsü, toprak mikroorganizmaları, sucul mikroorganizmalar, sucul omurgasızlar	Popülasyonlar, türler, işlevsel gruplar, topluluklar, habitatlar	Yerel-bölgesel	Orta ila yüksek
Atıkların zehrinin giderilmesi ve parçalanıp çürütülmesi	Yaprak çöpü ve toprak omurgasızları, toprak mikroorganizmaları, sucul mikroorganizmalar	Popülasyonlar, türler, işlevsel gruplar, topluluklar, habitatlar	Yerel-bölgesel	Orta
Toprak oluşturma ve toprak verimliliği	Yaprak çöpü ve toprak omurgasızları, toprak mikroorganizmaları, azot bağlayıcı bitkiler, atık ürünlerin bitkisel ve hayvansal üretimi	Popülasyonlar, türler, işlevsel gruplar	Yerel	Orta
Tohum dağıtma	Karıncalar, kuşlar, memeliler	Popülasyonlar, türler, işlevsel gruplar	Yerel	Yüksek

Şekil 3.1. Milenyum ekosistem değerlendirmesi bulguları (Şekercioğlu, 2010).

Kentlerde iklim değişikliğinin etkilerinin azaltılması ve kentlerin bu etkilere karşı dayanıklılığının artırılmasında ekosistemlerin sağladığı düzenleyici ekosistem hizmetlerinin önemli rolü bulunmaktadır. Sürdürülebilir yağmur suyu yönetimi, ekosistem hizmetlerinin sağlıklı şekilde çalışmasına katkıda bulunur. Yeşil alanlardaki bitki örtüsü; ısı adası etkisini azaltma, havayı serinletme, karbonu tutma ve depolama, havadaki kirletici maddeleri arındırma gibi etkilere sahiptir. Ayrıca, toprak örtüsünü zenginleştirme, yaban hayatı için barınma alanı ve besin kaynağı sağlama, biyolojik çeşitliliği destekleme, rüzgar ve yağış erozyonunu azaltma, gürültü engelleme, enerji tüketimini azaltma etkileri sayılabilir. Yağış sularının yüzeysel akışa geçmesini engelleme, yeraltı ve yerüstü su kaynaklarını besleme ve rekreasyonel olanaklar yaratarak, arazilerin emlak değerini artırma gibi birçok işleve sahiptir.

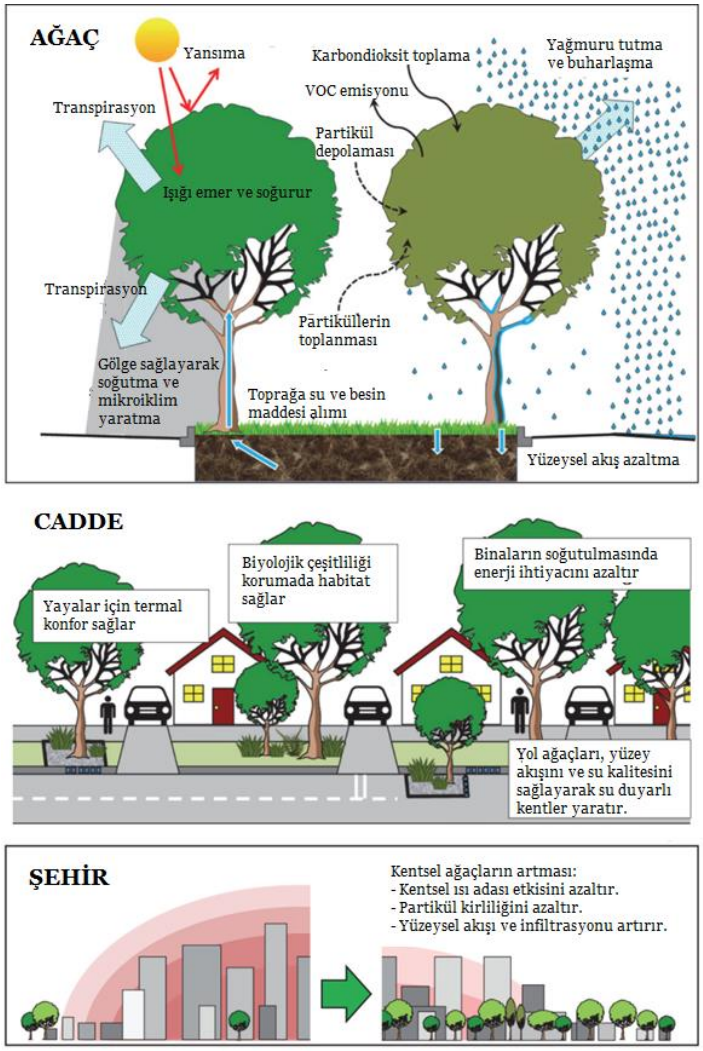
Ekosistem servisleri, ekosistemin düzenleyici rolü ile kentlerde iklim değişikliği etkilerinin azaltılması ve kentlerin bu etkilere karşı dayanıklılığının artırılmasında büyük

rol oynamaktadır. Ekosistem düzenleyicisi olan bu servisler, ekosistem süreçlerinin sağladığı yararlardır. Havanın ve toprağın kalitesini artıran, iklim düzenleyen, taşkın ve sel gibi afetlerin etkisini azaltan, hastalıkların kontrolünü sağlayan, suyu temizleyen, atıkları yöneten, polarizasyon ve tozlaşma sağlayan, biyolojik parçalama yapan ve zararlı türlerin kontrolünü sağlayan her faktör ekosistem servisini tanımlamaktadır (Coşkun Hepcan, 2019).

3.1. Hava Kalitesini İyileştirme

Günümüzde bakıldığında, hava kirliliği kentlerin ortak sorunu haline gelmiştir. Kirli hava, solunum hastalıkları vb. gibi sağlık problemlerinin başlıca nedenlerinden birisidir. Kirleticiler atmosferde partikül olarak (PM-partikül madde) ya da gaz olarak (C-karbon, NO2-azotdioksit, O-ozon, SO2- sülfür dioksit) bulunur (American Rivers, 2012). Kirleticileri atmosferden uzaklaştırarak kentlerde hava kalitesini sağlayan en önemli elemanlar bitkilerdir. Ağaçlar, yaprak yüzeylerinde havadaki kirleticileri tutarak filtreleme sağlamaktadır. Ayrıca fotosentez ile atmosferdeki karbonu tutar ve odunsu dokusunda depolar. Ağacın kesilmesi ya da ölümleri sonrasında depolanan karbon atmosfere geri dönmektedir. Uzun yıllar yaşamış ağaçlar genç ağaçlara göre daha fazla karbon tutmaktadır. Ağaçların taç örtüsünün büyüklüğü hava iyileştirme kalitesi ile doğru orantılıdır. Büyük yapraklı ve geniş taç yapısına sahip ağaçların havayı temizleme işlevi fazladır (Coşkun Hepcan, 2019) (Şekil 3.2).

Oregon, Portland şehrinde yeşil çatılar üzerine yapılan 2008 tarihli bir araştırmada, 40.000 metrekarelik bir yeşil çatının her yıl havadan 1.600 kilo partikül madde temizlediğini ve sağlık harcamalarından 3.024 dolar tasarruf edildiği bulunmuştur (Evans, 2008).

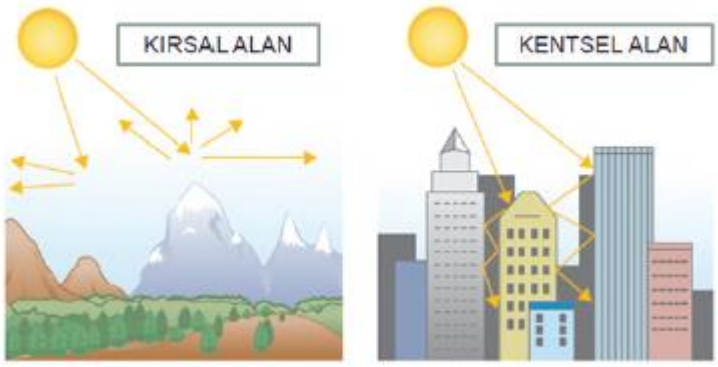


Şekil 3.2. Ağaçların ekosistem faydaları (Livesley, Mcpherson, Calfapietra, 2016'dan uyarlanmıştır).

3.2. Kentsel ısı adası etkisini azaltma

Binalar, kaldırımlar ve çatılar gibi geçirimsiz yüzeylerin artması, bitkisel dokunun yok edilmesiyle birlikte doğanın atmosferi engellenmekte ve kentte yapay bir atmosfer oluşturulmaktadır. Kentlerde bu geçirimsiz yüzeyler gündüzleri güneşten aldıkları ısıyı emerek, geceleri sıcaklık olarak dışarı vermekte, yüzeyde akışa geçen sular güneşin ısısı ile ısınmakta ve bu da hava sıcaklığını artırmaktadır (American Rivers, 2012). Kentsel alanlarda yüksek binaların varlığı ve bitkisel dokunun yokluğu, gelen güneş ışınlarının geri yansıtılamamasına neden olmaktadır. Gündüz güneş ışığı ile ısınan yüzeyler geceleri sıcaklığını atmosfere verebilmektedir. Bu durumda kırsal alanlarda yüzeyler çabuk

soğurken, kentsel alanlarda bu döngünün yavaş gerçekleşmesi ciddi sıcaklık değişimlerine neden olmaktadır (Şekil 3.3). Kentsel alanların doğal alanlardan daha sıcak olması ‘’kentsel ısı adası’’ olarak tanımlanmaktadır (Tozam, 2016). Bu kapsamda yağmur suyu yönetim stratejileri kentlerde geçirimsiz yüzeyleri azaltan ve kentte toprağa ve bitkiye yer veren sistemlerdir. Bitkisel öğeler kentte ısıyı yansıtıcı özellik gösterirler. Kentsel ısı adasının azaltılması, sıcaklıkların düşmesi, sıcaklığa bağlı oluşan hastalıkları azaltarak sağlık maliyetlerini düşüren sistemler olarak işlemektedir. Aynı zamanda bitki örtüsü radyasyonu da emerek kente fayda sağlamaktadır (Kloss, 2008).



Şekil 3.3. Kentsel ve kırsal alanlarda ısı adası (Tozam, 2016).

3.3. İklim Düzenleme

Bitki örtüsü ısıtma ve soğutma için gereken enerjiyi azaltır. Ayrıca atmosferdeki karbonu depolar ve karbondioksit emisyonunu azaltır. İklim değişikliği ile artan sıcaklıkları ve kentsel ısı adası etkisini azaltır. Aynı zamanda hava kalitesini de artırmaktadır. Doğal su döngüsünü desteklediği için ekosistem dengesinin devamlılığını sağlar. Aynı zamanda yaban hayatı varlığını da desteklediği için habitat varlığını korumaktadır. Bitkisel sistemler, dış ortam uyaranlarına yanıt veren dinamik sistemlerdir (Kloss, 2008).

3.4. Toprak Kalitesini İyileştirme

Yeraltı ve yerüstünde gerçekleştirilen inşaat faaliyetleri ile toprak katmanları sıkışarak hava alamaz hale gelmektedir. Sanayi ve ulaşım gibi sektörlerden kaynaklı akaryakıt, yağ, kurşun gibi kimyasal atıklar, kış aylarındaki tuzlama olayı, yeşil alanlarda kullanılan kimyasal gübre ve ilaçlar toprağı kirleterek, canlıları ve mikroorganizmaları öldürerek toprağı fakirleştirir. Bitki örtüsü kökleri sayesinde toprağı havalandırarak suyun toprağa infiltre olmasını sağlar. Bitkilerin yaprak, çiçek gibi materyallerinin toprağa karışması topraktaki canlılığı besler, toprağı zenginleştirir ve mikroorganizmaları artırır (Coşkun Hepcan, 2019).

3.5. Sel ve Taşkın Önleme

Bitkiler tarafından toprağa sızdırılan su, toprak altında paralel şekilde ilerleyerek yakınındaki akarsu ve göl gibi bir su birikintisine ulaşarak onu besler ya da derine sızarak taban suyuna ulaşır. Bitkiler yaprakları ile yağmur suyunun toprağa düşme hızını yavaşlattığından, su toprağa kolay ulaşır ve yüzeysel akışa geçen su miktarı da azalır. Bitkisel dokunun kullanılması suyun toprağa sızması ve yağış hızının yavaşlatılması açısından büyük önem taşımaktadır. Kentlerde yapılaşma ile doğal topoğrafik yapının değişmesi, geçirimsiz yüzeylerin artması, doğal su yollarının dikkate alınmaması, akarsu yataklarının kapatılarak yapılaşması suyun doğal hareketini bozarak yeraltı ve yerüstü su kaynaklarına ulaşamamasına neden olmaktadır. Bu durumda yağışların drene olmamasına ve yolların su ile kaplanmasına sebep olmaktadır. Kentlerde yağışlar geçirimsiz yüzeyler sebebiyle yüzeysel akışa geçer. İklim değişikliği sebebiyle de yağış rejimleri değişerek kısa süreçlerde çok şiddetli yağış olayları yaşanmaktadır. Bu durum yüzeysel akış miktarını ve hızını da artırmaktadır. Bu yüzeysel akış mevcut altyapı sistemlerinin kapasitesini aştığında taşkın ve sellere neden olabilmektedir. Ayrıca yağmur suyunu atık su sistemleriyle birlikte toplamakta, yağmur suyunun atık su olarak kaybedilmesine yol açmaktadır (Coşkun Hepcan, 2019).

3.6. Rekreasyon alanını artırma

Artan kentsel yeşil alanlar yalnızca kentsel ısı adası etkisini azaltmak ve hava kalitesini iyileştirmek ile kalmaz aynı zamanda kentsel alanlarda rekreasyon değeri yüksek alanlar da yaratmaktadır. Araştırmalar, parklara ve yeşil alanlara erişimi olan insanların daha az stresli ve kaygılı olduğunu, düşük kan basıncı ve kolesterole sahip olduklarını, hastalıklardan daha çabuk kurtulduklarını ve davranış bozukluklarını yönetmede iyileşme olduğunu göstermiştir. Yeşil alanların kentsel alanlara dahil edilmesi ve bütün olarak tasarlanması toplumun yaşam kalitesini artırmakta, kentsel estetiği artırmakta, ayrıca halk sağlığını iyileştirerek sağlık maliyetlerini de düşürmektedir (American Rivers, 2012).

BÖLÜM 4

SÜRDÜRÜLEBİLİR SU YÖNETİMİ YÖNTEMLERİ

Sürdürülebilir su yönetimi yöntemleri, yüzeysel akışı azaltan, estetik değeri geliştiren, kirletici maddeleri arıtan, bitki örtüsü ile tasarlanan araziye uygun stratejilerin bir araya getirilmesidir. Su yönetimi uygulamaları kentsel peyzaj ile bütün olarak düşünülmelidir. Bir yöntemin bir alanda uygulanması için o alanın meteorolojik koşulları, toprak koşulları, iklimi, yağış etkileri, topografya, eğim gibi alana özel veriler bilinmelidir. Uygulama yapılacak alanı tanımak ve o alanda fırsatları ve kısıtlamaları bilmek tasarım için önemlidir. Bu kapsamda alanın özelliklerine ve alanda uygulama yapılmaya uygun yöntemlerin seçilmesi gerekmektedir (NSW Government, 2017).

Bir alanda uygulamaya geçmeden o alanla ilgili:

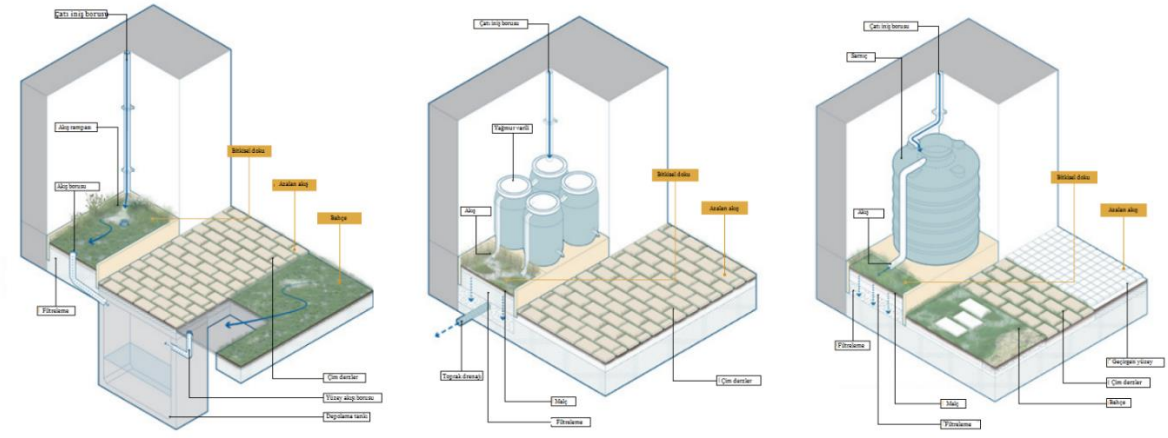
- Meteoroloji verileri (Sıcaklık, Yağış, Nemlilik ve buharlaşma, Rüzgar)
- Toprak Verileri (Toprak tipi ve içeriği)
- Haritalar (Topografya, Jeoloji, Hava fotoğrafı/Uydu görüntüsü, Vejetasyon) gibi verilerin doğrultusunda tasarım ve yöntem kararları geliştirilmelidir (PAD, 2017).

4.1. Yağmursuyu Tankı

İnsanoğlu geçmişten bugüne yağmur ve kar sularını içme ve kullanma suyu olarak kullanabilmek adına toplayarak depolamaktadır. Antik dönemlerde özellikle suya ulaşımın zor olduğu bölgelerde sarnıç sistemleri, yağmur sularını toplayıp depolayarak toplumun ihtiyaçlarını karşılamaktaydı. Tarihsel süreçte sarnıçlar ilk olarak tarımsal alanlarda sulama amacıyla kullanılmaktaydı. Şehirlerin nüfusunun artmasından dolayı sarnıçlar, temel içme suyunun biriktirilmesi nedeniyle şehirlere de inşa edilmeye

başlanmıştır. Artan nüfus ve kentsel değişimle birlikte sarnıç sistemleri kullanıma kapatılarak, su teminleri baraj ve göllerden yapılmaya başlanmıştır. Sarnıç sistemlerinin günümüz kentlerine uyarlanarak teknolojik açıdan geliştirilmesi ile yağmur sularının binalarda kullanılması ve evsel tüketimin azaltılması sağlanabilir (Şahin ve Manioğlu, 2011).

Yağmur suyu hasadı, bir yapıdan veya bir geçirimsiz yüzeyden yağmur suyu akışını daha sonra kullanılmak için toplayan yöntemlerdir. Yağmur suyunu düştüğü yüzeyde tekrar kullanılmak adına tutan yüzeyler, yağış akış miktarını yönetmeye de yardımcı olmaktadır. Yağmur suyunu yapılarda toplayarak su tasarrufuna katkı sağlamaktadır. Ayrıca bu toplanan sular bahçelerde sulama suyu olarak kullanılarak yer altı sularına da katkı sağlamaktadır (Center for Neighborhoodtechnology, 2010). Yağmur suyu, yapının çatısından oluk sistemi ile toplanarak, yağmur suyu deposuna iletilerek toplandıktan sonra arıtılarak ya da arıtılmadan yapının içinde veya dışında kullanılabilmektedir. Çatıdan toplanan su genellikle kullanım suyu olarak kullanılırken arıtılarak içme suyu haline gelebilmektedir. Toplanan yağmur suyu; bahçe sulama, ev temizleme, yangın müdahalesi, havuz doldurma, tuvaletlerde kullanım ve araç yıkama gibi alanlarda kullanım suyu olarak kullanılabilmektedir. İçme suyu olarak ise, mutfak ve banyo gibi alanlarda kullanılabilir. Yağmur suyu depoları yer üstünde veya yeraltında olmak üzere konumlandırılabilmektedir (Kantaroğlu, 2009) (Şekil 4.1).

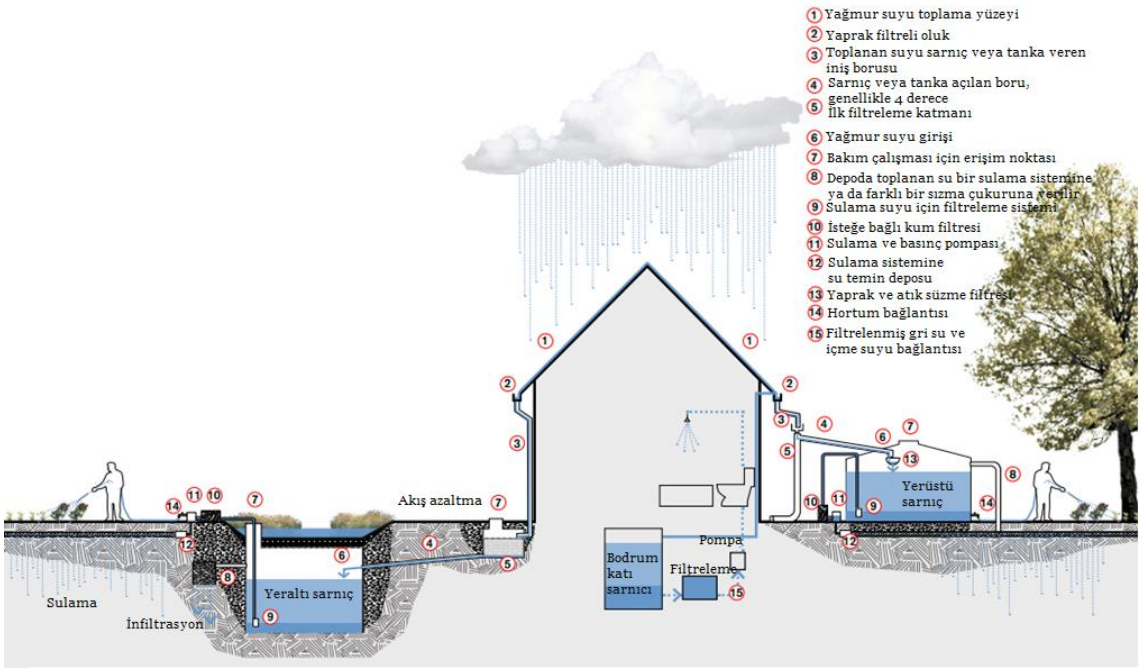


Şekil 4.1. Yağmur suyu toplama tankı konumlandırılması (Team Sponge, 2019'dan uyarlanmıştır).

Çatılardan toplanan suyun kalitesi, çatının malzemesi, bölgenin iklim koşulları ve yapının çevresel ortamının fonksiyonudur. Çatıdan toplanan su miktarı ise çatı malzemesinin emme özelliği, pürüzlülüğü, deseni ve alanın genişliğine bağlı olarak değişmektedir. Farklı malzemelerle yapılan çatı türleri kullanılmaktadır. Beton, asfalt veya tuğla gibi pürüzlü çatı kaplama malzemelerinde emilim az olduğu için su en iyi şekilde bu yüzeylerden toplanabilmektedir. Toprak, çakıl ve çimen gibi yüzeylerde emilim fazla olduğu için su bu yüzeylerden daha az şekilde toplanmaktadır. Metal çatılar, gözenekleri olmadığı için kiremit çatılar gibi su emmezler. Ancak pürüzlülük açısından suyun akışını kolaylaştırırlar. Metal çatılar yüzeyinde kir tutmaz ancak güneş ışığını absorbe ettiklerinden ısınarak kirleticilerin suda çözünmesine sebep olabilirler. Kil ve beton kiremitli çatılar, gözeneklidir, bu sebeple içme ve kullanma suyu toplama açısından sıklıkla kullanılan çatılardandır. Karışık ve asfalt kaplı çatılar, gözenekli olmakla beraber suyu emerek toksinlerin yerleşmesini sağladığından asla içme suyu toplamak için kullanılmamalıdır (Doğangönül ve Doğangönül, 2009).

Çatıdan filtreye gelen yağmur suyunun genellikle %90'ı depoya iletilebilmektedir. Bu oran kullanılan filtrenin verimine göre değişiklik gösterebilmektedir. Sistemdeki yaprak tutucu elemanlar yaprakların depoya girişini, oluk içerisindeki filtreler ise yağmur suyunun içinde bulunan küçük yabancı maddelerin depo içerisine girmesini engellemektedir. Bu sayede depoya temiz su girişi olmaktadır. Yağmur suyu deposu bakteri üremesini engelleyecek bir sıcaklıkta tutulmalıdır. Bu yüzden genellikle yağmur suyu depoları binaların yakınına ve yeraltına kurulmaktadır. Yağmur suyu deposunun özellikleri; dışı günışığı geçirmemeli, bakteri üretmemesi için opak olmalı, sivrisinek vb. canlıları engellemesi adına depo girişleri perdelenmeli ve deponun temizlenebilmesi için erişilebilir olmalı şeklinde sıralanabilir. Yağmur suyu deposunun büyüklüğü; uzun yıllar içinde görülen en yüksek ve en düşük yağış oranları (mm), ihtiyaç duyulan su miktarı, yağmur suyu toplama yüzeyi alanı, filtrelerin etkinliği, estetik, kişisel tercih, ekonomik nedenler gibi etkenlere göre değişiklik göstermektedir (Şahin, 2010). Su sistemleri her bölgede kendine özel tasarım gerektirir ve yerel koşullara uygun olarak tasarlanmalıdır. Su hasadı sistemi tasarımlarında yağış modelleri, su gereksinimi, alternatif su kaynakları, su hasadının kullanıcılar tarafından kabul edilmesi gibi dikkate alınması gereken birçok etken vardır. Toplanan suyun kullanımı (hayvansal,

bitkisel veya çok amaçlı) için uygun alan ve en uygun yöntemler belirlenmelidir (Thomas ve Martinson, 2007) (Şekil 4.2).



Şekil 4.2. Yağmur suyu sistemi detayı (University of Arkansas Community Design Center, 2010'dan uyarlanmıştır).

Türkiye'de yağmur suyu depo hacimlerinin hesaplanmasında DIN normunda (DIN, 1989) değerlerin kullanılması tavsiye edilmektedir. Bu normda; yağmur suyu deposunun malzemelerinin beton, plastik veya korozyona dayanıklı çelikle yapılmış olması önerilmektedir. Çatı yüzeyinden toplanabilecek su miktarını hesaplamak için;

Yağmur suyu verimi (m^3) = Yağmur toplama alanı (m^2) x Yıllık yağış miktarı (mm) x 0,8 x 0,9 formülü kullanılmaktadır. Formülün açılımı ise aşağıdaki gibidir;

Yağmur toplama alanı: Binaların çatı alanlarıdır.

Yıllık yağış miktarı: Meteoroloji Genel Müdürlüğü tarafından belirlenen yıllık ortalama yağıştır.

Çatı katsayısı: Alman standartları DIN1989'da 0,8 olarak belirlenen katsayıdır. Çatıya düşen bütün yağmurun geri dönüştürülemeyeceğini ifade eder.

Filtre etkinlik katsayısı: Alman standartları DIN1989'da 0,9 olarak belirlenen katsayıdır. Çatıdan elde edilen yağmur suyunun, görünen katı maddelerden ayrıştırılması

için filtrenin verimlilik katsayısıdır. Suyun bir miktarının buradan geçemeyeceğini hesaplamak için verilir (Tema, 2017).

Depolama haznesi tasarımında ortalama yıllık yağış ve çatı alanının hesaba katılmasının yanı sıra alandaki yağış rejimi de göz önüne alınmalıdır. Sert çatılarda yağışın verim katsayısının 0,80 olarak alınması tavsiye edilir. Akış katsayısı (C) 0 ile 1 arasında değişiklik gösteren birimsiz bir sayıdır. Akış katsayısının büyüklüğü ise yüzey kaplamanın cinsi, yüzeyin eğimi, yağışın süresi, yağışın şiddeti ve bölgenin iklimi gibi faktörlere bağlıdır.

Çizelge 4.1. Yüzey kaplamasına göre akış katsayıları (DIN, 1989).

Yüzey Kaplaması	Akış Katsayıları (C)
Çatılar	0,75 - 0,95
Asfalt ve beton	0,70 - 0,95
Tuğla	0,70 - 0,85

Çizelge 4.1'de görüldüğü üzere, çatılar en büyük akış katsayısına sahiptir. Bu sebepten dolayı çatılardan yağmur suyu hasadı diğer yüzeylere göre daha efektiftir. Herhangi bir çatı materyali su toplamak için uygun kabul edilebilir**.** Ancak içme suyu olarak kullanılacaksa samanla örtülmüş çatılar veya asfaltla kaplanmış yüzeylerden toplanmamalıdır. Ayrıca kurşun maddesi kullanılmamalıdır. Galvanizli, oluklu demir levhalar, kiremitler ve oluklu plastik elemanlar iyi bir çatı kaplama yüzeyi oluştururlar. Düz beton kaplı çatılar da temiz oldukları müddetçe su hasadında kullanılabilir. Galvanizli demir levhalar ve kiremitler en yüksek akış katsayısına sahiptir (Thomas ve Martinson, 2007). Türkiye'de en yaygın çatı kaplama malzemesi kiremit olduğu için çatılardan yüksek verim ile yağmur suyu toplanabilmektedir. Şekil 4.3'da yerüstü yağmur suyu depoları ile ilgili örnekler verilmiştir.



Şekil 4.3. Yağmur suyu tankı örnekleri (City of Victoria, 2015).

Berlin'de, 1999 yılında yerel yönetimler tarafından yağmur suyunu tuvaletlerde ve bahçe sulamada kullanmak adına bir proje geliştirilmiştir. 80 binaya proje kapsamında su temini yapılmıştır. Yağmur suyu 7.000 m^2 çatıdan, 2.000 m^2 parklardan ve 2.200 m^2 yollardan toplanarak 160 m^3'lük bir tankta depolanmaktadır. Proje ile 2.430 m^3 su tasarruf edilebileceği bulunmuştur. 1998 yılında ise kentte kurulan hasad sistemi ile 19 binanın 32.000 m^2'lik çatı alanından toplamda 3.500 m^3'lük bir tank depolanarak kullanım suyu olarak kullanılmıştır.

Singapur'un Sungei Seletar kentinde Bedok Su Projesi kapsamında 8 ayrı depoda yağmur suyu toplanarak Bedok rezervuarına gönderilmektedir. Shangi Havaalanı'nda ise çatıdan toplanan su yangın söndürmede ve tuvalette kullanılmaktadır. Bu sayede havaalanında %28 ila %33 arasında su ihtiyacı karşılanarak, yılda 390.000 $ tasarruf edilmiştir (Karakaya, 2008).

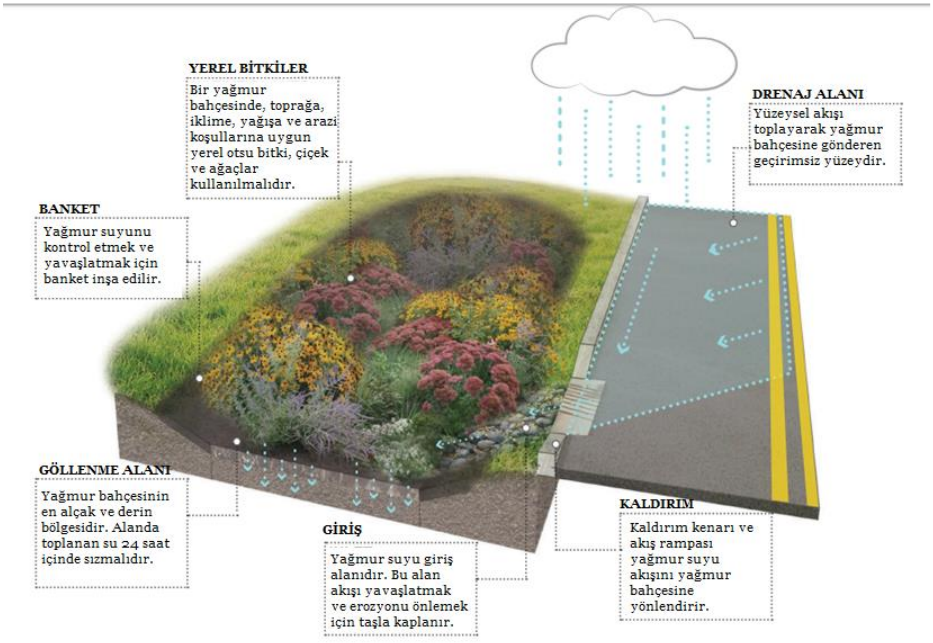
Japonya'nın Sumida kentinde, Kokugikan Stadyumu'nun 8.400 m^2'lik çatısından 1.000 m^3'lük yağmur suyu toplanarak, tuvaletlerde ve bahçe sulamada ve yangında mücadelede kullanılmaktadır. Yönetim binasının 5.000 m^2'lik çatısından 1.000 m^3'lük bir tankla su toplanarak kullanım suyu olarak tesis edilmiştir. Bu sayede %36 oranında tasarruf sağlanmıştır (Karakaya, 2008).

4.2. Yağmur Bahçesi

Yağmur bahçeleri; yağmur sularının işlem görmeden doğrudan yönlendirildiği ve üzerinde bitkilerin yetiştirildiği çok derin olmayan çukur alanlardır. Sistem, yer altı sularını desteklemek adına, suyun düştüğü yerde alt tabakalara sızmasını, toprağın suyu sünger gibi emmesi temeline dayanan akılcı, stratejik ve kolay bir uygulamadır. Yağmur

bahçesi çeşitli toprak türlerinde, farklı iklimsel koşullarda ve konut bahçesinden otopark alanlarına kadar farklı ölçeklerde tasarlanabilmektedir (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2018b).

Yağmur bahçesinin sürdürülebilir yağmur suyu yönetimi kapsamında kentlerde birçok yararı vardır. Bu yararlardan bahsetmek gerekirse; atık su kanalına gidecek olan yüzey akışı toplayarak miktarının azaltılmasını sağlar, yüzey akışın hızını düşürür ve miktarını artırır, yeraltı suyunu besler, evapotranspirasyonu artırır, uygulandığı alanda karşılaşılan drenaj problemlerini çözer, yüzey suyunun sıcaklığını düşürür, yüzeysel akışa geçen suların kirliliğini %30 civarında azaltır. Yağmur bahçesi tasarlanırken; kullanılan bitkilerin alanın doğal bitki örtüsünden seçilmesi, bitkilerin suya ve kirletici maddelere karşı dayanıklı olması, uygulama alanının toprak geçirimliliğinin tespit edilmesi ve derinliğinin belirlenmesi, yüzey akış miktarı ve drenaj alanı büyüklüğüne göre boyutlarının belirlenmesi ve alanda doğru konumlandırılmasına özen gösterilmelidir (Müftüoğlu ve Perçin, 2015) (Şekil 4.4).



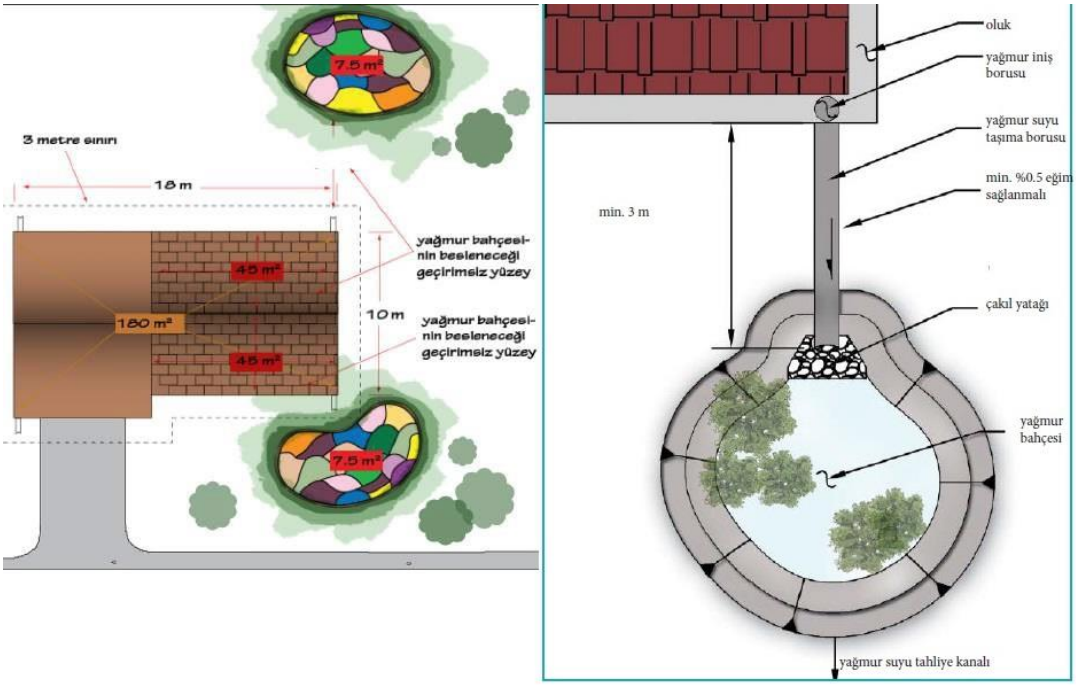
Şekil 4.4. Yağmur bahçesi (Rutgers, 2016'dan uyarlanmıştır).

Yağmur bahçelerini farklı nem oranlarına sahip 3 bölge oluşturmaktadır. Birinci bölge; yağmur bahçesinin tabanı (göllenme) oluşturan nem açısından ıslak olan bölgedir.

İkinci bölge; eğimli yamaç bölgesini oluşturan nem açısından orta derece olan bölgedir. Üçüncü bölge; tampon bölgesini oluşturan nem açısından kuru bölgedir. Yağmur bahçesinin bitkileri iyi bir düzenleme ile alanda grid ağı oluşturularak, 20 cm aralıklarla dikilmelidir.

Yağmur bahçesinin drenajını kolaylaştırmak için bitkisel dokuları yukarda bırakacak şekilde üzerine çakıl, yonga vb. malzeme ile kapatılmalıdır. Bitki dikiminden sonra yağmur bahçesinin tamamını 2 cm ya da 3 cm üzerinde kalacak şekilde sulaması yapılmalıdır. Sulamanın yeterli gelmesi durumunda bitkiler tepki göstererek alana uyum sağlayacaklardır. Yağış süresi ve miktarına göre sonraki süreçte bahçe düzenli sulama istemeyecektir. Yağmur bahçesi tasarımında dikkat edilecek hususlar aşağıdaki gibi sıralanabilir:

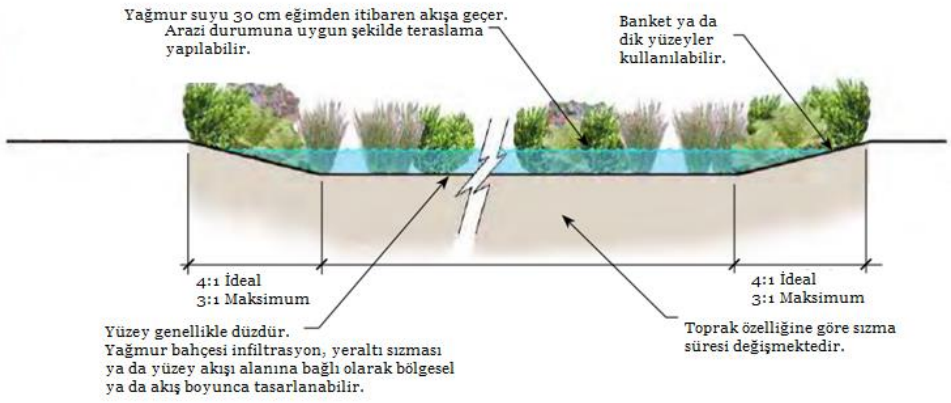
- Çatı ile bağlantılı yağmur bahçeleri, saçak kenarından en az 3 m uzakta tasarlanmalıdır. Bu şekilde oluktan alınan suyun yapının temeline hasar vermemesi sağlanır.
- Yağmur bahçeleri septik bir sistemin veya drenaj alanının üzerine ya da yanına yerleştirilmemelidir.
- Yağmur bahçeleri alanda bulunan düşük kotlara ya da üzerinde su bulunan ve sızma hızı düşük olan alanlara yerleştirilmemelidir.
- Güneşli veya kısmen güneşli yerler yağmur bahçeleri için uygundur, doğru koşulların sağlanması halinde gölge alanlarda tercih edilebilir.
- Yağmur bahçeleri peyzaja entegre edilmelidir. Tercihe göre formal veya informal bir görünüme sahip olabilirler.
- Yağmur bahçeleri büyük ağaçların altına kurulmamalıdır. Ağaçların kök sistemleri zarar görebilir. Ayrıca yağmur bahçesi tarafından tutulan ekstra neme uyum sağlayamayabilirler
- Düz alanlar yerine hafif ve az eğimli alanlar seçilmelidir. Ayrıca kazılan çukurdan çıkarılacak toprak, alt tarafta bir tampon bölge olarak kullanılmalıdır (City of Victoria, 2015) (Şekil 4.5).



Şekil 4.5. Yağmur bahçesi konumlandırılması (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2018b).

Yağmur bahçeleri, yüzeysel ve yüzey altı su filtreleme sistemleridir. Kum filtreleri gibi çalışırlar ve yağmur suyunun kumdan geçirilmesi yoluyla su kalitesi arıtması sağlarken, kirletici maddeleri uzaklaştırmak ve yağmur suyu akış hacmini azaltmak için hem bitkileri hem de filtre sistemini kullanmaktadır. Doğal bitki türleri tipik olarak aşırı kuraklık dönemlerini tolere edebildiğinden ve kök sistemleriyle sızma ve buharlaşmayı destekleyebildiklerinden bu türlerin kullanılması gerekmektedir. Bir yağmur bahçesi standart olarak dört katmana sahiptir;

- Bitki dikimi ve malç alanı
- Verimli üst toprak
- Çakıl ve drenaj tabakası
- Filtreleme ve toplama alanı şeklinde sıralanabilir (University of Arkansas Community Design Center, 2010) (Şekil 4.6).



Şekil 4.6. Yağmur bahçesi kesiti (Water Pollution Prevention Program, 2019'dan uyarlanmıştır).

Yağmur bahçelerinin büyüklüğü konusunda dikkat edilmesi gereken yağış ve yağışla gelen su miktarıdır. Tipik bir yağmur bahçesi 10 ile 30 m^2 arasında yapılmaktadır. 10 m^2'den küçük yağmur bahçelerinde istenen bitki deseni sağlanamayacağından önerilmez. 30 m^2'den fazla olduğu durumda kazı işlemleri güçleşir, tesviye yapılamaz ve sınırları zorlar. Yağmur bahçesinin boyutları, istenen derinliğe, kazılan çukurun içine serpilecek toprağın özelliğine, bitkilere ve toplanacak suyun miktarına bağlıdır. Yağmur bahçesinin derinliği belirleyen en önemli unsur alanın eğimidir. Derinlik hesaplamasında eğimi göz önüne alarak;

- Alanda mevcut eğim %4'ten az ise, yağmur bahçesinin derinliği 7-12 cm arasında olması gerekir.
- Alanda mevcut eğim %5-7 arasında ise, yağmur bahçesinin derinliği 15-18 cm arasında olması gerekir.
- Alanda mevcut eğim %8-12 arasında ise, yağmur bahçesinin derinliği 20 cm olması gerekir.

Zemindeki toprağın cinsi; yağmur bahçesinin yeri, derinliği ve büyüklüğü seçildikten sonra alanın toprak yapısına bakılmalıdır. Alandaki toprağın yağmur bahçesine uygun olması için saatte 1 cm yüksekliğinde suyu emmesi gerekir. Ayrıca zemin kumlu, siltli ya da killi olarak ayrılmalıdır. Kumlu zeminde süzülme en fazladır,

killi zeminde ise en azdır. Killi zeminde sızma hızının yavaşladığı düşünüldüğünde alan genişletilmelidir. Bu sebeple yağmur bahçesi uygulanacağı bölgenin toprak analizinin yapılması ve toprağın sızma hızının belirlenmesi ile sıvı geçirimlilik yönünden test edilmesi büyük önem arz etmektedir (Doğangönül ve Doğangönül, 2009). Şekil 4.7'te yağmur bahçesi ile ilgili uygulama örnekleri verilmektedir.



Şekil 4.7. Yağmur bahçesi örnekleri (American Rivers, 2012).

Mount Tabor Ortaokulu (Portland, Oregon)'da okulun asfalt kaplı otopark alanı yağmur bahçesine dönüştürülmüştür. Yaklaşık 30.000 m^2 alandan 500.000 galon su toplanarak bahçede arıtılmış ve kente geri kazandırılmıştır. Aynı zamanda okulun güneye bakan sınıfları geçmişte sıcak aylarda aşırı ısınırken, yağmur bahçesi ile sınıflarda verimli iklimlendirme sonuçları alınmıştır.

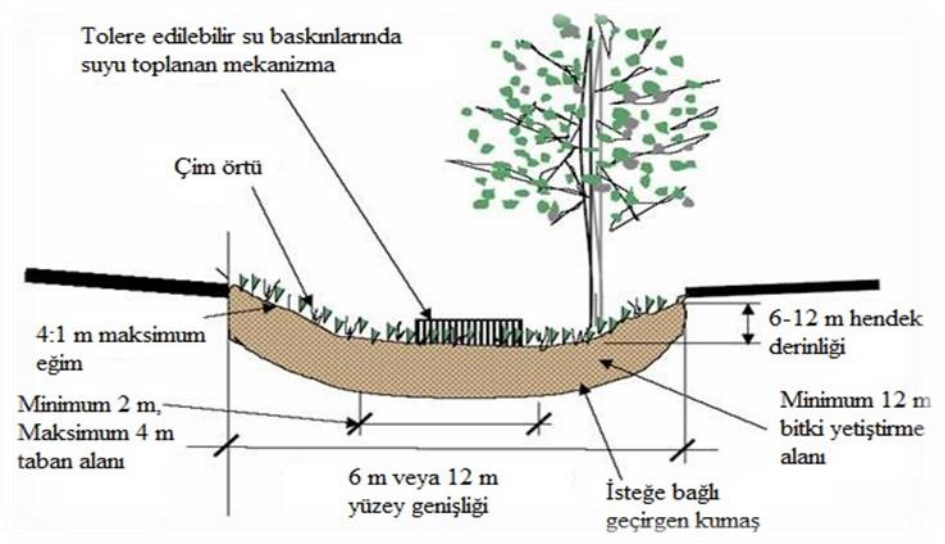
Amerika Jeolojik Araştırma Organizasyonu (U.S. Geological Survey) ve İkiz Kentler Metropolitan Konseyi, Çevre Servisi tarafından 2002-2004 yıllarında kentte yüzey ve yüzey altı su kalitesine iyileştirmek için Minesota da beş yağmur bahçesi tasarlanmıştır. Yağmur bahçeleri kent çevresinde yeni yapılan alanlarda konumlandırılmıştır. İki yıl boyunca normalin altında seyreden yağış rejimine rağmen yağmur bahçelerinin suyun filtrelenmesini arttırıp, suda çözünmüş iyonları azalttığı görülmüş ve bu materyalleri bitki gövdesinin tuttuğu ya da yağmur bahçesinin dip kısmında toprakta biriktirdiği anlaşılmıştır (Sert, 2013).

Ekşi vd., (2016) yaptıkları çalışmada, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesinin toplamda 24 hektarı kaplayan kampüsüne yağmur bahçesi uygulaması yapılmıştır. Kampüsün %60'ı yani 14 hektar gibi bir yeşil alanı mevcuttur. Yaklaşık 2.000 kişinin

kullandığı kampüsün su tüketimi mayıs ayı için 702 m^3, ağustos ayı için 1020 m^3 olarak bulunmuştur. Kampüsün bulunduğu Bahçeköy'de yıllık yağış miktarı ortalaması 1974-2004 yılları arası 30 yıllık iklim verilerine göre 1.171 mm'dir. Kampüsün yapısal yüzeylerinden yüzeysel akışa geçebileceği düşünülen su miktarı (evapotranspirasyon olmadığı kabul edilirse) 169,795,000 m^3 olarak belirlenmiştir (ET=0). Proje dönemi süresince modüllere gelen toplam yağış 11,960 lt/saat bulunmuştur. Proje kurak döneme gelmesine rağmen depoya giren su miktarı 15,4 lt olmuştur.

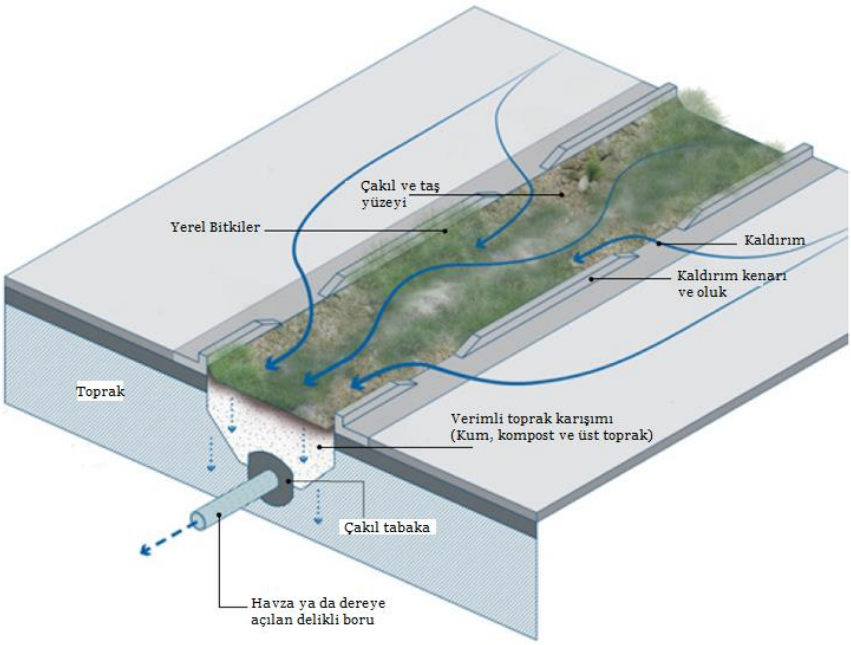
4.3. Bitkili Su Hendeği

Bitkili su hendeği, zeminde bitki örtüsü ve kenar eğimleri oluşturarak yüzey akışına geçen suyu toplayan ve yavaşlatarak tahliye noktalarına ileten doğrusal, açık ve sığ kanallardır. Yüzey pürüzlülüğünü arttırarak akış hızlarını yavaşlatır ve bu durum yüzey temas süresini uzattığından yağmur suyu yönetim sistemine girmeden önce daha fazla sızma, buharlaşma, terleme ve su kalitesinin artışını sağlar (Sadeghınazhad, 2019). Sistemdeki bitkiler yüzey akışını yavaşlatarak, suyun süzülmesini ve toprakta depolanmasını sağlar. Bitkilerin suyu süzmesi ile toprağa daha az miktarda kirletici girmektedir. Su arklarında kirleticilerin uzaklaştırılması temelde suyun bekletilme süresine, bitki örtüsü tip ve yüksekliğine bağlıdır (Şekil 4.8). Yapılan bazı laboratuvar çalışmalarında, su arklarının sudaki ağır metallerin %89 ile %93 arasında azaltılmasını sağladıklarını göstermektedir. Mazgal, kaldırım kenar taşı ve kapalı kanal sistemleri gibi sürdürülebilir olmayan sistemlerin yerine bitkili su hendeği kullanılabilmektedir. Su arkları, yağmur suyu yönetim sistemleriyle birlikte kullanıldığında daha iyi etki göstermektedir. Gelişen şehirlerde, bitkili su hendeği ile biyolojik filtreler bir arada kullanılarak daha iyi sonuçlar elde edilmektedir (Levi, 2007).



Şekil 4.8. Bitkili su hendeği tasarımı (Ellis vd., 2014'den uyarlanmıştır)

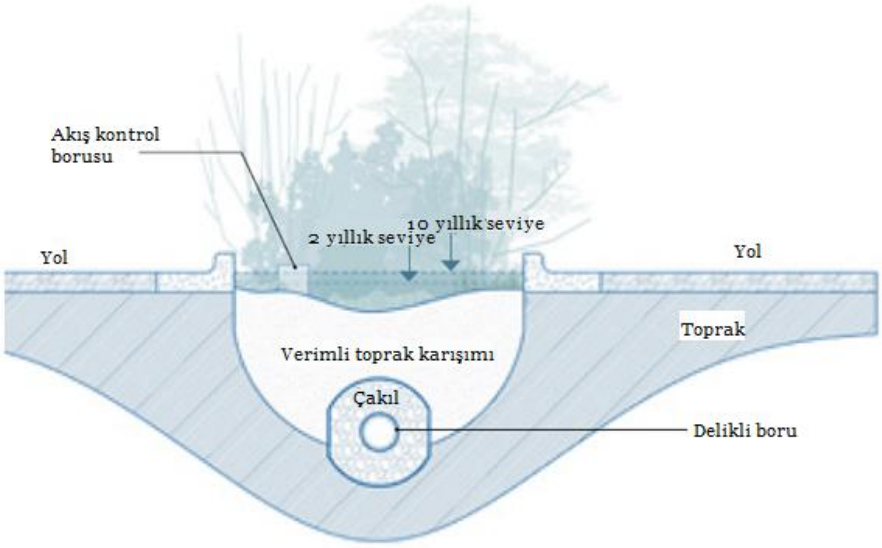
Yağmur bahçeleri, çatıdan ya da bitişiğindeki geçirimsiz yüzeyden su toplamak için eğimin altına kazılmaktadır. Yerel türler ve uzun kök sistemi geliştiren bitkilerle daha iyi performans gösterirler. Bitkili su hendeği yağmur bahçelerinden farklı olarak otopark alanları, trafiğe açık yollar ve kaldırımlar gibi alanlar boyunca inşa edilirler. Suyun bir süre yüzeyde tutulmasına ve daha sonra taşmasına izin verecek şekilde tasarlanırlar. Geçirimsiz yüzeyden gelen kirleticileri etkin bir şekilde yakalarlar (Center for Neighborhood Technology, 2010) (Şekil 4.9) (Şekil 4.10). Bitkili su hendeği, dar olmaları nedeniyle, doğrusal tasarımdaki yeşil sokak güçlendirme projeleri için çok uygundur (Sadeghınazhad, 2019).



Şekil 4.9. Bitkili su hendeği (Team Sponge, 2019'dan uyarlanmıştır).

Bitkili su hendeğinin faydaları arasında şunlar sayılabilmektedir:

- Taşkın etkilerini azaltan ve yağmur suyunu kirleticilerden arındırarak toplayan sistemlerdir.
- Arıtma tesislerine giden su miktarını azaltarak enerji kullanımını azaltır ve bu da sera gazı miktarını azaltarak havayı iyileştirir.
- Yüzeysel akışı iyileştirerek enerji tüketimi ve soğutma amaçlı enerji kullanımını azaltarak atmosferik CO_2 salınımını azaltır.
- Evaporatif soğutma ve yüzey albedo (yansıtma) azaltarak, kentsel ısı adası etkisini engelleyerek enerji kullanımını azaltır.
- Kentsel estetiği ve rekreasyonu arttırır, gürültüyü emer.
- Kentsel habitat sağlar ve biyoçeşitliliği destekler.
- Gelecekteki ekonomik ve çevresel kısıtları yönetmek için toplumun tam katılımı ve ortaklığı gerekecektir. Bu uygulamalar toplumun bilincini ve gelişimini desteklemektedir (Center for Neighborhood Technology, 2010)



Şekil 4.10. Bitkili su hendeği kesiti (Team Sponge, 2019'dan uyarlanmıştır).

Bitkili su hendeğinin tasarımında dikkat edilmesi gerekenler:

- Eğimi %1 ile %4 arasında verilmelidir. Bunun dışındaki eğimlerde tıkanma veya fazla su birikimi görülebilir.
- Maksimum akış derinliği düz alanlarda 30 cm ve eğimli alanlarda çukur derinliği 45 cm olmalıdır.
- Yağmur suyu sistemde en fazla 72 saat kalabilir. Eğer bu süreyi geçerse koku, sivrisinek sorunları ve su kalitesinde kötüleşme görülür.
- Toprak setlerde maksimum yan eğim 3:1 olmalıdır.
- Yağmur suyunun daha az durduğu kenar bölgelere ağaç konumlandırılmalıdır. Suyu tutan kısımda ise su gereksinimi ve toleransı bölgeye uygun olan çalı ve otsu bitkiler seçilmelidir
- Doğrudan güneş alan bölgelere kurulmalıdır
- Filtrelerin tıkanma ihtimali olduğundan düzenli olarak kontrol edilmelidir. (Blick, Kelly, Skupien, 2004). Şekil 4.11'de bitkili su hendeğinin arazide uygulama örnekleri verilmektedir.



Şekil 4.11. Bitkili su hendeği uygulama örnekleri (Team Sponge, 2019).

Tippecanoe Gölü'nde yapılan bir çalışma, yağış suyunu yavaşlatan ve bitki örtüsü yoluyla sedimentleri yakalayan ve göle ulaşımından önce süzülmeyi sağlayan, bitkili su hendeğine bir örnek sunmaktadır. Sulak alan bitki örtüsü, bitkili su hendeğinin amacı ile aynı amaç doğrultusunda kullanıldığı zaman, yağış suyu toprak içine daha fazla süzüldüğünden, kirletici uzaklaştırma verimlilik oranının daha yüksek olduğu görülmektedir.

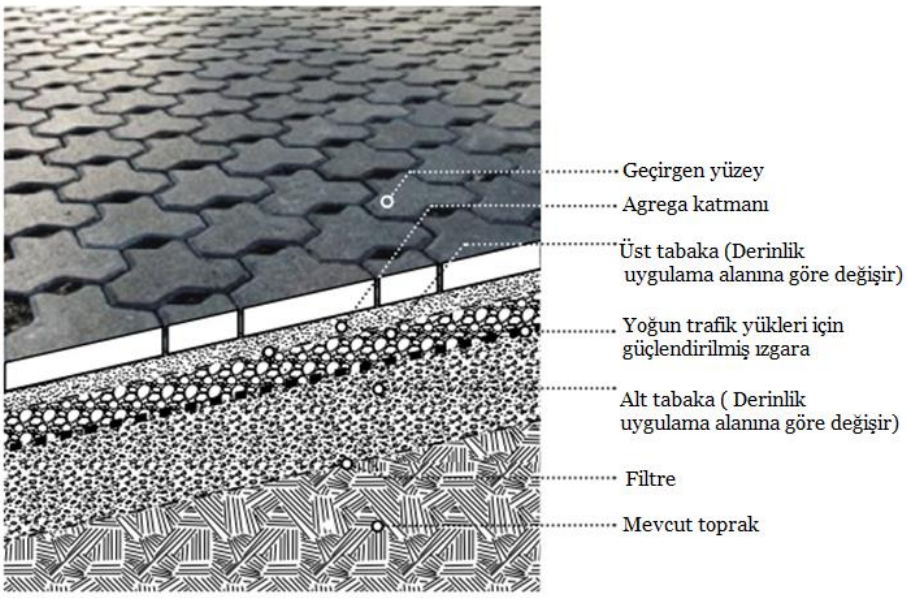
Evergreen Community Charter okulunda en iyi yönetim uygulamaları doğrultusunda, yağmur bahçeleri ve bitkili su hendeği bir bütün olarak kullanılmaktadır. Çatıdan ve park yerinden gelen %65 ile %75 oranındaki yağış suyu, kurulan üç yağmur bahçesinde iyileştirilirken, fazla gelen akış suyu yer altı suyunun takviyesini sağlayan bitkili su hendeği gönderilmektedir.

Barrett vd., (2004), otoyol akışını azaltmak için tasarlanmış bitkili su hendeklerinin kirleticileri gidermede etkili olduğunu bulmuştur. Bitki örtüsünde toplam kirletici maddelerin %85' den fazla, çinko ve demir, karbon, nitrat ve azotun %36 ila %61 oranında azaltıldığını bulmuştur.

Glanville vd., (2004), kompost örtülerinin uygulandığı otoyol tasarımlarında önemli ölçüde daha fazla sızma kapasitesi olduğunu belirtmiştir. Ayrıca yabani ot oluşumunu kontrol ederken ekili türlerin bitki kütlesini artırdığını bulmuştur.

4.4. Geçirgen Kaplama

Sürdürülebilir drenaj sistemlerinden olan geçirimli yüzeyler, yüzeyinden hava ve suyun geçebileceği sistemlerdir ve suyun alt tabakalara süzülmesine olanak sağlar. Geçirimli döşemeler, yüzey suyunun akış miktarını ve debisini azaltır, kentsel kirleticilerin uzaklaştırılmasını ve yağış sularının yer altı sularına karışmasını sağlar. Aynı zamanda kirli suyun toprağa girebileceği yollar ve otoparklar gibi alanlarda yüzey akışını kontrol ederek kirletici kontrolünü sağlamaktadır. Yüzeyindeki boşluklar nedeniyle daha az trafiğin ve sınırlı araç yükünün olduğu alanlarda kullanılması daha uygundur. Kentsel alanlarda sert zemin ihtiyacını karşılarken aynı zamanda yağmur suyu yönetimini de desteklemektedir (Scholz ve Grabowiecki, 2007). Geçirgen kaldırımlar yüzeysel kirliliğin kontrolünde ve suyun toprağa sızmasında yeraltı sularının şarj edilmesini teşvik ederek, yüzeysel akış ve hacim kontrolünde etkili olan sistemlerdir. Gözenekli kaplamalar trafik yollarında, park alanlarında, yaya caddelerinde, meydanlarda ve spor sahalarında kullanım için uygundur (Silveira, 2002). Geçirimli yüzeylerin verimliliği arazi koşullarına bağlı olarak değişebilmektedir. Zemin toprağı düşük geçirgenliğe sahipse sızan suyu drenaj ağına yönlendirmek için bir toplama borusuna ihtiyaç duyulmaktadır. Geçirimli yüzeyler aynı zamanda kent ağaçlarına da fayda sağlamaktadır. Yüzeyin altındaki agrega katmanı köklerin uzamasına izin veren ve suyu toprağa sızmadan önce tutarak bir rezervuar görevi görme potansiyeline sahiptir (Mullaney ve Lucke, 2013) (Şekil 4.12).



Şekil 4.12. Geçirgen kaplama detayı (University of Arkansas Community Design Center, 2010'dan uyarlanmıştır).

Geçirimli yüzey kaplamaları, gözenekli ve geçirgen olmak üzere ikiye ayrılır. Aynı faydaları sağlayan bu sistemlerin çalışma şekilleri ve görünümleri farklılık göstermektedir. Geçirimli yüzeylerin sınıflandırılması, yüzeyin yapısına ve malzemesine bağlıdır. Gözenekli kaplamalar; güçlü bir sızma kapasitesine sahip, iyi sıkıştırılmış kum ve çakıl tabanı olan yüzeyinde çim veya çalı olan gözenekli beton veya asfalttan oluşmaktadır. Geçirgen kaplamalar; beton bloklar arasında sızma boşlukları olan finişer beton bloklardan oluşmaktadır. Geçirgen kaplamaların sızma kapasitesi, beton bloklar arasındaki kaba agrega sebebi ile yüksektir. Geçirimli yüzey kaplamalarının geniş çapta uygulanması ve farklı sürdürülebilir yöntemlerle entegre edilmesi durumunda yağışın düştüğü alanda çözüme ulaşması sağlanmış olur (Jayasuriya, Kadurupokune, Othman, Jesse, 2007). Geçirgen kaplamalar tasarlanırken, yağmur suyunu iyileştirmek ve tutulmasını sağlamak için yüzeylerin geçirgenlik ve depolama kapasitelerini düşünmek gerekmektedir. Yüzey akışına geçen sular tıkanmaya elverişli yüksek oranda sediment madde taşıdığından bu kaplamaların kullanım alanları sınırlıdır (Levi, 2007). Geçirimli kaplamalar, kurulumundan sonra üç yıl içinde tıkınma riskine sahiptir. Tıkanma nedenleri; trafikten kaynaklı tortulardan ve yoğun trafikten dolayı gözeneklerin

kapanmasından kaynaklı sorunlar olarak sayılabilir (Scholz ve Grabowiecki, 2007). Şekil 4.13' da geçirimli kaplama ile ilgili arazide uygulama örnekleri verilmiştir.



Şekil 4.13. Geçirimli kaplama uygulama örnekleri (The City of Edmonton, 2014'den uyarlanmıştır).

Smith (1984)'ün 11 yağış dönemi periyodunda bir çim yüzeyinin 0 ile 0.35 akış katsayısı elde etmiştir, aynı bölgedeki geçirimli yüzeyin akış katsayısının 1 olduğunu bulmuştur.

Pratt (1990), Nottingham'da kentsel alanda yaptığı çalışmada yağmur suyunun yüzeylerde birkaç saat sonra deşarj olduğunu, geçirimli yüzeylerde ise yüzeye düştüğü anda sızdığını görmüştür. Yağıştan sonra akışın %42'sinin sızdığını ve 30 günlük sürede bu oranın %55 ile %75 düzeyine çıktığını gözlemlemiştir.

Suda vd. (1988), 50 mm/s yoğunluktaki yağışta, yağmur suyunun geçirimli yüzeyden ilk 30 dk boyunca yüzey akışa geçmeden doğrudan toprağa sızdığını gözlemlemişlerdir. Ancak 6 aylık gözlemin sonunda tıkanmaya bağlı olarak geçirgenlikte azalma olmuştur. Yüzey kaplama malzemesi ve tipi akış performansını etkilemektedir.

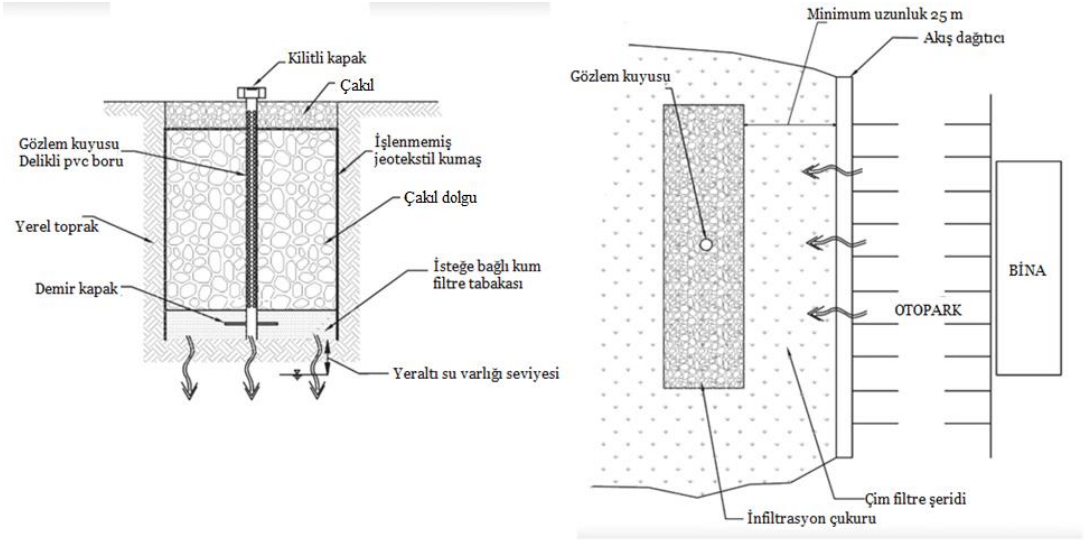
Morgenroth ve Visser (2011), geçirimli zemin ile geleneksel sistemdeki zemini çevresinde yetişen ağaçların durumlarını karşılaştırmıştır. Geçirimli yüzeye sahip

alanlarda bitki büyümesinin %28 artığını ve köklerin gelişiminin 2 cm artığını köklerin toprağa daha fazla yayıldığı görmüşlerdir.

4.5. İnfiltrasyon Hendeği

Yağmur suyu veya sulama sularının toprak profili boyunca yer çekiminin etkisi ile yüzeyden aşağı doğru inmesine infiltrasyon denir. Bir yağmur suyu drenaj yöntemi olan infiltrasyon hazneleri, kirlilik kontrolü sağlamak, sel ve taşkın risklerini azaltmak, yer altı su tabakasının yenilenmesine katkıda bulunarak alternatif su kaynağı yaratmak amacıyla uygulanır. İnfiltrasyon uygulamaları, sel ve taşkınlardan korunarak su kalitesi iyileştirme amacıyla uzun yıllardır kullanılmaktadır (Demir, 2012).

İnfiltrasyon hazneleri/hendekleri çakıl veya taşla dolu bir yeraltı depolama bölgesidir. İnfiltrasyon hendekleri sızma hacmi orta veya yüksek topraklarda, şiddetli yağışları depolamak ve alt toprağa karışmasını sağlamak için inşa edilirler. Bu hendekler küçük drenaj alanlarında kullanılırlar. Tipik olarak konut alanlarında, ticari alanlarda, otoparklarda ve çevre yolları gibi açık alanlarda akış kontrolünü sağlarlar. Yüzey akışı için çim filtre şeridi oluşturularak hendekleriyle birlikte tasarlanabilmektedir. Ayrıca kaldırımlar, yürüyüş yolları, yaya ve bisiklet yollarının altına inşa edilerek ek alana gerek duyulmadan yağmur suyunu kontrol edebilir. Bir yağmur suyu infiltrasyon sistemi tasarımında bilinmesi gerekenler; yer altı su tabanı seviyesi, toprağın geçirgenliği, yapıya olan uzaklığı ve bitkisel materyal ile desteklenmesi gerektiğidir (Chahar, Graillot, Gaur, 2012) (Şekil 4.14).



Şekil 4.14. İnfiltrasyon haznesi/hendeği (Burack, Walls, Stewart, 2008'den uyarlanmıştır).

İnfiltrasyon haznesinin yağmur suyunu boşaltma süresi yönetim açısından oldukça önemlidir. Birbirini izleyen şiddetli yağışlarda haznedeki yağmur suyu sızma süresi yetersizse, akış başka bir hazneye ya da sisteme yönlendirilmelidir. İnfiltrasyon hazneleri, depolama için çakılla doldurulur ve bitişiğindeki alandan akıntı toplayarak suyu yeraltına sızdırır. Hazne içindeki çakıl dolgu malzemesi genellikle altındaki topraktan daha geçirgen olduğu için bir akış direnci oluşturur. Üst katmanın alt katmandan daha az hidrolojik iletkenliğe sahip olacağı şekilde gözenekli olmalıdır (Chahar, Graillot, Gaur, 2012). İnfiltrasyon haznesinin tasarımda, ilk olarak yüzeysel akış ile gelen yağmur suyunun miktarı doğrultusunda hazne boyutu belirlenmelidir. Bununla birlikte gelen yağışın toprağa sızma süresi de belirlenmelidir. Hazne boyutunu belirlemek için doğrusal alanda gelen yağış miktarı, yıllık ortalama yağış miktarı ve süresi bilinmelidir. Bununla birlikte tasarımın işleyişinin ayrıntılı modelli sayısal bir simülasyon ile takip edilmesi önerilmektedir (Creaco ve Franchini, 2012). Şekil 4.15'de infiltrasyon hendeği ile ilgili uygulama örnekleri gösterilmektedir.



Şekil 4.15. İnfiltrasyon hendeği örnekleri (AWWA, 2019).

Barber vd., (2003), infiltrasyon haznesi ile ekolojik olarak yağmur suyu yönetimi sağlamayı test etmişlerdir. Hazne, kompost, kum, çakıl ve delikli drenaj borusu olarak inşa edilmiştir. Yapılan 14 test sonucunda, şiddetli yağış dönemlerinde %10 ile %50 arasında yüzeysel akışı azalttığı görülmüştür.

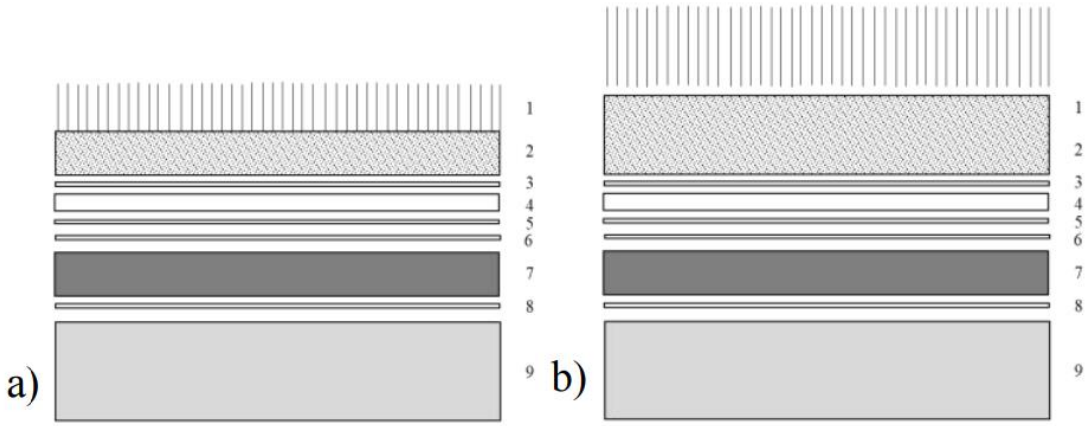
Abida ve Sabourin (2006), infiltrasyon haznesinin delikli boru bölümündeki çim yüzeyi incelemişlerdir. Boru ve çim alandaki sızma oranlarını ölçmek için testler yapmışlardır. Doğru tasarlanmış delikli boru sisteminin, geleneksel sistemlere göre 13 kat daha fazla akış sağladığını bulmuşlardır.

4.6. Yeşil Çatı

Yeşil çatılar, ekolojik fayda sağlayan ve görsel değer kazandıran, binanın enerji performansını artıran, yüzey akışını azaltan, biyoçeşitliliği destekleyen, iklime duyarlı, hava kalitesini iyileştiren, yapıların çatı alanlarına kurulan yaşayan bitki örtüsünü ifade etmektedir (Woods Ballard vd., 2015). Temel olarak iki tür yeşil çatı sisteminden bahsedebiliriz:

Ekstensif yeşil çatılar: Az maliyet gerektiren ve mantığı yapı üzerinde yeşil bir doku oluşturmak olan, doğal yaşam döngüsünde kendi kendine var olabilen bitkiler kullanan, 20-30 cm arası toprak derinliğine sahip yeşil çatılardır.

İntensif yeşil çatılar: Toprak derinliğinin birkaç metre kadar olabildiği ve üzerinde ağaç ve ağaççıkların da bulunduğu zemin seviyesinde benzer peyzaj alanı olarak düzenlenen yeşil çatılar olarak açıklanabilir (Yalçınalp vd., 2018) (Şekil 4.16).



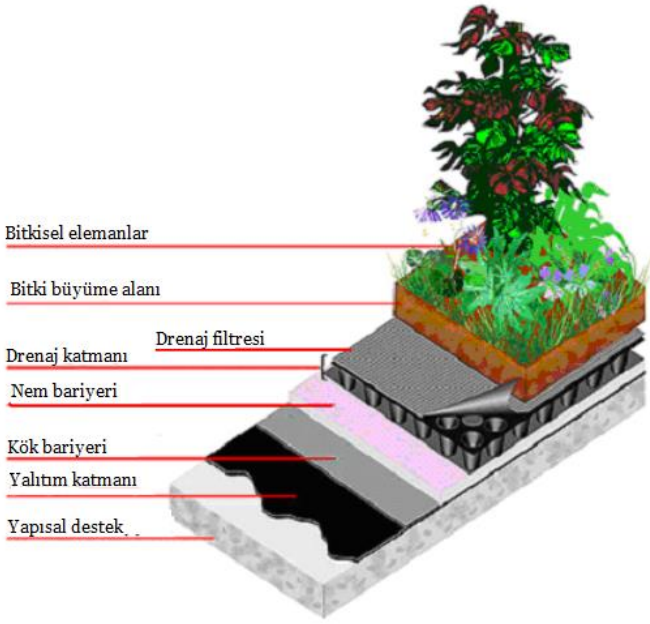
1.Bitki katmanı, 2.Toprak katmanı, 3.Filtre katmanı, 4.Drenaj katmanı, 5.Koruyucu katman, 6.Kök tutucu katman, 7.Isı yalıtım katmanı, 8. Su yalıtım katmanı, 9.Taşıyıcı eleman

Şekil 4.16. Yeşil çatı konstrüksiyonu a) ekstensif yeşil çatı b) intensif yeşil çatı (Kalfa, Haydararslan, Yaşar, 2018).

Yeşil çatı sistemleri çatıya düşen yağışın %40-80 oranında tutulabilmesini sağlamaktadır. Ancak söz konusu durum iklim özelliklerine ve çatının yapısal sistemine bağlı olarak değişebilmektedir. Yüzeysel akışın azalması yeşil çatı sisteminin niteliğine ve hava koşullarına bağlıdır. Şiddetli yağışlarda, yeşil çatı katmanları suyu depolayarak katmanlar suya doyduktan sonra kalan suyu drenaj sistemine aktarmaktadır (Ekşi, 2012). Yeşil çatıların bileşenleri şu şekilde sıralanabilir:

- Bitki katmanı: Bölgenin iklimsel ve çevresel koşulları ele alınarak doğru bitki seçimi ve uygulama yapılması gerekir.
- Bitki büyüme katmanı: Seçilen bitkiler için uygun yetişme ortamını sağlayan organik toprak içermelidir.
- Drenaj ve filtre katmanı: Yüzeyden gelen yağmur suyunu bir filtre ile süzen ve sisteme drene edilmesini sağlayan elemanlardır.
- Nem katmanı: Bitki büyümesi için gerekli nemi tutan ortamdır.
- Kök katmanı: Bitki köklerinin bina yapısal elemanlarına zarar vermemesi için kullanılan özel bariyerdir.

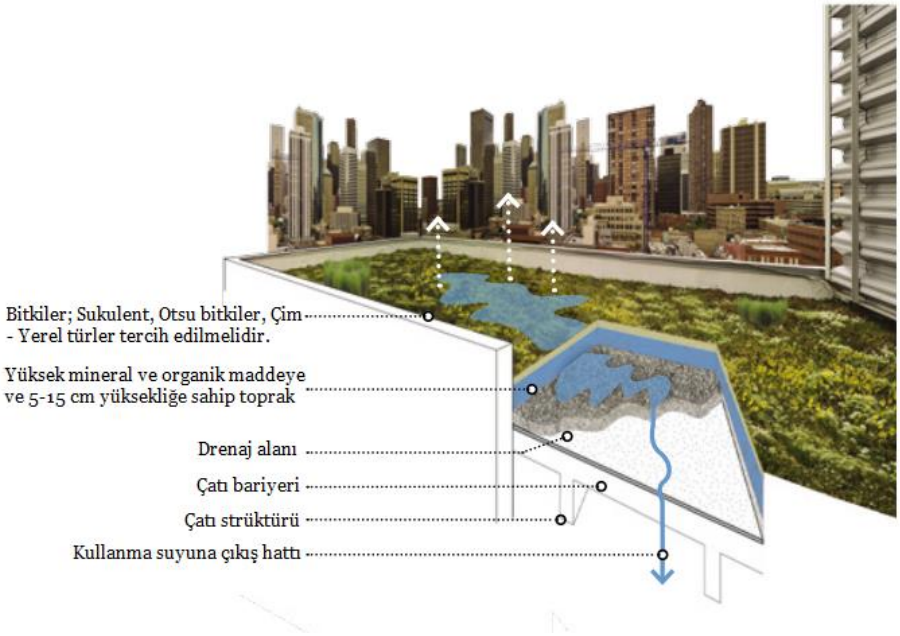
- Yalıtım katmanı: Bitkilerin tuttuğu suyu ve nemi binanın yapısal elemanlarından koruyan katmandır.
- Yapısal katman: Diğer katmanları mekanik olarak koruyan ve yapının taşıyıcılığını destekleyen sistemdir (The City of Edmonton, 2014) (Şekil 4.17).



Şekil 4.17. Yeşil çatı katmanları (The City of Edmonton, 2014'den uyarlanmıştır).

Eğimi %5'in altında olan çatılar "teras çatılar", eğimi %5'in üstünde olan çatılar ise "eğimli çatılar" olarak tanımlanmaktadır. Çatı tipleri, yapılacak uygulamanın sistemi açısından önem taşımaktadır. Bitkilendirme çalışması normal bir kırma çatıya uygulanabileceği gibi, düz bir teras çatıya da uygulanabilmektedir. Uygun yöntem ve malzeme seçimi ile eğimli yüzeyler bitkilendirilebilmektedir. Ancak eğimi %25'i geçen şartlarda özel önlemler alınmalıdır. Yeşil çatılar genellikle %2 eğim akıntısına sahip, iyi yalıtılmış ve çoğunlukla teras çatı olarak inşa edilmiş çatılara uygulanmaktadır. Teras çatı uygulamaları, bilinen yeşil çatılar ile aynı sisteme sahiptir. Son yıllarda gelişmekte olan ters teras çatı kavramı bu konuda önem taşımaktadır. Burada ısı yalıtımı su yalıtımının üzerine getirilmekte ve membranın bu şekilde esnekliğini korumasını sağlamaktadır (Şekil 4.18). Yeşil çatı tasarımı aşamasında teras ya da eğimli çatı olmasına karar verilirken, yapının bulunduğu iklim kuşağı, çatı alanı ve yapının niteliği göz önüne alınmalıdır. Düz çatılarda performans ve ömür ölçütü çatının su ve ısı yalıtım tabakaları

ve konumları gibi faktörlere bağlıdır. Tasarım aşamasında çatı alanı büyüklüğü, büyük çatılarda işlevsellik, yalıtım örtüsü ve hafiflik gibi etkenlere dikkat edilmelidir. Teras çatılar insan kullanımına açık şekilde tasarlanabilir. Güneş enerjisi ve havalandırma gibi sistemler teras çatılara daha kolay ve güvenli şekilde monte edilebilmektedir (De Cuyper, Dinne, Van de Vel, 2003).



Şekil 4.18. Yeşil çatı (Huber, 2010'dan uyarlanmıştır).

Yeşil çatı kurulumunda; alanın iklimi, çatının yüksekliği, rüzgara maruz kaldığı durumlar, çatının güneşe yönü ve gün içinde çevre yapılardan aldığı gölgeleme bilinmeli ve bunlara dikkat edilerek bitkilendirilmelidir. Yeşil çatı yüklerini ve yüzeye gelen yağmur suyu yüklerini statik olarak kaldırabilecek ve su yalıtımı doğru yapılan binalara yeşil çatı uygulanabilir (Woods Ballard vd., 2015).

Yeşil çatılarda bitki örtüsü aşağıdaki özelliklere sahip olmalıdır;

- Bitkiler çatı yüzeyindeki toprak örtüsünü tamamen kaplamalıdır.
- Kuraklığa dayanıklı, düzenli sulama ihtiyacı az olan ya da hiç olmayan,
- Isıya, soğuğa ve şiddetli rüzgarlara dayanabilen,
- Az bakım gerektiren, biçme ve budama ihtiyacı az,
- Yüksek su tutma oranlarına sahip olan türler seçilmelidir (Eugene, 2014). Şekil 4.19'da yeşil çatı ile ilgili uygulama örnekleri gösterilmektedir.



Şekil 4.19. Yeşil çatı uygulama örnekleri (Woods Ballard vd., 2015).

Vanwoert vd. (2005), ABD Michigan eyaletinde yaptıkları bir çalışmada, çatıya gelen yağışın %80'den fazlasının yeşil çatılar tarafından tutulduğunu bulmuştur.

Scholz-Barth (2001)'e göre ekstensif bir yeşil çatı, üzerine düşen yağışın %75'ini tutarken %25'ini de çatı sistemi ile tahliye etmektedir.

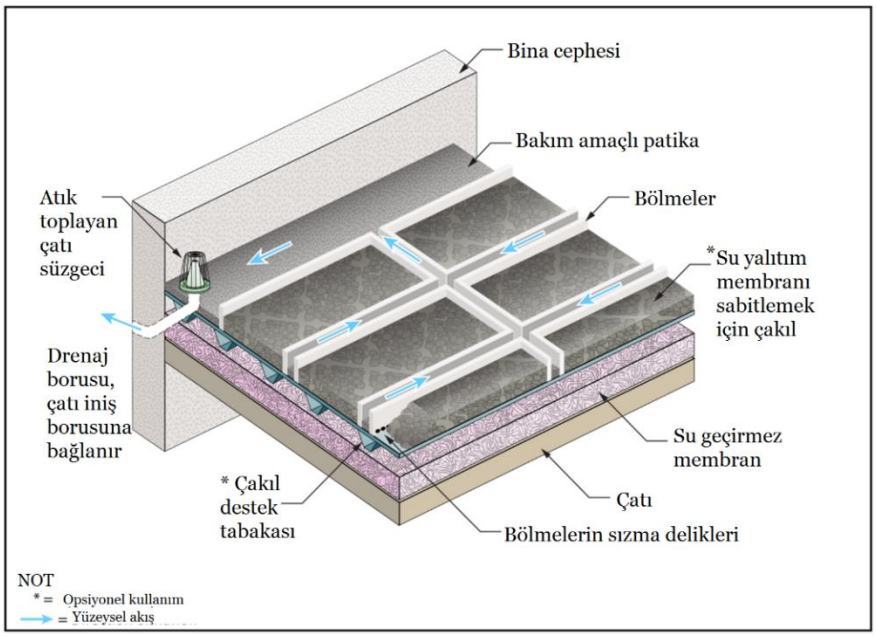
Hilten, Lawrence, Tollner (2008), yeşil çatı modellemesinde, sistemin 2,54 mm/m^2'den az olan yağışlarda verimli olduğunu ve bu miktarın altındaki yağışlarda yüzeysel akışı engellediğini bulmuşlardır.

Mentens, Raes, Hermy (2006), 18 adet yeşil sistemi deneyini incelemişlerdir. Bu incelemede, bitki yetişme ortamının derinliği ile yüzeysel akış özelliklerinin ilişkili olduğunu görmüşlerdir. Yetişme ortamındaki nem miktarı fazla olduğunda, kış aylarında çatının su tutma kapasitesinin düştüğünü görmüşlerdir. Ayrıca yeşil çatıların yüzeysel akışı tek başına tamamen yok edemeyeceği ve kentlerdeki yeşil alanlarla birlikte tasarlanırsa yağmur suyunu depolayabileceği üzerinde durulmuştur.

Connelly ve Liu (2005) çalışmasında, sedum türleriyle bitkilendirilen 75 mm yetişme ortamına sahip bir yeşil çatı incelemişlerdir. Burada su tutma kapasitesinin yağışsız dönemde %86 ila %94, yağışlı dönemde ise %13 ila %18 arasında olduğunu bulmuşlardır. Bu durum ile yetişme ortamındaki nem ilişkilidir. Genel olarak yeşil çatı sistemlerinin %28 oranında suyu tuttuğunu bulmuşlardır (Fioretti vd., 2010).

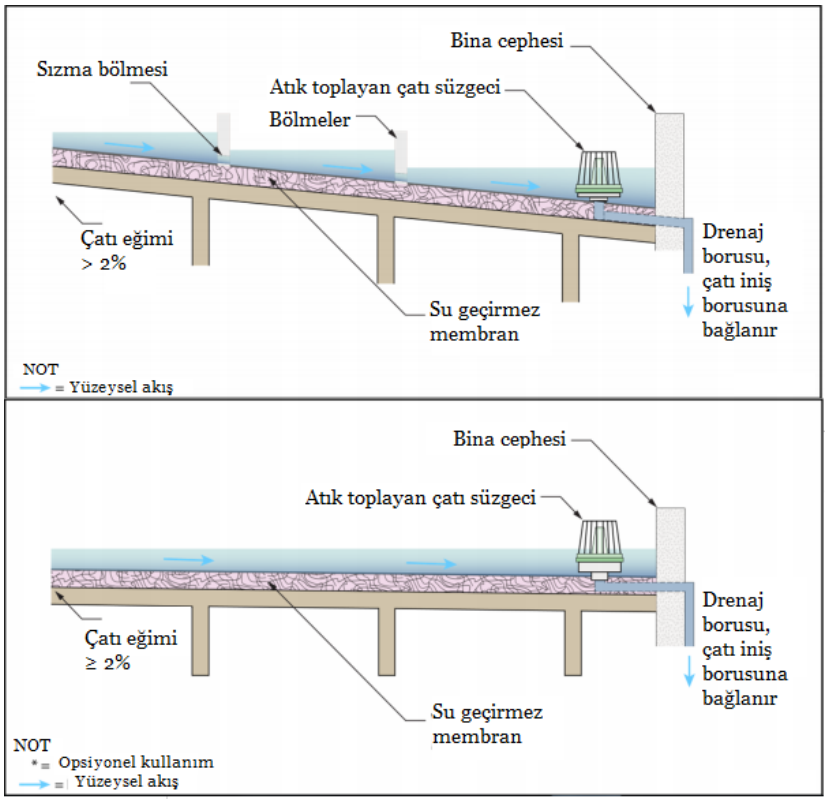
4.7. Mavi Çatı

Mavi çatı, yağmur suyunu bitkiler olmadan kontrol eden sistemlerdir. Mavi çatılar yağmur suyunu tutmak ve daha sonra sisteme vermek üzere geliştirilmiştir. Akışa geçen su, savaklar, menfezler ve diğer çıkış sistemleri tarafından kontrol edilmektedir. Mavi çatıda ana odak, yağmur suyunu bir bölgede toplamaktır. Çatının fazla ısınmasını engellemek için genellikle açık renkli çatı malzemesi kullanılır. Mavi çatılar, yeşil çatılardan daha az maliyetlidir ve doğrudan akışı kontrol eder (Shafique, Lee, Kim, 2016). Mavi çatılar temelde su depolamak için tasarlanmış sistemlerdir. Depolanan su; sulama (bitişiğinde tasarlanan bir yeşil çatı sistemi için), soğutma suyu (binanın ve çatının sıcaklığının düşürülmesi için), kullanım suyu (binada içme dışındaki kullanılan su) olarak kullanılabilmektedir. Tasarımda göz önünde bulundurulması gereken temel hususlar, çatının yapısal yüklerini karşılayacak kapasite ve binayı korumak için gereken su yalıtım sistemidir (Woods Ballard vd., 2015) (Şekil 4.20).



Şekil 4.20. Mavi çatı ve bölmelendirilmesi (Blick, Kelly, Skupien, 2004'den uyarlanmıştır).

Mavi çatılardaki akış hızı geleneksel çatılardan daha az olduğundan bu sistemlerde tepe akışları en azdır. Yüzeysel olarak küçük alanlarda uygulanmak için elverişli sistemlerdir. Bu sistemler mevcut çatılara entegre edilebilir ya da yeni yapılarda uygulanabilirler. Dik çatılarda göllenme riski yüksek olduğundan daha düz çatılarda uygulanması tavsiye edilir. Suyun çatıya zarar vermemesi ve binaya sızmasının engellenmesi için mavi çatı tasarımına su yalıtım sistemi de dahil edilmelidir. Eğimi %2'yi geçen çatılarda göllenmeyi engellemek için çatı bölmelere ayrılmalıdır. Bölmeler suyun sistemden dışarı atmak için deliklerle tasarlanmalıdır. Suyun yapıya sızmasını önlemek için yalıtım sistemi iyi uygulanmalıdır (Blick, Kelly, Skupien, 2004) (Şekil 4.21).



Şekil 4.21. Bölmeli ve bölmesiz mavi çatı profili (Blick, Kelly, Skupien, 2004'den uyarlanmıştır).

Mavi çatı sistemleri 72 saat boyunca bünyesinde depolama yapabilmektedir. Ancak bu süreçten sonra suyu sisteme vermesi gerekmektedir. 72 saatten fazla depoda kalan su sisteme zarar verebilir, koku, sivrisinek yapabilir ve su kalitesi düşer. Mavi

çatılar her yıl en az dört kere ve 25 mm'yi geçen şiddetli yağışlardan sonra kontrol edilmelidir. Çevreden gelen yaprak vb. unsurlar filtre sisteminin tıkanmasına neden olabilir (Blick, Kelly, Skupien, 2004) (Şekil 4.22).



Şekil 4.22. Mavi çatı uygulama örnekleri (Credit Valley Conservation, 2018).

Shafique vd. (2016), yaptığı çalışmada Kore'nin Seul kentinde belediye binasının 50 m^2 çatısına mavi çatı ve ayrıca bir okul çatısına da yeşil mavi ortak çatı uygulaması yapmışlardır. 0.14 m uzunluğunda rezervuarın normal çatılarda depolama kapasitesinin 6.7 m^3 olduğunu, mavi çatıda ise 6.97 m^3 kapasite olduğunu, normal çatılarından yağmur suyunun yüzeysel akışa geçtiğini ve mavi çatıda ise deliklerden sızarak biriktiğini görmüşlerdir. 90 mm/saat'lik yağış periyodunda çatılar incelenmiştir. Analizlerde mavi çatı ve ortak çatıdan yağmur suyu çıkışının sırasıyla 0.45 l/s ve 1.55 l/s olduğunu bulmuşlardır. Mavi çatının yağışı infiltre ve kontrol edebildiği kanıtlanmıştır. Mavi çatılar uygun maliyetli ve sonradan eklemelere elverişlidir. Yağmur suyunu yavaş yavaş sisteme verdiği için kanalizasyon taşması risklerini de azaltmaktadır.

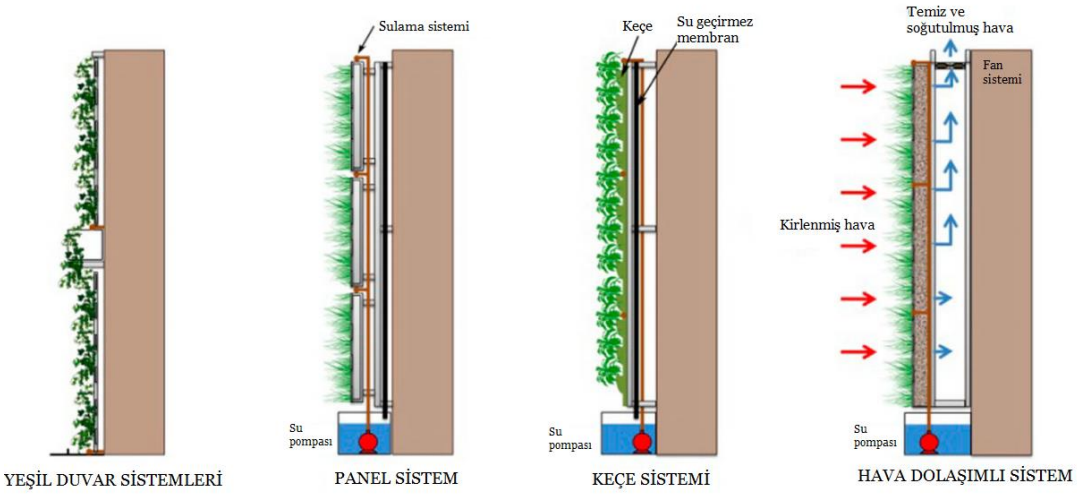
New York Çevre Koruma Bölümü (NYDEP) yeşil altyapı kapsamında 2010 yılından beri mavi çatı sistemlerini desteklemektedir. Bu kapsamda 2012 yılında kentte çalışmalar yapılmaya başlanmıştır. İlk olarak Queens'te bir devlet okulunun çatısına bir mavi çatı, bir yeşil çatı ve bir kontrol bölmesi oluşturulmuştur. 25 mm yağışta yeşil çatı %30 ile %100 arasında, mavi çatı ise %20 ile %80 arasında yağmur suyunu tutabildiği görülmüştür. İkinci çalışma alanı olan Brooklyn'de metropolitan caddesinde bir depolama tesisine üç mavi çatı kurmuştur. Bu kapsamda mavi çatının caddelerde su birikmesini önlediğini ve drenaj kutularının konumlandırılmasının esnekliğinden

bahsetmişlerdir. Bu gibi birçok mavi çatı uygulaması yürütülmüştür (Credit Valley Conservation, 2018).

4.8. Yeşil Duvar

Bitkisel materyalin yapının yüzeyinde geliştiği duvar sistemlerine yeşil duvar/dikey bahçe denir. Yapı yüzeyini kaplayan bitki örtüsü ile yapının mikro klimasını düzenlemeye yardımcı olur (Detail, 2005). Cephelerde; toprakla, doğrudan duvar üzerinde ya da saksıda büyüyen bitkisel elemanlarla yapının kaplanmasıdır. Burada temel elemanlar; bitki, yetişme ortamı, kök tutucu katman, taşıyıcı katman, filtre katmanı, su yalıtım katmanı, ısı yalıtım katmanı, buhar kesici katman ve duvar taşıyıcı sistemden oluşmaktadır. Kullanılan malzeme türüne, malzemelerin sistemde ne şekilde bir araya geldiğine ve uygulandığı yere göre farklı elemanlar ilave edilebilmektedir (Erdoğdu ve Çetiner, 2014).

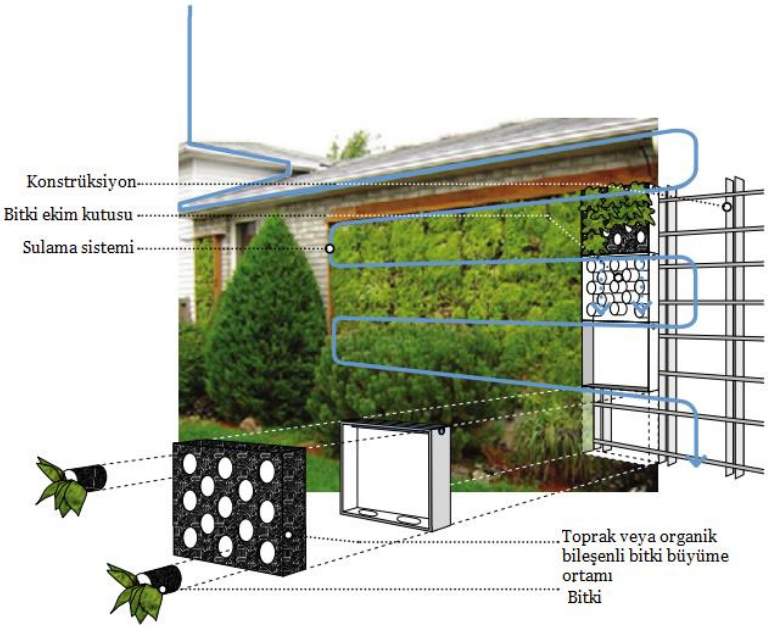
Dikey bahçeler, kentlerde yükselen yapı cephelerinde iç ve dış mekanda bağ kurarak, insan ve doğa arasında maksimum ilişkinin kurulmasına olanak sağlamıştır. Bu sistemler yapının dış mekanlarında kullanılabildiği gibi iç mekan duvarlarında da kullanılabilmektedir. Dikey bahçeler, cephelerde yapısal duruma bağlı olarak farklı malzemede, yükseklikte, kalınlıkta, geçirgenlikte tesis edilmektedirler. Bu sistemlerde bitki seçimi, bitkiyi besleyecek toprak ya da topraksız sistem, sulama ve bakım teknikleri ile uygulama yapılacak yüzey ile materyallerin bağlantısı çeşitli yollarla yapılmaktadır. Dikey bahçeler; Metal Çit Sistem, Panel Sistem, Hidroponik Panel Sistem, Topraklı Panel Sistem, Modüler Sistem, Keçe Sistemi, Asma Sistem ve Hava Dolaşımlı Sistem olmak üzere farklı şekillerde uygulama yöntemlerine sahiptir (İpekçi ve Yüksel, 2012) (Şekil 4.23) (Şekil 4.24).



Şekil 4.23. Yeşil duvar uygulama yöntemi örnekleri (Pérez-urrestarazu vd., 2016'dan uyarlanmıştır).

Dikey bahçeler pek çok sosyolojik, psikolojik, ekolojik, rekreatif, ekonomik, mimari amaç, ihtiyaç ve kaygılarla ortaya çıkmıştır. Dikey bahçelerin tasarımı ve uygulanması ile ilgili çeşitli amaçlar ve yararlar şu şekilde sıralanabilir:

- Sanayileşme ve kentleşme ile oluşan hava kirliliğine çözüm olmak,
- Kentsel ısı adası etkisini düşürmek,
- Yapılarda enerji verimliliği sağlamak, ısıtma ve soğutmayı sağlamak,
- İç mekan ile dış mekan arasında havalandırma sağlamak,
- Mimari açıdan kentte estetik yaratmak,
- Çevrenin olumsuz şartlarına karşı yapının korunmasını sağlamak,
- Yapıları doğal çevre ile uyumlu hale getirmek,
- Giderek azalan doğal bir kaynak olan suların etkin kullanılması ve kentsel alt yapıya binen atık su yüklerini azaltmak şeklindedir (Aygencel, 2011).



Şekil 4.24. Yeşil duvar (Huber, 2010'dan uyarlanmıştır).

Yaprak örtüsü artığında özellikle kuzey cepheler rüzgar ve yağmura karşı daha korunaklıdır. Duvar önlerine konabilecek sarılıcı bitkilerle oluşturulan kafesler duvar ile arasında boşluk yaratarak baca etkisi yapar ve duvarı gölgeler. Böylelikle yaz aylarında serinletici etki yaparlar. Yapıda enerji tüketimini azaltarak ısı izolasyonu sağlar. Yaprak döken bitkiler yaz aylarında doğrudan güneşin içeri alınmasını önler ve serinlik yaratır. Kış mevsiminde ise yaprak dökerek güneşi doğrudan içeriye alıp ısınmaya yardımcı olur. Bitkilerin büyürken terleme olayı gerçekleştirmesi de serinletici etki sağlar. Dikey bahçelerde enerji verimliliğini etkileyen başlıca unsurlar; tür, cephe malzemesi, uygulanan yalıtım malzemesi, uygulanan bitki türleri ve ekim yoğunluğu olarak sıralanabilir (Wong vd., 2010). Şekil 4.25'te yeşil duvar ile ilgili uygulama örnekleri verilmektedir.



Şekil 4.25. Yeşil duvar örnekleri (Pérez-urrestarazu vd., 2016).

Lau ve Mah (2018), Malezya'da Kota Samarahan kentinde bir binaya dikey bahçe inşa ederek USEPA SWMM 5.1 programı ile dikey bahçenin yüzeysel akışını test etmişlerdir. Yüzeysel akışın yoğun yağış dönemlerinde %55 azaldığını görmüşlerdir.

Pérez-Urrestarazu vd., (2016)'da yaptığı çalışmada İspanya da kurulan bir prototip dikey bahçenin iç hava koşullarındaki performansı ölçülmüştür. Duvara farklı uzaklıklarda iki dikey bahçe kurgulanmıştır. Duvara 6 cm ve 15 cm uzaklıktaki dikey bahçeler yardımıyla duvarda 0.8 ile 4.8 °C arasında sıcaklık düşüşleri gözlenmiştir.

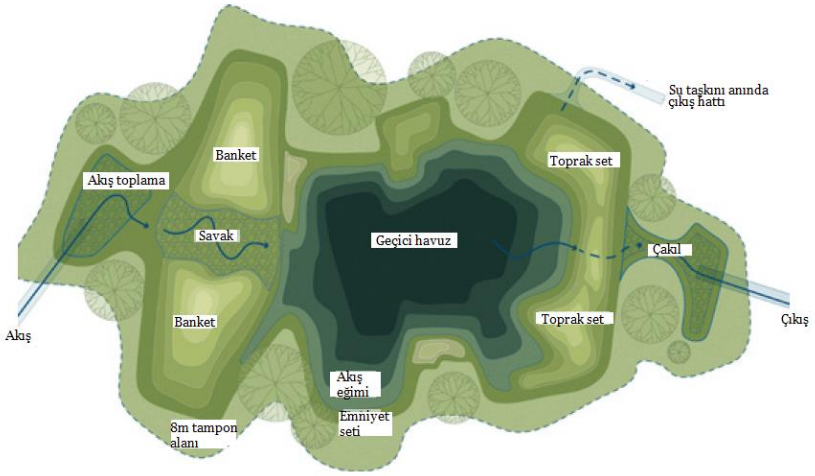
Wong vd., (2010), dikey yeşil sistemlerin termal etkisini ölçmek için Singapur'da Hortpark'a yaklaşık 1'er metre yüksekliğinde yedi adet dikey bahçe uygulaması yapmışlardır. Yapılan gözlem ve analizler neticesinde oluşturulan bu dikey sistemlerden yüzey sıcaklığını en çok hangi sistemlerin etkilediği belirlenmiştir. Sonuç olarak termal açıdan en etkili dikey yeşil sistemin havanın güneşli olduğu günlerde duvar sıcaklığını maksimum 11.58 °C azalttığı ortaya konmuştur. Bu azalma sonucunda da soğutma için harcanan enerjiden tasarruf edilebilecektir.

4.9. Yapay Sulak Alanlar

1971'de İran'ın Ramsar kentinde düzenlenen ve birçok ülke tarafından imzalanan 'Ramsar Sözleşmesi' sulak alanların korunması ile ilgili bir sözleşmedir. Bu sözleşmeye göre sulak alanlar: ''Doğal ya da yapay, sürekli ya da mevsimsel, tatlı, acı ya da tuzlu, durgun ya da akan su kütleleri, bataklıklar, turbalıklar ve gelgitlerin çekildiği anda

derinliği altı metreyi geçmeyen deniz suları" şeklinde tanımlanmaktadır (Scholz ve Lee, 2005).

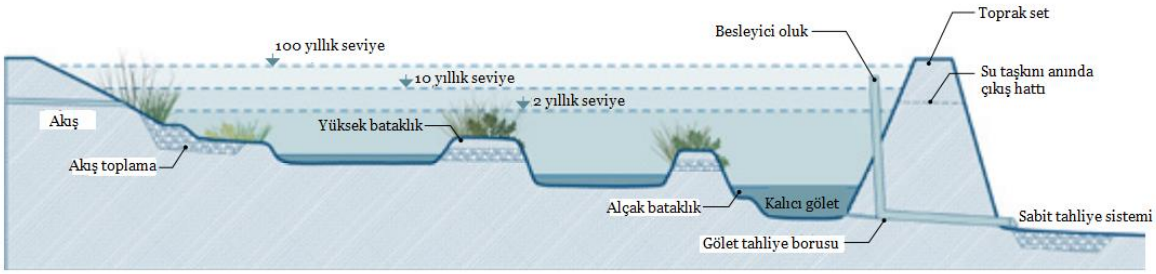
Yapay sulak alanlar, kentsel bir ortamda sulak alanların hidrolojik ve ekolojik işlevlerini taklit eder. Yağmur suyu akışını toplayan yüzeysel sulak alanlar olarak tasarlanmaktadır. İyi tasarlanmış yapay sulak alanlar, su filtrasyonu da dahil olmak üzere doğal sulak alanlarda bulunan bazı ekosistem hizmetlerini taklit edebilmektedir. Yapay göletlerden farklı olarak, yapay sulak alanlar yaz aylarında 30 günlük kuraklığa rağmen düşük buharlaşma oranları ile kalabilmektedirler. Bu nedenle, yapılandırılmış sulak alanların çoğu suyun toprağa yavaş sızmasını sağlayarak suyu tutmaktadır. Yapay sulak alanlar tasarlanırken doğal sulak alanların bitki türlerini barındırmalı ve kendi içinde bir su döngüsüne sahip olmalıdır. Bu sayede sivrisinek gibi türlerin üremesi engellenir ve kentsel alanlarda sağlıklı ve doğal habitatların sağlanmasına yardımcı olur (Team Sponge, 2019) (Şekil 4.26).



Şekil 4.26. Yapay sulak alan planı (Team Sponge, 2019'dan uyarlanmıştır).

Sulak alanlar estetik değerlerinin yanında aynı zamanda biyolojik çeşitliliği de desteklemektedir. Taşkınlara karşı depolama kapasitesini artırıcı şekilde tasarlanabilirler. Sulak alanlarda kullanılan bitkisel materyaller ve algler su kalitesini artırarak suyu filtrelemektedir. Bu nedenle, sulak alanlar drenaj kanalları veya boru sistemleri, küçük kentsel kanalizasyon alanlarının yanı sıra sedimantasyon yönetimi problemlerine yardımcı olarak bir tür tortu tutucu olarak görev yapabilmektedir (Poleto ve Tassi, 2012).

Bir sulak alanda ilk bölge yoğun yağışlarda dolan ve tortu oluşumunu önlemek adına tampon bölge olarak inşa edilir. Kurak dönemlerde bu bölgede su bulunmayabilir. İkinci bölge sürekli ve kalıcı suyun olduğu bölgedir. Üçüncü bölge yüzeysel akışları yavaşlatan ve su seviyeleri yükseldikçe yükselen su depolama alanıdır. Dördüncü bölge biyolojik filtre görevi gören ve kalıcı havuzun kenarı boyunca bulunan sığ su bölgesidir (Şekil 4.27). Kalıcı göletin maksimum derinliği 2m'yi geçmemelidir. Sulak alanın genişliği, güvenlik, estetik ve bitki örtüsünün durumuna göre değişiklik göstermektedir. Sulak alanın bakımı için çevresinde güvenli bir erişim bölgesi oluşturulmalıdır. Sulak alanlar oluşturulurken zemin stabilizasyonu, alanın toprak bünyesi ve yer altı su koşulları değerlendirilmelidir. Zemin değerlendirmesi toprak araştırmaları ve zemin geçirgenliği testlerine dayanmalıdır (Woods Ballard vd., 2015).



Şekil 4.27. Sulak alan kesit (Team Sponge, 2019'dan uyarlanmıştır).

Özet olarak, bu sistemlerin fonksiyonları:

- Su akışını kontrol altına almak ve su baskınlarını kontrol etmek,
- Su kalitesini iyileştirme ve kontrol etme kapasitesi,
- Sucul faunaların üreme ve beslenmesindeki fonksiyonlarının önemi,
- Kara faunası için yaşam alanı olması ve biyoçeşitliliği koruması,
- Kirliliği kontrol eden ve filtreleyen sistemler olması şeklinde sayılabilmektedir (Poleto veTassi, 2012). Şekil 4.28'de sulak alan ile ilgili uygulama örnekleri verilmektedir.



Şekil 4.28. Sulak alan örnekleri (Team Sponge, 2019).

Steinervd., (1988), doğal sulak alanların suyu fiziksel, kimyasal ve biyolojik olarak filtrelediği bilindiği üzere, yapay sulak alanlarında bu süreçleri aynı şekilde destekleyen sistemler olduğunu belirtmiştir.

Bachand ve Horne (2000), yapay sulak alanların yağmur sularını arıttığını ve azot geri kazanımının 4 ile 4.000 mg m^2arasında değiştiğini görmüşlerdir.

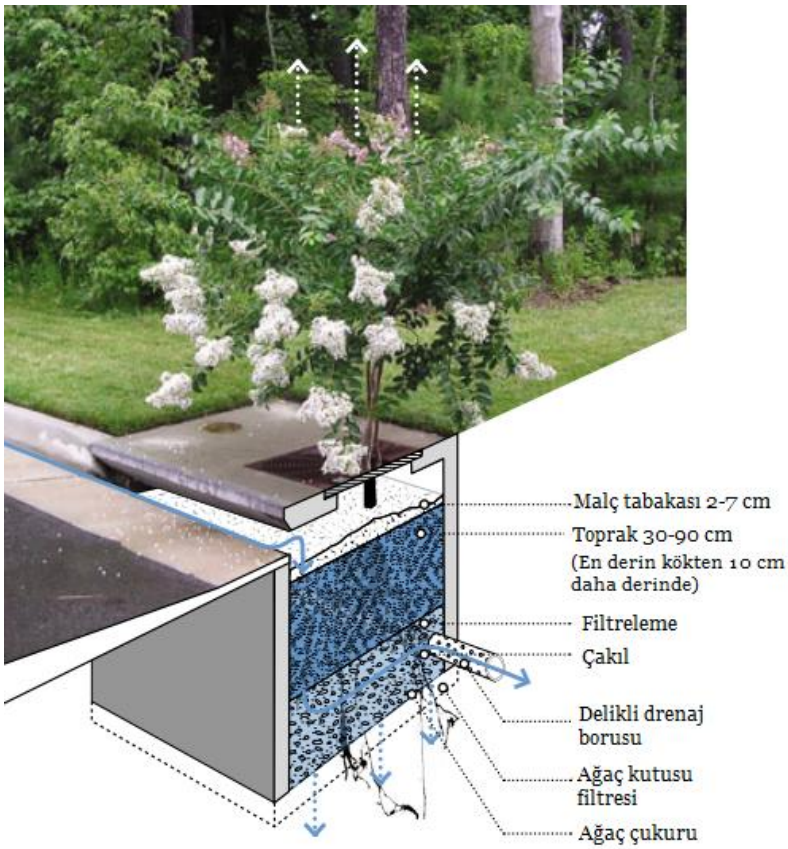
Reed ve Brown (1992), su arıtımı için kullanılan en uygun bitkilerin *Phragmites spp., Typha spp.* ve *Scirpus spp.* olduğunu bulmuşlardır. Bu bitkiler oksijen konsantrasyonu sağlar, tortuları arındırır ve suyun sıcaklığını değiştirir. Aynı zamanda organik karbon sağlar.

Hammer (1992), bitki örtüsünün sudaki substrat oranını artırarak, kökleri ile tortuları temizlediğini bulmuşlardır. Ayrıca bitki örtüsünün akışı yavaşlatarak tortulaşmayı engellediği görülmüştür.

4.10. Yol Ağacı ve Bitki Kutusu

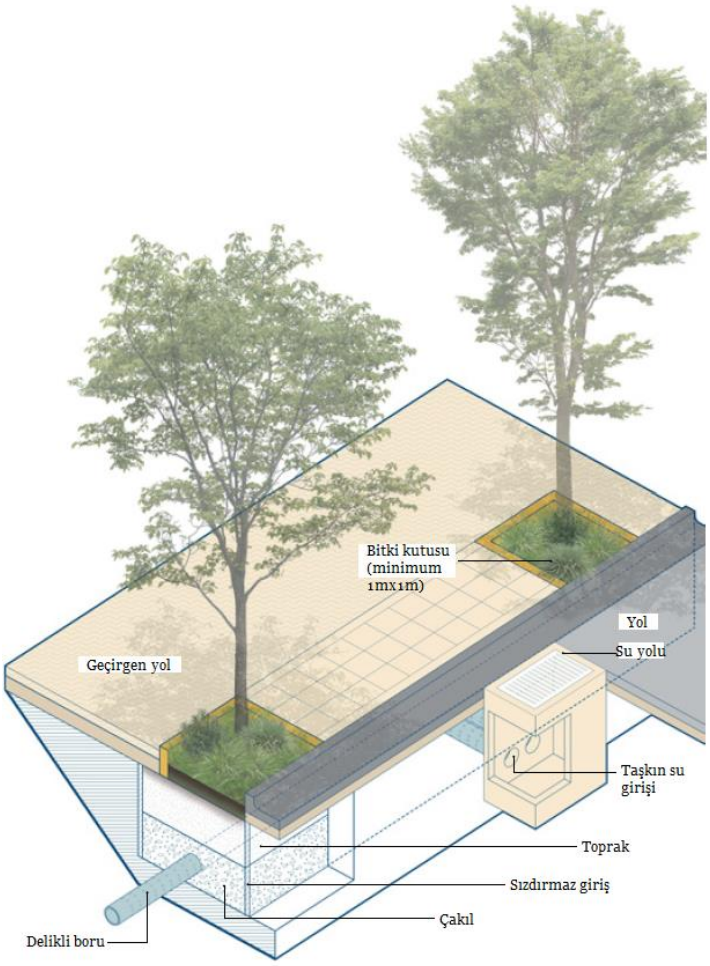
Ağaç kutuları filtreleri genellikle karayolları, köprüler ve otopark gibi alanlarda yağmur suyu yönetimini sağlamak için kullanılmaktadır. Ağaç kutusu depolama için büyük bir ekim çukuruna, kutuya ulaşan bir yan drenaj sistemine ve kutu için bir filtreleme sistemine sahip olmaktadır. Ağaç kutusu filtreleri kimyasal vb. kirlilikleri %90 oranında tutabilir ve %60 oranının azaltabilmektedirler. Yüzeysel akış oranını da %96 oranında azaltabilmektedirler (Geronimo, Maniquiz-Redillas, Kim, 2013). Ağaçlar, küçük ölçekli yağış sularını tutabilmekte aynı zamanda kentsel su kalitesinin artırılması açısından da büyük önem taşımaktadır. Örneğin; tipik bir orta boy ağaç, yılda 9000 litre

yağışı bünyesinde tutabilir. Ayrıca ağacın taç çapı 9 m^2 ise, bu 1 yıllık yağış tutma derinliğini ifade etmektedir (Stovin, Jorgensen, Clayden, 2008).



Şekil 4.29. Yol ağacı bitki kutusu detayı (Huber, 2010'dan uyarlanmıştır).

Tasarım yaparken ağacın köklenme miktarı düşünülmelidir. Bitki kutusu ağacın büyümesini engellemeyecek şekilde köklere su ve hava hacmini sağlayacak şekilde tasarlanmalıdır (Şekil 4.29). Bu faktörler bir toprağın gözenekliliğinden, geçirgenliğinden ve sızma oranlarından etkilenir. Toprakta yeterli organik madde bulunması ve tıkanıklık olmaması için iyi bir drenaj sistemi gereklidir. Bitki kutusunu en fazla köklenen ağaca göre tasarlamak akış kontrolüne büyük katkı sağlayacaktır. Ağaçların yerel bitki türleri arasından seçilmesi gerekir (Woods Ballard vd., 2015) (Şekil 4.30).



Şekil 4.30. Yol ağacı kesit (Team Sponge, 2019'dan uyarlanmıştır).

Yol ağaçlarının kente sağladığı birçok fayda arasında: yüzeysel akışı yönetmek, kente estetik değer katmak, iklimi düzenlemek ve enerji ihtiyacını azaltmak, havayı temizlemek, gürültüyü azaltmak şeklinde sayılabilir. Ağaçlar terleme yolu ile topraktan su çekerek akışı toplar. Yapraklar, dallar ve gövde yoluyla toprağa ulaşan su miktarını ve akış hacmini azaltır. Ağaçlar topraktan aldıkları suyu zararlı kimyasallardan arındırırlar (Woods Ballard vd., 2015). Şekil 4.31'de yol ağacı uygulamaları ile ilgili uygulama örnekleri gösterilmektedir.



Şekil 4.31. Yol ağacı uygulama örnekleri (Team Sponge, 2019).

Bir Kanada araştırması olan Mahendrappa, (1982)'ye göre, 25 mm'lik bir yağış baz alınarak toplanan, malç tabakasında tutulan ve sızan yağmur miktarı ölçülmüştür. Sonuçta yağmur suyunun yaklaşık %25'inin ağaç bünyesinde tutulduğu ve yağışın sadece %75'inin zeminde kaldığını göstermektedir.

Nisbet (2005), İngiltere'de yaptığı çalışmada, geniş yapraklı ağaçların akışı %25-45 oranında, iğne yapraklıların ise %10-25 oranında azalttığını bulmuştur.

Blunt (2008), yağışsız geçen bir dönemde 15m'den yüksek ağaçların büyüme mevsimi boyunca topraktan 60-150 m^3 suya ihtiyaç duyduğunu ileri sürmüştür. Çok yüksek bir ağacın 240 m^3, 10 m yüksekliğinde bir huş ağacının 30 m^3 aldığını bulmuştur.

BÖLÜM 5

DÜNYADAN VE TÜRKİYE'DEN ÖRNEKLER

5.1. Dünyadan Örnekler

Günümüz kentlerinin yağmur suyu yönetimi bilinci geliştikçe yeni çözüm önerileri getirilmektedir. Bunlar bina ölçeğinde tasarlanan dikey bahçeler, yeşil çatılardır. Kent içinde yol ağaçlandırmaları ya da yağmur bahçeleri tasarlanmaktadır. Kentin bir bölümünde kentsel dönüşüm ile yeniden tasarlanan alanlar yaratılmaktadır. Terk edilmiş sanayi, ulaşım ya da benzeri alanlarda ekolojik restorasyonlar yapılmaktadır. Kötüleşen sulak alanlar ya da havza alanları tekrar işlevsel hale getirilebilmektedir. Ya da bir alan en baştan su duyarlı şekilde tasarlanabilmektedir (Coşkun Hepcan, 2019).

Bu kapsamda Chulalongkorn Yüzüncü Yıl Parkı, Quinli Yağmur Suyu Parkı, Tanner Springs Park yağmur suyu ve taşkın suları yönetimi konusunda uygulanan başarılı örnekler arasındadır.

5.1.1. Chulalongkorn Yüzüncü Yıl Parkı – Bangkok, Tayland

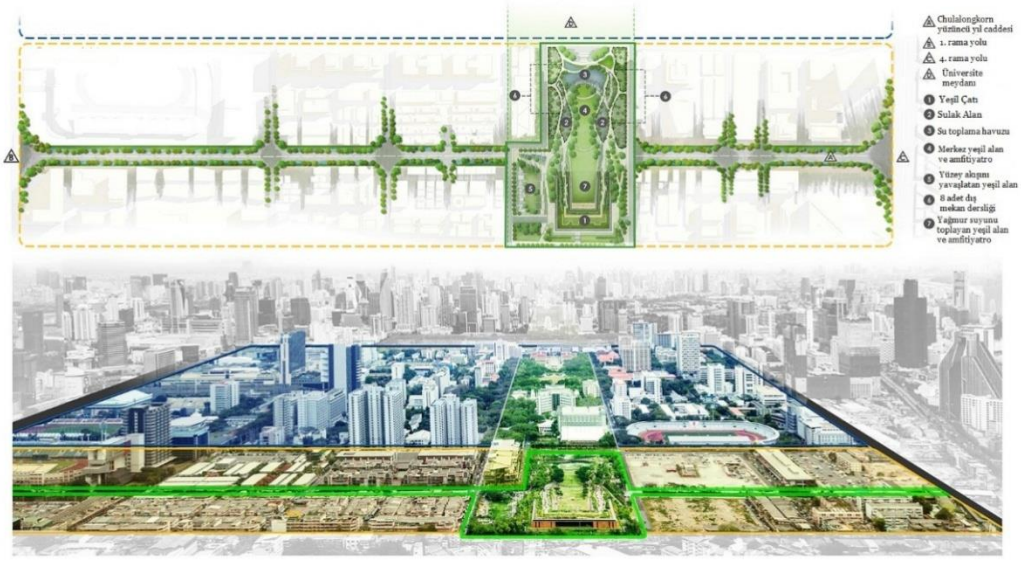
Bangkok son yıllarda artan seller ve yükselen sıcaklıklar ile mücadele etmektedir. Geçirgen yüzeylerin giderek azalması sorunları da beraberinde getirmiştir. Kentte deniz seviyesi her yıl iki santimetre yükselmektedir. Son 30 yılda artan sorunlar karşısında Tayland'ın ilk üniversitesi olan Chulalongkorn Üniversitesi 100. kuruluş yıl dönümü için 2012 yılında bir tasarım yarışması başlatarak üniversite arazisinde bir kamusal park yapılması için harekete geçmiştir. Tasarım ekibi yalnızca rekreatif bir park yapmak yerine Bangkok'un geleceği ve çevre sorunlarını da ilgilendiren bir tasarım ortaya koymuştur.

Yalnızca kentsel yeşil alan değil, iklim değişikliği ve su sorunları ile de mücadele eden bir park tasarlanmıştır (ASLA, 2019) (Şekil 5.1).



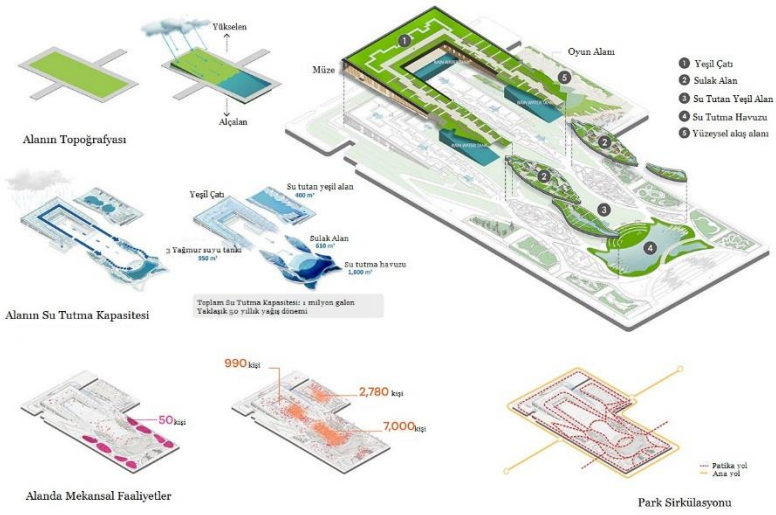
Şekil 5.1. Chulalongkorn Yüzüncü Yıl Parkı (Holmes, 2019).

Chulalongkorn Yüzüncü Yıl Parkı, ekolojik sorunlara çözüm bulmak, gri şehre açık yeşil alan kazandırmak ve iklim değişikliği ile mücadele için tasarlanan bir yeşil alan ağıdır. Tayland'daki en büyük yeşil çatıya sahip olan park, ekolojik açıdan oldukça önemlidir (Holmes, 2019) (Şekil 5.2).



Şekil 5.2. Chulalongkorn Yüzüncü Yıl Parkı planı (ASLA, 2019'dan uyarlanmıştır).

27 Mayıs 2017 yılında tamamlanan park, 48.000 m^2 alana ve 1.3 km bir yeşil caddeye sahip, yağmur suyu toplama ve arıtma, sel riskini azaltma, kentsel ısı adasını azaltma, yaya ve bisiklet kullanımını teşvik etme gibi birçok ekolojik işlevle tasarlanmış bir alandır (Voraakhom, 2020) (Şekil 5.3).



Şekil 5.3. Chulalongkorn Yüzüncü Yıl Parkı detayı (ASLA, 2019'dan uyarlanmıştır).

Düz bir alana kurulan parkın bir bölümü 3 derecelik bir açı ile yükseltilmiştir. En yüksek kottan en düşük kota kadar yağmur suyunu toplayan bir sistemde tasarlanmıştır. Tam bir su sirkülasyonu sağlayan alan yeşil çatı, sulak alanlar, su tutma havuzları gibi tasarımlarla suyu yönetir. 50 yıllık yağış yoğunluğu göz önüne alındığında park, yoğun yağışlarda 1 milyon galon su tutabilmektedir. 5.200 m^2'yi kaplayan bir yeşil çatıya sahiptir (Şekil 5.4). Yeşil çatının altında bir müze ve otopark bulunmaktadır. Ayrıca 3 adet yer altı yağmur suyu tankı çatıdan emilen suyu depolar. Kurak aylarda alanı 1 ay boyunca sulamaya yetecek kadar yağmur suyu depolanmaktadır (ASLA, 2019).



Şekil 5.4. Chulalongkorn Yüzüncü Yıl Parkı yeşil çatısı (ASLA, 2019).

Yeşil çatıdan gelen yüzeysel akış parkın iki tarafında bulunan sulak alanlarda toplanır. Sulak alanlar suyu bitkiler yardımıyla filtreler. Parkın merkezinde bulunan büyük çim alan etkinliklere ev sahipliği yaparak rekreasyon değerini arttırmaktadır. Çim alan yağmur suyunu emer ve yer çekimi ile en alt kottaki su tutma havuzlarına gönderir. Bu alanda bulunan su bisikletleri kullanıcıların egzersiz yaptırarak suyun filtrelenmesine yardımcı olmalarını sağlamaktadır (Şekil 5.5).



Şekil 5.5. Chulalongkorn Yüzüncü Yıl Parkı su tutma alanı (ASLA, 2019).

Ayrıca çim alan çevresinde bulunan açık sınıflar farklı amaçlara hizmet etmektedir. Ayrıca parkın içinde meditasyon alanı, kitap okuma alanı, bambu bahçesi, oyun alanları ve toprak bir amfi tiyatro bulunmaktadır (ASLA, 2019) (Şekil 5.6).



Şekil 5.6. Chulalongkorn Yüzüncü Yıl Parkı yeşil alanları (ASLA, 2019).

5.1.2. Quinli Yağmur Suyu Parkı - Haerbin, Çin

2009 yılında Turenscape şehrin ortasında doğal bir su rezervi olarak hareket eden ve yağmur suyunu yöneten bir park tasarlamıştır. Quinli Yağmur Suyu Parkı, taşkın sularını tutma, filtreleme ve yağmur suyu yönetimi konusunda yenilikçi yaklaşımı ile 2015 yılında Enerji Küre Ödülü (Energy Globe Award) almıştır. Bu yenilikçi kentsel yaklaşım, kentsel taşkınlara engel olan, yer altı sularını destekleyen, doğal habitatları koruyan ve kent halkına estetik değerler sunan bir alandır (Assaël, 2020). Şehrin merkezinde, yolların ve yapıların ortasında 34.2 hektarlık alanı kaplayan ve bakımsız durumda olan sulak alanı Turenscape, yağmur suyu stratejilerine uygun ve yağmur suyunu bir sünger gibi emen şekilde yeniden tasarlamıştır (Archdaily, 2013) (Şekil 5.7).



Şekil 5.7. Quinli Yağmur Suyu Parkı merkez sulak alanı (Archdaily, 2013).

Parkın merkezi olan sulak alana dokunulmamış ve doğal sürecine bırakılmıştır. Parkın çevresi yağmur suyunu filtrelemek ve temizlemek için bir tampon bölge olarak tasarlanmıştır. Doğa ile şehir arasında bir rekreasyon alanı yaratmak amaçlanmıştır. Yüzeysel akışla gelen yağmur suyu bir su yolu ile toplanır ve göletlerde filtrelendikten sonra sulak alana akar. Bu göletlerde *Betula spp.* (Huş ağacı) toplulukları oluşturulmuştur (Archdaily, 2013) (Şekil 5.8).



Şekil 5.8. Kentten park alanına geçiş (Archdaily, 2013).

Zemin seviyesinde arazi formuna ve su akışına uygun bir şekilde bir yol ağı düzenlenmiştir ve bu ağ kullanıcıların alanı bir bütün olarak deneyimlemesini sağlar. Göletlerin çevrelerinde oturma birimleri düzenlenmiştir (Archdaily, 2013) (Şekil 5.9).



Şekil 5.9. Yaya sirkülasyon ağından bir görünüm (Archdaily, 2013).

Alanda düzenlenen platformlar, izleme kuleleri ve oturma birimleri göletlerin üzerinde konumlanarak kullanıcıların doğayı izlemesini sağlar. Alan ‘’su şehirciliği’’ yaklaşımının bir örneğini oluşturmaktadır (Archdaily, 2013) (Şekil 5.10) (Şekil 5.11).



Şekil 5.10. Park göletleri ve rekreasyon alanı bütünleşmesi (Archdaily, 2013).

Quinli, Çin Hükümeti tarafından teşvik edilen sünger şehirlerden biridir. Quinli Yağmur Suyu Parkının sağladığı faydalar şu şekilde sıralanabilir:

- Yılda 500.000 m^3 yağmur suyunu tutabilen ve filtreleyebilen, ayrıca 3 km^2'lik bir alan için yağmur suyundan kaynaklı taşkınlara engel olan bir alandır.
- Yağmur sularını biyolojik filtrasyon ile arıtarak su kalitesini arttırmaktadır.
- Parkta yaşayan 20'den fazla kuş türü dahil olmak üzere birçok doğal flora ve fauna türü de alanda tespit edilmiştir.
- Park çevresinde bulunan arazilerin değerini 2 yılda %100 oranda artırmıştır. Ayrıca yine bu alanda bulunan mülklerin değerini de iki katına çıkarmıştır.
- Kent halkı için kamusal bir alan yaratarak kentsel refahı ve halkın sosyal etkileşimini arttırmıştır (Assaël, 2020).



Şekil 5.11. Alanda bulunan oturma birimleri (Assaël, 2020).

5.1.3. Tanner Springs Park -Portland, Oregon

Eski bir sanayi alanında inşa edilen park, aslında geçmişte bir sulak alan olmasına rağmen sanayi atıkları ile kirlenmiştir. Sanayinin alandan taşınması ile sulak alanı tekrar canlandırma fikri ortaya çıkmıştır. Bölgede sanayi ve ulaşım gibi yapısal elemanlar nedeni ile yeşil alan eksikliği vardır (Drain for life, 2013). Bu sebeple 2005 yılında Green Works tasarım stüdyosu ve Atelier Dreiseitl işbirliği ile park yeniden tasarlanmıştır. Sulak alan odaklı bir tasarım olan park alanı, sürdürülebilir su ve yağmur suyu yönetiminde de kilit noktadır (Green Works, 2020) (Şekil 5.12).



Şekil 5.12. Tanner Springs Park (Urban Green Blue Grids, 2020).

Sulak alanın iyileştirilmesi, yer altı suyunun desteklenmesi ve yerel bitki örtüsünün kullanılması parkın tasarımında önemli bir yer tutmuştur. Kentin ortasında yer alan park 4.800 m^2 alan kaplar ve zeminden 1.5 m aşağıdadır. Kentsel alandan akışa geçen su sulak alana doğru akar ve bitkiler tarafında filtrelenir. Durgun su buharlaşma yolu ile alanın mikro iklimini de iyileştirir (Drain for life, 2013) (Şekil 5.13).



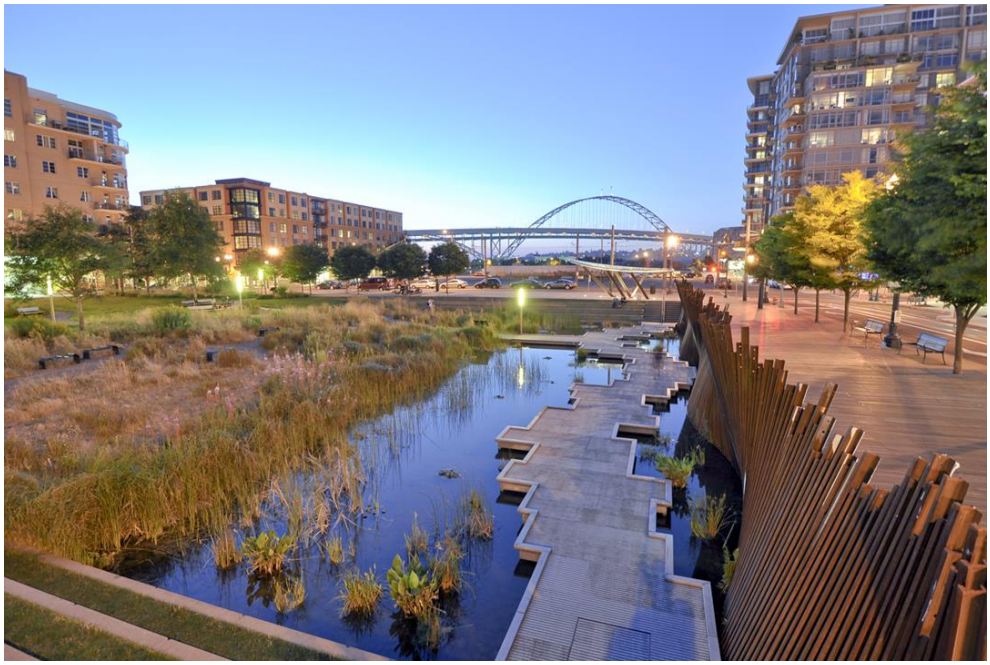
Şekil 5.13. Tanner Springs Park sulak alanı (Drain for life, 2013).

Çim alanlar, kullanıcıların dinlenmek, güneşlenmek gibi rekreatif faaliyetlerini gerçekleştirebilmeleri için tasarlanmıştır. Göletler ile bağlanan sulak alan ve üzerinde tasarlanan yürüyüş yolu kullanıcıların alanı keşfetmesini teşvik eder. Ayrıca bu alanlar biyoçeşitliliğin sağlanması ve habitatların korunması için büyük önem taşır (Şekil 5.14).



Şekil 5.14. Tanner Springs Park sanat duvarı (Green Works, 2020).

Parkın doğu bölümünde, eski demir yollarından kalan, yaklaşık bir asırlık olan ve geri dönüştürülmüş ‘’sanat duvarı’’ adı verilen dalgalı bir tasarım öğesi bulunmaktadır. Ayrıca yaya yolları da geçmişte kent içinden sökülen ve geri dönüştürülmüş bazalt parke taşlarından yapılmıştır (Green Works, 2020) (Şekil 5.15).



Şekil 5.15. Tanner Springs Park (Green Works, 2020).

5.2. Türkiye’den Örnekler

2017 yılında Peyzaj Araştırmaları Derneği (PAD), Çankaya Belediyesi ve İnsani Dünya Derneği ortaklığında IV. Çevre Hibe Programı tarafından “Yağmur Hasadı Yoluyla İklim Değişikliğine Uyum Projesi” tamamlanmıştır. Kentsel ve kırsal alanlarda yağış suyunu tutmanın önemini vurgulayan proje, farkındalık oluşturmak ve uygulama örneklerini tanıtmak amacıyla “Yağmur Hasadı Uygulamaları Giriş Rehberi” hazırlamıştır. Çankaya Belediyesi tarafından 500’e yakın kent parkının yağış suları ile sulanmasını sağlamak için çalışmalar yürütülmektedir (Coşkun Hepcan, 2019).

Çevre ve Şehircilik Bakanlığının merkez binasında 2018 yılında yapılan düzenleme ile yürüyüş yollarında geçirimli beton uygulaması ve yolun yanında yeşil alanda ise yağmur bahçesi uygulaması yapılmıştır. Yüzeysel akışa geçen suları yağmur bahçesi ile toplayarak yer altı sularını desteklemek amaçlanmıştır. Bu kapsamda

‘’Yağmur Bahçesi Hazırlama Kılavuzu’’ hazırlayarak, yağmur bahçesi oluşturmak isteyenler için bir el kitabı niteliği taşımaktadır (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2018b).

İstanbul Teknik Üniversitesi, Ayazağa Kampüsü’nde yağmur suyu yönetimi ile ilgili peyzaj çözümleri getirilmiş, yürüyüş yollarının çevresine yağmur suyunu tutan hendekler oluşturulmuştur (Coşkun Hepcan, 2019)

Eskişehir Büyükşehir Belediyesi, 2003 yılında Porsuk Çayı’nın kent içinde kalan bölümlerinin iyileştirilmesi, taşkın, deprem gibi afetlere dayanıklı hale gelmesi, sulama kanallarından kaynaklanan sızmaların önlenmesi amacıyla Porsuk Çayı’nı ıslah ederek çevresinde yeşil koridor oluşturmuştur (Şekil 5.16) (Arslantaş, Sanalan, Çil, 2020).



Şekil 5.16. Eskişehir Kent Park ve Porsuk Çayı (Arslantaş vd., 2020).

Gaziantep’te batı-doğu doğrultusunda akan Allaben Deresi boyunca entegre edilen 18 tematik park ve doğal alan bulunmaktadır. Bu parkların tamamında, dere kenarı boyunca yağmur suyu yüzey akış suyu kontrolü, sızdırma ve filtreleme işlevine sahip bitki şeridi bulunmaktadır. Bu parklardan Kavaklık Park’ta doğa tabanlı çözümler ve yeşil altyapı uygulamalarından geçirgen döşeme, dere kenarı boyunca yer alan 18 parkta ise yağmur suyu bitki şeridi bulunmaktadır. Kavaklık Park boyunca kiremit irmiğinden

yapılmış olan yaya aksı yağmur suyunu içine alarak toprağa sızdırmaktadır (Şekil 5.17) (Arslantaş vd., 2020).



Şekil 5.17. Allaben Deresi boyunca oluşturulan yeşil kuşak (Arslantaş vd., 2020).

İzmir Yeşil Altyapı Stratejisi belirtilen nedenlerle Ocak 2017 tarihinde İzmir Büyükşehir Belediyesi içinde 'doğa tabanlı çözümleri' destekleyecek çözüm önerileri oluşturmak adına bir süreç başlatılmıştır. Bu süreçte belirlenen tema başlıkları aşağıda verilmiştir (Şekil 5.18) (Arslantaş vd., 2020).



Şekil 5.18. İzmir Yeşil Altyapı Stratejisi Temaları (Arslantaş vd., 2020).

BÖLÜM 6

MATERYAL VE YÖNTEM

6.1. Materyal

Edirne ili, Türkiye'nin kuzeybatısında Marmara Bölgesi'nin Trakya kısmında bulunur. Edirne ili 41º40' Kuzey enlemleri ile 26º 30' Doğu boylamlarında yer alır. Edirne genel itibariyle geniş düzlükler ve basık tepelerin yer aldığı bir havzada bulunmaktadır. Bu havza, Kuzey-Doğu'dan Istıranca, batıdan da Rodop dağlarıyla çevrilmiştir. Havzanın Kuzey-Batı köşesinde Istıranca ve Rodop kitlesi birbirine yaklaşırlar ve aralarında Meriç Vadisi yer alır. İl merkezinin denizden yüksekliği 41 metredir (Edirne Tarım İl Müdürlüğü, 2005). Edirne (Merkez) yerleşiminin TÜİK 2018 verilerinde kentsel nüfusun 167.443 olduğu tespit edilmiştir (Edirne Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, 2019). Çalışma alanı olarak Edirne ili Merkez ilçede yer alan Şükrüpaşa Mahallesi, Fatih Mahallesi ve Kocasinan Mahallesi seçilmiştir (Şekil 6.1).



Şekil 6.1. Çalışma alanı (Google Earth Pro, 2020).

İklim değişikliğine bağlı olarak son yıllarda sel ve su baskını olayları artmıştır. Ülke genelinde 2017 yılında toplamda 187 adet taşkın olayı görülmüştür. 2017 yılında yaşanan sel olayları, genel nüfusun en fazla olduğu Marmara Bölgesi'nde görülmüştür. Marmara Bölgesi'nde 49 adet sel olayı görülmüştür. 2000'li yıllardan bu yana sel olaylarında artış görülmüştür. Son 10 yıl içerisinde her yıl yaklaşık 50 ve daha fazla sayıda sel olayı gerçekleşmiştir. Edirne ili Merkez ilçesinde uzun yılar yağış ortalamasına bakıldığında 602.8 mm yağış oranına sahip, en kurak geçen Ağustos ayında 23.0 mm, en yağışlı geçen Kasım ayında ise 69.7 mm yağış oranı ile yağış miktarı fazla olan bir kenttir. Son 5 yılın (2015-2019) verileri incelendiğinde ortalama 57.0 mm yağış almış olup, en yağışlı geçen Ocak ayında 99.0 mm, en kurak geçen Ağustos ayında 19.1 mm yağış rejimi görülmüştür. Türkiye geneli yıllık yağış ortalaması 574 mm olduğu bilindiğine göre; Edirne yıllık yağış oranı yüksek olan kentlerden biridir (Meteoroloji Genel Müdürlüğü, kişisel görüşme, 5 Temmuz 2020). Edirne il merkezi, aynı zamanda kentsel yerleşim bölgesinde yer alan Meriç Nehri'ni de bünyesinde bulundurmaktadır. Meriç Nehri jeomorfolojik, klimatolojik ve hidrografik tabanlı birçok sebebe bağlı olarak taşkın potansiyeli yüksek bir akarsudur. Bu sebeple Edirne il merkezi taşkın riski taşıyan bölgeler arasında sayılabilir.

Edirne il merkezi ayrıca Meriç Nehri'yle birlikte Tunca ve Arda Nehri'ni de bünyesinde bulundurur. Edirne ilinin tüm ilçeleri dahil yer altı su varlığı 260.4 hm^3/yıl'dır. Edirne il merkezinde kullanılan su, Kırklareli Kayalıköy Barajı'ndan sağlanarak, burada içme ve kullanma suyu miktarı; 23.247 m^3/yıl'dır (TÜİK, 2016). Ancak 2020 yılı sonunda Kayalıköy Barajı'nın doluluk oranı %3'e düştüğünden su temin edilememekle birlikte, şehir merkezinin suyu Süloğlu Barajı'ndan sağlanmaktadır. Yer altı su kaynakları açısından, Paşa Çayırı İçme Suyu Terfi Merkezi'nde 14 adet kuyu bulunmaktadır. Bu kuyular ihtiyaç halinde kente hizmet sağlamaktadır (Anonim, 2020).

Doğal alanların yapılaşmaya açılması ile arazilerin doğal eğim koşullarının değiştirilmesi, doğal infiltrasyon yollarını da değiştirmeye başlamıştır. Kentleşmenin artması, yapılarla işgal edilen doğal su yollarının zaman içinde akış kanallarının değişmesine, yüzeysel akışa geçen su kütlesinin artmasına, toprağın infiltrasyon yüzeylerinin azalmasına neden olmaktadır. Bu durum kentsel gelişmenin devam ettiği ve doğru planlanmamış yerleşimlerde altyapı sistemleri sebebi ile sel ve taşkınlara açık hale gelmektedir (Erkal ve Topgül, 2020). Edirne il merkezi kentleşme durumuna bakıldığında 2006-2013 yılları arasında Türkiye genelinde kentleşme %134 artarken Edirne'de % 163'lük bir artış görülmüştür. Konut satışları ise 2008-2013 döneminde Türkiye ortalamasının iki katına yaklaşan bir artış göstermiştir (İzmen, 2014). Edirne'nin son 15 yıldaki kentleşme durumu ele alındığında çalışma alanı olarak belirlenen mahalleleri içine alan bölgenin yoğun bir şekilde kentleştiği görülmektedir (Şekil 6.2). Kentleşme ile geçirimsiz yüzeyler artmış ve doğal topoğrafya değişmiştir. Kentleşme hızla artarken yağmur suyu göz ardı edildiğinden yoğun yağış dönemlerinde beklenmeyen durumlar ortaya çıkmaktadır.



Şekil 6.2. Edirne il merkezinin 15 yıllık kentleşme durumu (Google Earth Pro, 2020).

Günümüzde iklim değişikliği gibi birçok nedene bağlı olarak hava olayları şiddetli hale gelerek toplumları olumsuz etkilemeye devam etmektedir. Meriç Nehri'nin yıllardır bir taşkın alanı olması sebebi ile kış aylarında Meriç Nehri civarı yerleşim alanları sel sorunları ile mücadele etmektedir. Bu taşkınlar günümüzde iklim değişikliği nedeni ile sınırlarını genişletmeye başlamıştır. 2017 ve 2018 yılında Edirne il merkezinde taşkın sorunu yaşanmıştır (Meteoroloji Genel Müdürlüğü, kişisel görüşme, 5 Temmuz 2020). Şekil 6.3'te görülen fotoğraflar 2018 yılında Kocasinan Mahallesi'nde yaşanan taşkını göstermektedir.



Şekil 6.3. 2018 yılında Kocasinan Mahallesi'nde yaşanan sel olayı (Takvim Gazetesi, 2018).

2018 yılında Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın hazırladığı Türkiye Çevre Sorunları ve Öncelikleri Değerlendirme Raporu'nda Edirne ilinde su kirliliğinin birinci öncelikli çevre sorunu olduğunu belirtmiştir. Meriç-Ergene havzası yoğun kirlilik altındadır. Meriç nehri Bulgaristan'daki maden işletmelerinden büyük ölçüde kirlenmektedir. Ayrıca sanayi ve yerleşim bölgelerinden kaynaklanan evsel nitelikli atık sular da kirliliğe neden olmaktadır. Meriç Nehri II., III. ve IV. kalite sınıfında kirlilik taşımaktadır. Kirlenmesindeki sebepler evsel atık sular, evsel katı atıklar, sanayi atık suları ve zirai ilaç ve gübre kullanımlarıdır. Tunca Nehri II. ve III. kalite sınıfında kirlilik taşımaktadır. Kirlenme sebepleri evsel katı atıklar ve zirai ilaç ve gübrelerdir. Arda Nehri de Tunca Nehri ile aynı özellikleri göstermektedir.

Yine aynı raporda Edirne il genelinde hava kirliliğinin ikinci öncelikli çevre sorunu olduğu belirtilmiştir. 2012-2016 yılları arasında Edirne (Keşan) istasyonundan

ölçülen SO_2 (Sülfür dioksit) gazının yıllık en yüksek değeri verdiği görülmüştür. Bu gaz asit yağmurlarına ve toplumsal hastalıklara neden olmaktadır. İlde hava kirliliğinin birinci nedeni evsel ısınma, ikinci nedeni karayolu trafiği, üçüncü nedeni maden işletmeleri olarak belirtilmiştir.

Edirne il genelinde toprak kirliliğine neden olan etkenlerin başında vahşi depolanan evsel katı atıklar gelmektedir. Aşırı tarım ilacı kullanımı ve hayvancılık atıkları da kirlilik nedenlerini takip etmektedir (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2018a).

6.2. Yöntem

Edirne il merkezinde taşkınların görüldüğü bölgeler olan Şükrüpaşa Mahallesi, Fatih Mahallesi ve Kocasinan Mahallesi'nde sürdürülebilir yağmur suyu sistemlerinin tasarımı çalışmanın temelini oluşturmaktadır. Bu doğrultuda; alanın meteoroloji verileri, topoğrafya haritası, uydu görüntüleri, bitkisel doku analizleri tasarımlarda temel verileri oluşturmaktadır. Her bölgenin kendine ait arazi koşulları ayrıca incelenmiştir. Edirne Belediyesi ile iletişime geçilerek gerekli veriler toplanmıştır. Bu kapsamda mahallelerin havza planları ve geleneksel yağmur suyu sistemi altyapısı haritaları temin edilmiştir. Yine mahallelerin topoğrafya haritaları ve mevcut imar planları temin edilmiştir. Alınan topoğrafya haritası, arazi incelemelerinde görülen eğim ve alanın havza sınırları incelenmiştir.

İlk olarak havza sınırları ve kent planları ele alınarak yüzeysel akışın olduğu caddeler tespit edilmiştir. Arazi çalışmalarında, yağışlı günlerde yağmur suyunun hareketi incelenerek, topoğrafya ve eğim duruma bakılarak tespit edilen caddelerde yüzeysel akışın yönü belirlenmiştir. Yüzeysel akışın olduğu caddelerde mevcut durumu anlayabilmek adına arazi incelemeleri ile caddeler ve yeşil alanlardaki bitkisel doku saptanmıştır. Bu da mevcut durumu ve ihtiyaçları belirlemek adına önem taşımaktadır. Yağmur suyunun sürdürülebilir yöntemlerinin uygulanması açısından mahallelerde kentsel yeşil alan miktarı, sert zemin miktarı ve çatı yüzeyi miktarları imar planları ve uydu fotoğrafları üzerinden hesaplanmıştır. Çatı yüzeylerinden ve sert zeminlerden toplanabilecek yağmur suyu miktarı DIN standardına göre hesaplanarak (Yağmur suyu verimi (m^3) = Yağmur toplama alanı (m^2) x Yıllık yağış miktarı (mm) x 0,8 x 0,9), fırsatlar değerlendirilmiştir. Bu kapsamda mevcut yeşil alanlarda ve kurgulanacak yeşil alanlarda

yağmur suyunun sürdürülebilir kullanımı açısından çözüm yöntemleri kapsamında bitkisel doku önerileri verilmiştir. Alanda çekilmiş fotoğraflar, arazi çalışmaları, kamu kurum ve kuruluşlarından alınan veriler, harita ve istatistik verileri çalışmanın ana materyallerini oluştururken, AutoCAD 2019 ve Adobe Photoshop CS5 programı verilerin düzenlenmesi ve tasarımların görselleştirilmesinde araç olarak kullanılmıştır. Bu kapsamda çalışma alanında yağmur suyunu mevcut verilerle en iyi şekilde sürdürülebilir olarak yönetmek hedeflenmiştir.

BÖLÜM 7

BULGULAR

Edirne il merkezinde ilk olarak 1934 yıllarında kanalizasyon sistemleri ile ilgili çalışmalar yapılmıştır. 1960, 1980 ve 1990'lı yıllarda bu kanalizasyon sisteminde çeşitli yenilemeler gerçekleştirilmiştir. Ancak kentin altyapısı temelde 1960'lardan kalma borularla sürdürülmekte ve yalnızca kanalizasyon sistemlerini içermektedir. Bu dönemlerde yağmur suyu ile ilgili hiçbir çalışma yapılmamıştır. 1960'lı yıllardan kalma kanalizasyon sistemi borularının yenilenmesi ve yağmur suyunun kanalizasyon sistemine projelendirilmiş şekilde dahil edilmesi 2019 yılında başlayan altyapı çalışmaları ile hayata geçirilmiştir. Günümüzde altyapı çalışması tamamlanmamış olup, halen devam etmektedir. Altyapı çalışmalarında 3.5 km'lik bir yağmur suyu kanalı, mazgallar ve borularla diğer kentlerde de uygulanan geleneksel sistemlerde inşa edilmektedir. Yine 2018 yılında başlayan Kentsel Atıksu Arıtma Tesisi günümüzde inşa aşamasındadır. Bu sebeple mazgallarla toplanacak yağmur sularının Helvacı Deresi'ne deşarjı gerçekleştirilecektir (Anonim, 2020).

Kentleşmenin yarattığı sorunlardan biri de Kocasinan, Şükrüpaşa ve Fatih mahallelerinde bulunan binaların atık su sistemlerinin zemin kotundan doğrudan kanalizasyon ağına bağlanmasıdır. Bu sebeple şiddetli yağış sonrası binaların bodrum katları ve çevreleri taşkınlara maruz kalmaktadır. Özellikle bodrum katlarında pompa sistemi olmadan doğrudan kanalizasyona şarj olması taşma risklerini artırmaktadır. Son yıllarda yapılan konutlarda bu sistem devam etmektedir. Ayrıca çatı oluk sistemleri de doğrudan kanalizasyona verildiği için hem yağmur suları değerlendirilmemekte hem de şiddetli yağış dönemlerinde yağmur suyunu da bünyesine alan kanalizasyon ağında yollara taşmalar görülmektedir (Anonim, 2020).

Çalışma alanı olarak belirlenen Edirne il merkezinin Şükrüpaşa, Fatih ve Kocasinan mahalleleri özelinde sürdürülebilir yağmur suyu sistemleri tasarlanması hedeflenmiştir. Bu mahallelerin belirlenmesindeki temel neden kentin en yüksek

noktasından en düşük noktasına yüzeysel akışı toplayarak inmektir. Bir diğer neden ise mahallelerin bulunduğu alandaki havzaların toplanarak Şükrüpaşa Mahallesi'nden doğrudan eğimle birlikte Kocasinan Mahallesi'ne inmesi ve tüm havza alanlarının belirlenen sınırlar içerisinden birikerek aynı noktaya iniş yapmalarıdır. Edirne'nin en düşük kotu olan Kocasinan Mahallesi tüm akışları toplamaktadır. Bu mahalle kısmen düz bir zeminde olduğundan ve eğimli alanların ortasında kaldığından bölge bir toplama alanı görevi görmektedir (Şekil 7.1).



Şekil 7.1. Çalışma alanı en yüksek ve en düşük kot (Google Earth Pro, 2020; Kılıç, 2020).

Şekil 7.2'de alanın topoğrafya eğrileri gösterilmektedir. Alanın doğal eğim durumu yapılaşmanın getirdiği kazı ve dolgu işlemleri ile değişmiştir. Yine aynı şekilde sert zeminler ve betonlaşma doğal eğimde değişikliklere neden olmuştur. Yapılaşmalar, yüzeysel drenaja bağlı olarak gerçekleşen havza bölünmesinde değişikliklere neden olarak doğal akım yönlerini de değiştirmektedir. Havza bölünmelerine, doğal akım birikiminin değişmesine ve drenaj yollarının dışında akış hatlarının oluşmasına neden olur.



Şekil 7.2. Topoğrafya haritası (Anonim, 2020).

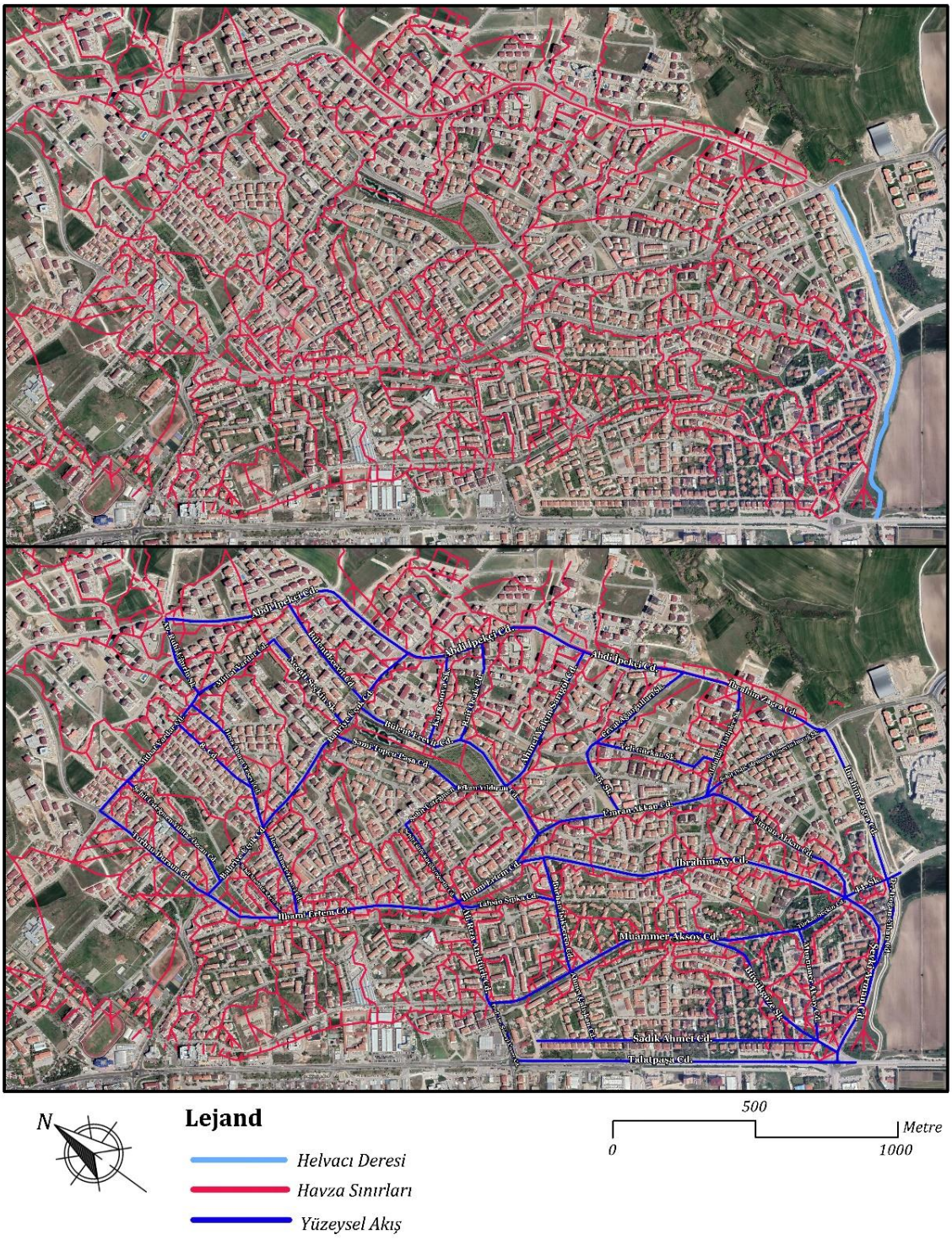
Çalışma alanının havza planları, eğim özellikleri ve arazi incelemeleri doğrultusunda yüzeysel akışın olduğu caddeler Şekil 7.3'te belirtilmiştir.

- Kocasinan Mahallesi için; Talatpaşa Cd., Sadık Ahmet Cd., Şevki Arman Cd., Muammer Aksoy Cd., Türkan Seçkin Cd., Ahmet Çalışkan Cd., Prof. Dr. Süheyl Ünver Cd., Dr. Doğan Cihan Cd., Büyükgöze Sk., 44. Sk. ele alınmaktadır.
- Fatih Mahallesi için; İbrahim Ay Cd., Ümran Akkan Cd., İbrahim Zagra Cd., Ali Rıza Ataktürk Cd., Tahsin Şıpka Cd., Burhan Işıkseren Cd., İlhami Ertem Cd., Şehit Polis Memuru Hüseyin İmrağ Sk., Abdullah Hatipler Sk., Veli Gürkan Sk., Cevat Ağaoğulları Sk., 35. Sk. ele alınmaktadır.
- Şükrüpaşa Mahallesi için; Abdi İpekçi Cd., İlhami Ertem Cd., Turhan Dursun Cd., Mithat Vardar Cd., Bahriye Üçok Cd., Bülent Ecevit Cd., Sami Topçu Paşa Cd., Ahmet Yalçın Sarıgöl Cd., Şehit Üsteğmen Efkan Yıldırım Cd., Raif Ocak Cd., Şehit Lütfü Küçükyoğurtlu Cd., Hoca Ahmet Yesevi Cd., Şehit Üsteğmen Yılmaz Özcan Cd., 8. Cd., Şehit Mustafa Kayın Sk., Karacaova Sk., Necati Seçkin Sk., Av. Ruhi Uğurlu Sk. ele alınmaktadır.

Bu caddelerde ilk olarak arazi incelemeleri yapılarak mevcut durum ve bitkisel doku tespit edilmiştir. Ayrıca kentsel alanda bulunan tüm binaların çatı yüzeyleri, sert

zeminler ve yeşil alanların miktarı belirlenmiştir. Bu kapsamda binalardan ve sert zeminlerden toplanabilecek yağmur suyu miktarı:

Yağmur suyu verimi (m^3) = Yağmur toplama alanı (m^2) x Yıllık yağış miktarı (mm) x 0,8 x 0,9 formülü kullanılarak su hasadı miktarları tespit edilmiştir.



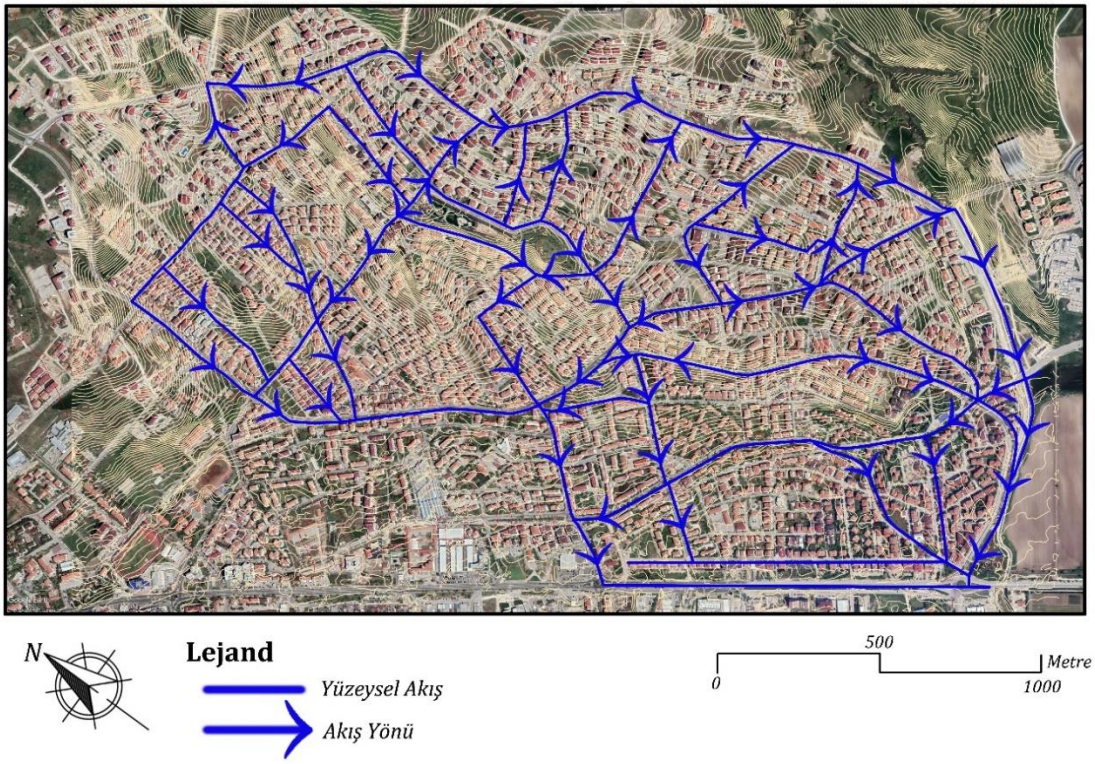
Şekil 7.3. Çalışma alanı doğal havza sınırları ve yüzeysel akış yönleri

Çalışma alanının eğim durumu ve yüzeysel akış kontrolünde önemli olan bölgeler Şekil 7.4’ te gösterilmektedir.



Şekil 7.4. Çalışma alanında drone ile çekilmiş görüntüler (Kılıç, 2020).

Yüzeysel akışa geçen yağmur suyunun kentleşme ile alanın güncel eğim özellikleri, arazi incelemeleri ve havza sınırlarına bağlı olarak belirlenen yüzeysel akış hatları ve bu akışların yönleri Şekil 7.5’ te gösterilmektedir.



Şekil 7.5. Çalışma alanı eğim özelliklerine bağlı akış bölgelerinin yönlenmesi

7.1. Şükrüpaşa Mahallesi Bitkisel Doku, Çatı, Sert Zemin ve Yeşil Alan Analizi

Çalışma alanında yapılan arazi incelemelerine göre yüzeysel akışın olduğu caddelerin bitkisel doku durumu tespit edilmiştir. Site binalarının bahçeleri değerlendirmeye dahil edilmemiştir. Buna göre:

- Bülent Ecevit Caddesi: orta refüj boyunca yalnızca *Lolium* (Çim) bitkisi bulunmaktadır. Cadde üzerinde *Acer spp.* (Akçaağaç), *Tilia spp.* (Ihlamur), *Cupressus spp.* (Servi) türleri bulunmaktadır.
- Bülent Ecevit Caddesinin ortasında bulunan yeşil alanda *Elaeagnus angustifolia* (İğde), *Cercis siliquastrum* (Erguvan), *Tilia spp.* (Ihlamur), *Platanus spp.* (Çınar), *Prunus cerasifera* (Süs eriği), Cedrus spp. (Sedir) türleri yer almaktadır. Caddenin sonunda yer alan yeşil alanda ise *Acer spp.* (Akçaağaç), *Thuja spp.* (Mazı), *Catalpa bignonioides* (Katalpa), *Platanus spp.* (Çınar), *Aesculus hippocastanum* (At kestanesi), *Populus spp.* (Kavak), *Fraxinus excelsior* (Dişbudak), *Robinia pseudoacacia* (Top Akasya) türleri yer almaktadır.

- Bülent Ecevit Caddesi ve Sami Topçu Paşa Caddesi arasında kalan Gölet Parkı'nda ise *Robinia pseudoacacia* (Top Akasya), *Prunus cerasifera* (Süs eriği), *Acer spp.* (Akçaağaç), *Elaeagnus angustifolia* (İğde), *Platanus spp.* (Çınar), *Tilia spp.* (Ihlamur), *Cercis siliquastrum* (Erguvan), *Cupressus spp.* (Servi), *Cedrus spp.* (Sedir), *Pinus spp.* (Çam), *Ligustrum vulgare* (Adi kurtbağrı) türleri yer almaktadır.
- Sami Topçu Paşa Caddesi: *Cedrus spp.* (Sedir), *Fraxinus excelsior* (Dişbudak) türleri bulunmaktadır.
- Necati Seçkin Sokak'ta bitkisel doku mevcut değildir (Şekil 7.6).



Şekil 7.6. Bülent Ecevit Caddesi, Sami Topçu Paşa Caddesi, Necati Seçkin Sokak bitkisel doku

- Abdi İpekçi Caddesi: cadde boyunca yer alan 3 adet açık yeşil alan bulunmaktadır. Bu yeşil alanlarda *Platanus orientalis* (Çınar), *Fraxinus excelsior* (Dişbudak), *Robinia pseudoacacia* (Top akasya) türleri yer almaktadır (Şekil 7.7).



Şekil 7.7. Abdi İpekçi Caddesi bitkisel doku

- Bahriye Üçok Caddesi: cadde boyunca yoğun bir bitkisel doku olmamakla birlikte caddeye açılan iki adet yeşil alanda *Robinia pseudoacacia* (Top akasya), *Cupressus spp*. (Servi), Cedrus spp. (Sedir) türleri yer almaktadır (Şekil 7.8).



Şekil 7.8. Bahriye Üçok Caddesi bitkisel doku

- Şehit Üsteğmen Efkan Yıldırım Caddesi: cadde üzerinde kaldırım ve yeşil alanlarda *Catalpa bignonioides* (Katalpa), *Acer spp.* (Akçaağaç), *Cedrus spp.* (Sedir) ve *Robinia pseudoacacia* (Top akasya) türleri yer almaktadır.
- Şehit Lütfü Küçükyoğurtlu Caddesi: cadde boyunca sıklıkla kaldırım ağacı görülmektedir. Burada *Catalpa bignonioides* (Katalpa), *Acer spp.* (Akçaağaç), *Robinia pseudoacacia* (Top akasya), *Tilia tomentosa* (Ihlamur), *Platanus orientalis* (Çınar) türleri yer almaktadır (Şekil 7.9).



Şekil 7.9. Şehit Üsteğmen Efkan Yıldırım Caddesi ve Şehit Lütfü Küçükyoğurtlu Caddesi bitkisel doku

- Hoca Ahmet Yesevi Caddesi: cadde üzerinde yer alan yeşil alanlarda *Platanus orientalis* (Çınar), *Robinia pseudoacacia* (Top akasya), *Prunus cerasifera* (Süs eriği), *Salix spp.* (Söğüt), *Cupressus spp.* (Servi) türleri yer almaktadır.
- Şehit Mustafa Kayın Sokak: bir adet *Prunus cerasifera* (Süs eriği) ve bir adet *Tilia tomentosa* (Ihlamur) türü caddenin başındaki kaldırımda yer almaktadır.
- 8. Cadde: Bitkisel doku mevcut değildir (Şekil 7.10).



Şekil 7.10. Hoca Ahmet Yesevi Caddesi, Şehit Mustafa Kayın Sokak ve 8. Cadde bitkisel doku

- Ahmet Yalçın Sarıgöl Caddesi: kaldırım üzerinde *Cedrus spp.* (Sedir) ve *Fraxinus excelsior* (Dişbudak) türleri yer almaktadır.
- Raif Ocak Caddesi: kaldırım üzerinde *Catalpa bignonioides* (Katalpa), *Robinia pseudoacacia* (Top akasya), *Elaeagnus angustifolia* (İğde), *Aesculus hippocastanum* (At kestanesi) türleri yer almaktadır.
- Karacaova Sokak: bitkisel doku mevcut değildir (Şekil 7.11).



Şekil 7.11. Ahmet Yalçın Sarıgöl Caddesi, Raif Ocak Caddesi ve Karacaova Sokak bitkisel doku

- Mithat Vardar Caddesi: cadde üzerinde bulunan yeşil alanlarda *Robinia pseudoacacia* (Top akasya), *Cedrus spp.* (Sedir), *Prunus cerasifera* (Süs eriği), *Platanus orientalis* (Çınar), *Cercis siliquastrum* (Erguvan) türleri yer almaktadır.
- Av. Ruhi Uğurlu Caddesi: *Robinia pseudoacacia* (Top akasya) türü yer almaktadır (Şekil 7.12).



Şekil 7.12. Mithat Vardar Caddesi ve Av. Ruhi Uğurlu Sokak bitkisel doku

- İlhami Ertem Caddesi: cadde boyunca orta refüjde Lolium (Çim) türü yer almaktadır. Cadde üzerindeki yeşil alanda *Robinia pseudoacacia* (Top akasya), *Prunus cerasifera* (Süs eriği), *Fraxinus excelsior* (Dişbudak) türleri yer almaktadır.
- Turhan Dursun Caddesi: cadde boyunca orta refüjde Lolium (Çim) türü yer almaktadır.
- Şehit Üsteğmen Yılmaz Özcan Caddesi: cadde üzerindeki yeşil alanda *Cedrus spp.* (Sedir), *Pinus spp.* (Çam) türleri yer almaktadır (Şekil 7.13).



Şekil 7.13. İlhami Ertem Caddesi, Turhan Dursun Caddesi ve Şehit Üsteğmen Yılmaz Özcan Caddesi bitkisel doku

Şükrüpaşa Mahallesi'nde bulunan bina çatıları, sert zeminler ve yeşil alanların miktarları imar planları ve Google Earth güncel görüntüleri üzerinden analiz edilmiştir. Bu doğrultuda çatı yüzeylerinden ve sert zeminlerden bir depo yardımı ile toplanabilecek yağmur suyu miktarları tespit edilmiştir (Şekil 7.14).



Şekil 7.14. Şükrüpaşa Mahallesi alan analizi

Alandaki tüm konutlarının çatı yüzeylerinin toplam miktarı 318.713 m^2'dir. Sert zemin yüzeyleri toplamda 314.655 m^2'dir. Kentsel yeşil alanların miktarı ise 194.262 m^2'dir. Buradan anlaşılacağı üzere bu yerleşim alanında sert zeminlerin miktarı yeşil alan miktarından fazladır. Konut bahçeleri bu hesaplamaya katılmamıştır.

Çatı yüzeylerinin miktarları ele alındığında ve çatı yüzeyinden hasat edilebilecek yağmur suyu formülü uygulandığı zaman;

Yağmur suyu verimi (m^3) = 318.713 m^2 x 602.8 mm x 0,8 x 0,9 = 138.326.541,408 m^3 yağmur suyu toplanabilmektedir.

Sert zeminlerden hasat edilebilecek yağmur suyu hesaplandığında;

Yağmur suyu verimi (m^3) = 314.655 m^2 x 602.8 mm x 0,8 x 0,9 = 136.565.304,48 m^3 su hasat edilebilir.

Alandaki konutlarda depolar kurularak bu miktarlarda su depolanabilir ve depolanan bu yağmur suları arıtılmadan evsel kullanım, araba yıkama, havuz doldurma, bahçe sulama gibi konularda, arıtılarak ise içme suyu olarak kullanılabilmeye uygundur. Ayrıca sert zeminlerdeki akış toplanarak çevredeki yeşil alanların sulaması yapılabilir.

7.2. Fatih Mahallesi Bitkisel Doku, Çatı, Sert Zemin ve Yeşil Alan Analizi

Çalışma alanında yapılan arazi incelemelerine göre yüzeysel akışın olduğu caddelerin bitkisel doku durumu tespit edilmiştir. Site binalarının bahçeleri değerlendirmeye dahil edilmemiştir. Buna göre:

- Ümran Akkan Caddesi: cadde üzerinde kaldırımlarda Fraxinus Excelsior (Dişbudak), *Platanus orientalis* (Çınar), *Catalpa bignonioides* (Katalpa), *Tilia tomentosa* (Ihlamur), *Cupressus spp.* (Servi) türleri yer almaktadır (Şekil 7.15).



Şekil 7.15. Ümran Akkan Caddesi bitkisel doku

- İbrahim Zagra Caddesi: cadde üzerinde yeşil alanda *Cedrus spp.* (Sedir) türü yer almaktadır (Şekil 7.16).



Şekil 7.16. İbrahim Zagra Caddesi bitkisel doku

- İbrahim Ay Caddesi: orta refüj boyunca Lolium (Çim) türü yer almaktadır. Cadde üzerinde kaldırımlarda ve yeşil alanlarda *Platanus orientalis* (Çınar), *Robinia pseudoacacia* (Top akasya), *Cupressus spp.* (Servi), *Aesculus hippocastanum* (At kestanesi), *Fraxinus excelsior* (Dişbudak), *Cedrus spp.* (Sedir), *Pinus spp.* (Çam), *Ligustrum vulgare* (Adi kurtbağrı), *Acer spp.* (Akçaağaç) türleri yer almaktadır.
- İlhami Ertem Caddesi: orta refüj boyunca Lolium (Çim) türü yer almaktadır. Yeşil alanda ise *Cupressus spp.* (Servi), *Aesculus hippocastanum* (At kestanesi), *Catalpa bignonioides* (Katalpa), *Cercis siliquastrum* (Erguvan), *Robinia pseudoacacia* (Top akasya) türleri yer almaktadır (Şekil 7.17).



Şekil 7.17. İbrahim Ay Caddesi ve İlhami Ertem Caddesi bitkisel doku

- Cevat Ağaoğulları Sokak: bitkisel doku mevcut değildir.
- Veli Gürkan Sokak: cadde üzerinde bulunan yeşil alanlarda *Cedrus spp.* (Sedir), *Elaeagnus angustifolia* (İğde) türleri yer almaktadır.
- 35. Sokak: cadde üzerindeki yeşil alanda *Cupressus spp.* (Servi), *Catalpa bignonioides* (Katalpa), *Tilia tomentosa* (Ihlamur), *Prunus cerasifera* (Süs eriği), Morus nigra 'pendula' türleri yer almaktadır (Şekil 7.18).



Şekil 7.18. Cevat Ağaoğulları Sokak, Veli Gürkan Sokak ve 35. Sokak bitkisel doku

- Burhan Işıkseren Caddesi: *Catalpa bignonioides* (Katalpa), *Fraxinus excelsior* (Dişbudak), *Pinus spp.* (Çam), *Platanus orientalis* (Çınar), *Robinia pseudoacacia* (Top akasya), *Acer spp.* (Akçaağaç), *Salix spp.* (Söğüt) türleri yer almaktadır.

- Ali Rıza Ataktürk Caddesi: *Catalpa bignonioides* (Katalpa), *Fraxinus excelsior* (Dişbudak), *Robinia pseudoacacia* (Top akasya), *Cercis siliquastrum* (Erguvan), *Aesculus hippocastanum* (At kestanesi) türleri yer almaktadır.
- Tahsin Şıpka Caddesi: yeşil alanda *Pinus spp.* (Çam), *Cupressus spp.* (Servi), *Fraxinus excelsior* (Dişbudak) türleri yer almaktadır (Şekil 7.19).



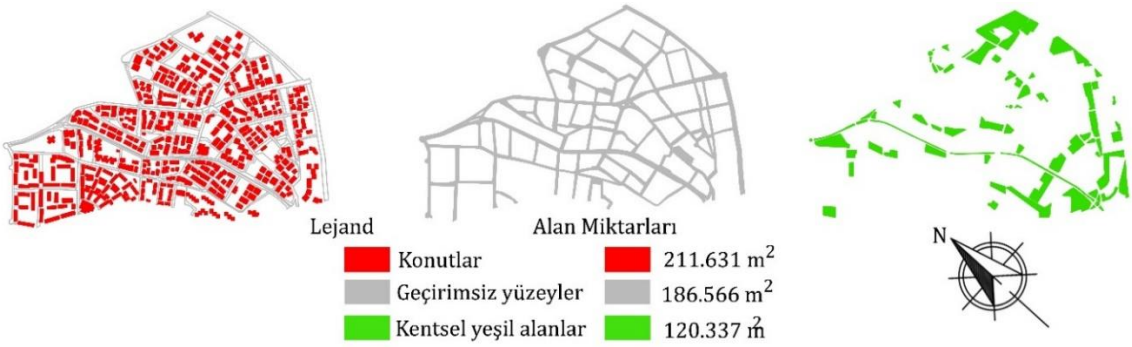
Şekil 7.19. Burhan Işıkseren Caddesi, Ali Rıza Ataktürk Caddesi ve Tahsin Şıpka Caddesi bitkisel doku

- Abdullah Hatipler Sokak: yeşil alanda *Platanus orientalis* (Çınar), *Robinia pseudoacacia* (Top akasya), *Tilia tomentosa* (Ihlamur), *Elaeagnus angustifolia* (İğde), *Cupressus spp.* (Servi), *Yucca filamentosa* (Avize çiçeği), *Rosa spp.* (Gül) türleri yer almaktadır.
- Şehit Polis Memuru Hüseyin İmrağ Sokak: *Elaeagnus angustifolia* (İğde), *Robinia pseudoacacia* (Top akasya), *Prunus cerasifera* (Süs eriği) türleri yer almaktadır (Şekil 7.20).



Şekil 7.20. Abdullah Hatipler Sokak ve Şehit Polis Memuru Hüseyin İmrağ Sokak bitkisel doku

Fatih Mahallesi'nde bulunan bina çatıları, sert zeminler ve yeşil alanların miktarları imar planları ve Google Earth güncel görüntüleri üzerinden analiz edilmiştir. Bu doğrultuda çatı yüzeylerinden ve sert zeminlerden bir depo yardımı ile toplanabilecek yağmur suyu miktarları tespit edilmiştir (Şekil 7.21).



Şekil 7.21. Fatih Mahallesi alan analizi

Alandaki tüm konutlarının çatı yüzeylerinin toplam miktarı 211.631 m^2'dir. Sert zemin yüzeyleri toplamda 186.566 m^2'dir. Kentsel yeşil alanların miktarı ise 120.337 m^2'dir. Buradan anlaşılacağı üzere bu yerleşim alanında sert zeminlerin miktarı yeşil alan miktarından fazladır. Konut bahçeleri bu hesaplamaya katılmamıştır.

Çatı yüzeylerinin miktarları ele alındığında ve çatı yüzeyinden hasat edilebilecek yağmur suyu formülü uygulandığı zaman;

Yağmur suyu verimi (m^3) = 211.631 m^2 x 602.8 mm x 0,8 x 0,9 = 91.851.240,096 m^3 yağmur suyu toplanabilmektedir.

Sert zeminlerden hasat edilebilecek yağmur suyu hesaplandığında;

Yağmur suyu verimi (m^3) = 186.566 m^2 x 602.8 mm x 0,8 x 0,9 = 80.972.629,056 m^3 su hasat edilebilir.

Alandaki konutlarda depolar kurularak bu miktarlarda su depolanabilir ve depolanan bu yağmur suları arıtılmadan evsel kullanım, araba yıkama, havuz doldurma, bahçe sulama gibi konularda, arıtılarak ise içme suyu olarak kullanılabilmeye uygundur. Ayrıca sert zeminlerdeki akış toplanarak çevredeki yeşil alanların sulaması yapılabilir.

7.3. Kocasinan Mahallesi Bitkisel Doku, Çatı, Sert Zemin ve Yeşil Alan Analizi

Çalışma alanında yapılan arazi incelemelerine göre yüzeysel akışın olduğu caddelerin bitkisel doku durumu tespit edilmiştir. Site binalarının bahçeleri değerlendirmeye dahil edilmemiştir. Buna göre:

- Talatpaşa Caddesi: cadde boyunca orta refüjde *Lolium* (Çim) türü yer almaktadır. Yine cadde boyunca *Platanus orientalis* (Çınar), *Robinia pseudoacacia* (Top akasya), *Tilia tomentosa* (Ihlamur), *Thuja spp.* (Mazı), *Acer spp.* (Akçaağaç), *Cupressus spp.* (Servi), *Prunus cerasifera* (Süs eriği), *Juniperus spp.* (Ardıç), *Cedrus spp.* (Sedir), *Ligustrum vulgare* (Adi kurtbağrı) türleri yer almaktadır (Şekil 7.22).



Şekil 7.22. Talatpaşa Caddesi bitkisel doku

- Şevki Arman Caddesi: *Catalpa bignonioides* (Katalpa), *Platanus orientalis* (Çınar), *Robinia pseudoacacia* (Top akasya), *Acer spp.* (Akçaağaç), *Tilia tomentosa* (Ihlamur) türleri yer almaktadır.
- Türkan Seçkin Caddesi: *Ligustrum vulgare* (Adi kurtbağrı) türü yer almaktadır.
- 44. Sokak: *Aesculus hippocastanum* (At kestanesi), *Salix spp.* (Söğüt) türleri yer almaktadır (Şekil 7.23).



Şekil 7.23. Şevki Arman Caddesi, Türkan Seçkin Caddesi ve 44. Sokak bitkisel doku

- Prof. Dr. Süheyl Ünver Caddesi: *Aesculus hippocastanum* (At kestanesi), *Cupressus spp.* (Servi), *Acer spp.* (Akçaağaç) türleri yer almaktadır.
- Ahmet Çalışkan Caddesi: cadde boyunca kaldırımlarda *Catalpa bignonioides* (Katalpa), *Platanus orientalis* (Çınar), *Robinia pseudoacacia* (Top akasya), *Acer spp.* (Akçaağaç), *Tilia tomentosa* (Ihlamur), *Cercis siliquastrum* (Erguvan) türleri yer almaktadır (Şekil 7.24).



Şekil 7.24. Prof. Dr. Süheyl Ünver Caddesi ve Ahmet Çalışkan Caddesi bitkisel doku

- Sadık Ahmet Caddesi: *Acer spp.* (Akçaağaç), *Robinia pseudoacacia* (Top akasya), *Tilia tomentosa* (Ihlamur), *Cupressus spp.* (Servi), *Cedrus spp.* (Sedir), *Catalpa bignonioides* (Katalpa), *Aesculus hippocastanum* (At kestanesi) türleri yer almaktadır.
- Büyükgöze Sokak: *Robinia pseudoacacia* (Top akasya), *Cedrus spp.* (Sedir), *Salix spp.* (Söğüt), *Pinus spp.* (Çam), *Acer spp.* (Akçaağaç) türleri yer almaktadır (Şekil 7.25).



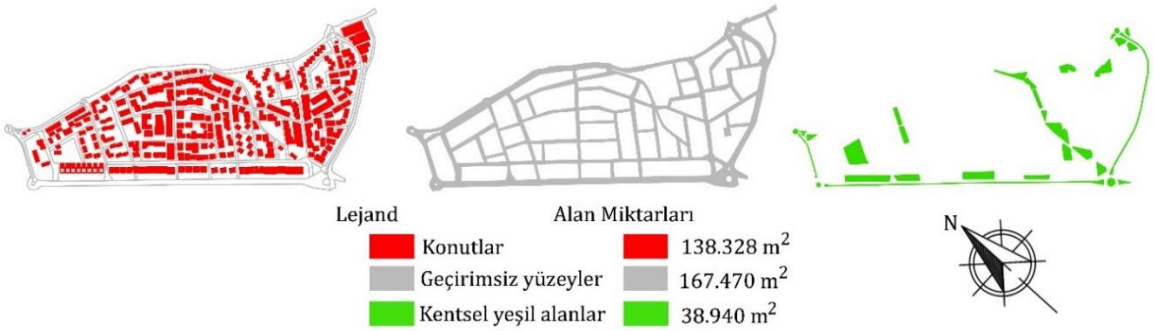
Şekil 7.25. Sadık Ahmet Caddesi ve Büyükgöze Sokak bitkisel doku

- Muammer Aksoy Caddesi: *Acer spp.* (Akçaağaç), *Catalpa bignonioides* (Katalpa), *Robinia pseudoacacia* (Top akasya), *Tilia tomentosa* (Ihlamur), *Cupressus spp.* (Servi), *Elaeagnus angustifolia* (İğde), *Ligustrum vulgare* (Adi kurtbağrı), *Prunus cerasifera* (Süs eriği) türleri yer almaktadır (Şekil 7.26).



Şekil 7.26. Muammer Aksoy Caddesi bitkisel doku

Kocasinan Mahallesi'nde bulunan bina çatıları, sert zeminler ve yeşil alanların miktarları imar planları ve Google Earth güncel görüntüleri üzerinden analiz edilmiştir. Bu doğrultuda çatı yüzeylerinden ve sert zeminlerden bir depo yardımı ile toplanabilecek yağmur suyu miktarları tespit edilmiştir (Şekil 7.27).



Şekil 7.27. Kocasinan Mahallesi alan analizi

Alandaki tüm konutlarının çatı yüzeylerinin toplam miktarı 138.328 m^2'dir. Sert zemin yüzeyleri toplamda 167.470 m^2'dir. Kentsel yeşil alanların miktarı ise 38.940 m^2'dir. Buradan anlaşılacağı üzere bu yerleşim alanında sert zeminlerin miktarı yeşil alan miktarından fazladır. Konut bahçeleri bu hesaplamaya katılmamıştır.

Çatı yüzeylerinin miktarları ele alındığında ve çatı yüzeyinden hasat edilebilecek yağmur suyu formülü uygulandığı zaman;

Yağmur suyu verimi (m^3) = 138.328 m^2 x 602.8 mm x 0,8 x 0,9 = 60.036.565,243 m^3 yağmur suyu toplanabilmektedir.

Sert zeminlerden hasat edilebilecek yağmur suyu hesaplandığında;

Yağmur suyu verimi (m^3) = 167.470 m^2 x 602.8 mm x 0,8 x 0,9 = 72.684.659,52 m^3 su hasat edilebilir.

Alandaki konutlarda depolar kurularak bu miktarlarda su depolanabilir ve depolanan bu yağmur suları arıtılmadan evsel kullanım, araba yıkama, havuz doldurma, bahçe sulama gibi konularda, arıtılarak ise içme suyu olarak kullanılabilmeye uygundur. Ayrıca sert zeminlerdeki akış toplanarak çevredeki yeşil alanların sulaması yapılabilir.

Sürdürülebilir yağmur suyu sistemleri, yapılarda yağmur suyunu toplamak için depoları kullanırken, yağmur suyunu düştüğü yerde yönetmek için de bitki örtüsünü ve toprağı kullanılır. Yağmur suyunun sürdürülebilirliğinin sağlanması ve infiltrasyonun kolaylaşması adına bitkisel elemanlar tasarımda büyük önem taşımaktadır. Bu sebeple Edirne kentinin ekolojik koşullarına uygun olan ve sürdürülebilir yağmur suyu tasarımlarında kullanılabilecek bitkiler listelenmiştir (Çizelge 7.1). Bu bitkiler akışın olduğu bölgelerde yağmur suyunun düştüğü alanlara göre uygulanmalıdır. Doğru bir uygulama yöntemi ile bitkiler alanda yağmur suyunun iyi drene olmasını da sağlayacaktır.

Çizelge 7.1. Edirne ilinde sürdürülebilir yağmur suyu tasarımlarında kullanılabilecek örnek bitkiler

Edirne İlinde Ekolojik Koşullara Uygun Yetişen Bitkiler

	Yüksek Su Talebi	Orta Su Talebi	Düşük Su Talebi
Ağaç Ağaççık	• *Fraxinus excelsior* • *Cercis siliquastrum* • *Catalpa bignonioides* • *Aesculus hippocastanum* • *Salix babylonica* • *Albizia julibrissin* • *Populus spp.* • *Juglans regia*	• *Prunus cerasifera* • *Robinia pseudoacacia* • *Cedrus spp.* • *Platanus orientalis* • *Elaeagnus angustifolia* • *Morus alba 'pendula'* • *Hibiscus syriacus*	• *Acer negundo* • *Tilia tomentosa* • *Pinus spp.* • *Quercus spp.* • *Melia azedarach* • *Syringa vulgaris* • *Sophora japonica*
Çalı	• *Spiraea vanhouttei* • *Cortaderia selloana* • *Rosa spp.* • *Buxus sempervirens* • *Pittosporum tobira* • *Cotoneaster horizontalis*	• *Rosmarinus officinalis* • *Thymus vulgaris* • *Nerium oleander* • *Yucca filamentosa* • *Juniperus spp.* • *Cornus alba* • *Euonymus spp.* • *Forstyhia x intermedia*	• *Artemisia absinthium* • *Lavandula angustifolia* • *Gaura lindheimeri* • *Ligustrum vulgare* • *Viburnum tinus* • *Thuja spp.* • *Calistemon citrinus*
Yer örtücü	• *Festuca glauca* • *Viola tricolor* • *Antirrhinum majus* • *Lolium perenne* • *Trifolium repens*	• *Coreopsis grandiflora* • *Oenothera speciosa* • *Portulaca grandiflora* • *Achillea millefolium* • *Verbana canadensis* • *Tagetes erecta*	• *Sedum rupeste* • *Delosperma cooperi* • *Jacobaea maritima* • *Dichondra repens* • *Lonicera spp.* • *Petunia hybrida* • *Cerastium tomentosum*

BÖLÜM 8

SONUÇ VE ÖNERİLER

Edirne ili coğrafi, fiziksel ve jeolojik özellikleri bakımından yağışlı günlerin sayısının ve yağış miktarının fazla olduğu, ayrıca konum olarak Meriç havzasını da içinde bulundurduğundan dolayı taşkın riski yüksek olan bir ildir. Nüfus artışına bağlı olarak plansız kentleşme ile doğal arazi koşullarına uygun gelişmeyen yerleşimlerden oluşmaktadır. Ayrıca iklim değişikliği gibi çevresel nedenlerle hava olayları şiddetlenerek olumsuz sonuçlar doğurmaktadır. Bununla birlikte temiz su kaynakları sürekli ve yoğun kullanımdan dolayı giderek azalmaktadır. Tüm bu nedenlerin yanı sıra Edirne ilinde su kirliliğinin 1. öncelikli çevre sorunu olması ve hava kirliliğinin de 2. öncelikli çevre sorunu olması bu alanda sürdürülebilir çözümlerin hayata geçirilmesi gerekliliğini ortaya çıkarmaktadır. Sürdürülebilir yağmur suyu yöntemleri hem kirliliği uzaklaştırarak hem de yeraltı sularına temiz suyun infiltre olmasını sağlamaktadır. Bu kapsamda Edirne il merkezinde son yıllarda plansız kentleşmenin yaşandığı ve yüzeysel akışı en yüksek kottan en alçak kota kadar yönetilmesini sağlayacak Şükrüpaşa, Fatih ve Kocasinan mahalleleri için çözüm önerileri sunulmuştur. Alanda yapılan incelemeler sonucunda inşaat alanı şantiyelerinin fazla olduğu ve gelecek dönemlerde konutların artacağı öngörülmektedir. Yapılar ve sert zeminlerin artması doğal döngünün değişimini de artıracaktır. Özellikle kentin en yüksek kotunun bulunduğu Şükrüpaşa Mahallesi'nde yapılaşmanın yoğun şekilde gerçekleştiği görülmektedir. Bu durumda artan geçirimsiz yüzeyler yağmur suyunu kentte düştüğü ilk yerden en düşük yüzeye kadar hızla ilerlemesini tetikleyecektir. Kocasinan Mahallesi de kentin en alçak bölgesi olduğundan yağmur suyunun akışını bu mahalleye inmeden tutmak hedeflenmektedir. Tüm bu

mahallelerde yüzeysel akışın görüldüğü caddelerde yağmur suyunun sürdürülebilirliğini desteklemek adına yeşil alanlarda bitki odaklı çözüm önerileri sunulmaktadır.

8.1. Şükrüpaşa Mahallesi Önerileri

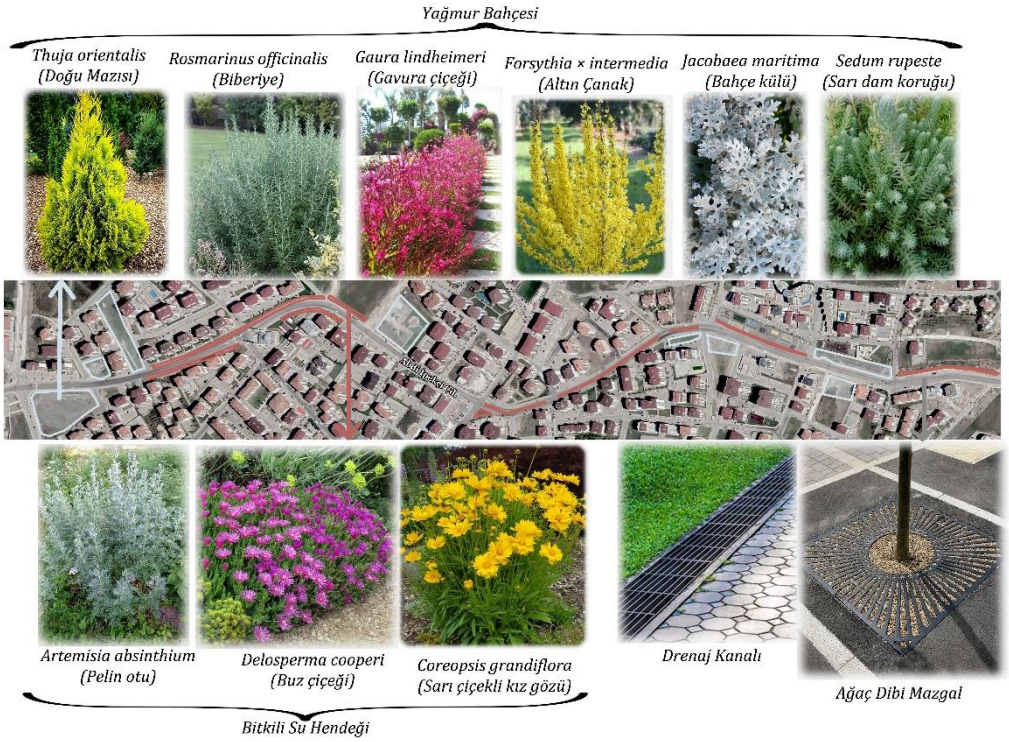
Şükrüpaşa Mahallesi'nde belirlenen yüzeysel akışın olduğu tüm caddelerin köşelerinde drenaj kanallarına yer verip, yol eğimini bu kanallara doğru vererek akış suyunu bu drenaj kanalları doğrultusunda belirli bir bölgede toplayıp depolayarak yeniden kullanımına izin verilebilir. İleride açılacak olan yollara asfalt zemin yerine, yağmur suyunun infiltre olmasını sağlayan geçirgen yol kaplama malzemelerinin kullanılması önerilmektedir. Ayrıca alandaki tüm kaldırımlarda mevcut ağaçlara ağaç dibi mazgalların uygulanması, yağmur suyunun sert zeminlerde ağaçlar tarafından yüksek miktarda infiltre olmasına izin verecektir.

- ✓ Bülent Ecevit Caddesi'nde yağmur suyunun sürdürülebilirliğinin sağlanması için; cadde boyunca orta refüjde bitkili su hendeği yapımı önerilmiştir. Orta refüj boyunca *Sedum rupeste* (Sarı dam koruğu) ve *Jacobaea maritima* (Bahçe külü) kullanılması yüzeysel akışı azaltacaktır. Bülent Ecevit ve Sami Topçu Paşa Caddeleri arasında kalan ve Edirne'nin kentsel yeşil alan ihtiyacının en fazla karşılandığı Gölet Parkı'nda yeni öneriler sunulmuştur. Bu doğrultuda alanda mevcut olan geleneksel gölet sisteminin yerine biyolojik gölet yapılması uygundur. Biyolojik göletler, içinde bulunan bitkiler sayesinde suyunu kendi kendini temizleme özelliğine sahiptir. Biyolojik göletin çevresinde ise akışı tutmak adına *Salix babylonica* ve *Cortaderia selloana* (Pampas otu) kullanılabilir. Yeşil alanın caddeler ile birleştiği konumda *Delosperma cooperi (*Buz çiçeği), *Lavandula angustifolia* (Lavanta) ve *Artemisia absinthium* (Pelin otu) kullanılması uygundur. Bülent Ecevit Caddesi'nin bir bölümde kaldırımlarda *Prunus cerasifera* (Süs eriği) türü kullanımı önerilmektedir (Şekil 8.1).



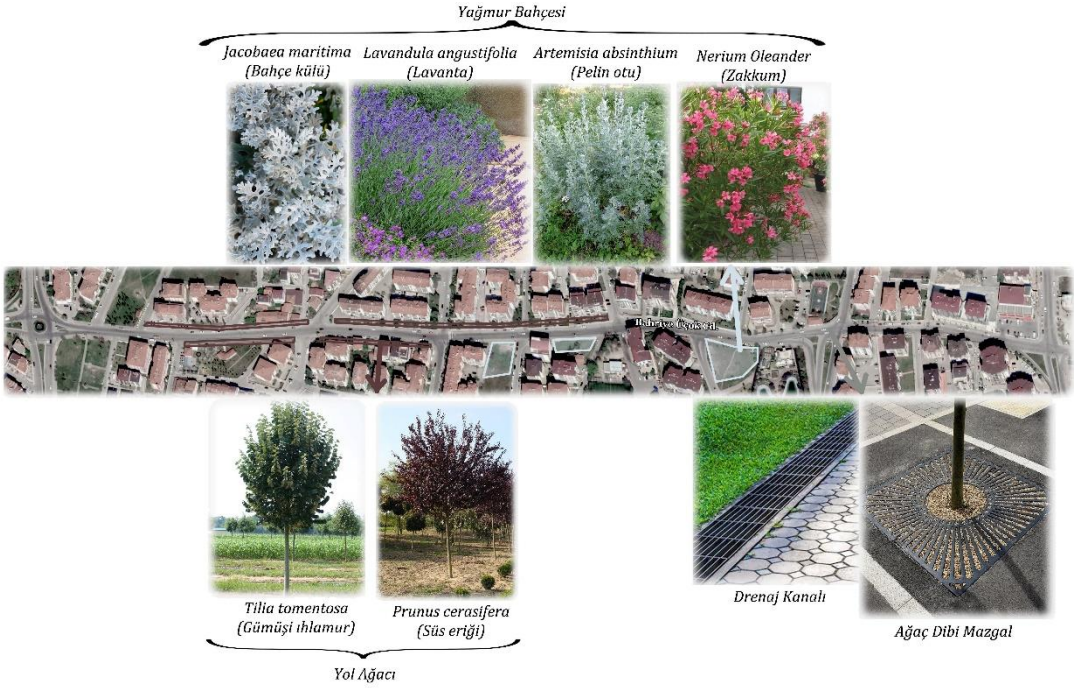
Şekil 8.1. Bülent Ecevit Caddesi, Sami Topçu Paşa Caddesi, Necati Seçkin Sokak önerileri

- ✓ Abdi İpekçi Caddesi'nde yağmur suyunun sürdürülebilirliğinin sağlanması için: belirlenen alanlarda yağmur bahçesi önerilmiştir. Bu yağmur bahçeleri *Thuja orientalis* (Doğu mazısı), *Rosmarinus officinalis* (Biberiye), *Gaura lindheimeri* (Gavura çiçeği), *Forsythia x intermedia* (Altın çanak), *Jacobaea maritima* (Bahçe külü), *Sedum rupeste* (Sarı dam koruğu) türleri kullanılabilir. Yine cadde boyunca önerilen bitkili su hendeği boyunca *Artemisia absinthium* (Pelin otu), *Delosperma cooperi (*Buz çiçeği) ve *Coreopsis grandiflora* (Sarı dam koruğu) türleri kullanımı önerilmektedir (Şekil 8.2).



Şekil 8.2. Abdi İpekçi Caddesi öneri

- ✓ Bahriye Üçok Caddesi'nde yağmur suyunun sürdürülebilirliğinin sağlanması için: cadde boyunca yol ağacı ve bitki kutusu önerilerek *Tilia tomentosa* (Gümüşi ıhlamur) ve *Prunus cerasifera* (Süs eriği) kullanılabilir. Yine yağmur bahçesi olarak önerilen alanlarda *Nerium oleander* (Zakkum), *Artemisia absinthium* (Pelin otu), *Lavandula officinalis* (Lavanta) ve *Jacobaea maritima* (Bahçe külü) türleri kullanılabilir (Şekil 8.3).



Şekil 8.3. Bahriye Üçok Caddesi öneri

- ✓ Şehit Üsteğmen Efkan Yıldırım Caddesi'nde yağmur suyunun sürdürülebilirliğinin sağlanması için: önerilen yağmur bahçesinde *Thuja orientalis* (Doğu mazısı), *Thymus vulgaris* (Kekik), *Coreopsis grandiflora* (Sarı çiçekli kız gözü) ve *Portulaca grandiflora* (İpek çiçeği) türleri kullanılabilir. Yine önerilen bitkili su hendeğinde *Artemisia absinthium* (Pelin otu) ve *Sedum rupeste* (Sarı dam koruğu) türleri kullanılabilir.
- ✓ Şehit Lütfü Küçükyoğurtlu Caddesi'nde de *Artemisia absinthium* (Pelin otu) ve *Sedum rupeste* (Sarı dam koruğu) türleri ile bitkili su hendeği önerilmiştir (Şekil 8.4).



Şekil 8.4. Şehit Üsteğmen Efkan Yıldırım Caddesi ve Şehit Lütfü Küçükyoğurtlu Caddesi önerileri

- ✓ Hoca Ahmet Yesevi Caddesi'nde yağmur suyunun sürdürülebilirliğinin sağlanması için: caddede önerilen yağmur bahçesi için *Ligustrum vulgare* (Adi kurtbağrı), *Rosmarinus officinalis* (Biberiye) ve Oenothera speciosa (Pembe çuha çiçeği) türleri kullanılabilir. Önerilen bitkili su hendeği için ise *Artemisia absinthium* (Pelin otu) ve *Sedum rupeste* (Sarı dam koruğu) türleri kullanılabilir.
- ✓ Şehit Mustafa Kayın Sokak ve 8. Cadde'nin yapısal özellikleri bakımından farklı tasarımlara kapalıdır bu sebeple yalnızca yol ağacı ve bitki kutusu kullanılabilir. Burada *Tilia tomentosa* (Gümüşi ıhlamur) türü kullanılabilir (Şekil 8.5).



Şekil 8.5. Hoca Ahmet Yesevi Caddesi, Şehit Mustafa Kayın Sokak ve 8. Cadde önerileri

- ✓ Ahmet Yalçın Sarıgöl Caddesi'nde yağmur suyunun sürdürülebilirliğinin sağlanması için: belirlenen alanlarda *Lavandula officinalis* (Lavanta), *Thymus vulgaris* (Kekik) türleri kullanılabilir. Önerilen bitkili su hendeğinde *Artemisia absinthium* (Pelin otu) ve *Delosperma cooperi (*Buz çiçeği) türleri önerilmiştir.
- ✓ Raif Ocak Caddesi'nde: belirlenen alanlarda *Lavandula officinalis* (Lavanta), *Thymus vulgaris* (Kekik) türleri kullanılabilir.
- ✓ Karacaova Sokak yapısal özellikleri bakımından farklı tasarımlara kapalıdır bu sebeple yalnızca yol ağacı ve bitki kutusu kullanılabilir. Burada *Prunus cerasifera* (Süs eriği) türü kullanılabilir (Şekil 8.6).



Şekil 8.6. Ahmet Yalçın Sarıgöl Caddesi, Raif Ocak Caddesi ve Karacaova Sokak önerileri

- ✓ Mithat Vardar Caddesi'nde yağmur suyunun sürdürülebilirliğinin sağlanması için: caddenin bir bölümünde yol ağacı ve bitki kutusu olarak *Tilia tomentosa* (Gümüşi ıhlamur) önerilmiştir. Önerilen yağmur bahçesinde ise *Ligustrum vulgare* (Adi kurtbağrı), *Viburnum tinus* (Kartopu), *Lavandula officinalis* (Lavanta), *Coreopsis grandiflora* (Sarı çiçekli kız gözü) türleri önerilmiştir.
- ✓ Av. Ruhi Uğurlu Sokak: yağmur bahçesi kapsamında *Ligustrum vulgare* (Adi kurtbağrı), *Viburnum tinus* (Kartopu), *Lavandula officinalis* (Lavanta), *Coreopsis grandiflora* (Sarı çiçekli kız gözü) türleri önerilmiştir. Önerilen bitkili su hendeğinde *Artemisia absinthium* (Pelin otu), *Portulaca grandiflora* (İpek çiçeği) ve *Sedum rupeste* (Sarı dam koruğu) kullanılabilir (Şekil 8.7).



Şekil 8.7. Mithat Vardar Caddesi ve Av. Ruhi Uğurlu Sokak önerileri

- ✓ İlhami Ertem Caddesi'nde yağmur suyunun sürdürülebilirliğinin sağlanması için: orta refüj boyunca bitkili su hendeği olarak *Artemisia absinthium* (Pelin otu), *Portulaca grandiflora* (İpek çiçeği) türleri önerilmiştir. Yağmur bahçesi olarak önerilen alanda *Thuja orientalis* (Doğu mazısı), *Lavandula officinalis* (Lavanta), *Forsythia x intermedia* (Altın çanak), *Verbena canadensis* (Mine çiçeği), *Jacobaea maritima* (Bahçe külü) türleri kullanılabilir.
- ✓ Turhan Dursun Caddesi: orta refüj boyunca bitkili su hendeği olarak *Artemisia absinthium* (Pelin otu), *Portulaca grandiflora* (İpek çiçeği) türleri önerilmiştir.
- ✓ Şehit Üsteğmen Yılmaz Özcan Caddesi: cadde üzerinde yer alan yeşil alanda önerilen yağmur bahçesinde *Thuja orientalis* (Doğu mazısı), *Lavandula officinalis* (Lavanta), *Forsythia x intermedia* (Altın çanak), *Verbena canadensis* (Mine çiçeği), *Jacobaea maritima* (Bahçe külü) türleri önerilmektedir (Şekil 8.8).



Şekil 8.8. İlhami Ertem Caddesi, Turhan Dursun Caddesi ve Şehit Üsteğmen Yılmaz Özcan Caddesi önerileri

8.2. Fatih Mahallesi Önerileri

Fatih Mahallesi'nde belirlenen yüzeysel akışın olduğu tüm caddelerin köşelerinde drenaj kanallarına yer verip, yol eğimini bu kanallara doğru vererek akış suyunu bu drenaj kanalları doğrultusunda belirli bir bölgede toplayıp depolayarak yeniden kullanımına izin verilebilir. İleride açılacak olan yollara asfalt zemin yerine, yağmur suyunun infiltre olmasını sağlayan geçirgen yol kaplama malzemelerinin kullanılması önerilmektedir. Ayrıca alandaki tüm kaldırımlarda mevcut ağaçlara ağaç dibi mazgalların uygulanması, yağmur suyunun sert zeminlerde ağaçlar tarafından yüksek miktarda infiltre olmasına izin verecektir.

- ✓ Ümran Akkan Caddesi'nde yağmur suyunun sürdürülebilirliğinin sağlanması için: cadde boyunca yol ağacı ve bitki kutusu önerilmiştir. Mevcut ağaçlara bitki kutusu eklenerek *Tilia tomentosa* (Gümüşi ıhlamur) türü yol ağacı olarak

kullanılabilir. Önerilen bitkili su hendeği için *Coreopsis grandiflora* (Sarı çiçekli kız gözü) ve *Sedum rupeste* (Sarı dam koruğu) kullanılabilir. *Yucca filamentosa* (Avize çiçeği), *Thymus vulgaris* (Kekik), *Gaura lindheimeri* (Gavura çiçeği), *Jacobaea maritima* (Bahçe külü) türleri yağmur bahçesi yapımında kullanılabilir (Şekil 8.9).



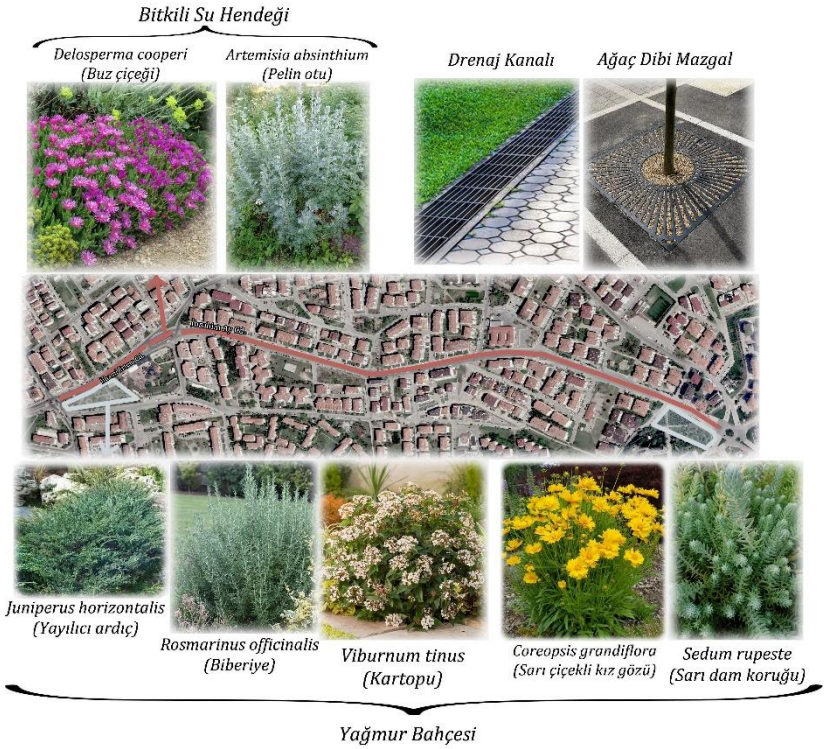
Şekil 8.9. Ümran Akkan Caddesi öneri

- ✓ İbrahim Zagra Caddesi'nde yağmur suyunun sürdürülebilirliğinin sağlanması için: yol boyunca bitkili su hendeği olarak *Artemisia absinthium* (Pelin otu), *Portulaca grandiflora* (İpek çiçeği), *Delosperma cooperi (*Buz çiçeği) kullanılabilir. Yine caddede önerilen yağmur bahçesinde *Thuja orientalis* (Doğu mazısı), *Ligustrum vulgare* (Adi kurtbağrı), *Thymus vulgaris* (Kekik), *Jacobaea maritima* (Bahçe külü), Oenothera speciosa (Pembe çuha çiçeği) türleri kullanılabilir (Şekil 8.10).



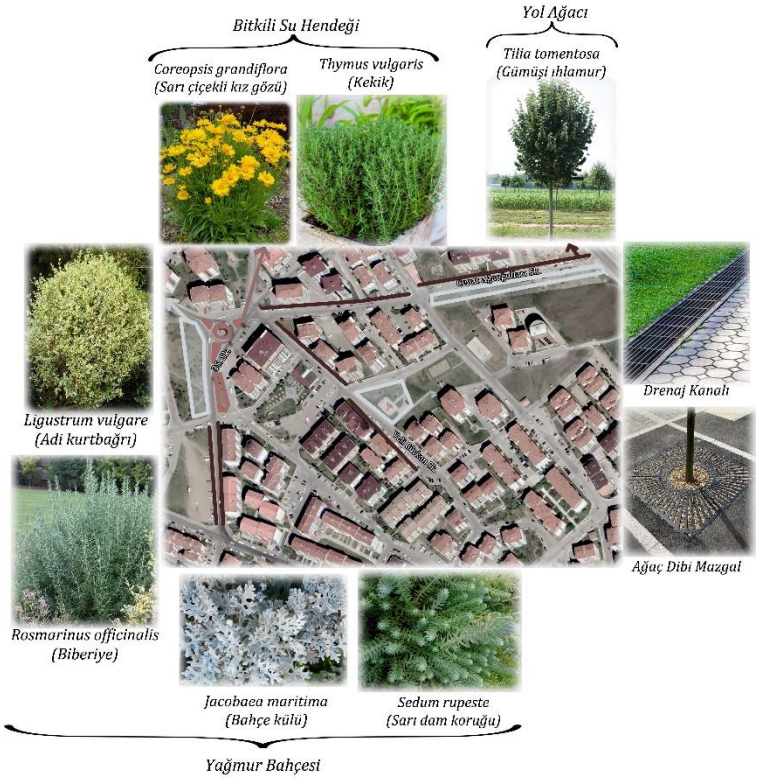
Şekil 8.10. İbrahim Zagra Caddesi öneri

- ✓ İbrahim Ay Caddesi ve İlhami Ertem Caddesi'nde yağmur suyunun sürdürülebilirliğinin sağlanması için: cadde boyunca orta refüjde önerilen bitkili su hendeğinde *Artemisia absinthium* (Pelin otu), *Delosperma cooperi (*Buz çiçeği) kullanılabilir. Yağmur bahçesinde ise *Juniperus horizontalis* (Yayılıcı ardıç), *Rosmarinus officinalis* (Biberiye), *Viburnum tinus* (Kartopu), *Coreopsis grandiflora* (Sarı çiçekli kız gözü) ve *Sedum rupeste* (Sarı dam koruğu) türleri kullanılabilir (Şekil 8.11).



Şekil 8.11. İbrahim Ay Caddesi ve İlhami Ertem Caddesi önerileri

- ✓ Cevat Ağaoğulları Sokak, Veli Gürkan Sokak ve 35. Sokak için yağmur suyunun sürdürülebilirliğinin sağlanması adına: yol ağacı ve bitki kutusu önerilerek, *Tilia tomentosa* (Ihlamur) türü kullanılabilir. Alanda önerilen yağmur bahçesi kapsamında *Ligustrum vulgare* (Adi kurtbağrı), *Rosmarinus officinalis* (Biberiye), *Jacobaea maritima* (Bahçe külü), *Sedum rupeste* (Sarı dam koruğu) kullanılabilir. Önerilen bitkili su hendeği kapsamında *Thymus vulgaris* (Kekik) ve *Coreopsis grandiflora* (Sarı çiçekli kız gözü) türleri kullanılabilir (Şekil 8.12).



Şekil 8.12. Cevat Ağaoğulları Sokak, Veli Gürkan Sokak ve 35. Sokak önerileri

- ✓ Burhan Işıkseren Caddesi ve Ali Rıza Ataktürk Caddesi'nde yağmur suyunun sürdürülebilirliğinin sağlanması için: yol ağacı ve bitki kutusu önerilerek *Tilia tomentosa* (Gümüşi ıhlamur) ve *Prunus cerasifera* (Süs eriği) türleri kullanılabilir.
- ✓ Tahsin Şıpka Caddesi'nde bulunan yeşil alanda yağmur bahçesi önerilerek *Juniperus horizontalis* (Yayılıcı ardıç), *Rosmarinus officinalis* (Biberiye), *Viburnum tinus* (Kartopu), *Coreopsis grandiflora* (Sarı çiçekli kız gözü) ve *Sedum rupeste* (Sarı dam koruğu) türleri kullanılabilir (Şekil 8.13).



Şekil 8.13. Burhan Işıkseren Caddesi, Ali Rıza Ataktürk Caddesi ve Tahsin Şıpka Caddesi önerileri

- ✓ Abdullah Hatipler Sokak ve Şehit Polis Memuru Hüseyin İmrağ Sokak yağmur suyunun sürdürülebilirliğinin sağlanması için: yağmur bahçesi olarak *Artemisia absinthium* (Pelin otu), *Thymus vulgaris* (Kekik), *Jacobaea maritima* (Bahçe külü), Oenothera speciosa (Pembe çuha çiçeği) türleri önerilmiştir. Ayrıca yol ağacı ve bitki kutusu olarak *Tilia tomentosa* (Gümüşi ıhlamur) ve *Prunus cerasifera* (Süs eriği) kullanılabilir (Şekil 8.14).



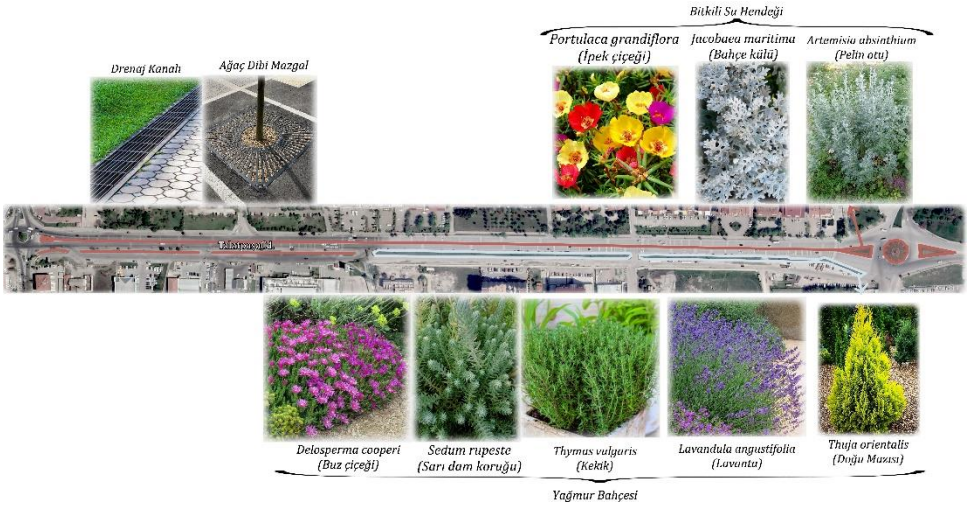
Şekil 8.14. Abdullah Hatipler Sokak ve Şehit Polis Memuru Hüseyin İmrağ Sokak önerileri

8.3. Kocasinan Mahallesi Önerileri

Kocasinan Mahallesi'nde belirlenen yüzeysel akışın olduğu tüm caddelerin köşelerinde drenaj kanallarına yer verip, yol eğimini bu kanallara doğru vererek akış suyunu bu drenaj kanalları doğrultusunda belirli bir bölgede toplayıp depolayarak yeniden kullanımına izin verilebilir. İleride açılacak olan yollara asfalt zemin yerine, yağmur suyunun infiltre olmasını sağlayan geçirgen yol kaplama malzemelerinin kullanılması önerilmektedir. Ayrıca alandaki tüm kaldırımlarda mevcut ağaçlara ağaç dibi mazgalların uygulanması, yağmur suyunun sert zeminlerde ağaçlar tarafından yüksek miktarda infiltre olmasına izin verecektir.

- ✓ Talatpaşa Caddesi'nde yağmur suyunun sürdürülebilirliğinin sağlanması için: orta refüj boyunca bitkili su hendeği önerilmiştir. Burada *Artemisia absinthium* (Pelin

otu), *Jacobaea maritima* (Bahçe külü), *Portulaca grandiflora* (İpek çiçeği) önerilmiştir. Yağmur bahçesi *Thuja orientalis* (Doğu mazısı), *Lavandula officinalis* (Lavanta), *Thymus vulgaris* (Kekik), *Sedum rupeste* (Sarı dam koruğu), *Delosperma cooperi (*Buz çiçeği) türleri kullanılabilir (Şekil 8.15).



Şekil 8.15. Talatpaşa Caddesi öneri

- ✓ Şevki Arman Caddesi'nde yağmur suyunun sürdürülebilirliğinin sağlanması için: orta refüj boyunca önerilen bitkili su hendeği kapsamında *Thymus vulgaris* (Kekik), *Delosperma cooperi (*Buz çiçeği) türleri kullanılabilir.
- ✓ Türkan Seçkin ve 44. Sokak çevresinde yer alan yeşil alanda yağmur bahçesi düzenlenerek *Juniperus horizontalis* (Yayılıcı ardıç), *Rosmarinus officinalis* (Biberiye), *Viburnum tinus* (Kartopu), *Coreopsis grandiflora* (Sarı çiçekli kız gözü) ve *Sedum rupeste* (Sarı dam koruğu) türleri kullanılabilir (Şekil 8.16).



Şekil 8.16. Şevki Arman Caddesi, Türkan Seçkin Caddesi ve 44. Sokak önerileri

- ✓ Ahmet Çalışkan Caddesi'nde yağmur suyunun sürdürülebilirliğinin sağlanması için: yol ağacı ve bitki kutusu önerilmiştir. Burada mevcut ağaçlara ek olarak *Prunus cerasifera* (Süs eriği) türü kullanılabilir.
- ✓ Prof. Dr. Süheyl Ünver Caddesi'nde orta refüj boyunca önerilen bitkili su hendeği kapsamında *Thymus vulgaris* (Kekik), *Delosperma cooperi (*Buz çiçeği) kullanılabilir. Yol ağacı ve bitki kutusu olarak *Prunus cerasifera* (Süs eriği) kullanılabilir (Şekil 8.17).



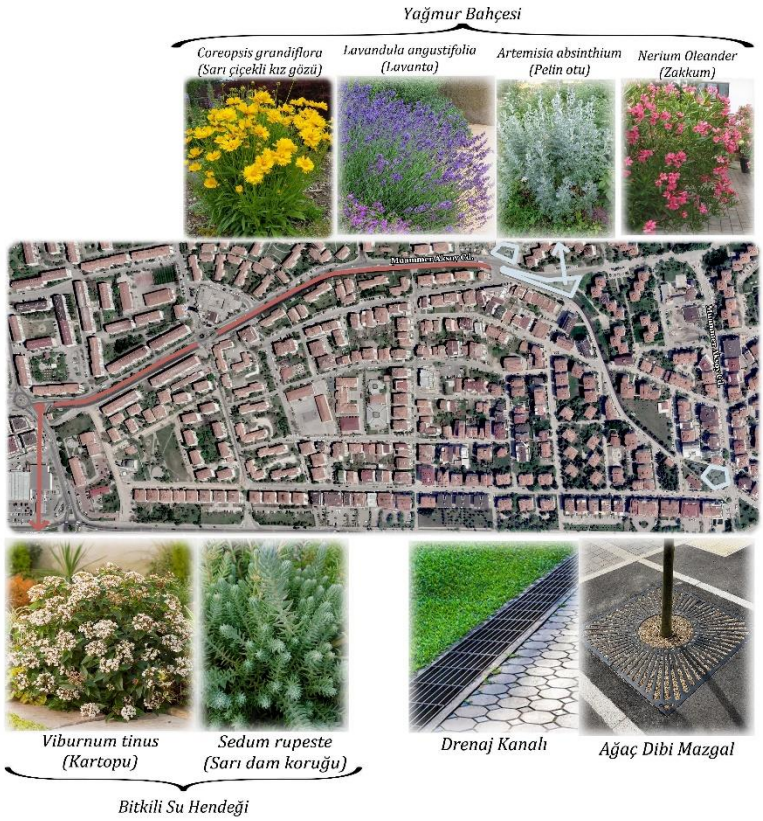
Şekil 8.17. Prof. Dr. Süheyl Ünver Caddesi ve Ahmet Çalışkan Caddesi önerileri

- ✓ Sadık Ahmet Caddesi ve Büyükgöze Sokak için yağmur suyunun sürdürülebilirliğinin sağlanması adına: yol ağacı ve bitki kutusu önerilerek mevcut ağaçlara ek olarak Prunus cerasifera (Süs eriği) türü kullanılabilir. Ayrıca alanda önerilen yağmur bahçesi için *Nerium oleander* (Zakkum), *Artemisia absinthium* (Pelin otu), *Lavandula officinalis* (Lavanta), *Coreopsis grandiflora* (Sarı çiçekli kız gözü) türleri kullanılabilir (Şekil 8.18).



Şekil 8.18. Sadık Ahmet Caddesi ve Büyükgöze Sokak önerileri

- ✓ Muammer Aksoy Caddesi'nde yağmur suyunun sürdürülebilirliğinin sağlanması için: cadde üzerinde bitkili su hendeği önerilerek, *Viburnum tinus* (Kartopu) ve *Sedum rupeste* (Sarı dam koruğu) türleri kullanılabilir. Önerilen yağmur bahçesinde *Nerium oleander* (Zakkum), *Artemisia absinthium* (Pelin otu), *Lavandula officinalis* (Lavanta), *Coreopsis grandiflora* (Sarı çiçekli kız gözü) türleri kullanılabilir (Şekil 8.19).



Şekil 8.19. Muammer Aksoy Caddesi öneri

Günümüzün bir paradoksu olarak, içebildiğimiz suyun giderek tükenmesi ve içemediğimiz suyun kentlerimizi işgal etmesi sorunu ile karşı karşıyayız. Bunun sonucunda çalışma alanında yağmur suyunu toplayıp depolayabileceğimiz durumlar ve yüzeysel akışın olduğu durumlarla mücadele yöntemleri ele alınmıştır. Çalışma alanında cadde ve sokaklarda alanın topografik durumu ve eğimler ile alanda yapılan incelemeler doğrultusunda yüzeysel akış bölgeleri tespit edilmiştir. Yapılan incelemelerde akışın olduğu caddelerin yapısal özellikleri değişiklik göstermektedir. Plansız yapılaşma sebebi ile bazı sokaklarda kaldırıma yer verilmediği ve caddelerin yeterli genişlikte olmadığı görülmüştür. Geçmişten bugüne kadar gelen yapılarda plansız kentleşme açıkça kendini göstermektedir. Akışın olduğu tüm bu caddelerde yağmur suyunun düştüğü alanda infiltre olmasını sağlamak için bitkisel tasarımlar önerilmiştir. Önerilen bitki türleri suya az ihtiyaç duyan, bulunduğu yere uyum sağlayan, alanın yerel iklim koşullarında yetişebilen doğal türlerdir. Çalışma alanı genelinde, su deposu, geçirimli döşeme, yağmur bahçesi,

bitkili su hendeği, yol ağacı ve bitki kutusu önerilerek, bu uygulamalar ile bitkilerin altına bir depo yerleştirilerek yağışlı dönemde toplanan su ile kurak dönemde bitkilerin sulaması yapılabilir ve böylece yağmur suyunun sürdürülebilir kullanımı sağlanabilir. Aynı şekilde mahallelerdeki binalara depolar yerleştirilerek su depolanabilir. Bu sayede Şükrüpaşa Mahallesi çatılarından 138.326.541,408 m^3, Fatih Mahallesi çatılarından 91.851.240,096 m^3 ve Kocasinan Mahallesi çatılarından 60.036.565,243 m^3 su depolanabilir. Ayrıca depolanan bu sular bina içinde arıtılarak ve dışında arıtılmadan kullanım suyu olarak değerlendirilebilir.

Edirne il merkezinin su ve hava kirliliği de göz önüne alındığında, bu uygulamalar hem yağmur suyunu tutarak konutlarda kullanımına, hem yeşil alanlarda toplanarak sulamaya olanak sağlamaktadır. Ayrıca bitkisel dokular hava kirliliğinin ve su kirliliğinin de ciddi miktarda önüne geçebilecektir. Doğanın ve suyun korunumunu sağlamak adına sürdürülebilir yağmur suyu sistemlerinin kullanımı büyük önem taşımaktadır. Günümüzde yaşadığımız iklim değişikliği nedeniyle tatlı su kaynaklarımız giderek azalmış, kış ayları dahil kurak geçmeye başlamıştır. İklim değişikliği ile mücadele için kentlerimizi doğaya uyumlu hale getirmeliyiz. Bu sebeple yağmur suyunun yönetimi ve kentsel alanların doğru planlanması önemli bir hedeftir. Bu kapsamda Edirne ilinde kentsel çözümler sunulmuştur. Bu öneriler, diğer kentsel alanlarda örnek teşkil etmesi açısından önemlidir.

KAYNAKLAR

Abbot, J., Davies, P., Simkins, P., Morgan, C., Levin, D., & Robinson, P. (2013). Creating Water Sensitive Places–Scoping the Potential for Water Sensitive Urban Design in the UK. CIRIA Report C, 724.

Abida, H., and Sabourin, J. F. (2006). Grass swale-perforated pipe systems for stormwater management. J. Irrig. Drain. Eng., *132*(1), 55–63.

Ahiablame, L. M., Engel, B. A., & Chaubey, I. (2012). Effectiveness of low impact development practices: literature review and suggestions for future research. *Water, Air, & Soil Pollution, 223*(7), 4253-4273.

Allen, S. (1999) 'Infrastructural urbanism', in: idem, Points + Lines. Diagrams and Projects for the City. New York, Princeton Architectural Press, pp. 46-59

American Rivers, A. S. o. L. A., ECONorthwest,, & Federation, W. E. (2012). Banking on green: A look at how green infrastructure can save municipalities money and provide economic benefits community-wide. In: American Society of Landscape Architects Washington, DC.

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

Anonim, (2020). Su ve Kanalizasyon Müdürlüğü, Edirne Belediyesi.

Archdaily (2013). Qunli Stormwater Wetland Park / Turenscape. 20 Mayıs 2020 tarihinde https://www.archdaily.com/446025/qunli-stormwater-wetland-park-turenscape adresinden erişildi.

Arslantaş, F., Sanalan, K.C., Çil, A. (2020). Şehirlerde Yeşil Altyapı ve Doğa Tabanlı Çözümler İyi Uygulama Örnekleri, 120 sayfa.

Assaël, K., (2020). The Qunli Storm Water Park in China to Retain and Filtrate Stormwater. 20 Mayıs 2020 tarihihde http://www.ideassonline.org/public/pdf/QunliStormwaterPark-ENG.pdf adresinden erişildi.

ASLA (2019). Chulalongkorn University Centenary Park. American Society of Landscape Architects.20 Mayıs 2020 tarihindehttps://www.asla.org/2019awards/620062-Chulalongkorn_University_Centenary_Park.html adresinden erişildi.

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

Ayaşlıgil, Y., (1988). Cephe yeşillendirmeleri. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 38*(4), 104-111.

Ayboğa, E. (2010). Yaşam Hakkı Olarak Su. *Sosyal Değişim Derneği, İstanbul*.

Aygencel, M. (2011). *Dikey Yeşil Sistemler.* Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

AWWA (2019). Infiltration Trench: Do-It-Yourself Conservation Practices. 31 Ocak 2019 tarihinde https://awwatersheds.org/infiltration-trench-do-it-yourself-conservation-practices/ adresinden erişildi.

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

Bahri, A. (2012). Integrated urban water management. TEC Background Papers, (16), 1-89.

Barber, M. E., King, S. G., Yonge, D. R., & Hathhorn, W. E. (2003). Ecology ditch: A best management practice for storm water runoff mitigation. Journal of Hydrologic Engineering, 8(3), 111-122.

Barlow, D., Burrill, G., & Nolfi, J. (1977). Research report on developing a community level natural resource inventory system: Center for Studies in Food Self-Sufficiency. In: 1977.

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

Benedict, M. A., & McMahon, E. T. (2006). *Green infrastructure: linking landscapes and communities*. Washington,DC: Island press.

Birleşmiş Milletler (2015). Birleşmiş Milletler dünya su gelişim raporu 2015–sürdürülebilir bir dünya için su. United Nations World Water Assessment Programme, Unwater. Su hakkı, Yönetici Özeti.

Blick, S. A., Kelly, F., & Skupien, J. J. (2004). New Jersey stormwater best management practices manual.

Blunt, S. M. (2008). Trees and pavements—are they compatible?. *Arboricultural Journal*, *31*(2), 73-80.

Burack, T., Walls, M., & Stewart, H. (2008). New Hampshire Stormwater Manual, Post-Construction Best Management Practices: Selection and Design. *Comprehensive Environmental Inc. & New Hampshire Department of Environmental Services*.

Burian, S. J., & Edwards, F. G. (2002). Historical perspectives of urban drainage. In Global solutions for urban drainage (pp. 1-16).

Burian, S. J., Nix, S. J., Durrans, S. R., Pitt, R. E., Fan, C.-Y., & Field, R. (1999). Historical development of wet-weather flow management. *Journal of Water Resources Planning and Management, 125*(1), 3-13.

Butler, D., & Parkinson, J. (1997). Towards sustainable urban drainage. *Water Science and Technology, 35*(9), 53-63.

Center for Neighborhood Technology (2010). The Value of Green Infrastructure A Guide to Recognizing Its Economic, Environmental and Social Benefits. American Rivers.

Chahar, B. R., Graillot, D., & Gaur, S. (2012). Storm-water management through infiltration trenches. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 138(3), 274-281.

City of Victoria, (2015). Rainwater management standards, Professionel Edition, City of Victoria Stormwater Utility, June 2015.

Commission, E. E. (2013). Green infrastructure (GI)—enhancing Europe's natural capital. *European Commission, Brussels*.

Connelly, M., & Liu, K. (2005, May). Green roof research in British Columbia: An overview. In Proc. of 3rd North American Green Roof Conference: Greening rooftops for sustainable communities, Washington, DC (pp. 4-6).

Cosgrove, W. J., & Rijsberman, F. R. (2014). *World water vision: making water everybody's business*: Routledge.

Coşkun Hepcan, Ç. (2019). Kentlerde İklim Değişikliği ile Mücadele için Yeşil Altyapı Çözümleri. İklim Değişikliği Alanında Ortak Çabaların Desteklenmesi Projesi (iklimİN), Ankara.

Creaco, E., & Franchini, M. (2012). A dimensionless procedure for the design of infiltration trenches. Journal - American Water Works Association, 104(9), E501–E509.

Credit Valley Conservation (2018). Smart Blue Roof Project Literature Review Report. Credit Valley Conservation, Sustainable Technologies Evaluation Program, Mississauga, Ontario.

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (2018a). Türkiye Çevre Sorunları ve Öncelikleri Değerlendirme Raporu. Çevresel Etki Değerlendirmesi, İzin ve Denetim Genel Müdürlüğü, Yayın no:40.

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (2018b). Yağmur Bahçesi Hazırlama Kılavuzu. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Mekansal Planlama Genel Müdürlüğü Kentsel Tasarım Dairesi Başkanlığı. Nisan, 2018.

Daedalus Informatics Ltd. (2002) "Knossos: The Palace of King Minos." Daedalus web site, updated 1997. Daedalus Informatics Ltd, Athens, Greece. http://www.daedalus.gr/DAEI/ THEME/Knossos.htm

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

De Cuyper, K., Dinne, K., & Van de Vel, L. (2005). Rainwater discharge from green roofs. Plumbing Syst. Des.(November/December), 10-15.

Demir, D. (2012). *Konvansiyonel Yağmursuyu Yönetim Sistemleri İle Sürdürülebilir Yağmursuyu Yönetim Sistemlerinin Karşılaştırılması: İtü Ayazağa Yerleşkesi Örneği.*İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

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

DIN (1989). Rainwater Harvesting Systems - Part 1: Planning, Installation, Operation and Maintenance. German Institute for Standardisation (Deutsches Institut für Normung).

Doğa koruma merkezi (2019). Yeşil Altyapı Avrupa'nın Doğal Sermayesini Geliştirmek. Avrupa Komisyonu Bildirimi. Doğa ve Şehirler Projesi.

Doğangönül, Ö., & Doğangönül, C. (2009). *Küçük ve orta ölçekli yağmursuyu kullanımı*: Teknik Yayınevi.

Dolan, R., & Goodell, G. (1986). Sinking Cities and Rising Sea Level. *Journal of Coastal Research*, *2*(3).

Drain for life (2013). Handbook on Sustainable Urban Drainage Systems. Estonia-Latvia cross-border cooperation programme 2007-2013.

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

Edirne Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü (2019). Edirne İli 2018 yılı Çevre Durum Raporu. Edirne Valiliği/Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü.

Edirne Tarım İl Müdürlüğü (2005). Edirne Tarım Master Planı. *İl Tarım ve Kırsal Kalkınma Master Planlarının Hazırlanmasına Destek Projesi, Edirne*.

Ekşi, M., & Uzun, A. (2016). Yeşil çatı sistemlerinin su ve enerji dengesi açısından değerlendirilmesi. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 66*(1), 119-138.

Ekşi, M., Yılmaz, M., & Özden, Ö. (2016). Yağmur bahçelerinin nicel değerlendirilmesi: İstanbul Üniversitesi orman fakültesi örneği. Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 31(4).

Ellis, J. B., Chocat, B., Fujita, S., Marsalek, J., & Rauch, W. (Eds.). (2004). Urban Drainage. IWA publishing.

Ellis, K., Berg, C., Caraco, D., Drescher, S., Hoffmann, G., Keppler, B., . . . Turner, A. (2014). Low Impact Development in Coastal South Carolina: A Planning and Design Guide. *ACE Basin and North Inlet-Winyah Bay National Estuarine Research Reserves: Georgetown, SC, USA*, 462.

EPA (2018). Basic Information about Nonpoint Source (NPS) Pollution. 20 Mayıs 2020 tarihinde https://www.epa.gov/nps/basic-information-about-nonpoint-source-nps-pollution adresinden erişildi.

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

EPA (1993). Guidance Manual for Developing Best Management Practices (BMP). United States Environmental Protection Agency, EPA833-B-93-004 October 1993.

Erbaş, M. (2011). Enerji etkin yapı tasarımının etkili elemanlarından olan yeşil çatıların dünya ve ülkemiz örnekleri üzerinden bir incelemesi. *Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim dalı*.

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

Eugene (2014). Stormwater Management in Eugene Manual. City of Eugene, Oregon

Evans, D. (2008). Cost benefit evaluation of ecoroofs. *City of Portland Bureau of Environmental Services*, 1-22.

Ferguson, B. C., Frantzeskaki, N., & Brown, R. R. (2013). A strategic program for transitioning to a Water Sensitive City. *Landscape and Urban Planning*, *117*, 32-45.

Fioretti, R., Palla, A., Lanza, L. G., & Principi, P. (2010). Green roof energy and water related performance in the Mediterranean climate. *Building and environment*, *45*(8), 1890-1904.

Firehock, Karen. 2010. "A Short History of the Term Green Infrastructure and SelectedLiterature." January.

Fletcher, T. D., Shuster, W., Hunt, W. F., Ashley, R., Butler, D., Arthur, S., . . . Bertrand-Krajewski, J.-L. (2015). SUDS, LID, BMPs, WSUD and more–The evolution and application of terminology surrounding urban drainage. *Urban Water Journal*, *12*(7), 525-542.

Geronimo, F. K. F., Maniquiz-Redillas, M. C., & Kim, L. H. (2013). Treatment of parking lot runoff by a tree box filter. Desalination and water treatment, 51(19-21), 4044-4049.

Glanville, T. D., Persyn, R. A., Richard, T. L., Laflen, J. M., and Dixon, P. M. (2004)."Environmental effects of applying composted organics to new highwayembankments: Part 2. Water quality." Transactions of the Asae, 47(2), 471-478.

GreenWorks (2020). Tanner Springs Park. 20 Mayıs 2020 tarihinde https://greenworkspc.com/ourwork/tanner-springs-park adresinden erişildi.

Hakyemez, C. (2019). Su: Yeni Elmas. *Ekonomik Araştırmalar*.

Hammer, D.A., 1992. Designing constructed wetlands systemsto treat agricultural nonpoint source pollution. Ecol. Eng.1, 49–82.

Hilten, R. N., Lawrence, T. M., & Tollner, E. W. (2008). Modeling stormwater runoff from green roofs with HYDRUS-1D. Journal of hydrology, 358(3-4), 288-293.
Hodge, A. T. (1992). *Roman aqueducts & water supply* (Vol. 2): Duckworth London.
Holmes, D., (2019). Chulalongkorn Centenary Park – green infrastructure for the city of Bangkok.19 Nisan 2019 tarihinde https://worldlandscapearchitect.com/chulalongkorn-centenary-park-green-infrastructure-for-the-city-of-bangkok/#.Xs95J1QzbDf adresinden erişilmiştir.
Hoyer, J., Dickhaut, W., Kronawitter, L., & Weber, B. (2011). *Water sensitive urban design: principles and inspiration for sustainable stormwater management in the city of the future*: Jovis Berlin.
Huber, J. (2010). Low Impact Development: a design manual for urban areas. *Arkansas: Fayetteville*.
Hunt, W. F., Kannan, N., Jeong, J., & Gassman, P. W. (2009). Stormwater Best Management Practices: Review of current practices and potential incorporation in SWAT. International Agricultural Engineering Journal, 18(1), 73.
Ice, G. (2004). History of innovative best management practice development and its role in addressing water quality limited waterbodies. *Journal of Environmental Engineering, 130*(6), 684-689.
Ignatieva, M., Stewart, G. H., & Meurk, C. D. (2008). Low Impact Urban Design and Development (LIUDD): matching urban design and urban ecology. Landscape review, 12(2), 61-73.
IPCC, (2019). Summary for Policymakers. In: IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate. This Summary for Policymakers was formally approved at the Second Joint Session of Working Groups I and II of the IPCC and accepted by the 51th Session of the IPCC, Principality of Monaco, 24th September.
IPCC, (2013) Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp.
İpekçi, C., & Yüksel, E. (2012). Bitkilendirilmiş Yapı Kabuğu Sistemleri, 6. *Ulusal Çatı&Cephe Sempozyumu*, 12-13.
İzmen, Ü. (2014). Bölgesel Kalkınma Dinamikleri: Edirne için orta gelir tuzağından çıkış stratejileri ve 2023 senaryoları. Trakya Kalkınma Ajansı, 2014.
Jayasuriya, L. N. N., Kadurupokune, N., Othman, M., & Jesse, K. (2007). Contributing to the sustainable use of stormwater: the role of pervious pavements. Water Science and Technology, 56(12), 69-75.
Jensen, O., & Nair, S. (2019). Integrated Urban Water Management and Water Security: A Comparison of Singapore and Hong Kong. *Water, 11*(4), 785.
Jones, P., & Macdonald, N. (2007). Making space for unruly water: Sustainable drainage systems and the disciplining of surface runoff. *Geoforum, 38*(3), 534-544.
Kalfa, S. M., Haydaraslan, K. S., & Yaşar, Y. (2018). Yeşil Bina Kabuğu Elemanlarının Çevresel Sürdürülebilirlik Bağlamında İncelenmesi.9. Ulusal Çatı & Cephe Konferansı 12 - 13 Nisan 2018.
Kantaroğlu Ö., (2009). Yağmur suyu hasadı plan ve hesaplama prensipleri. IX. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, 6-9 Mayıs, İzmir.
Karakaya, N., Gönenç, E., & İGEMPortal, I. (2005). Alternatif Su Kaynaklar, II. *Ulusal Su Mühendisliği Sempozyumu*, 21-24.

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.

Keleş, R. (1980). *Kentbilim terimleri sözlüğü*: Sevinç basımevi.

Kılıç, M. Y., & Abuş, M. N. (2018). Bahçeli Bir Konut Örneğinde Yağmur Suyu Hasadı. *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi, 4*(2), 209-215.

Kılıç, Ş. (2020). Kişisel Fotoğraf arşivi.

Kloss, C. (2009). Green infrastructure for urban stormwater management. In *Low Impact Development for Urban Ecosystem and Habitat Protection* (pp. 1-7).

Larsen, T. A., & Gujer, W. (1997). The concept of sustainable urban water management. *Water Science and Technology, 35*(9), 3-10.

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

Lee, J. G., Selvakumar, A., Alvi, K., Riverson, J., Zhen, J. X., Shoemaker, L., & Lai, F. (2012). A watershed-scale design optimization model for stormwater best management practices. Environmental Modelling & Software, 37, 6–18.

Levi, S. (2007). Yağış sularının sürdürülebilir yönetimi. Yüksek lisans tezi, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

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

Livesley, S., McPherson, E., & Calfapietra, C. (2016). The urban forest and ecosystem services: impacts on urban water, heat, and pollution cycles at the tree, street, and city scale. *Journal of environmental quality, 45*(1), 119-124.

MacAdam, J. (2012). Green Infrastructure for Southwestern Neighborhoods. *Watershed Management Group*.

Mahendrappa, M. (1982). *Effects of forest cover type and organic horizons on potential water yield.* Paper presented at the Proceedings of the Canadian Hydrology Symposium-Associate Committee on Hydrology.

Malone, A. (2016). The Roman Domus as a Caribbean Urban Housing Solution. 3 Ağustos 2016 tarihinde http://andrewmalone.blogspot.com/2016/08/the-roman-domus-as-caribbean-urban.html adresinden erişildi.

McHarg, I. L., & History, A. M. O. N. (1969). *Design with nature*: American Museum of Natural History New York.

Meals, D. W., Dressing, S. A., & Davenport, T. E. (2010). Lag Time in Water Quality Response to Best Management Practices: A Review. Journal of Environment Quality, 39(1), 85.

Melbourne Water (2009). Water Sensitive Urban Design Guidelines (South East Growth Councils). In: Prepared by Parsons Brinckerhoff for Melbourne Water and the shires of Bass.

Mentens, J., Raes, D., & Hermy, M. (2006). Green roofs as a tool for solving the rainwater runoff problem in the urbanized 21st century?. Landscape and urban planning, 77(3), 217-226.

Meteoroloji Genel Müdürlüğü (2020). 2020 Sonbahar Mevsimi Yağış Değerlendirmesi. 3 Aralık 2020 tarihinde https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/yagis-raporu.aspx?b=m adresinden erişildi.

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

Mitchell, V. G. (2006). Applying integrated urban water management concepts: a review of Australian experience. *Environmental management, 37*(5), 589-605.
Morgenroth, J., & Visser, R. (2011). Aboveground growth response of Platanus orientalis to porous pavements. Arboriculture and Urban Forestry, 37(1), 1.
Mouritz, M., (1992). Sustainable Urban Water Systems: Policy & Professional Praxis. Murdoch University, Perth, Australia (quoted by Fletcher et al., 2015)
Muluk, Ç., Kurt, B., Turak, A., Türker, A., Çalışkan, M., Balkız, Ö., . . . Zeydanlı, U. (2013). Türkiye'de suyun durumu ve su yönetiminde yeni yaklaşımlar: çevresel perspektif. *İş Dünyası ve Sürdürülebilir Kalkınma Derneği-Doğa Koruma Merkezi*.
Mullaney, J., & Lucke, T. (2013). *Practical Review of Pervious Pavement Designs. CLEAN - Soil, Air, Water, 42(2), 111–124.*
Müftüoğlu, V., & Perçin, H. (2015). Sürdürülebilir Kentsel Yağmur Suyu Yönetimi Kapsaminda Yağmur Bahçesi. *İnönü Üniversitesi Sanat Ve Tasarım Dergisi, 5*(11), 27-37.
Naik, T. R. (2008). Sustainability of concrete construction. *Practice Periodical on Structural Design and Construction, 13*(2), 98-103.
Newman, P., & Kenworthy, J. (1999). *Sustainability and cities: overcoming automobile dependence*: Island press.
Nicholls, R. J. (1995). Coastal megacities and climate change. GeoJournal, 37(3), 369-379.
Niemczynowicz, J. (1999). Urban hydrology and water management–present and future challenges. *Urban water, 1*(1), 1-14.
Nijhuis, S., & Jauslin, D. (2015). Urban landscape infrastructures. Designing operative landscape structures for the built environment. *Research in Urbanism Series, 3*, 13-34.
Nisbet, T. R. (2005). Water use by trees. Information note of forest research. *Forestry Commission, Edinburgh*.
NSW Government (2017). Water sensitive urban design guideline, Applying water sensitive urban design principles to NSW transport projects. Roads and Maritime Services,May 2017.
Onuncu Kalkınma Planı (2014-2018). Su Kaynakları Yönetimi ve Güvenliği Özel İhtisas Komisyonu Raporu. Kalkınma Bakanlığı, Ankara, 2014.
Ottele, M., 2011. The Green Building Envelope Vertical Greening. PhD Thesis, Delft University of Technology, Delft, Holland, pp. 36-39.
PAD (2017). Yağmur Hasadı Uygulamalarına Giriş Rehberi: İklim Değişikliğine Uyum Kapsamında Bir Çözüm Önerisi. AB-Türkiye sivil toplum diyaloğu programı. PAD YAYIN NO: 3 1. Basım Ankara, 2017.
Parkinson, J. N., Goldenfum, J. A., & Tucci, C. (2010). *Integrated Urban Water Management: Humid Tropics: UNESCO-IHP* (Vol. 6): CRC Press.
Pérez-Urrestarazu, L., Fernández-Cañero, R., Franco-Salas, A., & Egea, G. (2015). Vertical greening systems and sustainable cities. *Journal of Urban Technology, 22*(4), 65-85.
Poleto, C., & Tassi, R. (2012). *Sustainable urban drainage systems*: IntechOpen.
Pratt, C. J. (1990). Permeable pavements for stormwater quality enhancement. In Urban stormwater quality enhancement: source control, retrofitting, and combined sewer technology (pp. 131-155). ASCE.

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.

Rathnayke, U., & Srishantha, U. (2017). Sustainable urban drainage systems (SUDS)–what it is and where do we stand today? *Engineering and Applied Science Research*, *44*(4), 235-241.

Reed, S.C., Brown, D.S., (1992). Constructed wetland design— the first generation. Water Environ. Res. 64, 776–781.

Rouse, D. C., & Bunster-Ossa, I. F. (2013). *Green infrastructure: a landscape approach*. American Planning Association Planning Advisory Service Report Number 571.

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

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.

Scholz, M., & Grabowiecki, P. (2007). Review of permeable pavement systems. *Building and environment*, *42*(11), 3830-3836.

Scholz, M., & Lee, B. (2005). *Constructed wetlands: a review. International Journal of Environmental Studies, 62(4), 421–447.*

Scholz-Barth, K. (2001). Green roofs: Stormwater management from the top down. Environmental Design & Construction, 4(1).

Senn, D. (2013). Water, Sanitation and Urbanisation.

Sert, E. (2013). Enerji etkin kentsel peyzaj tasarımında yağmur suyu (Doctoral dissertation, Fen Bilimleri Enstitüsü).

Shafique, M., Lee, D., & Kim, R. (2016). A field study to evaluate runoff quantity from blue roof and green blue roof in an urban area. International Journal of Control and Automation, 9(8), 59-68.

Silveira, A. L. L. (2002). Apostila: Drenagem Urbana: aspectos de gestão. 1. Ed. Curso preparado por: Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul e Fundo Setorial de Recursos Hídricos (CNPq)

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

Staff, C. P., & Committee, V. S. (1999). *Urban Stormwater: Best-Practice Environmental Guidelines*: CSIRO Pub.

Stahre, P. (2006). *Sustainability in urban storm drainage: planning and examples*: Svenskt vatten.

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

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

Stovin, V., Jorgensen, A., & Clayden, A. (2008). Street trees and stormwater management. *Arboricultural Journal*, *30*(4), 297-310.

Strang, G.L. (1996) Infrastructure as Landscape [Infrastructure as Landscape, Landscape as Infrastructure]. Places, 10(3): 8

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

Şahin, N. İ. (2010). *Binalarda Su Korunumu.*Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü,

Şekercioglu, C. H. (2010). Ecosystem functions and services. Conservation biology for all, 2010, 45-72.

Takvim Gazetesi (2018). Edirne'de sel felaketi! Hastaneyi su bastı, caddeler kapandı. 20 Ekim 2020 tarihinde https://www.takvim.com.tr/galeri/yasam/edirnede-sel-felaketi-hastaneyi-su-basti-caddeler-kapandi adresinden erişildi.

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

Tekin, Ç., & Oğuz, C. (2011). Yapı ile Yükselen Yeşil Duvarlar. *Mimar Sinan Üniversitesi, 10s, İstanbul*.

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

The City of Edmonton (2014). Low Impact Development Best Management Practices Design Guide Edition 1.1. December 2014.

Thomas, T. ve Martinson, D., 2007, Roofwater harvesting, Delft: International Water and Sanitation Centre (Technical Paper Series; no. 49). , Delft, The Netherlands, 160.

Thompson, J. T. (2013). Emerald Necklace Parks as Common Properties.

Tozam, İ.(2016). Kentsel Isı Adası Etkisinde: Kentsel Yüzey Malzemeleri ve Serin Çatılar. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Arel Üniversitesi.

TU Delft (2018). ErQi Sponge City Final Report. Multidisciplinary Project. TU Delft with the collaboration of Arcadis. November, 2018.

Ulusal Su Planı (2019-2023). Ulusal Su Planı, Her Damlası Planımızda. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Ankara.

UNESCO WWAP (2012). The United Nations World Water Development: Managing Water Under Uncertainty and Risk. (WWDR 4).–V. 1, 2, 3. In: Paris: UNESCO-WHO.

University of Arkansas Community Design Center (2010). Low Impact Development: A Design Manual for Urban Areas. Fay Jones School Of Archıtecture Unıversıty of Arkansas Pressa Collaboratıon Fayettevılle 2010.

Urban Green-Blue Grids (2020). Tanner Springs Park. 20 Mayıs 2020 tarihinde https://www.urbangreenbluegrids.com/projects/tanner-springs-park-portland-oregon-us/ adresinden erişildi.

Van Roon, M. (2005). Emerging approaches to urban ecosystem management: the potential of low impact urban design and development principles. Journal of Environmental Assessment Policy and Management, 7(01), 125-148.

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

Van Roon, M., &Van Roon, H. (2009). Low impact Urban Design and Development: the big picture. *Landcare Research Science Series*.

Van Roon, M. R., Greenaway, A., Dixon, J. E., & Eason, C. T. (2006). *Low impact urban design and development: Scope, founding principles and collaborative learning.*

Paper presented at the 7th International Conference on Urban Drainage Modelling and the 4th International Conference on Water Sensitive Urban Design; Book of Proceedings.

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

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

Voraakhom, K., (2020). The Chulalongkorn Centenary Park. 20 Mayıs 2020 tarihinde https://www.nparks.gov.sg/-/media/cuge/ebook/citygreen/cg16/cg16_05.pdf adresinden erişildi.

Water Pollution Prevention Program (2019). Green Infrastructure Design Guide. San Mateo Countywide Water Pollution Prevention Program 2019.

Whelans, Maunsell, H.G., (1994). Planning and Management Guidelines for Water Sensitive Urban (Residential) Design, Report Prepared for the Department of Planning and Urban Development of Western Australia, ISBN 0 64615 468 0.

Wong, N.H., Tan, A.Y.K., Chen, Y., Sekar, K., Tan, P.Y., Chan, D., Chiang, K., Wong, N.C., (2010). Thermal Evaluation Of Vertical Greenery Systems For Building Walls, Building and Environment 45(3), 663-672.

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

Wong, T. H., & Brown, R. R. (2009). The water sensitive city: principles for practice. Water science and technology, 60(3), 673-682.

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.

Xing, M., Han, Y., Jiang, M., & Li, H. (2016, December). The Review of Sponge City. In 2016 5th International Conference on Sustainable Energy and Environment Engineering (ICSEEE 2016). Atlantis Press.

Yalçınalp, E., Öztürk, A., & Bayrak, D. (2018). Konut ölçeğinde gri su ve yeşil çatı sistemlerinin ekonomik etkileri. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi, 5*(1), 71-80.

Yerebatan (2020). Yerebatan sarnıcı resmi internet sitesi. https://www.yerebatan.com/ (Erişim tarihi: 10 Ocak 2020).

Yıldız, D. (2007). Su Raporu, Ulusal Su Politikası İhtiyacımız. *USİAD. Yayını. Ulusal Sanayici ve İşadamları Derneği Haziran*.

Zhang, Y. S. (2017). Sponge City Theory and its Application in Landscape. 世界建筑, 6(1), 29-33.

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

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı: Cansu KONYALI DERELİ

Doğum Yeri: Lüleburgaz

Doğum Tarihi: 26.07.1995

EĞİTİM DURUMU

Lisans Öğrenimi: Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı, 2017

Yüksek Lisans Öğrenimi: Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, 2020

Bildiği Yabancı Diller: İngilizce

BİLİMSEL FAALİYETLERİ

a) Yayınlar

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

2) Çay, R , Aşılıoğlu, F , Konyalı Dereli, C. (2020). Edirne Kent Ormanının Rekreasyon Değerinin Seyahat Maliyeti Yöntemi ile Belirlenmesi. Akademia Doğa ve İnsan Bilimleri Dergisi , 6 (1) , 93-106.

b) Bildiriler

1) Konyalı C., Atik D. (2019). Rainwater harvesting Urban and Rural Areas. 15th International Conference "Standardization, Protypes & Quality: A Means of Balkan Countries' Collaboration'' Edirne, Turkey, 24-25 October 2019, s.409-517.

2) Can E., Konyalı C., Çelik A. (2018). Stk Kavramı, Çevre İçin Çalışan Stk'lar Ve Bunların Durumları. ISUEP 2018 Uluslararası Kentleşme ve Çevre Sorunları Sempozyumu: Değişim/Dönüşüm/Özgünlük, Eskişehir, Türkiye, 28-30 haziran 2018, s.284-292.

3) Konyalı C., Genç L., İnalpulat M., Ayman Öz N. (2017). Rainwater Harvest Potential in the Main Campus of Canakkale Onsekiz Mart University. VIII. International Symposium on Ecology and Environmental Problems, Çanakkale, Turkey, 4 - 07 October 2017, ss.1.

İŞ DENEYİMİ

Çalıştığı Kurumlar ve Yıl: Edirne Belediyesi, Park ve Bahçeler Müdürlüğü, 2017- devam ediyor..

İLETİŞİM

E-posta Adresi: cansukonyali@trakya.edu.tr

ORCİD: 0000-0002-2567-0487