

**İSTANBUL-MASLAK ÖRNEĞİNDE
YAĞMUR SUYU YÖNETİMİ**

ŞEYMA SEVİNÇ

**IŞIK ÜNİVERSİTESİ
ŞUBAT, 2024**

İSTANBUL-MASLAK ÖRNEĞİNDE YAĞMUR SUYU YÖNETİMİ

ŞEYMA, SEVİNÇ

Işık Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı Yüksek Lisans Programı,
2024

Bu tez, Işık Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü'ne Yüksek Lisans (MA) derecesi için sunulmuştur.

IŞIK ÜNİVERSİTESİ
ŞUBAT, 2024

İŞIK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
PEYZAJ MİMARLIĞI YÜKSEK LİSANS PROGRAMI

İSTANBUL-MASLAK ÖRNEĞİNDE YAĞMUR SUYU YÖNETİMİ

ŞEYMA, SEVİNÇ

ONAYLAYANLAR:

Prof. Dr. Adnan Uzun FMV Işık Üniversitesi

(Tez Danışmanı)

Doç. Dr. Mert Ekşi İstanbul Üniversitesi-
Cerrahpaşa

Dr. Öğr. Üyesi Emre Çubukçu FMV Işık Üniversitesi

ONAY TARİHİ: 12/02/2024

STORMWATER MANAGEMENT IN THE ISTANBUL-MASLAK EXAMPLE

ABSTRACT

Urban environments, where construction increases day by day, are turning into areas dominated by impermeable surfaces. Since this transformation causes the disruption of the natural water cycle, it brings about negative events such as floods and drought. Thus, cities are moving away from a sustainable life. In order to return cities to a sustainable life, natural cycles need to be improved. At this point, rainwater management comes into play. Unlike traditional rainwater management, progress should be made through sustainable rainwater management, which is a system that leaks water as much as necessary, collects it as much as necessary, and deals with how it can be used again efficiently. This new management approach consists of sustainable rainwater management units such as biological ditches, permeable surfaces and green roofs.

It is observed that hard surfaces are increasing in many cities of Turkey, especially as the population begins to increase. Istanbul is one of the cities where hard surfaces are increasing rapidly. The natural water cycle in the city has begun to deteriorate. Within the scope of this thesis, Maslak, which is defined as a business center and dominated by high-rise buildings in Istanbul, has been determined as the study area. It is aimed to contribute to the natural water cycle by ensuring the rainwater management structure of the region. For this purpose, a 3-stage study was carried out in the Maslak region. The first stage is to calculate the amount of precipitation that flows in order to determine how much water needs to be taken under control. At this stage, the rational method, which is the most suitable calculation method for use in urban basins, was used. The amount of water flowing into the stream is calculated by multiplying the surface runoff coefficient, rainfall intensity and basin area according to the rational method. Permeable and impermeable areas were determined to be used in the method. Flow coefficients were determined according to the type of areas detected. Precipitation data obtained from the meteorological station closest to the study area were arranged according to the method. As a result of the studies carried out, the amount of precipitation flowing into the stream was calculated. The second stage consists of Multi-Criteria Suitability Analysis Based on AHP. In order to determine how much the slope, aspect and land use data prepared with GIS will affect the areas where runoff water will be

collected, importance levels were assigned with AHP and the consistency of the values assigned to the criteria was tested. Accordingly, suitability analysis was obtained by superimposing the data via GIS. According to the analysis, a rainwater management setup was created with sustainable rainwater management units depending on the amount of water flowing in the most suitable areas. Within the framework of this fiction and in the light of the findings, design suggestions that can contribute to rainwater management on the scale of urban design and landscape architecture are presented for the study area.

Keywords: Stormwater Management, Rational Method, AHP, GIS, Suitability Analysis



İSTANBUL-MASLAK ÖRNEĞİNDE YAĞMUR SUYU YÖNETİMİ

ÖZET

Yapılaşmanın her gün arttığı kent ortamları geçirimsiz yüzeylerin hâkim olduğu alanlara dönüşmektedir. Bu dönüşüm doğal su döngüsünün bozulmasına sebep olduğu için sel ve kuraklık gibi olumsuz olayları beraberinde getirmektedir. Böylece kentler, sürdürülebilir bir yaşamdan uzaklaşmaktadır. Kentleri sürdürülebilir bir yaşama geri döndürebilmek için doğal döngülerin iyileştirilmesi gerekmektedir. Bu noktada yağmur suyu yönetimi devreye girmektedir. Geleneksel yağmur suyu yönetimlerinden farklı olarak suyu gerektiği kadar sızdıran, gerektiği kadar toplayan ve tekrar verimli olarak nasıl kullanılabileceği ile ilgilenen bir sistem olan sürdürülebilir yağmur suyu yönetimi üzerinden ilerlenmelidir. Bu yeni yönetim anlayışını biyolojik hendekler, geçirimli yüzeyler ve yeşil çatılar gibi sürdürülebilir yağmur suyu yönetim üniteleri oluşturmaktadır.

Türkiye'nin birçok kentinde de özellikle nüfusun artmaya başlaması ile sert yüzeylerin artış gösterdiği gözlenmektedir. İstanbul, sert yüzeylerin hızla artış gösterdiği kentlerin başında gelmektedir. Kentte doğal su döngüsü bozulmaya başlamıştır. Bu tez kapsamında İstanbul ilinde yer alan yüksek binaların hâkim olduğu, iş merkezi olarak tanımlanan Maslak çalışma alanı olarak belirlenmiştir. Bölgenin yağmur suyu yönetim kurgusu sağlanarak doğal su döngüsüne katkı sağlamak amaçlanmaktadır. Bu amaç doğrultusunda Maslak bölgesinde 3 aşamalı bir çalışma gerçekleştirilmiştir. İlk aşamayı ne kadar suyun kontrol altına alınması gerektiğini tespit etmek amacıyla akışa geçen yağış miktarının hesaplanması oluşturmaktadır. Bu aşamada kentsel havzalarda kullanıma en uygun hesaplama yöntemi olan rasyonel yöntem kullanılmıştır. Akışa geçen su miktarı rasyonel yöntemle göre yüzeysel akış katsayısı, yağış yoğunluğu ve havza alanının çarpılması ile bulunmaktadır. Yöntemde kullanılmak üzere geçirimli ve geçirimsiz alanların tespiti gerçekleştirilmiştir. Tespit edilen alanların türüne göre akış katsayıları belirlenmiştir. Çalışma alanına en yakın meteoroloji istasyonundan alınan yağış verileri yöntemle göre düzenlenmiştir. Yapılan çalışmalar sonucunda akışa geçen yağış miktarı hesaplanmıştır. İkinci aşamayı AHP'ye Dayalı Çok Ölçütlü Uygunluk Analizi oluşturmaktadır. CBS ile hazırlanan eğim, bakı ve arazi kullanım verilerinin akıştaki suların toplanacağı alanları ne kadar etkileyeceğini tespit etmek için AHP ile önem derecesi atanmış ve kriterlere atanan değerlerin tutarlılığı test edilmiştir. Buna

göre yine CBS üzerinden verilerin çakıştırılmasıyla uygunluk analizi elde edilmiştir. Analize göre en uygun alanlarda akışa geçen su miktarına bağlı olarak sürdürülebilir yağmur suyu yönetim üniteleri ile bir yağmur suyu yönetim kurgusu oluşturulmuştur. Bu kurgu çerçevesinde ve çalışma alanı için, kentsel tasarım ve peyzaj mimarlığı ölçeğinde yağmur suyu yönetimine katkı sağlayabilecek tasarım nerileri sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Yağmur Suyu Yönetimi, Rasyonel Yöntem, AHP, CBS, Uygunluk Analizi



TEŞEKKÜR

Bu tezin hazırlanmasında danışmanlığımı üstlenerek konu ile ilgili düşüncelerimin olgunlaşmasına yardımcı olan, bilgisi ve tecrübesi ile bana yol gösteren ve sonuca ulaşmamı sağlayan danışman hocam Sayın Prof. Dr. Adnan Uzun'a saygılarımı sunar ve en içten dileklerle teşekkür ederim.

Öğrenim sürecim boyunca her zaman yanımda olan ve bana her anlamda destek olan annem Nurcan SEVİNÇ, babam Suat SEVİNÇ'e ve destekleriyle beni yalnız bırakmayan tüm aileme ve arkadaşlarıma teşekkürlerimi ve sevgilerimi sunarım.

Şeyma SEVİNÇ

İÇİNDEKİLER

ONAY SAYFASI.....	i
ABSTRACT.....	ii
ÖZET	iv
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER	vii
TABLolar LİSTESİ	ix
ŞEKİLLER LİSTESİ	xi
KISALTMALAR LİSTESİ.....	xviii
BÖLÜM 1	19
1. GİRİŞ	19
1.1. Araştırmanın Amacı	19
1.2. Araştırmanın Kapsamı	19
1.3. Araştırmanın Yöntemi	20
BÖLÜM 2	21
2. GENEL KISIMLAR	21
2.1. Yağmur Suyu Yönetimi Gelişim Süreci	23
2.2. Sürdürülebilir Yağmur Suyu Yönetim Üniteleri	25
2.2.1.Sarnıçlar ve Su Yapıları	25
2.2.2.Biyolojik Su Tutma Göletleri.....	28
2.2.3.Biyolojik Hendekler	30
2.2.4.Yağmur Bahçeleri	32
2.2.5.Yeşil Çatılar	35
2.2.6.Mavi Çatılar	37
2.2.7.Geçirimli Yüzey Kaplamaları	39
2.3. Dünyada Yağmur Suyu Yönetimi Örnekleri	44
2.3.1.Vancouver, Kanada	44
2.3.2.Melbourne, Avustralya.....	46
2.3.3.Bangkok, Tayland	50

2.3.4.Kopenhag, Danimarka.....	51
2.3.5.Berlin, Almanya	56
BÖLÜM 3	60
3. MALZEME VE YÖNTEM	60
3.1. Malzeme	60
3.1.1.Araştırma Alanının Biyofiziksel Özellikleri	60
3.1.1.1. Coğrafi Konum	60
3.1.1.2. Jeomorfoloji ve Jeolojik Yapı.....	61
3.1.1.3. Hidrolojik Yapı.....	62
3.1.1.4. İklim Özellikleri	64
3.1.2. Araştırma Alanının Sosyo-Kültürel ve Sosyo-Ekonomik Yapısı ...	65
3.1.2.1. Tarihsel Gelişimi	65
3.2. Yöntem	67
3.2.1.Rasyonel Yöntem	68
3.2.2.AHP'ye Dayalı Çok Ölçütlü Uygunluk Analizi.....	71
3.2.2.1. Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP)	72
3.2.2.2. Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS).....	75
BÖLÜM 4	77
4. BULGULAR.....	77
4.1. Akışa Geçen Yağış Miktarı	77
4.2. AHP'ye Dayalı Çok Ölçütlü Uygunluk Analizi.....	101
4.3. Maslakta Yağmur Suyu Yönetim Kurgusu	106
BÖLÜM 5	109
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	109
5.1. Öneriler.....	109
5.1.1.Öneri 1: Miklat Ağaoğlu Cami	111
5.1.2.Öneri 2: Dereboyu 2 Caddesi.....	112
5.1.3.Öneri 3: Atatürk Oto Sanayi Sitesi.....	114
5.1.4.Öneri 4: Ayazağa Anadolu İmam Hatip Lisesi	116
5.1.5.Öneri 5: Bilfen Maslak İlköğretim Okulu	116
5.1.6.Öneri 6: Nazmi Akbacı Ticaret Merkezi.....	119
5.2. Sonuç	123
KAYNAKÇA.....	125
EKLER	140
EK A- Yıllara Ait Yağış Grafikleri.....	140
EK B- Bakı Analizi.....	150
EK C- Bakı Analizi.....	151
ÖZGEÇMİŞ	152

TABLolar LİSTESİ

Tablo 2. 1. Su yapıları. Kaynak: TEMA. (2023, 14 Haziran). <i>Türkiye'nin Başlıca Tarihi Su Yapıları</i> . TEMA Vakfı. https://sutema.org/turkiyenin-baslica-tarihi-su-yapilari	26
Tablo 2. 2 Toprak türü ve derinliğine göre su geçirgenlik katsayıları. Kaynak: Tunçay, H. E. (2021). Suya Duyarlı Şehirler. Türkiye Su Enstitüsü. https://suen.gov.tr/Suen/catdty.aspx?val=1496	33
Tablo 3. 1 Saaty (1987) tarafından önerilen 1-9 arasındaki önem dereceleri. Kaynak: Saaty, R.W. (1987). The analytic hierarchy process—what it is and how it is used. <i>Mathematical Modelling</i> , 9 (3-5), 161-176. https://doi.org/10.1016/0270-0255(87)90473-8	73
Tablo 3. 2 Karşılaştırma matrisinde örnek tablo.	74
Tablo 4. 1. Arazi kullanım türlerinin alanları ve yüzdeleri.	80
Tablo 4. 2 Çalışma alanına uygun olan akış katsayıları.	81
Tablo 4. 3 2005 yılına ait akışa geçen yağış miktarı.	82
Tablo 4. 4 2006 yılına ait akışa geçen yağış miktarı.	83
Tablo 4. 5 2007 yılına ait akışa geçen yağış miktarı.	84
Tablo 4. 6 2008 yılına ait akışa geçen yağış miktarı.	85
Tablo 4. 7 2009 yılına ait akışa geçen yağış miktarı.	86
Tablo 4. 8 2010 yılına ait akışa geçen yağış miktarı.	87
Tablo 4. 9 2011 yılına ait akışa geçen yağış miktarı.	88
Tablo 4. 10 2012 yılına ait akışa geçen yağış miktarı.	89
Tablo 4. 11 2013 yılına ait akışa geçen yağış miktarı.	90
Tablo 4. 12 2014 yılına ait akışa geçen yağış miktarı.	91
Tablo 4. 13 2015 yılına ait akışa geçen yağış miktarı.	92
Tablo 4. 14 2016 yılına ait akışa geçen yağış miktarı.	93
Tablo 4. 15 2017 yılına ait akışa geçen yağış miktarı.	94
Tablo 4. 16 2018 yılına ait akışa geçen yağış miktarı.	95
Tablo 4. 17 2019 yılına ait akışa geçen yağış miktarı.	96
Tablo 4. 18 2020 yılına ait akışa geçen yağış miktarı.	97

Tablo 4. 19 2021 yılına ait akışa geçen yağış miktarı.	98
Tablo 4. 20 2022 yılına ait akışa geçen yağış miktarı.	99
Tablo 4. 21 18 yıllık ortalama akışa geçen yağış miktarı tablosu.....	100
Tablo 4. 22 Topoğrafyanın su yönetim potansiyeli açısından uygunluğunun belirlenmesinde kullanılan kriterler ve kriterlere atanan değerler.....	102
Tablo 4. 23 Karşılaştırma matrisi.	103
Tablo 4. 24 Normalize öncesi karşılaştırma matrisi.	103
Tablo 4. 25 Normalize edilmiş karşılaştırma matrisi.....	103
Tablo 4. 26 Özvektör hesabı.	104
Tablo 4. 27 Tüm öncelikler matrisi.	104
Tablo 4. 28 Yağmur suyu yönetim ünite önerileriyle hasat edilebilecek yağmur suyu miktarları.....	106
Tablo 5. 1 Maslak yağmur suyu yönetim kurgusunda belirlenmiş pilot bölgeler ve bu bölgeler için önerilen yağmur suyu yönetim üniteleri.	110
Tablo 5. 2 Maslak bölgesinin tamamının sert yüzeyden oluştuğu senaryodaki akışa geçen yağış miktarı.	122

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2. 1 Su Döngüsü. Kaynak: Lewis, M., James, J., Shaver, E., Blackbourn, S., Leahy, A., Seyb, R., Simcock, R., Wihongi, P., Sides, E. ve Coste, C. (2015). <i>Water sensitive design for stormwater</i> . Auckland Council Guideline Document GD2015/004. Prepared by Boffa Miskell for Auckland Council.	22
Şekil 2. 2 Su toplama alanı. Kaynak: Echols, S. ve Pennypacker, E. (2015). <i>Artful Rainwater Design</i> . Washington: Island. https://link.springer.com/chapter/10.5822/978-1-61091-318-8_2	23
Şekil 2. 3 Hamburg'da planlanan büyük ölçekli kanalizasyon sistemi. Kaynak: Schubert, D., Wagenaar, C., & Hein, C. (2022). “The Hoist of the Yellow Flag”: Vulnerable Port Cities and Public Health. <i>Journal of Planning History</i> , 21 (1), 56-78. https://doi.org/10.1177/1538513221998716	24
Şekil 2. 4 Nazca'daki Cantalloc Su Kemerleri, spiral su sarnıçları. Kaynak: Prudeck, D. (2023, 18 Ağustos). <i>Cantalloc Aqueduct in Nazca, spiral or circle aqueducts or wells, Peru, Inca architecture and culture</i> [Fotoğraf]. Peru.....	26
Şekil 2. 5 Yerebatan Sarnıcı.	27
Şekil 2. 6 Yağmur suyu tankları. a) Toprak üstünde konumlandırılmış yağmur suyu tankı. Kaynak: URL2. (2023, 8 Kasım). Yağmur Suyu Deposu. Otank Endüstri. https://otank.com.tr/urunlerimiz/yagmur-suyu-deposu/). b) Toprak altında Toprak üstünde konumlandırılmış yağmur suyu tankı. Kaynak: URL3. (2023, 8 Kasım). Yağmur Suyu Toplama Sistemleri. Mekser. https://www.mek-ser.com/hizmetler/yagmur-suyu-toplama-sistemleri	28
Şekil 2. 7 Gölet. Kaynak: URL4. (2023, 14 Mayıs). Wetlands, Retarding Basins & Streamworks Projects. Max Bright & Sons. https://www.maxbright.com.au/wetlands-retarding-basins-streamworks	28
Şekil 2. 8 Biyolojik su tutma göleti bileşenleri. Kaynak: URL5. (2023, 18 Mayıs). <i>Pond Maintenance Locations</i> . Platinum Ponds and Lake Management. https://www.platinumlakemanagement.com/blog/stormwater-ponds-explained	30

Şekil 2. 9 Biyolojik hendek kesitleri. Kaynak: Ünal, U. ve Akyüz, D. E. (2017). Yağmur Hendeklerinin Kapasite ve Maliyet Hesapları. <i>Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi</i> , 7 (2), 19-46. https://doi.org/10.31466/kfbd.324068	31
Şekil 2. 10 Biyolojik hendek. Kaynak: Safaraz, S. S., Mohyin, N. A., Yusof, Z. B., Nizam, M. S., Affendy, S. ve Yaman, M. M. (2022). Reviving The Design Of Al-Ghazali Walk and Courtyard at IIUM. <i>Design Ideals Journal</i> , 4, (2), 61-66. https://journals.iium.edu.my/kaed/index.php/dij/article/view/756/581	31
Şekil 2. 11 Yağmur bahçesi katmanları. Kaynak: Zhang, L., Ye, Z. ve Shibata, S. (2020). Assessment of Rain Garden Effects for the Management of Urban Storm Runoff in Japan. <i>Sustainability</i> , 12 (23), 9982. https://doi.org/10.3390/su12239982	34
Şekil 2. 12 Ekstensif sistem ve intensif sistem farkları. Kaynak: Azis, S. S., Sipan, I., Sapri, M., Yusoff, N. S. M. ve Hashim, H. A. (2019). Comparison on Energy Saving: Green Roof and Green Wall. <i>Planning Malaysia Journal</i> , 17 (1), 48-57. https://doi.org/10.21837/pmjjournal.v17.i9.585	36
Şekil 2. 13 Yeşil çatı katmanları. Kaynak: Azkorra-Larrinaga, Z., Romero-Antón, N., Martin-Escudero, K. ve Lopez-Ruiz, G. (2023). Environmentally Sustainable Green Roof Design for Energy Demand Reduction. <i>Buildings</i> , 13 (7), 1846; https://doi.org/10.3390/buildings13071846	37
Şekil 2. 14 Mavi çatı katmanları. Kaynak: Philadelphia Water Department. (2023). <i>Stormwater Management Guidance Manual</i> . Seal of The City of Philadelphia. https://water.phila.gov/development/stormwater-plan-review/manual/	38
Şekil 2. 15 Normal ve şiddetli sağanak yağış sırasında su çatısının şematik kesiti. Kaynak: URL8. (2022, 3 Aralık). <i>Waterdaken</i> . Amsterdam Rainproof. https://www.rainproof.nl/maatregel/waterdaken	39
Şekil 2. 16 Mavi çatı. Kaynak: URL8. (2022, 3 Aralık). <i>Waterdaken</i> . Amsterdam Rainproof. https://www.rainproof.nl/maatregel/waterdaken	39
Şekil 2. 17 Geçirimli yüzey kaplama kesitleri. Kaynak: URL9. (2023, 12 Aralık). <i>Permeable Paving</i> . Midland Brick. https://www.midlandbrick.com.au/Products/Pavers/Permeable-Paving	40
Şekil 2. 18 Geçirimli yüzey kaplama çeşitleri. Kaynak: Philadelphia Water Department. (2023). <i>Stormwater Management Guidance Manual</i> . Seal of The City of Philadelphia. https://water.phila.gov/development/stormwater-plan-review/manual/	41
Şekil 2. 19 Bir yağış olayı sırasında normal asfalt ile gözenekli asfalt yüzey arasındaki sızma performanslarının farkı. Kaynak: Mullaney, J. ve Lucke, T. (2014). Practical Review of	

Pervious Pavement Designs. <i>Clean–Soil, Air, Water</i> , 42 (2), 111–124. https://doi.org/10.1002/clen.201300118	41
Şekil 2. 20 Geçirimli betonun standart betona karşı kesiti. Kaynak: Mazzuca, J. (2022, 5 Temmuz). <i>What Is Pervious Concrete?</i> Gambrick Construction. https://gambrick.com/what-is-pervious-concrete/	42
Şekil 2. 21 A) Çevresinde yarıklar olan geçirimli kaldırım taşı. Kaynak: URL10. (2023, 22 Ağustos). <i>Permeable Pavers</i> . Resilient East. https://www.resilienteast.com/permeable-pavers . B) Çevresinde yarıklar olan geçirimli kaldırım taşı. Kaynak: RI Lampus. (2022, 9 Ağustos). <i>Permeable Pavers</i> . R. I. Lampus Company. https://www.lampus.com/Blog-Item-Permeable-Pavers . C) Yüzeyinde küçük açıklıklar içeren geçirimli kaldırım taşı. Kaynak: URL11. (2023, 14 Eylül). <i>Permeable Pavers and Surfaces</i> . Arlington County Virginia. https://www.arlingtonva.us/Government/Programs/Sustainability-and-Environment/Stormwater/Stormwater-Watersheds/Stormwater-at-Home/Permeable-Surfaces	42
Şekil 2. 22 Geçirimli kaldırım taşı sistem detayı. Kaynak: Lucke, T., White, R., Nichols, P. ve Borgwardt, S. (2015). A Simple Field Test to Evaluate the Maintenance Requirements of Permeable Interlocking Concrete Pavements. <i>Water</i> , 7 (6), 2542-2554. https://doi.org/10.3390/w7062542	43
Şekil 2. 23 Beton ve plastik ızgaralı döşemelerin montaj katmanları. Kaynak: URL12. (2024, 17 Ocak). <i>SurePave</i> . Cirtex. https://cirtexcivil.co.nz/products/permeable-paving/surepave/	44
Şekil 2. 24 Vancouver'ın Yukon Sokağında ve 63. Caddesinde biyolojik hendek kurulumu. Kaynak: Conger, T., Couillard, A., Hoog, W., Despins, C., Douglas, T., Gram, Y., Javison, J., Lukes, R., Owen, C., Pollard, M., Satzewich, J. ve Scholefield, M. (2019). <i>Rain City Strategy</i> . City of Vancouver. https://vancouver.ca/home-property-development/green-rainwater-infrastructure-policies-and-reports.aspx	45
Şekil 2. 25 Quebec Sokağında ve 1. Caddesinde yağmur suyu ağaç hendekleri. Kaynak: Conger, T., Couillard, A., Hoog, W., Despins, C., Douglas, T., Gram, Y., Javison, J., Lukes, R., Owen, C., Pollard, M., Satzewich, J. ve Scholefield, M. (2019). <i>Rain City Strategy</i> . City of Vancouver. https://vancouver.ca/home-property-development/green-rainwater-infrastructure-policies-and-reports.aspx	46
Şekil 2. 26 Melbourne Şehri Entegre Su Yönetimi yaklaşımının sonuçları. Kaynak: City of Melbourne. (2017). <i>Municipal Integrated Water Management Plan</i> . The City of Melbourne. https://www.melbourne.vic.gov.au/about-council/vision-goals/eco-city/Pages/municipal-integrated-water-management.aspx	47

Şekil 2. 27 Howard Caddesi yağmur bahçesi. Kaynak: Urban Water. (2024a, 21 Ocak). <i>Howard Street raingardens.</i> Urban Water. https://urbanwater.melbourne.vic.gov.au/projects/raingardens/howard-street/	48
Şekil 2. 28 Trin Warren Tam-boore sulak alanı. Kaynak: Urban Water. (2024b, 21 Ocak). <i>Trin Warren Tam-boore wetland.</i> Urban Water. https://urbanwater.melbourne.vic.gov.au/projects/wetlands/wetlands-sample-project/	49
Şekil 2. 29 Benjakitti Orman Parkı projelendirme aşamaları. Kaynak: URL13. (2024, 6 Şubat). <i>Benjakitti Forest Park.</i> TURENSCAPE. https://divisare.com/projects/433738-turenscape-sanya-mangrove-park	50
Şekil 2. 30 Benjakitti Orman Parkı. Kaynak: URL13. (2024, 6 Şubat). <i>Benjakitti Forest Park.</i> TURENSCAPE. https://divisare.com/projects/433738-turenscape-sanya-mangrove-park	51
Şekil 2. 31 Kopenhag'ta yaşanan seller. Kaynak: The City of Copenhagen, (2012). <i>Cloudburst Management Plan 2012.</i> Technical and Environmental Administration, The city of Copenhagen. https://en.klimatilpasning.dk/media/665626/cph_-_cloudburst_management_plan.pdf	52
Şekil 2. 32 Tåsinge Meydanı. Kaynak: IWA. (2024, 14 Şubat). <i>City Water Stories: Copenhagen.</i> International Water Association. https://iwa-network.org/city/copenhagen/	53
Şekil 2. 33 Tåsinge Meydanında uygulanan yağmur suyu üniteleri. Kaynak: Klimakvarter. (2024, 15 Şubat). <i>Tåsinge Plads</i> [Broşür]. https://klimakvarter.dk/wp-content/uploads/2015/06/Tasingeplads_pixi_2015_UK_WEB.pdf	54
Şekil 2. 34 Sankt Kjeld's Meydanı ve Bryggervangen. Kaynak: SLA. (2024, 16 Şubat). <i>Sankt Kjeld's Square & Bryggervangen.</i> SLA Architects. https://www.sla.dk/cases/sankt-kjelds-square-and-bryggervangen/	55
Şekil 2. 35 Proje çalışma hattı. Kaynak: LILA. (2024, 16 Şubat). <i>Sankt Kjelds Square and Bryggervangen by SLA.</i> Landezine International Landscape Award. https://landezine-award.com/sankt-kjelds-square-and-bryggervangen/	55
Şekil 2. 36 Prenzlauer Berg'deki Waldorf Okulu. Kaynak: Berliner Regenwasseragentur. (2024b, 16 Şubat). <i>Waldorfschule am Prenzlauer Berg.</i> Berliner Regenwasseragentur. https://regenwasseragentur.berlin/projekte/waldorfschule-am-prenzlauer-berg/	57
Şekil 2. 37 Okul sonrası bakım tesisi üzerinde yeşil çatılar. Kaynak: Schmidt, G. (2024, 15 Şubat). <i>After-School Care Centre Waldorf School / MONO Architekten.</i> Archdaily. https://www.archdaily.com/932433/after-school-care-centre-waldorf-school-mono-architekten/5e28a5e43312fda1ba0001ef-after-school-care-centre-waldorf-school-mono-architekten-photo	58

Yaklaşık 3.950 m ² arazi alanının 3.200 m ² 'si asfalt kaplama yerine ekolojik açıdan etkili alanlara dönüştürülmüştür. Böylece 2.000 m ³ yağmur suyu, kanalizasyon sistemine akmak yerine her yıl sahada yönetilmektedir. Aynı zamanda okulda eğitim gören çocukların doğa ile ilişki kurması ve yağmur suyu süreçlerini takip etmesini sağlamaktadır (Berliner Regenwasseragentur, 2024b).	58
Şekil 2. 38 Roof Water Farm. Kaynak: Roof Water Farm. (2024, 16 Şubat). <i>Über uns</i> . Roof Water Farm. http://www.roofwaterfarm.com/en/ueber/ .	59
Şekil 2. 39 Halkla birlikte yapılan kurslar. Kaynak: Roof Water Farm, 2024 Roof Water Farm. (2024, 16 Şubat). <i>Über uns</i> . Roof Water Farm. http://www.roofwaterfarm.com/en/ueber/ .	59
Şekil 3. 1 Maslak'ın konumu.	61
Şekil 3. 2 Maslak'ın yüzey suları.	63
Şekil 3. 3 Maslak Sıcaklık Grafiği. Kaynak: URL14. (2023, 12 Nisan). <i>Simüle Edilmiş Geçmiş İklim ve Hava Durumu Verileri Maslak</i> . Meteoblue. https://www.meteoblue.com/tr/hava/historyclimate/climatemodelled/maslak_t%c3%bcrkkiye_741712 .	64
Şekil 3. 4 Yıllık ortalama yağış miktarı.	65
Şekil 3. 5 Tarihi Maslak Haritası. Kaynak: Tosun, M.D. (2017). <i>Ayazağa/Maslak Tarihi Yazışmalar</i> . Arşivden Günümüze Yansıyanlar, 282-288.	65
Şekil 3. 6 Maslak 1950. Kaynak: Tosun, M.D. (2017). <i>Ayazağa/Maslak Tarihi Yazışmalar</i> . Arşivden Günümüze Yansıyanlar, 282-288.	66
Şekil 3. 7 Zincirlikuyu-Maslak aksı boyunca inşa edilen yüksek yapıların Çamlıca Tepesi'nden Boğaziçi'ne bakan silüet üzerindeki etkisi. Kaynak: Şevkin, E. (2017). Transformation of the Istanbul skyline since the 1950s (Yayınlanmamış Yüksek lisans tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul. https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezDetay.jsp?id=Uo6BrLzoWDTBO7ku8Vp7Vg&no=_pXgkUqW25SPanothK88cQ .	67
Şekil 3. 8 Maslak yağmur suyu yönetim aşamaları.	68
Şekil 3. 9 Rasyonel yöntem formülü.	69
Şekil 3. 10 Arazi kullanımına uygunluk analizi süreci. Kaynak: Bagheri, M. ve Azmin, W. N. (2010, 19-23 Eylül). <i>Application of GIS and AHP technique for land-use suitability analysis on coastal area in terengganu</i> . 2010 World Automation Congress içinde (s. 1-6), Kobe.	72
Şekil 3. 11 Rastgele Değer Endeksi Tablosu. Kaynak: Yap, J. Y. L., Ho, C. C. ve Yee T. C. (2018). Analytic Hierarchy Process (AHP) for business site selection. Proceedings Of The	

3rd International Conference On Applied Science and Technology (ICAST'18), Malaysia, 2016 (1), 020151-7. https://doi.org/10.1063/1.5055553	75
Şekil 3. 12 Coğrafi Bilgi Sistemi çalışma şeması. Kaynak: National Geographic. (2024, 18 Ocak). <i>GIS (Geographic Information System)</i> . National Geographic Society. https://education.nationalgeographic.org/resource/geographic-information-system-gis/ ..	75
Şekil 3. 13 ArcMap ana ekran görüntüsü.	76
Şekil 4. 1 Çalışma alanındaki arazi kullanım türlerinin kategorize edilmesi.	78
Şekil 4. 2 Arazi kullanım haritası.	79
Şekil 4. 3 Uygunluk analizi.....	105
Şekil 4. 4 Maslak sanayi bölgesi eğim grafiği. Kaynak: Google Earth. (2024, 25 Ocak). <i>Arazi Kesiti</i>	106
Şekil 4. 5 Maslakta yağmur suyu yönetim kurgusu.....	108
Şekil 5. 1 Maslak yağmur suyu yönetim kurgusunda belirlenmiş pilot bölgeler.	110
Şekil 5. 2 Miktat Ağaoğlu Cami. Kaynak: URL17. (2024, 23 Ocak). <i>Maslak 1453 Miktat Ağaoğlu Cami</i> . Moy Mimarlık. https://moymimarlik.com/proje/maslak-1453-miktat-agaoglu-cami/10	111
Şekil 5. 3 Dereboyu 2 Caddesi.....	112
Şekil 5. 4 Dereboyu 2 Caddesinde sürdürülebilir yağmur yönetimi. Kaynak: Google Earth. (2022). <i>Sokak Görünümü</i>	113
Şekil 5. 5 Maslak Atatürk Oto Sanayi Sitesi.	114
Şekil 5. 6 Maslak Oto Sanayi Sitesi. Kaynak: URL18. (2024, 20 Ocak). <i>Maslak Sanayi. Atatürk Oto Sanayi Sitesi</i> . https://www.ataturkotosanayi.org/	114
Şekil 5. 7 Sanayi bölgesinde yeşil çatı kurgusu. Kaynak: URL19. (2024, 24 Ocak). <i>Atatürk Oto Sanayi Sitesi II.Kısım</i> . Piramit Mimarlık. https://www.piramit-ltd.com/tr/projeler/ataturk-oto-sanayi-sitesi-iikisim	115
Şekil 5. 8 Ayazağa Anadolu İmam Hatip Lisesi ön cephe fotoğrafı. Kaynak: URL20. (2024, 22 Ocak). <i>Ayazağa Anadolu İmam Hatip Lisesi Tarihçe</i> . T.C. Millî Eğitim Bakanlığı. https://ayazagaaihl.meb.k12.tr/meb_iys_dosyalar/34/17/758901/dosyalar/2020_11/061418_02_AYAZAYA_ANADOLU_YMAM_HATYP_LYSESY_TARYHCE_2020_KASIM.pdf?CHK=4facabf5d379ea18503a5a5945525a3d	116
Şekil 5. 9 Bilfen Maslak İlköğretim Okulu konumu.	117
Şekil 5. 10 Bilfen Maslak İlköğretim Okulu. Kaynak: URL21. (2024, 22 Ocak). <i>Bilfen Maslak İlkokulu</i> . BİLFEN. https://bilfen.com/tr/ilkokul/okullarimiz/bilfen-maslak-ilkokulu	117

Şekil 5. 11 İlköğretim okulunda yeşil çatı kurgusu. Kaynak: URL21. (2024, 22 Ocak). <i>Bilfen Maslak İlkokulu</i> . BİLFEN. https://bilfen.com/tr/ilkokul/okullarimiz/bilfen-maslak-ilkokulu .	118
Şekil 5. 12 Nazmi Akbacı Ticaret Merkezi konumu.	119
Şekil 5. 13 Nazmi Akbacı Ticaret Merkezinde mavi çatı önerisi. Kaynak: Google Earth. (2000). <i>Sokak Görünümü</i> .	120
Şekil 5. 14 Maslak bölgesinin yıllar içindeki değişimi.	121
Şekil A. 1 2005 yılı aylık toplam yağış miktarı grafiği (Sevinç, 2024)	140
Şekil A. 2 2006 yılı aylık toplam yağış miktarı grafiği (Sevinç, 2024).	141
Şekil A. 3 2007 yılı aylık toplam yağış miktarı grafiği (Sevinç, 2024).	141
Şekil A. 4 2008 yılı aylık toplam yağış miktarı grafiği (Sevinç, 2024).	142
Şekil A. 5 2009 yılı aylık toplam yağış miktarı grafiği (Sevinç, 2024).	142
Şekil A. 6 2010 yılı aylık toplam yağış miktarı grafiği (Sevinç, 2024).	143
Şekil A. 7 2011 yılı aylık toplam yağış miktarı grafiği (Sevinç, 2024).	143
Şekil A. 8 2012 yılı aylık toplam yağış miktarı grafiği (Sevinç, 2024).	144
Şekil A. 9 2013 yılı aylık toplam yağış miktarı grafiği (Sevinç, 2024).	144
Şekil A. 10 2014 yılı aylık toplam yağış miktarı grafiği (Sevinç, 2024).	145
Şekil A. 11 2015 yılı aylık toplam yağış miktarı grafiği (Sevinç, 2024).	145
Şekil A. 12 2016 yılı aylık toplam yağış miktarı grafiği (Sevinç, 2024).	146
Şekil A. 13 2017 yılı aylık toplam yağış miktarı grafiği (Sevinç, 2024).	146
Şekil A. 14 2018 yılı aylık toplam yağış miktarı grafiği (Sevinç, 2024).	147
Şekil A. 15 2019 yılı aylık toplam yağış miktarı grafiği (Sevinç, 2024).	147
Şekil A. 16 2020 yılı aylık toplam yağış miktarı grafiği (Sevinç, 2024).	148
Şekil A. 17 2021 yılı aylık toplam yağış miktarı grafiği (Sevinç, 2024).	148
Şekil A. 18 2022 yılı aylık toplam yağış miktarı grafiği (Sevinç, 2024).	149

KISALTMALAR LİSTESİ

AHP: Analytical Hierarchy Process (Analitik Hiyerarşi Prosesi)

CBS: Coğrafi Bilgi Sistemleri



BÖLÜM 1

1. GİRİŞ

1.1. Araştırmanın Amacı

Kentsel alanların büyümesi, suyun sızmasına olanak tanıyan yeşil alanların geçirimsiz yüzeylere dönüşümüne sebep olmaktadır. Böylece yağışla yeryüzüne inen suyun kontrol edilebilirliği azalmakta bu da sele, alıcı su kaynaklarında oluşan kirliliklere, ekosistemlerde bozulmaya, iklim değişikliğine ve biyolojik çeşitlilik üzerinde olumsuz etkilere sebep olmaktadır. Bu çalışmanın temel amacı; sürdürülebilir yağmur suyu üniteleri gibi yenilikçi yaklaşımlarla bu sorunlara çözüm bulmak ve yetersiz kalan geleneksel sistemlerin üzerindeki baskıyı azaltarak alternatif çözümler üretmektir. Alternatif çözümler üretirken orman alanlarının kentler üzerindeki etkileri de irdelenmiştir.

1.2. Araştırmanın Kapsamı

İlk olarak kentlerde geleneksel yağmur suyu yöntemleri ile yaşanan olumsuzluklar hakkında bilgi verilmiştir. Yeni teknolojilerle desteklenerek kentsel mekânlarda kullanılan sürdürülebilir yağmur suyu üniteleri açıklanmıştır. ArcMAP uygulamasında çalışma alanının arazi verileri oluşturulmuş ve bunların çakıştırılmasıyla uygunluk analizi ortaya konmuştur. Arazi ile ilgili yapılan analizler eğim, bakı, arazi kullanımlarını kapsayan analizlerdir. Daha sonra iklimsel veriler eşliğinde yağış durumu incelenmiştir. Rasyonel yöntem kullanılarak çalışma alanında akışa geçen yağmur suyu miktarı ölçülmüştür. Son aşamada, elde edilen tüm bu verilere dayanarak çalışma alanında yağmur suyu yönetim kurgusu oluşturulmuştur. Kentlerde sürdürülebilir yağmur suyu yönetimini sağlamak farklı disiplinlerden bilgi

gerektiren çok yönlü bir çalışmaya dayanmaktadır. Bu çalışma, kentlerimizde mevcut ve sürdürülebilir yağmur suyu yönetimlerini irdelemek isteyen araştırmacılar, karar mercileri ve bu konuya ilgi duyan herkes için tasarlanmıştır.

1.3. Araştırmanın Yöntemi

Bu tez çalışmasında konuya ilişkin (1) literatür çalışması ve (2) çalışma alanı için yağmur suyu yönetim kurgusunun oluşturulması şeklinde iki temel adım izlenmiştir. Birinci adım kapsamında; yağmur suyu yönetiminin gelişim sürecinin ve sürdürülebilir yağmur suyu ünitelerinin araştırılması ve konuyla ilgili dünyadan örneklerin incelenmesi işlemleri gerçekleştirilmiştir. İkinci adım kapsamında aşağıdaki işlemler gerçekleştirilmiştir:

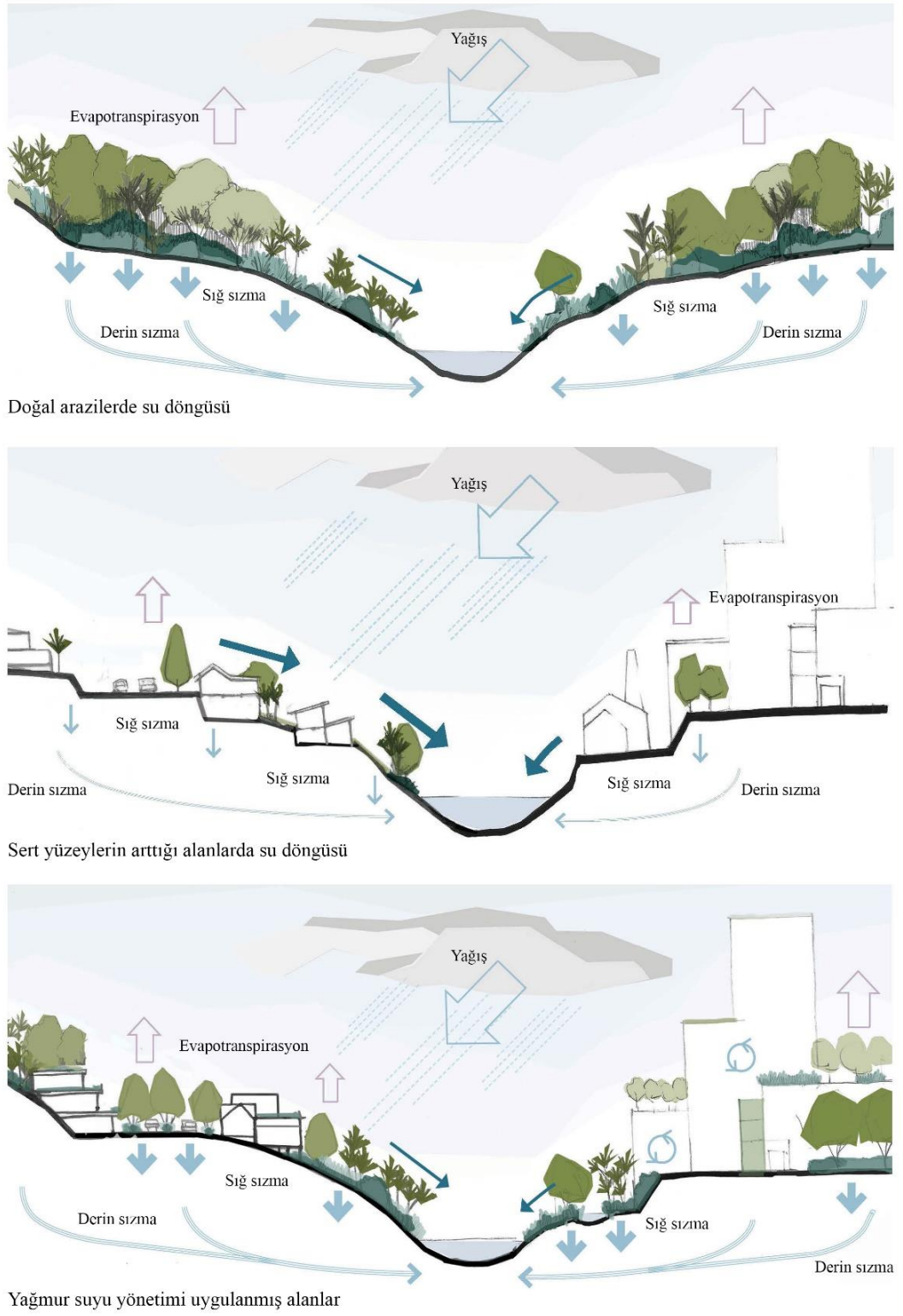
- Rasyonel yöntemle akışa geçen yağmur suyu hesaplanmıştır. Bu yöntemin uygulanması için arazi kullanımları geçirimsiz ve geçirimli olma durumlarına göre sınıflandırılmıştır. Sınıflandırılan bu kullanımların alanları ve sınıflandırılan yüzeylerin akış katsayıları tespit edilmiştir. En yakın istasyondan alınan ve ihtiyaca göre işlenmiş olan yağış verileri ile tespit edilen diğer veriler çarpılarak sonuca ulaşılmıştır.
- Sınıflandırılan arazi kullanımları, eğim ve bakı haritaları ESRI ArcMap 10.5 yazılımı üzerinden hazırlanmış ve suyun toplanacağı alanların ihtiyacına göre AHP yöntemi ile verilerin önem dereceleri tespit edilmiştir. Buna göre haritalar çakıştırılmış ve akışa geçen suların toplanacağı en uygun alanlar ortaya konmuştur.
- Uygunluk analizinde tespit edilen en uygun alanlara sürdürülebilir yağmur suyu yönetim üniteleriyle yağmur suyu yönetim kurgusu oluşturulmuştur.

BÖLÜM 2

2. GENEL KISIMLAR

Su, canlıların yaşamını sürdürmesi için önemli bir kaynaktır. Bu kaynağa ulaşım gittikçe zorlaşmaktadır. Doğal çevrenin gittikçe azaltılarak yerine geçirimsiz yüzeylerin hâkim olduğu yapılı bir çevre kurgulanması bu durumun asıl sebeplerindendir (Demiroğlu ve diğerleri, 2016). Bu sebebin sonuçlarından biri olan iklim değişikliği ile birlikte yağış miktarında ani değişiklikler yaşanmaktadır. Bazen hiç yağış olmamasından dolayı yoğun kuraklık dönemleri yaşanmakta bazen de aşırı yağışlardan dolayı seller meydana gelmektedir. Bu durum doğal su döngülerindeki bozulmayı açıklamaktadır.

Yağmur suyu, su döngüsünün önemli bir parçasıdır. Doğal arazilerde su döngüsü yağmur suyunu yakalayan ve sızdıran bitki ve toprak sistemleriyle etkileşime giren bir sistemdir. Arazi gelişimi, bitki örtüsünün temizlenmesi ve toprağın değiştirilmesi yoluyla bu sistem bozulmaktadır. Geçirimsiz yüzeylerin arttığı bu tür alanlarda su döngüsü, doğal sistemleri ve süreçleri atlayarak, hızla alıcı ortamlara yönelmektedir (Lewis ve diğerleri, 2015). Bu durum da yağmur suyu yönetimi, doğal hidroloji ile arazi gelişimi arasında uzlaştırmacı bir yöntem olarak devreye girmektedir (NACTO, 2017). Doğal sistemleri korumakta ve akışı iyileştirmek ve tutmak için doğal süreçlerden yararlanmak üzere tasarlanmış peyzaj alanlarına yönlendirmektedir (Şekil 2.1).



Şekil 2. 1 Su Döngüsü. Kaynak: Lewis, M., James, J., Shaver, E., Blackbourn, S., Leahy, A., Seyb, R., Simcock, R., Wihongi, P., Sides, E. ve Coste, C. (2015). *Water sensitive design for stormwater*. Auckland Council Guideline Document GD2015/004. Prepared by Boffa Miskell for Auckland Council.

2.1. Yağmur Suyu Yönetimi Gelişim Süreci

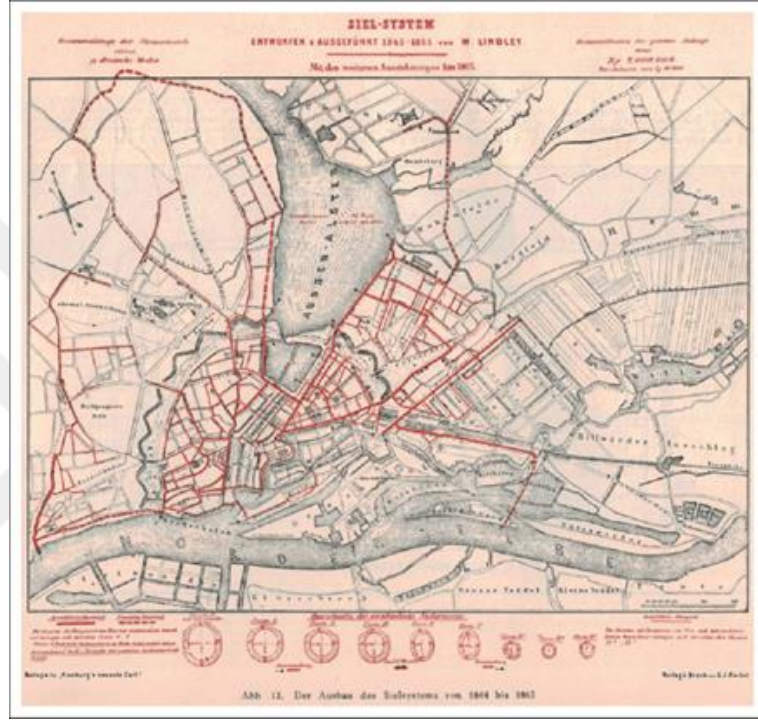
Tarihsel yönetim stratejilerinde bazı istisnalar dışında, kentsel yağmur suyu hafifletilmesi gereken bir sorun, ortadan kaldırılması veya kontrol edilmesi gereken bir atık ürün olarak ele alınmıştır (Echols ve Pennypacker, 2015). Bu yüzden eski çağlarda yağmur suyu ile ilgili tahliye yönelik çalışmalar yapılmıştır. Taşkın kontrolüne odaklanıldığı için Şekil 2.2'deki gibi sistemlerin tasarımında estetik bir kaygı güdülmemiştir.



Şekil 2. 2 Su toplama alanı. Kaynak: Echols, S. ve Pennypacker, E. (2015). *Artful Rainwater Design*. Washington: Island. https://link.springer.com/chapter/10.5822/978-1-61091-318-8_2.

Arkeolojik araştırmalar, Antik Çağ'da atık su ve yağmur sularının tahliyesine yönelik kanalizasyon sistemlerinin, kentleşme sürecinin en başından beri inşa edildiğini göstermektedir. Bulunan en eski izler İndus vadisinde M.Ö. 3500'e, Mezopotamya Vadisi ve Orta Doğu'da M.Ö. 2500'e kadar uzandığı ifade edilmektedir (Bertrand-Krajewski, 2021). Buna ek olarak yağmur suyu ile ilgili ilk düzenlemeler M.Ö. 1760'ta Mezopotamya Kralı Hammurabi tarafından oluşturulmuştur. Aşağı havzadaki toprak sahiplerini korumak amacıyla Hammurabi Yasasında yer verdiğine dair bilgilere ulaşılmaktadır (Echols ve Pennypacker, 2015).

Antik Çağ'dan sonraki yüzyıllarda, yağmur suyu ve atık su sistemleri dünyanın dört bir yanındaki birçok uygarlık tarafından inşa edilmiştir (Angelakis ve Rose, 2014). Zamanla basit sistemlerden çağdaş sistemlere geçiş yapılmıştır. Çağdaş sistemlerin ortaya çıkmasına neden olan modern kanalizasyon sistemlerinin doğuşu 1842 yılında Hamburg'da planlanan büyük ölçekli kanalizasyon sistemi olarak kabul edilmektedir (Şekil 2.3). Hamburg'un ardından modern kanalizasyon sistemlerinin gelişimi birkaç on yıl içinde Avrupa, Kuzey Amerika ve ötesine yayılmıştır (Bertrand -Krajewski, 2005).



Şekil 2. 3 Hamburg'da planlanan büyük ölçekli kanalizasyon sistemi. Kaynak: Schubert, D., Wagenaar, C., & Hein, C. (2022). “The Hoist of the Yellow Flag”: Vulnerable Port Cities and Public Health. *Journal of Planning History*, 21 (1), 56-78. <https://doi.org/10.1177/1538513221998716>.

Modern kanalizasyon sistemleri, kentlerin genişlemesi ile paralel olarak genişletilmiştir. Sert yüzeylerin artışı ve bununla birlikte artan toprak sızdırmazlığı, büyük boyutlarda ve son derece yüksek maliyetlerle inşa edilen borularla, giderek daha büyük kanalizasyon sistemlerine dönüşmüştür (Bertrand -Krajewski, 2005). Bu durumdan dolayı kentsel yağmur suyu yönetiminin yeniden ele alınmış ve 1960'lı yıllardan sonra özellikle Amerika, Avrupa, Avustralya ve Japonya, çeşitli terminolojilerle yeni yaklaşımlar geliştirilmiştir. Bunlar; ABD ve Yeni Zelanda'da BMP (En İyi Yönetim Uygulamaları) ve LID (Düşük Etki Geliştirme), Avustralya'da WSUD (Suya Duyarlı Kentsel Tasarım),

Birleşik Krallık'ta SUDS (Sürdürülebilir Kentsel Drenaj Sistemleri) vb. (Fletcher ve diğerleri, 2015; Radcliffe, 2019; Tunçay, 2021). Daha yakın bir zamanda, Çin'de 2014'ten itibaren LID ve yeşil altyapıyı geleneksel gri altyapılarla birleştiren Sünger Şehir yaklaşımı geliştirilmiştir (Tu ve Tian, 2015; Jia ve diğerleri, 2017; Jiang ve diğerleri, 2018; Leng ve diğerleri, 2020; Tunçay, 2021). Yeni yaklaşım, kanalizasyon sistemlerine aşırı yüklenmemek için daha çok yağmur suyunu tutmak ve daha sonra daha düşük bir oranda boşaltmaktan veya yerel olarak en az kirli ikinci tur suya sızdırmaktan oluşmaktadır. Sızma havuzları, hendekler, geçirgen kaldırımlar, yeşil çatılar vb. gibi çok çeşitli sistemler geliştirilmiştir (Hoban, 2019).

1990'ların başında, şehirlerde doğanın önemi fark edilmiştir. Kentsel alanlarda suyun iyileştirilmesi ve kentsel kanalizasyon olarak kullanılan eski su yollarının rehabilitasyonu hakkında yeni düşünceler ortaya çıkmıştır. Yağmur suyu yönetimi ile yeşil altyapı kavramı ortaya çıkmıştır (Walmsley, 1995; Dover, 2015; Schröpfer, 2020). Su ile ilgili unsurlar ve bitki örtüsü arasındaki ilişkiyi vurgulamak için sıklıkla mavi-yeşil altyapı olarak adlandırılmıştır. Bu bağlamda yağmur suları, toprak geçirimsizliğinden oldukça etkilenen kentsel akiferlerin, içme suyu kalitesi gerektirmeyen kullanımlar (yangınla mücadele, tuvalet sifonu, sulama, dış yıkama vb.) için kullanılmaya başlanmıştır.

Son 20 yılda, özellikle kritik risklerin olduğu (şiddetli kuraklık, yüksek mevsimsel yağış değişimi) veya sürdürülebilirlik, iklim değişikliği, nüfus artışı konularıyla ilgili olarak, kentsel yağmur suyu yönetiminin gelişimini sürdürmeye yönelik eğilim oluşturmaktadır (Cavin ve Bourg, 2010).

2.2. Sürdürülebilir Yağmur Suyu Yönetim Üniteleri

Yağmur suyu yönetimi gelişim süreci içerisinde gündeme gelen sürdürülebilir yağmur suyu üniteleri, gittikçe artan olumsuz koşullarla birlikte daha çok önem kazanmıştır. Çünkü yağmur suyu yönetim hedeflerine uyum sağlamak amacıyla geçirimsiz alanlardan gelen akışı azaltmak için kullanılmaktadırlar (Cook ve diğerleri, 2019). Bu üniteler alt başlıklarda tek tek açıklanmıştır.

2.2.1. Sarnıçlar ve Su Yapıları

Tablo 2.1'de görüldüğü gibi Anadolu'da yüzyıllar boyunca çeşitli dönemlerde yapılmış birçok su yapısı bulunmaktadır (Karakuş, 2019). Bu su yapıları; barajlar, kanallar, su kemerleri, akarsuları örten yapılar, borular ve sarnıçlar gibi yapılardır (Öziş ve diğerleri, 2008). Bu yapılardan yağmur suyu ünitelerinde aktif olarak kullanılan sarnıçlardır.

Tablo 2. 1. Su yapıları. Kaynak: TEMA. (2023, 14 Haziran). *Türkiye'nin Başlıca Tarihi Su Yapıları*. TEMA Vakfı. <https://sutema.org/turkiyenin-baslica-tarihi-su-yapilari>.

Medeniyet	Dönem	Su Yapısı	Konum
Hitit	M.Ö. 2. Binyıl	Barajlar, Memba suyu Toplama haznesi, su yolu	İç Anadolu
Urartu	M.Ö. 1. Binyıl, ilk yarısı	Kanal, Barajlar, Galeriler	Doğu Anadolu
Helen, Roma, Bizans	M.Ö. 1. Binyıl, ikinci yarısı ila M.S. 1.yy	İsale sistemi, Sarnıçlar, tüneller, Barajlar	Batı ve Güney Anadolu
Selçuklular	10 - 13. yy	İsale sistemi ile sulama kanalları	Türkiye'nin çeşitli bölgeleri
Osmanlılar	13 - 20. yy	İsale sistemi ve barajlar	Türkiye'nin çeşitli bölgeleri
Türkiye Cumhuriyeti	1923 - günümüz	Her tipte su yapısı	Türkiye'nin çeşitli bölgeleri

Emre (2014), sarnıçları “Yağmur sularının toplanması için toprak altında inşa edilen sıvalı duvarlar”; Tunçay (2021) ise “tarihi çok eski yüzyıllara dayanan su depolama yapıları” olarak tanımlamıştır. Antik dönemden modern kentlerin kuruluşuna kadar kent yaşamı için oldukça önemli olan yapılardır. Kent dışından su kemerleriyle merkeze taşınan su, büyük sarnıçlarda toplanarak buradan kente dağıtılmıştır (Emre, 2014).

Dünyadaki en eski sarnıçlardan biri Peru yakınlarındaki Nazca'da yer almaktadır (Şekil 2.4). Bu sarnıç örgü duvarlarla spiral şeklinde yapılmıştır (Klimczak, 2023).



Şekil 2. 4 Nazca'daki Cantalloc Su Kemerleri, spiral su sarnıçları. Kaynak: Prudeck, D. (2023, 18 Ağustos). *Cantalloc Aqueduct in Nazca, spiral or circle aqueducts or wells, Peru, Inca architecture and culture* [Fotoğraf]. Peru.

Nazca'da yalnızca bir nehir bulunmaktadır. Nehrin özelliği, And Dağları'nda meydana gelen yağışlarla oluşmasıdır. Bu nedenle bölgede yaşayanlar sadece yılın birkaç ayı suya ulaşabilmektedir. Yüzyıllar boyunca süren su kıtlığı, çöl sakinlerinin gelişimini engellemiştir. Bu durumu hafifletmek için Nazca sakinleri, yer altı sarnıçlarıyla birlikte yer altı su yüzeyinden gelen suları kullanmayı başarmışlardır (Negro, 2018).

Benzer amaçlarla Türkiye'de de sarnıçlar yapılmıştır. Çalışma alanının da yer aldığı İstanbul'da da birçok sarnıç ve su yapısı bulunmaktadır. Bunların birçoğu yapıma amacındaki işleve uygun olarak kullanılmamaktadır. Güngör (2017)'ün yaptığı çalışmada Tarihi Yarımada'da 183 adet sarnıca ulaşılmıştır. Bunların arasında farklı boyutlarda sarnıçlar bulunmaktadır. Taban alanı en büyük olan sarnıç 9800 m² ile Yerebatan Sarnıcı'dır (Şekil 2.5). 80.000 ton su depolama kapasitesine sahiptir. Su yollarından ve yağmurdan elde edilen su, saray ve çevresindeki yapılara dağıtılarak yüzlerce yıl şehrin su ihtiyacını karşılanmıştır (URL1, 2023).

Teknolojinin gelişmesiyle birlikte sarnıçla aynı mantıkta çalışan daha portatif ve hafif malzemelerden yapılan yağmur suyu tankları kullanılmaktadır. Tanklar toprağın altına ya da üstüne konumlandırılarak borular vasıtasıyla çatı, sert zemin gibi alanlardan gelen suyu toplamaktadırlar (Şekil 2. 6).



Şekil 2. 5 Yerebatan Sarnıcı.



Şekil 2. 6 Yağmur suyu tankları. a) Toprak üstünde konumlandırılmış yağmur suyu tankı. Kaynak: URL2. (2023, 8 Kasım). *Yağmur Suyu Deposu*. Otank Endüstri. <https://otank.com.tr/urunlerimiz/yagmur-suyu-deposu/>. b) Toprak altında konumlandırılmış yağmur suyu tankı. Kaynak: URL3. (2023, 8 Kasım). *Yağmur Suyu Toplama Sistemleri*. Mekser. <https://www.mek-ser.com/hizmetler/yagmur-suyu-toplama-sistemleri>.

2.2.2. Biyolojik Su Tutma Göletleri

Biyolojik su tutma göletleri (Şekil 2.7), yağmur suyunu hasat eden ve bir sonraki yağışa kadar tutup kullanıma olanak sağlayan geniş ölçekteki alanlardır (Tunçay, 2021; Wellington City Council, 2023). Bu su alanları, aşırı yağışları düzenleyen mevcut yağmur suyu drenaj sistemlerine yardımcı olmaktadır. Aynı zamanda kentsel peyzajı ve mikro iklim koşullarını da iyileştirmektedir (Hong-Quan ve diğerleri, 2014). Çok çeşitli yaban hayatı popülasyonu ve bitki topluluğu için de yaşam alanı sağlamaktadır.



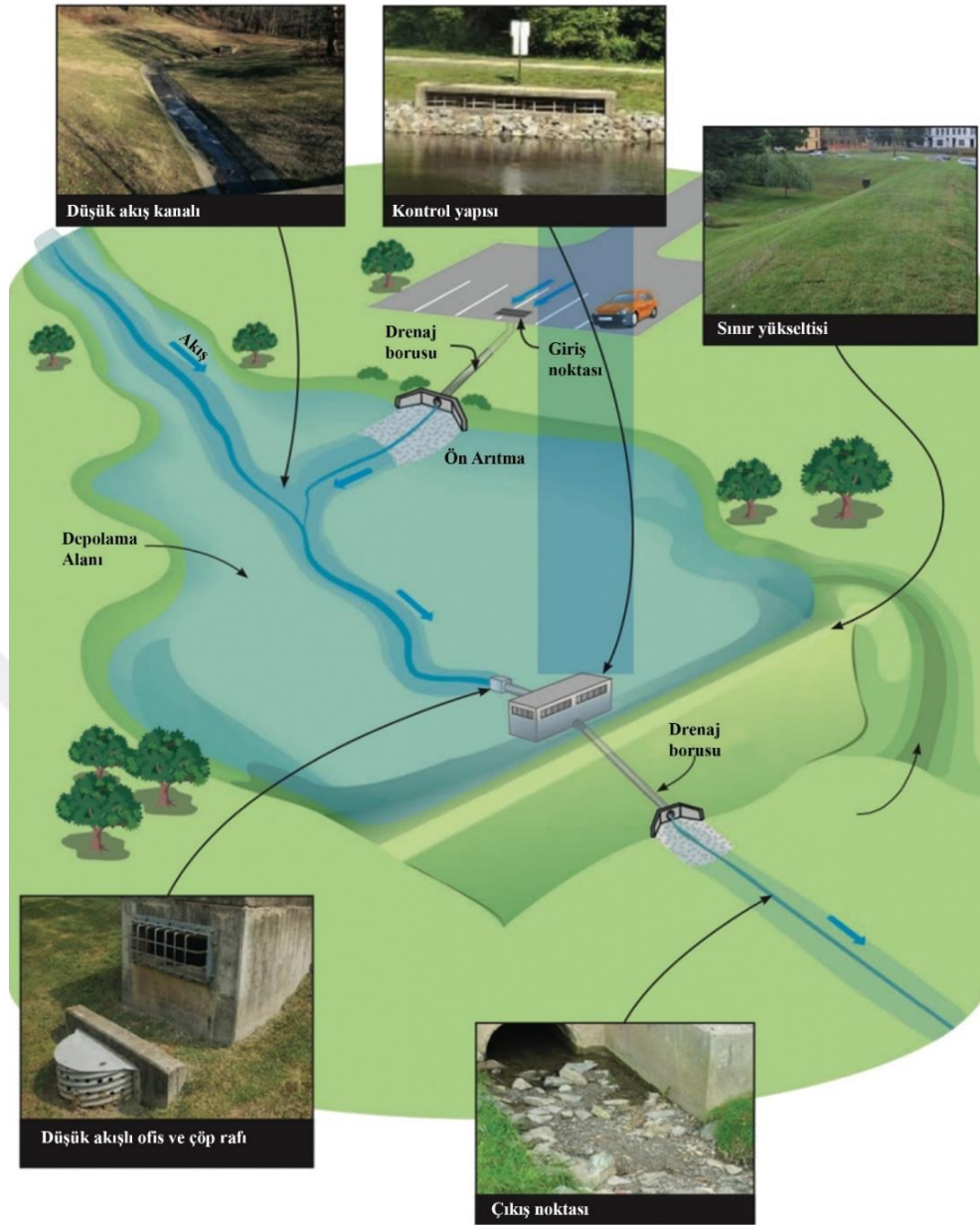
Şekil 2. 7 Gölet. Kaynak: URL4. (2023, 14 Mayıs). *Wetlands, Retarding Basins & Streamworks Projects*. Max Bright & Sons. <https://www.maxbright.com.au/wetlands-retarding-basins-streamworks>.

Bitki örtüsüne sahip, gözenekli örtülerden oluşan bu sistem, su kalitesinin iyileştirilmesi için yeni veya mevcut ıslak havzalara kurulmaktadır. (Maxwell ve diğerleri, 2020). Abiyotik bileşenlerden (tortu, su, hava) ve biyotik bileşenlerden (su bitkileri veya makrofitler, makro omurgasızlar ve omurgalılar dahil suda yaşayan organizmalar ve mikro organizmalar) oluşmaktadır. Bitkiler en göze çarpan özellik olmasına rağmen gölette en çeşitli ve en bol olan mikroorganizmalardır (Greenway, 2010).

Göletlerin sağlıklı bir şekilde çalışması için 6 bileşene (Şekil 2.8) ihtiyacı vardır (Philadelphia Water Department, 2023):

- **Giriş Kontrol Bileşeni:** Yağmur suyunu akışa geçtiği alanlardan gölete iletmekte ve kontrol etmektedir.
- **Ön Arıtma Bileşeni:** Depolama alanına teslim edilmeden önce yağmur suyu akışından kaynaklanan çöp, tortu ve/veya diğer kirleticileri yakalamaktadır.
- **Depolama Alanı Bileşeni:** Yağmur suyu akışını buharlaşana, bitkiler tarafından kullanılabilecek veya kontrollü bir oranda aşağı akışa bırakılana kadar geçici olarak tutmaktadır.
- **Bitki Örtüsü Bileşeni:** Kirletici maddeleri ve buharlaşma-terleme yoluyla suyu uzaklaştırmaktadır. Alanın görüntüsünü iyileştirmekte ve yaban hayatı yaşam alanı sağlamaktadır. Aynı zamanda toprağın stabilize edilmesine de yardımcı olmaktadır.
- **Çıkış Kontrol Bileşeni:** Suyun göletten uzaklaşırken kontrolünü sağlamaktadır.
- **Denetim ve Bakım Erişim Bileşeni:** Tüm ana bileşenlere güvenli ve kolay erişim sağlanmasına yardımcı olmaktadır. Sistemin düzgün çalışması için düzenli olarak denetim ve bakım gerekliliği için önemli bir bileşendir.

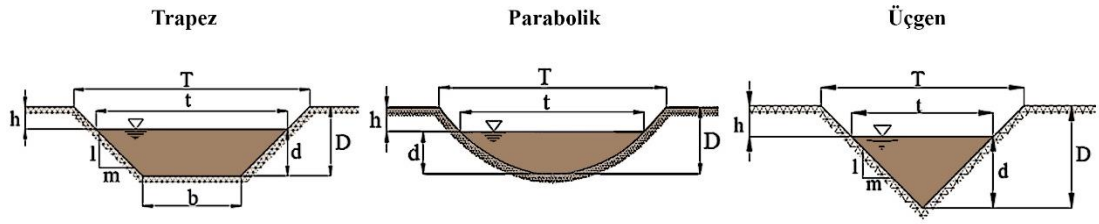
Tüm bu bileşenlerle birlikte bu sistemi oluşturmadan önce bazı gereklilikler daha bulunmaktadır. Bunlardan ilki uygulama için büyük alanlara ihtiyaç duyulmasıdır (Wellington City Council, 2023). Büyük alanlar daha çok su toplanması için hem bir avantajdır hem de bu sistemlerin verimli çalışması için gereklidir. İkincisi, derin su toplanması ihtimaline karşı güvenlik tehlikesi oluşturabilecek durumlara engel olmak için erişimi kısıtlayıcı bir çit çekilmesidir. Özellikle çocuklar ve hayvanların bulunduğu bölgelerde göz ardı edilmemelidir. Üçüncüsü de uygun şekilde tasarlanmadığı ve bakımları gerçekleştirilmediği takdirde sığ kenarlarda sivrisinek üreme ortamı sağlayabilmektedir.



Şekil 2. 8 Biyolojik su tutma göleti bileşenleri. Kaynak: URL5. (2023, 18 Mayıs). *Pond Maintenance Locations*. Platinum Ponds and Lake Management. <https://www.platinumlakemanagement.com/blog/stormwater-ponds-explained>.

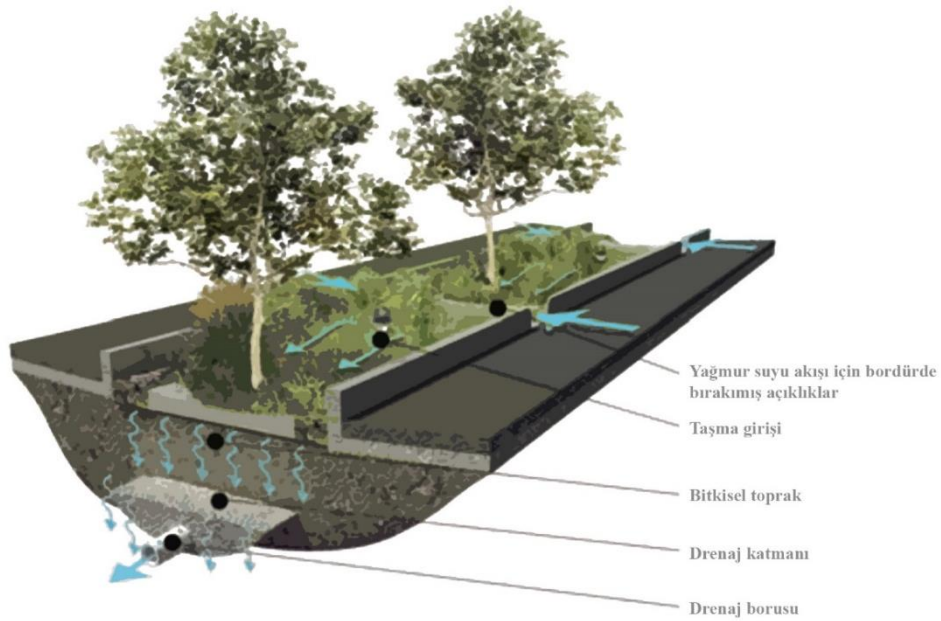
2.2.3. Biyolojik Hendekler

Biyotutma hendekleri sığ, bitki örtüsüne ve eğimli kenarlara sahip peyzaj çöküntüleridir. Aşağıya doğru hareket ederken yağmur suyu akışını yakalamak, arıtmak ve sızdırmak için tasarlanmıştır (Kazemi ve diğerleri, 2011). Trapez, üçgen veya parabolik bir kesitle (Şekil 2.9) uygulanmaktadır (Department Of Environmental Protection, 2006; Ünal ve Akyüz, 2017).



Şekil 2. 9 Biyolojik hendek kesitleri. Kaynak: Ünal, U. ve Akyüz, D. E. (2017). Yağmur Hendeklerinin Kapasite ve Maliyet Hesapları. *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi*, 7 (2), 19-46. <https://doi.org/10.31466/kfbd.324068>.

Diğer yönde doğrusal olarak hareket etmektedir. Hendeklerin doğrusal formu, onları yollar için uygun hale getirmektedir (TDEC, 2014). Yolları, patikaları veya otoparkları sel riskinden kurtarmak ve yüzeylerdeki akışı doğa tabanlı bir çözümle (Şekil 2.10) taşımak için kullanılmaktadırlar (TDEC, 2014; Tunçay, 2021). Aynı zamanda yollarda daha iyi bir görüntü oluşturmaktadırlar (Melbourne Water, 2005; URL6, 2023).



Şekil 2. 10 Biyolojik hendek. Kaynak: Safaraz, S. S., Mohyin, N. A., Yusof, Z. B., Nizam, M. S., Affendy, S. ve Yaman, M. M. (2022). Reviving The Design Of Al-Ghazali Walk and Courtyard at IIUM. *Design Ideals Journal*, 4, (2), 61-66. <https://journals.iiu.edu.my/kaed/index.php/dij/article/view/756/581>.

Uygulamasý için belli başlıklara dikkat edilmesi ve buna uygun bir tasarım geliştirilmesi önerilmektedir. Bunlar (Bratieres ve diğeri, 2008; Read ve diğeri, 2008; Scharenbroch ve diğeri, 2016):

- **Drenaj Alanı:** Drenaj alanın gelişim yoğunluğu, en yüksek akış oranlarını ve uygulamanın kapladığı alan için mevcut arazi miktarını etkilemektedir. 5 dönümden büyük drenaj alanlarından gelen akıntıları arıtıp ilettiğinde, kanaldaki hız ve akış derinliği, akıntıyı kontrol etmek veya kanal erozyonunu önlemek için zor bir hale gelmektedir.
- **Eğimler:** Hendeklerin en çok %5'in altındaki eğimlerde etkili olduğu tespit edilmiştir. %4'ten daha az boyuna eğime izin veren alanlarda tasarlanmalıdır. %4'ten büyük eğimler, erozyon oluşturabilecek hızlı akışlara neden olmakta ve kontrol barajları kullanılmadığı sürece filtreleme veya sızma için yeterli süre tanımamaktadır. Boyuna eğimlerin %2'den az olması idealdir ve kontrol barajlarına olan ihtiyacı ortadan kaldırmaktadır. Boyuna eğimi %1'den az olan kanallarda eğim kontrol edilmediğinde durgun su birikintilerine sebep olmaktadır.
- **Bitki Örtüsü:** Tasarımının önemli bir diğer bileşeni, kirleticileri ve yağmur suyunu emen bitki örtüsüdür. Bitki örtüsü seçimi değişiklik gösterebilir ancak otsu bitkileri, çalılar ve ağaçları içermelidir (Read ve diğeri, 2008). Bitki örtüsünün boyutu, biyofiltrelerin işlevini belirlemede önemli bir faktördür (Bratieres ve diğeri, 2008; Read ve diğeri, 2008).

2.2.4. Yağmur Bahçeleri

Yağmur bahçeleri, yağmur sularının herhangi bir işleme tabi tutulmadan doğrudan yönlendirildiği, bitkiler ve malç tabakası içeren sığ çöküntülerdir (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2018; URL7, 2023). İlk olarak 1980'lerin sonunda ABD'nin Maryland eyaletinde ortaya çıkmıştır (Dunnett ve Clayden, 2007). Özellikle konut alanlarıyla popüler bir hale gelmiştir. Konut ortamlarında bir çatıdan veya diğer geçirimsiz yüzeylerden gelen akışı kabul etmek için kullanılmaktadır. Ticari ortamlarda ise genellikle daha büyük bir tasarıma sahiptir. Yağmur bahçelerinin boyutları yağış miktarına, toprak türüne, derinliğine ve maliyetine göre değişmektedir (Tunçay, 2021). Aynı zamanda konumlandırılacağı alanlar da yağmur bahçesi boyutunu etkilemektedir. Uygun alan seçimi için öncelikle çevresindeki yapılara olan uzaklığı dikkate alınmalıdır. Suyun bodrum katlarına girmesini önlemek için bina temelinden en az 3 metre; içme sularını etkilememesi için içme suyu kuyularından en az 30 metre uzakta bir planlama yapılmalıdır (Hinman, 2013; URL7, 2023).

Bu durumlara dikkat edildikten sonra projenin amacına göre değişiklik göstermekle birlikte genellikle aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmaktadır:

$$A = V \times L / k(H + L)t$$

Burada,

A: Yatağın yüzeyi (m²)

V: 1 yıllık yağış debisi

L: Yatağın uzunluğu (m)

k: Yatak materyalinin suyu geçirgenlik katsayısı

H: Yataktaki suyun ortalama yüksekliği

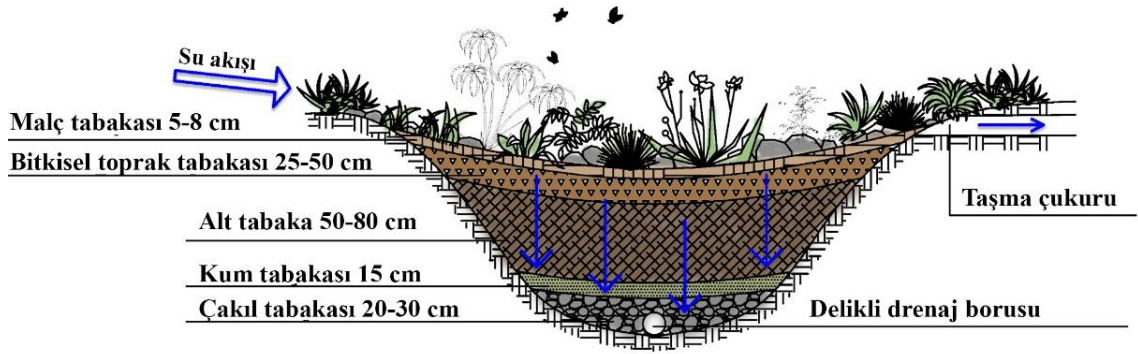
t: Suyun yataktan sızarak geğmesi için gerekli süre

Formülde kullanılacak katsayılar toprak türü ve yağmur bahçesinin derinliğine göre Tablo 2.2 belirlenmektedir (Tunçay, 2021).

Tablo 2. 2 Toprak türü ve derinliğine göre su geçirgenlik katsayıları. Kaynak: Tunçay, H. E. (2021). Suya Duyarlı şehirler. Türkiye Su Enstitüsü. <https://suen.gov.tr/Suen/catdty.aspx?val=1496>.

Toprak Türü	Yağmur Bahçesi Derinliği		
	7-14 cm	15-20 cm	> 20 cm
Kumlu	0,19	0,15	0,08
Siltli toprak	0,34	0,25	0,016
Killi toprak	0,43	0,32	0,20

Yaęmur bahçeleri, seçilen bitki örtüsü, taşma çukuru, serbest drenajlı filtre ortamı, drenaj katmanı, delikli alt drenajlar ve yağmur suyu şebekesine bir çıkış bağlantı dahil olmak üzere bir dizi katmandan (şekil 2.11) oluşmaktadır (Pochodyła, 2021; Bak ve Barjenbruch, 2022).



Şekil 2. 11 Yağmur bahçesi katmanları. Kaynak: Zhang, L., Ye, Z. ve Shibata, S. (2020). Assessment of Rain Garden Effects for the Management of Urban Storm Runoff in Japan. *Sustainability*, 12 (23), 9982. <https://doi.org/10.3390/su12239982>.

Bu katmanlarla birlikte yağmur suları yağmur bahçelerinde toplanmakta ve yağışların meydana geldiği yerde onları yönetmektedir (Bak ve Barjenbruch, 2022). Bu yönetim sonucunda yapılan çalışmalarda önemli tespitler yapılmıştır.

Yamada ve Shibata (2017), Kyoto Gakuen Üniversitesi'ndeki bir yağmur bahçesinin yağmur suyu-akış özelliklerini değerlendirmiştir ve akışın %70,4 ila 99,2'sinin bu tesisler tarafından kontrol edildiğini gözlemlemiştir.

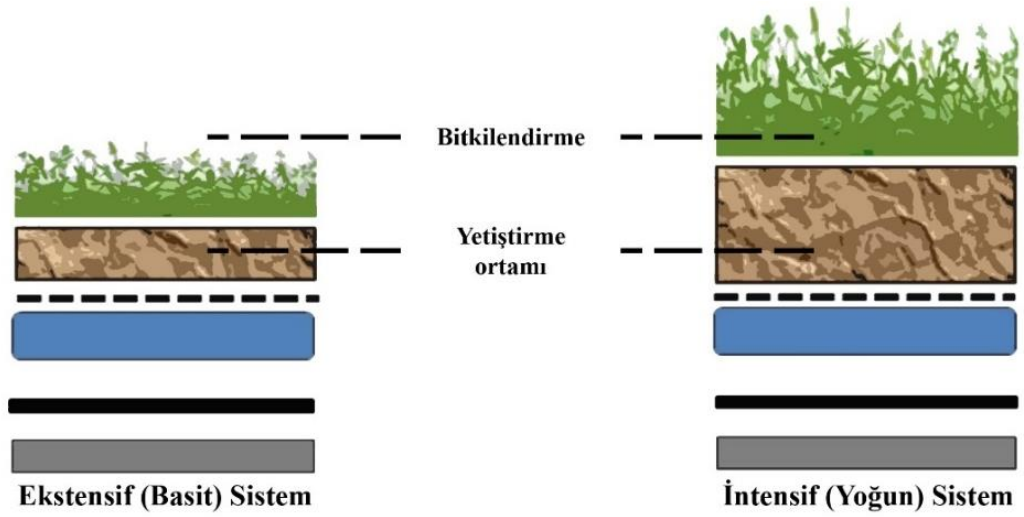
Kasprzyk ve diğerlerinin (2022) yaptıkları çalışma sonucunda yağmur bahçesi sistemlerinin toprak ve hava nemini arttırdığını (buharlaşma-terleme), sıcaklığı düşürdüğünü ve yerel mikro iklimin iyileştirilmesine katkıda bulunduğunu tespit etmiştir. Bulutlu havalarda bile yağmur bahçesinin yüzey sıcaklığı çevredeki kaldırımlara veya sokaklara göre 7 °C'ye kadar, güneşli havalarda ise 20 °C'ye kadar daha düşük ölçülmüştür (Kasprzyk ve diğerleri, 2022).

Bruner ve diğerlerinin (2023) yaptığı çalışmanın sonuçları, bitki türü kompozisyonunun ve türler arası tamamlayıcılığın biyoçeşitliliğin doğal sistemlerdeki ekosistem işleyişini etkilemesi gibi yeşil altyapı performansını da artırdığını göstermiştir. Daha çeşitli topluluklar daha tutarlı terleme ve yüzey sıcaklıklarıyla sonuçlanmıştır. Bireysel türlerin yaprak sıcaklığını belirleyen baskın faktörler abiyotik olsa da terlemenin topluluk düzeyinde daha etkili olduğu görülmüştür. Bu da farklı topluluklardaki bitkilerin toplu olarak herhangi bir türe göre daha soğuk olabileceği ifadesini ortaya koymuştur.

2.2.5. Yeşil Çatılar

Yeşil çatı, "bitki örtüsüyle kaplı çatı" olarak ifade edilmektedir (Wellington City Council, 2023). Çatı bahçesi, bitkilendirilmiş çatı, ekolojik çatı veya canlı çatı olarak da bilinmektedir (Ekşi, 2014; Ekşi, 2021). Geleneksel çatıların aksine yağmur sularının akışa geçmesine engel olan bitki örtüsü ile oluşturulmuştur. Kasabalardaki veya şehirlerdeki bina çatıları, toplam kentsel alanın önemli bir bölümünü kaplamaktadır (Forman ve Alexander, 1998; Stovin ve diğerleri, 2013). Bu çatıların çoğu da geçirimsiz yüzeylerden oluşmakta ve yağmur sularını geleneksel eğimli bir tasarım yoluyla doğrudan zemine veya boru hatları aracılığıyla bölgenin drenaj sistemlerine toplayıp boşaltmaktadır (Sproul ve diğerleri., 2014). Bu durum tekrar kullanılabilecek yağmur sularının boşa harcandığı ve aşırı yağışlarda sele sebep olabileceği anlamına gelmektedir. Buna ek olarak yalıtım işlemi uygulanmış olsa da geleneksel çatılar hava ile doğrudan etkileşime girerek çatı katmanları boyunca ısı transferi yapmakta ve enerji kayıplarına neden olmaktadır (Sproul ve diğerleri., 2014). 2500 yıldan fazla bir süre önce insanlar, yalıtım özelliklerinin farkında oldukları için evlerinin çatılarına yeşil bahçe şeklinde çatılar inşa etmişlerdir ancak zaman içerisinde bu alışkanlık kaybolmuş ve yerini bu olumsuzluklara bırakmıştır (Juricic ve diğerleri, 2021). Geleneksel çatıların yarattıkları bu ve benzeri olumsuzluklarına çözüm olmak ve yağmur suyu yönetimine katkı sağlamak adına yeşil çatı kavramı yeniden önem kazanmıştır (Ekşi ve Uzun, 2019).

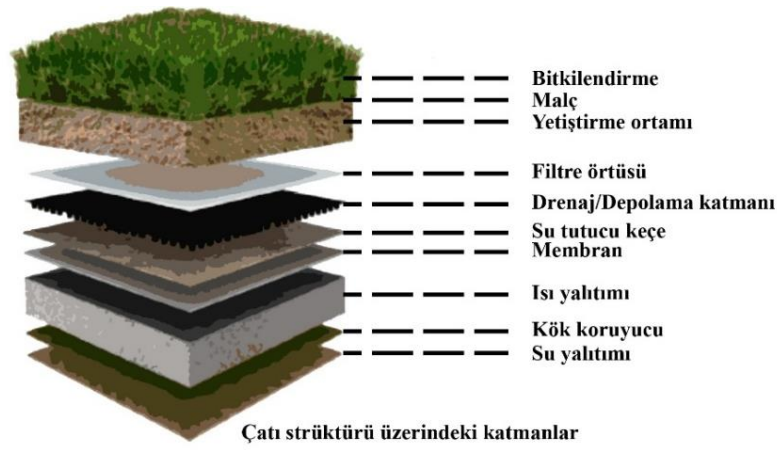
İki tip yeşil çatı sistemi bulunmaktadır. Bunlar ekstensif (basit çözümler) ve intensif (yoğun sistemler) sistemlerdir. Ekşi (2021) ekstensif sistemleri yeşil çatı; intensif sistemleri çatı bahçesi olarak tanımlamaktadır. Ekstensif sistem, kuraklığa dayanıklı yer örtücü bitkiler ve otsu bitkilerle oluşturulan ince ve hafif bir sistemdir. İntensif sistem, karmaşık manzaraları sürdürmek için tasarlanmış daha derin ve daha ağır bir sistemdir (Bronz, 2017). Kullanılan bitki türleri ve yetiştirme ortamının derinliği dışındaki diğer katmanlar her iki sistemde de aynıdır (Şekil 2.12).



Şekil 2. 12 Ekstensif sistem ve intensif sistem farkları. Kaynak: Azis, S. S., Sipan, I., Sapri, M., Yusoff, N. S. M. ve Hashim, H. A. (2019). Comparison on Energy Saving: Green Roof and Green Wall. *Planning Malaysia Journal*, 17 (1), 48-57. <https://doi.org/10.21837/pmjournal.v17.i9.585>.

Yeşil çatılar, önemli işlevlere sahip çok sayıda katmandan oluşmaktadır. Aşağıdan yukarıya doğru sıralandığında (Ekşi, 2021; Juricic ve diğerleri, 2021);

- Su ve ısı yalıtımı
- Su geçirmez bir membran,
- Kök bariyeri
- Su tutucu keçe
- Drenaj katmanı
- Filtre örtüsü
- Tasarlanmış yetiştirme ortamı ve malç veya substrat ve bitki materyali bulunmaktadır (Şekil 2.13).



Şekil 2. 13 Yeşil çatı katmanları. Kaynak: Azkorra-Larrinaga, Z., Romero-Antón, N., Martin-Escudero, K. ve Lopez-Ruiz, G. (2023). Environmentally Sustainable Green Roof Design for Energy Demand Reduction. *Buildings*, 13 (7), 1846; <https://doi.org/10.3390/buildings13071846>.

Bu katmanlar bitkilerin yetişmeni katkı sağlarken yağmur suyunu da tutarak akışı azaltmaktadır. Yeşil bir çatıdan gelen akış miktarındaki bu azalma, yağmur suyu akışının ve yüzey suyu kalitesinin iyileşmesine yol açmaktadır (Juricic ve diğerleri, 2021). Bunlara ek olarak Koroxenidis ve Theodosiou (2021)'nin akdeniz iklim koşullarında yeşil çatıların karşılaştırmasını yaptığı çalışmada yeşil çatılar, geleneksel çatılarla karşılaştırıldığında toplam yaşam döngüsü enerji tüketiminde (%8-31), CO₂ emisyonlarında (%24-32) ve atık üretiminde (%15-60) önemli azalmalar saptanmıştır. Çevreye verdiği katkılar dışında yeşil çatıların iç mekân gürültü seviyelerinin azaltılmasında olumlu bir etkisi olduğu ifade edilmektedir. Uzmanlar havalimanları, fabrikalar, büyük garajlar, hastaneler, okullar, anaokulları, sessizlik ve sıcaklık dengesinin temel gereksinim olarak uygulandığı tüm mekanlar içinde ve çevresinde mümkün olan maksimum ölçüde yeşil çatıların inşa edilmesini önermektedir (Juricic ve diğerleri, 2021). Dolayısıyla bu açılardan mevcut gri çatı altyapısına göre daha temiz, daha çevre dostu bir alternatif olarak değerlendirilmektedir (Koroxenidis ve Theodosiou, 2021).

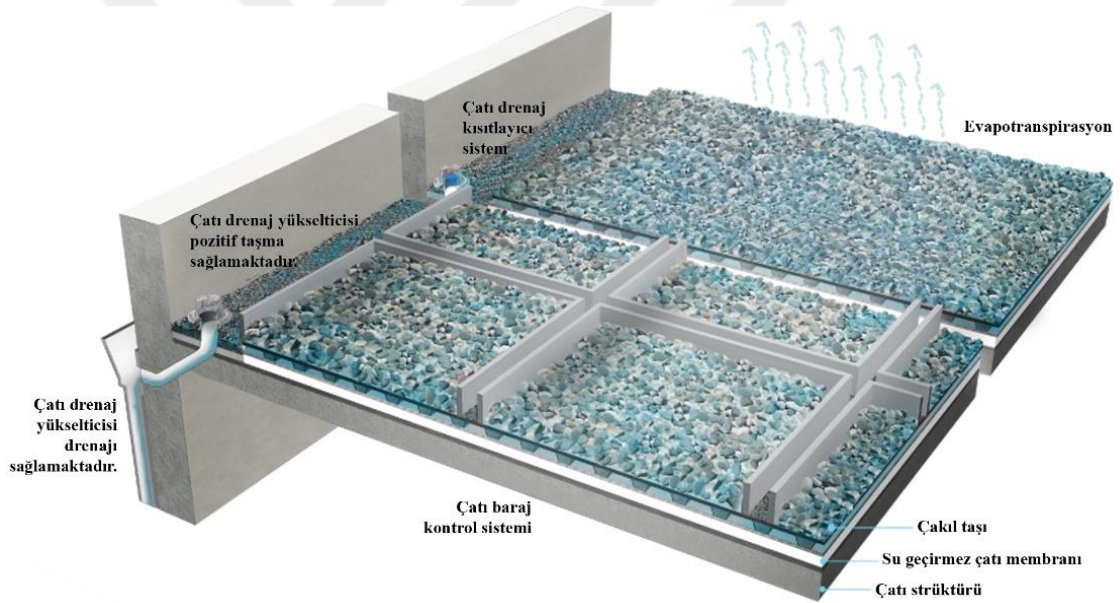
2.2.6. Mavi Çatılar

Kentsel ortamlarda yüzey su geçirmezliğinin ana nedenlerinden biri olarak çatılar tespit edilmiştir (VanWoert ve diğerleri, 2005; Rey-Mahía ve diğerleri, 2022). Bu sorunu en aza indirmek için yeşil çatılara ek olarak mavi çatılar da devreye girmektedir. Mavi çatılar, yağmurun bir kısmının geçici olarak çatıda depolanmasına ve binanın kanalizasyonları

yoluyla kademeli olarak salınmasına izin verecek şekilde tasarlanmıştır (Campisano ve diğ erleri, 2018). Ancak yeşil çatılarda olduğı gibi bir ekim tabakası bulunmamaktadır. Bu nedenle inşaat ve bakım maliyetleri sınırlıdır. Bir mavi çatı yalnızca çatıya düşen yağmuru topladığından boyutu bir yağmur suyu havuzundan daha küçük olabilmektedir (URL8, 2022). Bitki örtüsü olmamasına ve biyolojik çeşitliliğe katkı sağlayamamasına rağmen, hidrolojik ve termal faydalar sağlarken binalara daha az yük getirmektedir (Almaaitah ve diğ erleri, 2022).

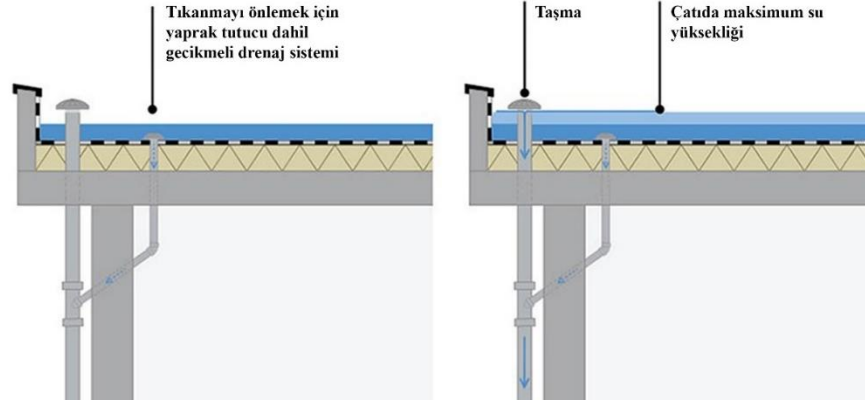
Philadelphia Water Department (2023) tasarımlarına dayanan dört ana katmandan (Şekil 2.14) oluşmaktadır:

- Çakıl/agrega katmanı,
- Jeotekstil,
- Drenaj katmanı,
- Su geçirmez çatı membranı.



Şekil 2. 14 Mavi çatı katmanları. Kaynak: Philadelphia Water Department. (2023). *Stormwater Management Guidance Manual*. Seal of The City of Philadelphia. <https://water.phila.gov/development/stormwater-plan-review/manual/>.

Bu katmanlar genellikle bitki örtüsünün ve büyüme substratının bulunduğı yüzey katmanı dışında, normal bir yeşil çatı yapısı ile aynıdır. Bu yüzey tabakası, mavi çatılarda bir çakıl/agrega tabakası ile değiştirilmektedir (Rey-Mahía ve diğ erleri, 2022). Özellikle çakıl tabakası ve jeotekstil açıklığın tıkanmasını önlemek (Şekil 2.15) için yerleştirilmektedir (Campisano ve diğ erleri, 2022).



Şekil 2. 15 Normal ve şiddetli sağanak yağış sırasında su çatısının şematik kesiti. Kaynak: URL8. (2022, 3 Aralık). *Waterdaken*. Amsterdam Rainproof. <https://www.rainproof.nl/maatregel/waterdaken>.

İnşa aşaması tamamlanmış veya oldukça kısıtlı bir alana sahip yerlerde mavi çatı bir çözüm oluşturabilmektedir. Teraslar, yüksek bina çatıları ve alçak podiyum veya hemzemin yapı üstü kurulumlar (Şekil 2.16) da dahil olmak üzere birçok çatı tipine monte edilebilmektedirler (Philadelphia Water Department, 2023). Ayrıca, yeterli yapısal yükleme kapasitesi, su yalıtımı ve çatı üstü tesislerin korunmasının sağlanmasının ardından düz, hafif eğimli veya teraslı çatılara sahip mevcut binalara yağmur suyu güçlendirmesi olarak da kurulabilmektedir.



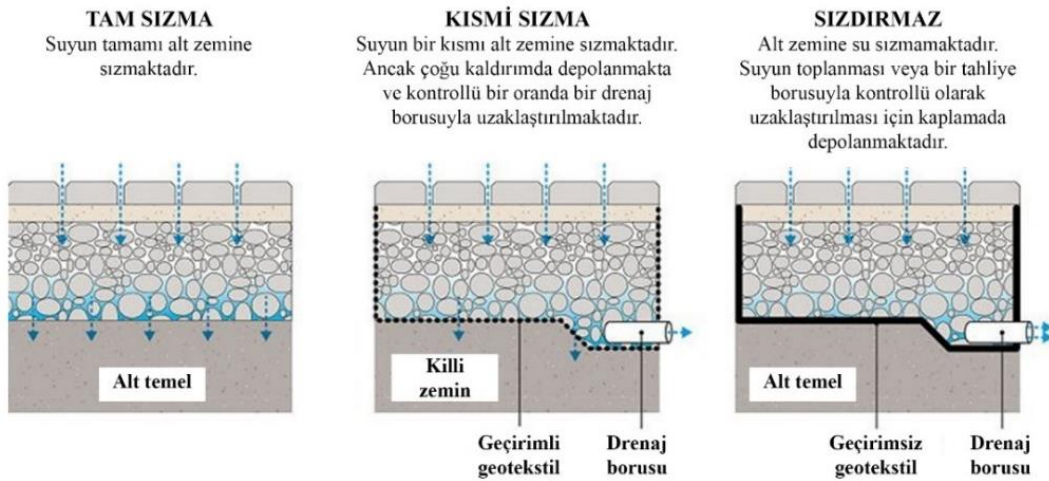
Şekil 2. 16 Mavi çatı. Kaynak: URL8. (2022, 3 Aralık). *Waterdaken*. Amsterdam Rainproof. <https://www.rainproof.nl/maatregel/waterdaken>.

2.2.7. Geçirimli Yüzey Kaplamaları

Şehirlerde taşkınları potansiyelleştiren kentsel faktörlerden biri de toprağın su geçirmezliğidir. Araç yolları, meydanlar, yaya yolları ve otoparklar için sert yüzeylerin genel

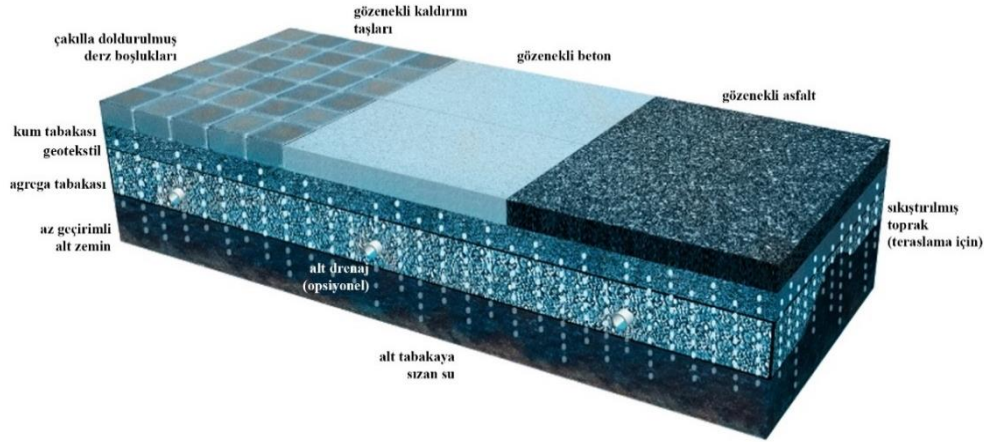
olarak tümü su geçirmez olan beton, asfalt veya parke taşı olarak inşa edilmiştir (Molina-Prieto, 2016). Şehirlerin büyümesi, bu tür yüzeyleri her geçen gün biraz daha arttırmaktadır. Yağmur suyuna büyük bloklar oluşturarak sızmasını engellemekte ve doğal su döngüsünü kesintiye uğratmaktadır. Sonuç olarak, kentleşmiş alanlar akifer seviyesini kaybetmekte veya kurumaktadır. Bu da geniş alanların su dengesini etkilemektedir. Hem şehirleri hem de ekosistemleri etkileyen bu soruna çözüm oluşturmak için taşkın risklerini azaltan ve su döngüsünün restorasyonu veya rehabilitasyonu lehine hareket eden bir strateji olan geçirimli yüzey kaplamaları ile ilgili çalışmalara başlanmıştır (Fassman ve Blackbourn, 2010; Wolf ve diğerleri, 2007). 1970'li yılların başlarında başlayan bu çalışmalar küresel çapta ilgi görmüş ve o zamandan bu yana tasarım ve kullanım açısından gelişmiştir (Muttuvelu ve diğerleri, 2022).

Geçirimli yüzey kaplamaları, altında yağmur suyunun sızması ve daha sonra depolanması için yapısal destek ve boş alan bulunan agrega katmanlarına sahip gözenekli bir yüzey tabakasından oluşmaktadır (Winston, 2020). Yağmur suyunun çeşitli katmanlardan filtrelenmesine izin verdiğinden, geleneksel kaplamalara göre oldukça farklı tasarım hedeflerine ve gereksinimlerine sahiptir. Yağmur suyu kalitesi, geçirgen kaplama yapısında meydana gelen çeşitli filtreleme, kimyasal ve biyolojik arıtmalar yoluyla önemli ölçüde iyileştirilmektedir (Lucke, 2014). Filtrelenen yağmur suyu daha sonra yeniden kullanılmak üzere toplanmakta ya da yavaş yavaş alttaki toprağa ya da yağmur suyu drenaj sistemine (Şekil 2.17) bırakılmaktadır (Mullaney, 2014).



Şekil 2. 17 Geçirimli yüzey kaplama kesitleri. Kaynak: URL9. (2023, 12 Aralık). *Permeable Paving*. Midland Brick. <https://www.midlandbrick.com.au/Products/Pavers/Permeable-Paving>.

Geçirimli yüzey kaplamalarının farklı tasarım çeşitleri (Şekil 2.18) bulunmaktadır (Imran ve diğerleri, 2013; Mullaney, 2014; Mazzuca, 2022; Philadelphia Water Department, 2023).



Şekil 2. 18 Geçirimli yüzey kaplama çeşitleri. Kaynak: Philadelphia Water Department. (2023). *Stormwater Management Guidance Manual*. Seal of The City of Philadelphia. <https://water.phila.gov/development/stormwater-plan-review/manual/>.

Bu kaplamalar aşağıda sıralanmıştır:

- **Geçirimli asfalt kaplama:** Suyun küçük boşluklardan geçmesine izin verecek şekilde ince tanelerin elendiği ve azaltıldığı standart bitümlü asfalttan oluşmaktadır. Görünüm olarak geleneksel, geçirimsiz asfalta çok benzemektedir. Şekil 2.19, bir yağış olayı sırasında normal asfalt ile gözenekli asfalt yüzey arasındaki sızma performanslarının farkını göstermektedir.



Şekil 2. 19 Bir yağış olayı sırasında normal asfalt ile gözenekli asfalt yüzey arasındaki sızma performanslarının farkı. Kaynak: Mullaney, J. ve Lucke, T. (2014). Practical Review of Pervious Pavement Designs. *Clean–Soil, Air, Water*, 42 (2), 111–124. <https://doi.org/10.1002/clen.201300118>.

- **Geçirimli beton:** Drenaj için boşluklar oluşturmak amacıyla karışımdaki ince tanelerin sayısının azaltılmasıyla üretilmektedir. Yüzde 15 ila 35 oranında birbirine bağlı boşluklara sahip yapısal bir kaplamadır. Geçirimli beton, geleneksel muadilinden daha kaba bir görünüme sahiptir (Şekil 2.20).



Şekil 2. 20 Geçirimli betonun standart betona karşı kesiti. Kaynak: Mazzuca, J. (2022, 5 Temmuz). *What Is Pervious Concrete?* Gambrick Construction. <https://gambrick.com/what-is-pervious-concrete/>.

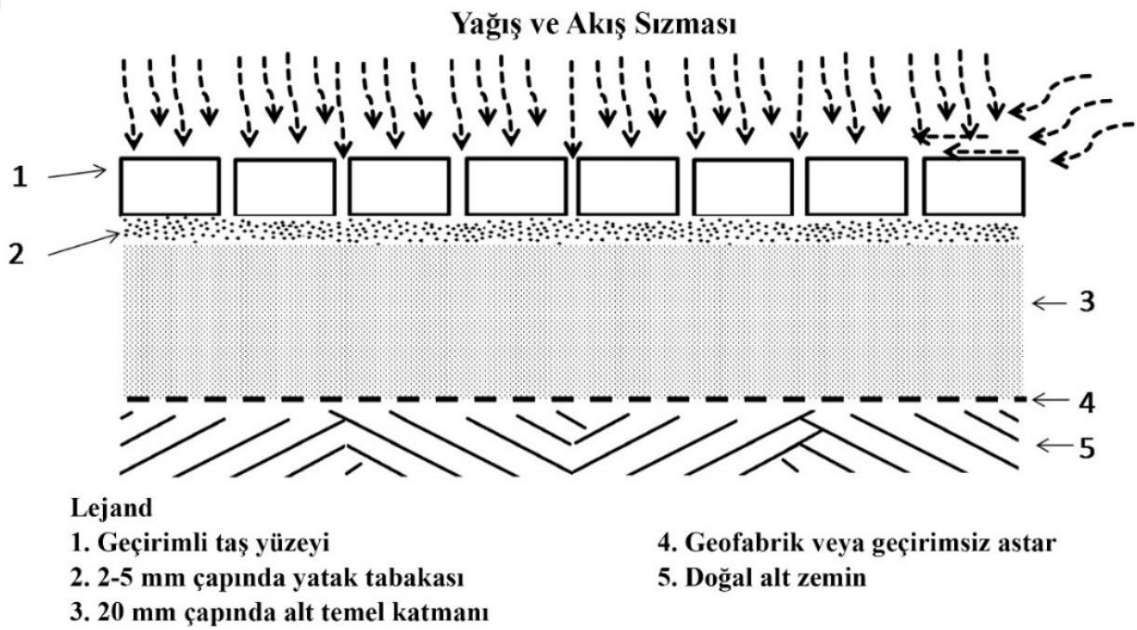
- **Geçirimli kaldırım taşları:** Çakıl gibi geçirgen bir malzeme ile doldurulabilen açıklıklara sahip birbirine kenetlenen birimlerdir. Kaldırım taşlarından ayrılması için çevresindeki yarıklar (Şekil A ve B) ya da yüzeyinde küçük açıklıklar içeren özel asfaltlama şekilleriyle (Şekil C) tasarlanmıştır (Şekil 2.21).



Şekil 2. 21 A) Çevresinde yarıklar olan geçirimli kaldırım taşı. Kaynak: URL10. (2023, 22 Ağustos). *Permeable Pavers*. Resilient East. <https://www.resilienteast.com/permeable-pavers>. B) Çevresinde yarıklar olan geçirimli kaldırım taşı. Kaynak: RI Lampus. (2022, 9 Ağustos). *Permeable Pavers*. R. I. Lampus Company. <https://www.lampus.com/Blog-Item->

Permeable-Pavers. C) Yüzeyinde küçük açıklıklar içeren geçirimli kaldırım taşı. Kaynak: URL11. (2023, 14 Eylül). *Permeable Pavers and Surfaces*. Arlington County Virginia. <https://www.arlingtonva.us/Government/Programs/Sustainability-and-Environment/Stormwater/Stormwater-Watersheds/Stormwater-at-Home/Permeable-Surfaces>.

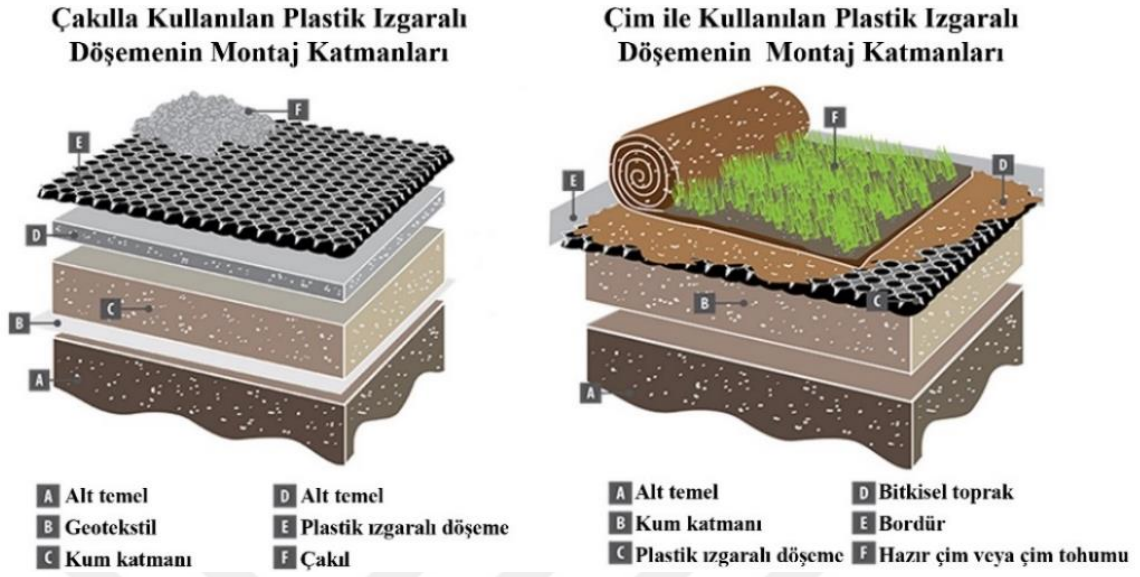
Arasındaki derzler geleneksel kaldırım taşlarında olduğu gibi kum veya diğer bağlayıcılarla doldurulmamaktadır. Genellikle kaldırım yatak tabakası için de kullanılan 2-5 mm'lik agrega ile doldurulmaktadır (Şekil 2.22). Bunun sebebi hızlı sızmayı teşvik etmektir. Bu üniteler genellikle estetik nedenlerden dolayı uygulanmaktadır. Özellikle plazalar, teraslar, konutların araba yolları ve küçük park alanları için çok uygundur.



Şekil 2. 22 Geçirimli kaldırım taşı sistem detayı. Kaynak: Lucke, T., White, R., Nichols, P. ve Borgwardt, S. (2015). A Simple Field Test to Evaluate the Maintenance Requirements of Permeable Interlocking Concrete Pavements. *Water*, 7 (6), 2542-2554. <https://doi.org/10.3390/w7062542>.

- **Beton ve plastik ızgaralı döşeme taşları:** Beton ızgaralı döşeme taşları kaldırım taşlarından çok daha büyüktür ve sızmayı teşvik etmek için daha fazla açık boş alana sahiptirler. Açık boşluk yüzdesi, beton ızgaralı olanlar için %20 ile %50 arasında ve plastik ızgaralıları için %90 ile %98 arasında (Şekil 2.23) değişirken, geçirimli

kaldırım taşları için %8 ile %20 arasındadır. Yağmur suyu, genellikle çakılla veya çim ekili üst toprakla dolu olan bu döşemelerdeki büyük boşluklardan sızmaktadır.



Şekil 2.23 Beton ve plastik ızgaralı döşemelerin montaj katmanları. Kaynak: URL12. (2024, 17 Ocak). *SurePave*. Cirtex. <https://cirtexcivil.co.nz/products/permeable-paving/surepave/>.

2.3. Dünyada Yağmur Suyu Yönetimi Örnekleri

Dünyada yağmur suyu yönetimi konusunda birçok çalışmaya imza atılmaktadır. Bunların bazıları daha lokal alanlarda küçük çalışmalardan oluşurken bazıları kentlerde tüm kente entegre edilmiş bir sistem şeklinde çalışmaktadır. Tüm kente entegre çalışmalar üreten kentler ve bu kapsamda yaptıkları yağmur suyu yönetim üniteleri bu başlık altında incelenmiştir.

2.3.1. Vancouver, Kanada

Yağmur, Vancouver'ın kimliğinin ayrılmaz bir parçasıdır ve günlük deneyimlerin çoğunu etkilemektedir. Ortalama olarak, 160 gün boyunca ve yılda 1200 – 1600 milimetre arasında yağmur yağmaktadır. Yağış hacminin yaklaşık %70'i hafif sağanak yağışlar (günde 24 mm'den az), %20'si yağmur fırtınaları (24-48 mm arası) ve %10'u aşırı yağmur fırtınalarıdır (günde 48 mm'den fazla) (Conger ve diğerleri, 2019).

Yağmur suyu yönetimi, kanalizasyon ve içme suyu sistemleri ile parklar, gelgit düzlükleri, bitki örtüsüyle kaplı tampon alanlar ve taşkın yatağı alanları gibi doğal alanların sağladığı hizmetler entegre bir şekilde kurgulanmıştır. Bu kurgu ile ilgili yapılan birçok çalışma bulunmaktadır. Bunlardan ikisi bu proje kapsamında incelenmiştir.

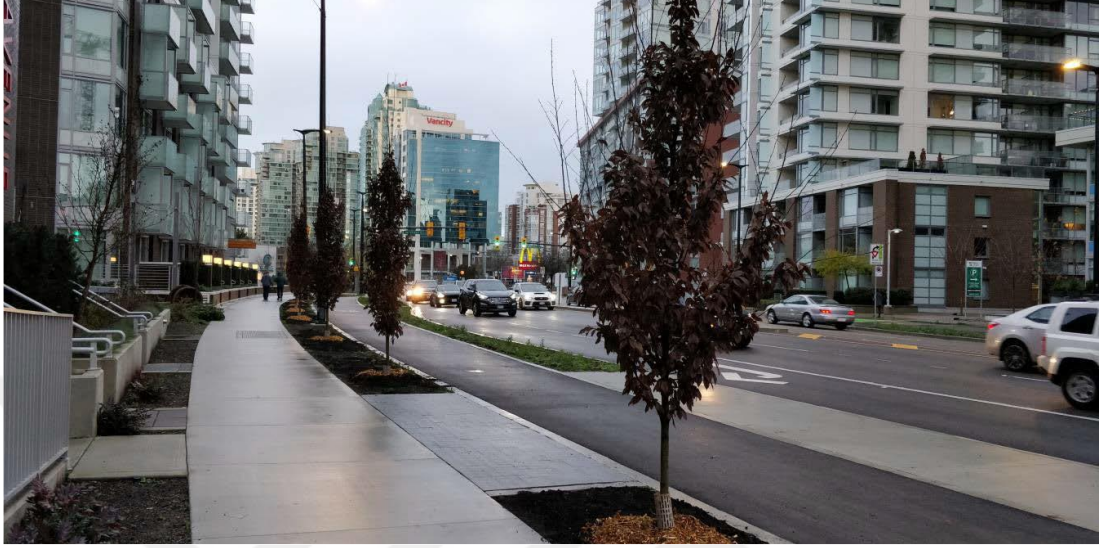
İlki Vancouver'ın Yukon Sokağında ve 63. Caddesinde biyolojik hendek kurulumudur (Şekil 2.24). Proje alanının altından geçen bir dere, alanın yağmur suyu yönetimi için kullanılmasına ilham kaynağı olmuştur. 2018 yılında inşa edilmiştir. Tasarımda ağırlıklı olarak kullanılan bitki türleri yerli türlerden oluşmaktadır. Uygulamanın performansını ve dayanıklılığını artırmak için yerli olmayan türlerle de desteklenmektedir. Projede 102 m²'lik özel biyolojik muhafaza sistemleri bulunmaktadır. Uygulamalar, yağmur suyu akışlarının tasarım kapasitesini aşması durumunda arıza emniyetlerini de içermektedir. Yollar ve kaldırımlar olmak üzere 1.170 m²'den fazla geçirimsiz bitişik alandan kentsel yağmur suyu akışını yönetmektedir (Conger ve diğerleri, 2019).



Şekil 2. 24 Vancouver'ın Yukon Sokağında ve 63. Caddesinde biyolojik hendek kurulumu. Kaynak: Conger, T., Couillard, A., Hoog, W., Despins, C., Douglas, T., Gram, Y., Javison, J., Lukes, R., Owen, C., Pollard, M., Satzewich, J. ve Scholefield, M. (2019). *Rain City Strategy*. City of Vancouver. <https://vancouver.ca/home-property-development/green-rainwater-infrastructure-policies-and-reports.aspx>.

İkincisi, yağmur suyu ağaç kanallarıdır (Şekil 2.25). Vancouver'ın kentsel ortamında çok yönlü yeşil yağmur suyu altyapı ünitelerini oluşturmaktadır. Geleneksel bir sokak ağacı ile aynı görünmektedir. Fakat yer altında oluşturulan hendekler, kaplamalı yüzeylerin altındaki ağaç kökleri için sıkıştırılmamış toprak hacmi oluşturmakta ve yukarıdaki kaplama için de yapısal destek sağlamaktadır. Bu da ağacın tam büyüme sürecini tamamlamasına ve daha uzun yaşamasına olanak tanımaktadır. Ayrıca kentsel yağmur suyu akışı toprağa ve toprak hücresi hendeklerine yönlendirilmektedir. Filtreleme, sızma ve ağaç alımı yoluyla kentsel yağmur suyu akışı arıtılmakta ve kanalizasyon ve drenaj sistemine girmesi

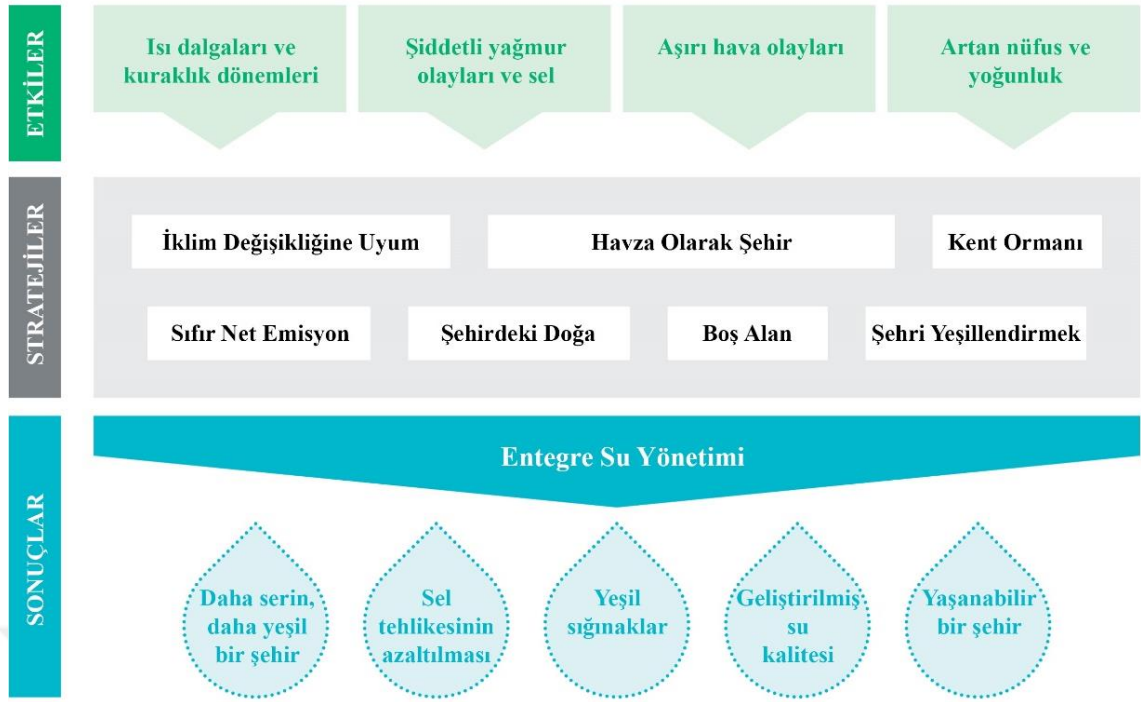
önlenmektedir. Sokaklar, otoparklar, kaldırımlar, plazalar ve çatılar gibi bitişik geçirimsiz alanlardan kentsel yağmur suyu akışını kabul etmektedir. Aşırı yağmur olaylarından kaynaklanan aşırı akış, bir baypas sistemi aracılığıyla kanalizasyona ve drenaja yönlendirilmektedir.



Şekil 2. 25 Quebec Sokağında ve 1. Caddesinde yağmur suyu ağaç hendekleri. Kaynak: Conger, T., Couillard, A., Hoog, W., Despins, C., Douglas, T., Gram, Y., Javison, J., Lukes, R., Owen, C., Pollard, M., Satzewich, J. ve Scholefield, M. (2019). *Rain City Strategy*. City of Vancouver. <https://vancouver.ca/home-property-development/green-rainwater-infrastructure-policies-and-reports.aspx>.

2.3.2. Melbourne, Avustralya

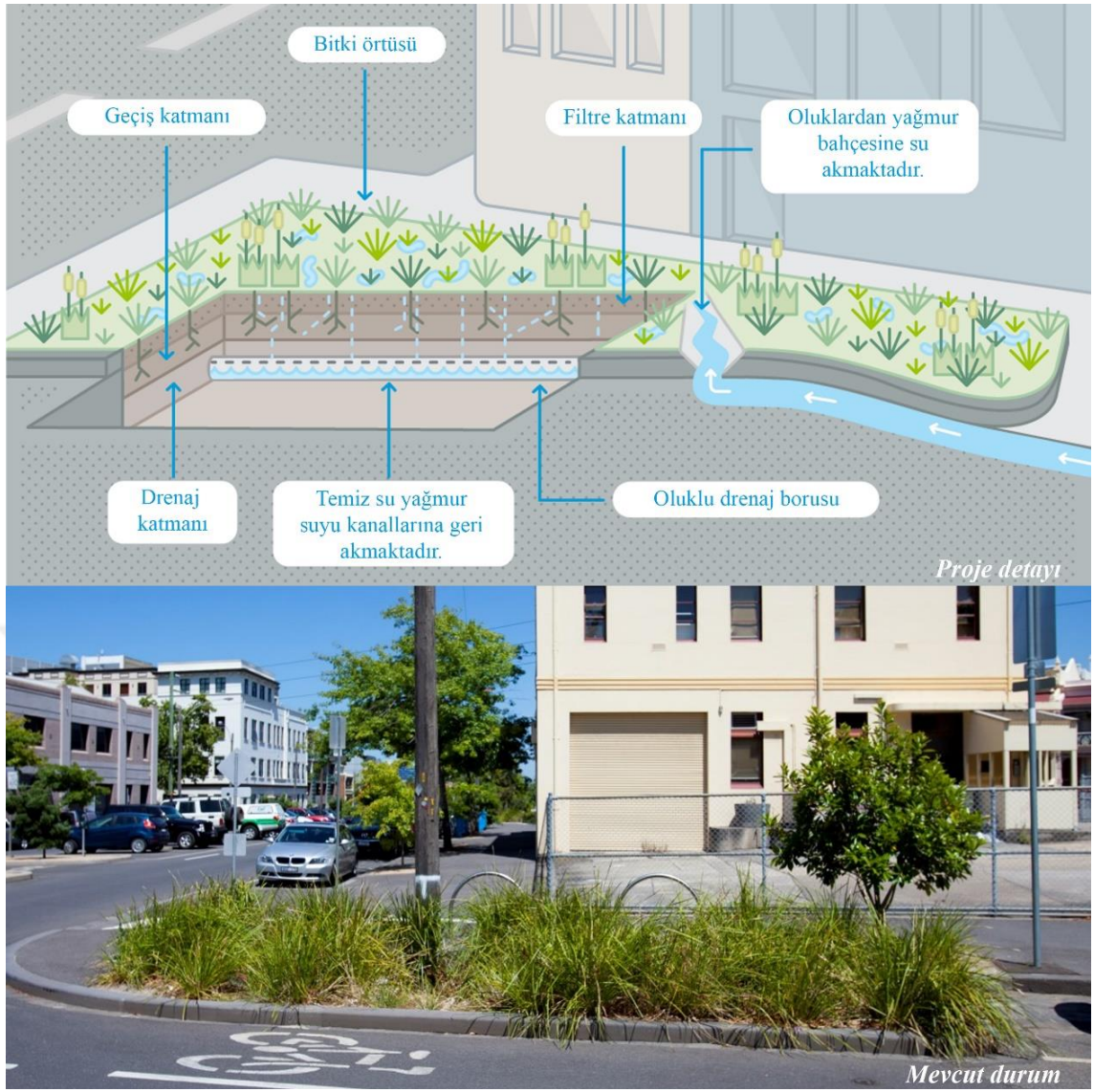
Melbourne şehrinde entegre su yönetimi (Şekil 2.26) uygulanmaktadır. Yağmur suyu, atık su ve yeraltı suyu dahil olmak üzere su döngüsünün tüm bileşenleri koordineli olarak bu yönetim içerisinde ele alınmaktadır (City of Melbourne, 2017). Uygulanan yağmur suyu toplama sistemleri ile su yollarındaki kirlilik ve sel etkileri azaltılmaktadır. İyileştirilmiş toprak yönetimi ile infiltrasyon artırılmakta, yağışlar optimize edilmektedir. Böylece sulama da azaltılmaktadır. Çoğunlukla yağmur suyu tankları kurularak uygulanan Melbourne Planlama Programı aracılığıyla yağmur suyu yönetiminin zorunlu kılınmaktadır. Aynı zamanda bölgede yaşayanların bu konuda bilinçlenmesini sağlamaktadır.



Şekil 2. 26 Melbourne Şehri Entegre Su Yönetimi yaklaşımının sonuçları. Kaynak: City of Melbourne. (2017). *Municipal Integrated Water Management Plan*. The City of Melbourne. <https://www.melbourne.vic.gov.au/about-council/vision-goals/eco-city/Pages/municipal-integrated-water-management.aspx>.

2.3.2.1. Howard Caddesi Yağmur Bahçeleri

Howard Caddesi, William Caddesi ile Rosslyn Caddesi arasında aşağıya doğru eğimli olarak bulunmaktadır (Şekil 2.27). Yağmur yağdığında, bahçeler yoldan akan suyu yağmur suyu kanallarına girmeden önce yakalamaktadır. Su, öncelikle birikmekte sonra yavaş yavaş kumlu topraktan aşağıya doğru süzülmetedir. Uygulamada sulak alan otları ekilmiştir. Yüzeyin altında birkaç katmandan oluşmaktadır. Bunlar yağmur suyundaki çöp ve kirliliği gidermek için tasarlanmıştır. Tasarım sayesinde su yollarına giren yağmur suyunun hacmi ve ve fosfor seviyeleri azalmıştır. Bu faydalara ek olarak insanlar ve çevre için daha iyi, daha yeşil bir sokak manzarası oluşturmuştur (Urban Water, 2024a).



Şekil 2. 27 Howard Caddesi yağmur bahçesi. Kaynak: Urban Water. (2024a, 21 Ocak).
Howard Street raingardens. Urban Water.
<https://urbanwater.melbourne.vic.gov.au/projects/raingardens/howard-street/>.

2.3.2.2. Trin Warren Tam-boore Sulak Alanı

Trin Warren Tam-boore sulak alanı, Melbourne şehir merkezinin dört kilometre kuzeyindeki Royal Park'ta inşa edilmiştir (Şekil 2.28). Beş hektarlık sulak alan, çevredeki banliyölerden yağmur suyunu almakta, temizlemekte ve parkın sulanması için depolamaktadır. Sistem, birbirine bağlı iki gölet veya sulak alandan oluşmaktadır. Bu sulak alanlardan biri “S” şeklinde bir tedavi sulak alanıdır. Diğeri ise daha büyük ölçülerde bir depolama sulak alanıdır. Bu sulak alanlar bölgeye birçok katkı sağlamıştır (Urban Water, 2024b):

- Körfezlere giren yağmur suyu kirleticileri ve yüzey akış seviyeleri azalmıştır.

- Sulama için içme suyuna olan ihtiyaç azalmıştır. Sistem yılda 160 megalitreye kadar yağmur suyu tutmaktadır. Bu da parkın sulama ihtiyacının yüzde 89'unu sağlamaktadır.
- Çeşitli farklı habitatlar yaratılmıştır.
- Spor sahalarının tüm yıl boyunca yeşil kalmasını sağlanmıştır.
- Toplumun kullanımı için bir alan oluşturulmuştur. Tahta kaldırımlar, patikalar ve açıklayıcı tabelalar insanların manzarayla bağlantı kurmasına olanak tanımıştır.

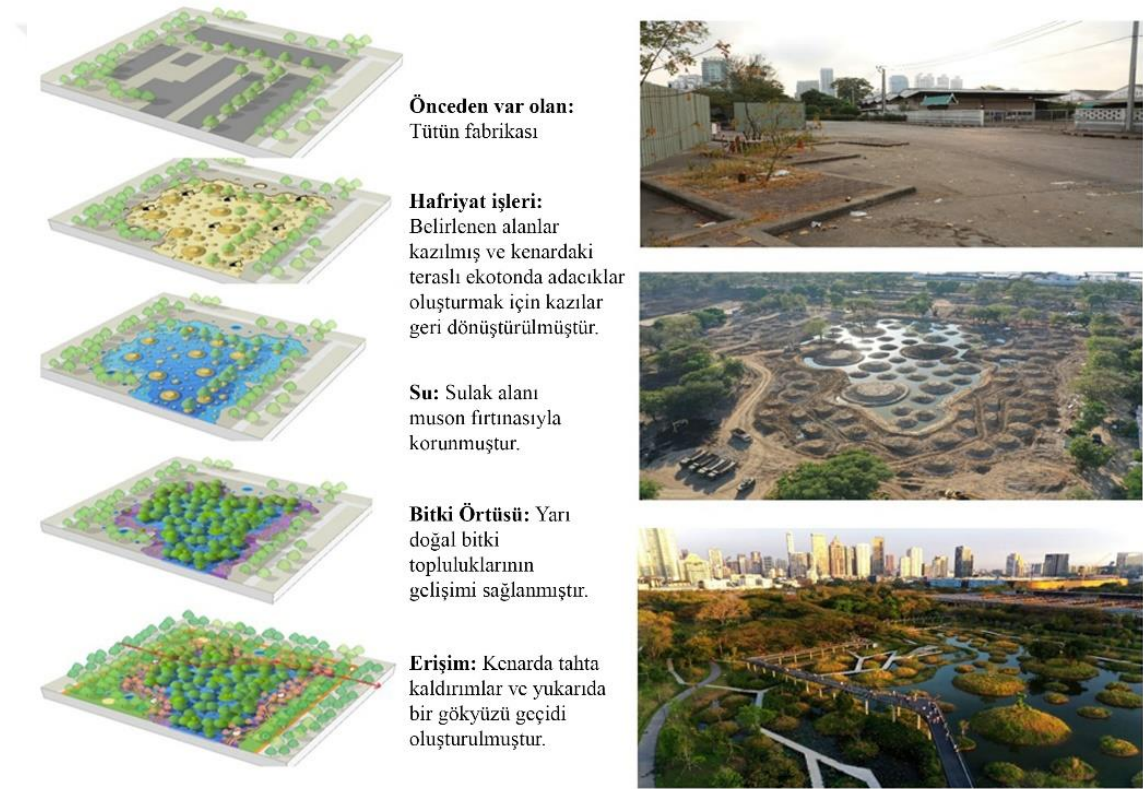


Şekil 2. 28 Trin Warren Tam-boore sulak alanı. Kaynak: Urban Water. (2024b, 21 Ocak).
 Trin Warren Tam-boore wetland. Urban Water.
<https://urbanwater.melbourne.vic.gov.au/projects/wetlands/wetlands-sample-project/>.

2.3.3. Bangkok, Tayland

2.3.3.1. Benjakitti Orman Parkı

Bangkok'un alçak rakımı ve yetersiz drenaj altyapısı küresel ısınmanın etkileriyle birleşince riskini artmıştır. Şiddetli sağanak yağışlarla birlikte kentsel akışın drenaj sistemleri aşırı dolmuş ve bu da şehrin büyük bir kısmını etkileyen şiddetli su baskınlarına neden olmuştur. Bangkok'un kent merkezinde bulunan çalışma eski bir tütün fabrikası alanına yapılmıştır (Şekil 2.29). Alan, yağmur suyunu yavaşlatıp yıkıcı gücünü azaltan, kirlenmiş suyu filtreleyen ve az bakım gerektiren bir sistem ile oluşturulmuştur. Bu sistem sayesinde yaban hayatına da yaşam alanı sağlanmıştır (URL13, 2024).



Şekil 2. 29 Benjakitti Orman Parkı projelendirme aşamaları. Kaynak: URL13. (2024, 6 Şubat). *Benjakitti Forest Park*. TURENSCAPE. <https://divisare.com/projects/433738-turenscape-sanya-mangrove-park>.

Proje, beton döşemeli bir zemine sahip olan alanı geniş bir yelpazede ekosistem hizmetleri sağlayan dayanıklı bir ekosisteme dönüştürmüştür (Şekil 2.29). Bu dönüşüm ilk önce adacıklarla noktasal sulak alanlar oluşturmak amacıyla kazılıp diğer alanlara

doldurulma işlemi ile başlamıştır. Yüzlerce mini ada ile oluşturulmuş üç inşa edilmiş sulak alan, geçirimsiz zemini 200.000 m³'e kadar tutması beklenen süngerimsi ve gözenekli bir manzaraya dönüştürmüştür (Şekil 2.30). Bu işlenmiş arazi aynı zamanda normalde sert olan killi yüzey toprağını ıslak ve süngerimsi bir yaşam alanına dönüştürerek, kurak mevsimde minimum sulama veya bakım ihtiyacıyla zengin bir yerli bitki topluluğunun yerleşmesine olanak tanımıştır.

Üç ana sulak alanın her biri iki derinliğe sahip olacak şekilde tasarlanmıştır: sığ, teraslı bir kıyı şeridi ve daha derin bir çekirdek alanı. Teraslı kıyı şeridi, parkın kuzey ve batı kenarı boyunca inşa edilen, kanaldaki kirli suyu filtreleyen doğrusal bir su kalitesi iyileştirici sulak alana bağlıdır ve kanaldan gelen 8.152 m³ suyun kalitesini iyileştirebilmektedir (URL13, 2024).



Şekil 2. 30 Benjakitti Orman Parkı. Kaynak: URL13. (2024, 6 Şubat). *Benjakitti Forest Park*. TURENSCAPE. <https://divisare.com/projects/433738-turenscape-sanya-mangrove-park>.

2.3.4. Kopenhag, Danimarka

Kopenhag, en büyüğü Temmuz 2011'de olmak üzere çok sayıda şiddetli yağış olayına maruz kalan bir liman kentidir. Yaşanan seller birçok hasara sebep olmuştur ve iklim tahminleri gelecekte daha da büyük olaylar olacağını öngörmektedir (Şekil 2.31). Vatandaşları ve işletmeleri iklim değişikliğinin etkilerinden korumak, aynı zamanda artan nüfus için yüksek kalitede içme suyu sağlamaya devam etmek su ile ilgili kaygıları oluşturmaktadır.



Şekil 2. 31 Kopenhag'ta yaşanan seller. Kaynak: The City of Copenhagen, (2012). *Cloudburst Management Plan 2012*. Technical and Environmental Administration, The city of Copenhagen. https://en.klimatilpasning.dk/media/665626/cph_-_cloudburst_management_plan.pdf.

Kopenhag, İklim Uyum Planı ve 2011'de başlatılan yeni Bulut Patlaması Yönetim Planı (CMP) yoluyla iklim değişikliğinin etkilerini ele alınmıştır (The City of Copenhagen, 2012).

Bu plan, 100 yıllık bir fırtına için dünyanın ilk şehir çapında kontrollü yağmur suyu planı olarak ifade edilmektedir. CMP, yağmur suyunu toplayan, geciktiren ve limandaki son çıkışlara yönlendirerek kanalizasyona girişi önleyen çözümlerle şehirdeki yağmur suyunu yönetmek için altyapı seviyeleri önermektedir. Kopenhag, gösteri alanları ve yerel paydaşlarla birlikte yaratım yoluyla şehrini su geçirmez hale getirmek için büyük adımlar atmaktadır (IWA, 2024).

2.3.4.1. Østerbro İklim Değişikliğine Uyumlu Mahalle Örneği

Çalışma alanı Kopenhag'ın kuzeyinde, Østerbro'daki St. Kjelds mahallesinde yer almaktadır. Mahalle toplam 270.000 m² alana sahiptir. Yerel yönetim, 2011'deki şiddetli yağışlardan sonra iklim değişikliğinin getirdiği zorluklarla mücadeleye yoğunlaşmış ve bu konuda çalışmalara başlamıştır. Çalışmaların amacı, Østerbro'yu Kopenhag'ın en iyi yeşil alanlarından birine dönüştürürken, Danimarka'da son birkaç yılda aşırı hava koşullarının getirdiği yüksek yağış seviyelerine yanıt olarak altyapıyı iklim değişikliğine karşı daha

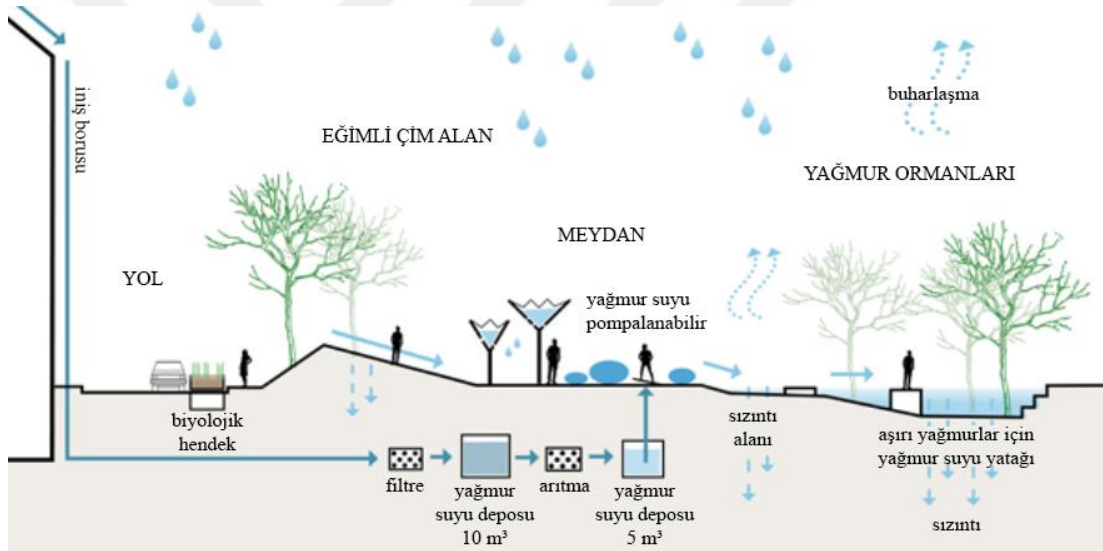
dirençli hale getirecek şekilde geliştirmektir. Proje ile 50.000 m² yeşil alan oluşturacaktır. Oluşturulan yeşil alan ile birlikte yağmur suyunun %30'unun kanalizasyon şebekesinden bağlantısının kesilmesi planlanmaktadır (Xu ve diğerleri, 2021). Kopenhag Belediyesi, kent sakinlerinin kentsel alanın gelişim ve planlama sürecine dahil edilmesinin, kentsel alanı bölgenin özel koşullarına ve yaşamına uyarlayacağını düşünmektedir. Bu yüzden proje boyunca röportajlar, anketler, bitki dikme etkinlikleri, çalıştaylar ve proje panelleri aracılığıyla halkın katılımı da sağlanmıştır. Böylece projenin uygulanması daha işbirlikçi olmuş ve projenin daha sonraki sağlıklı gelişimi için topluluk sakinlerinin bakım ve yönetime katılımı teşvik edilmiştir. Projenin temel amacı, çatı yağmur suyu toplama ve yer altı su depolama sistemleri gibi yağmur suyu arıtma tesisleri ve yeşil tutma alanları ile kamusal alanları iklime uyumlu yeşil alanlara dönüştürmektir. Proje, iklime uyumlu meydanları ve sokak kenarındaki birkaç küçük yeşil alanın yanı sıra yeşil çatılar, yağmur bahçeleri ve diğer mikro-mavi-yeşil altyapı projelerinden oluşmaktadır. Programın tamamı, yağmur suyunu geciktirme ve buharlaştırma, toplama ve yeniden kullanma yoluyla yönetmek, doğal kentsel alanlar oluşturmak ve aynı zamanda yağmur suyunu sokak düzeyinde daha doğal ve verimli bir şekilde yönetmek için yeşil çatılar, yağmur bahçeleri ve diğer alıkoyma tesislerinden yararlanmaktadır. Aynı zamanda mahallenin biyolojik çeşitliliğini ve bölge sakinlerinin yaşam kalitesini arttıracaktır (Xu ve diğerleri, 2021).

Tåsinge Meydanı mahallenin ilk projesidir (Şekil 2.32). Batı kısmında eğimli bir çimenlik, ortada bir aktivite alanı ve doğuda yağmur ormanından oluşmaktadır.



Şekil 2. 32 Tåsinge Meydanı. Kaynak: IWA. (2024, 14 Şubat). *City Water Stories: Copenhagen*. International Water Association. <https://iwa-network.org/city/copenhagen/>.

Batıdan doğuya doğru tüm arazide bir eğim oluşturularak yağış sırasında meydanadaki yağmur suyunun doğu tarafındaki alçak yağmur ormanlarında toplanması sağlanmıştır (Şekil 2.33). Bu yağmur ormanı, neme dayanıklı bitki topluluklarının ekildiği, farklı derinlik ve boyutlarda üç batık yeşil alandan oluşmaktadır. Ortadaki aktivite alanında ise su damlası heykeli, şemsiye heykeli ve pompalama tahtası ile dinlenme alanları oluşturulmuştur. Heykellerin altında yağmur suyunun filtrelenmesi ve arıtılması ile depolama tesisleri yer almaktadır. Çevre mahallelerin çatılarından gelen yağmur suları buraya yönlendirilerek toplanmaktadır. Bu arada, pompalama tahtası cihazı çocukların oynamasına ve arıtılmış yağmur suyunu yer altı depolama tankından yüzeye pompalamasına ve burada yüzeydeki küçük kanallar tarafından yağmur ormanına yönlendirilmesine olanak tanımaktadır. Bu süreçte sahadan yaklaşık 7.000 m² yağmur suyu geciktirilmekte ve sızdırılmaktadır (Klimakvarter, 2024).



Şekil 2. 33 Tåsinge Meydanında uygulanan yağmur suyu üniteleri. Kaynak: Klimakvarter. (2024, 15 Şubat). *Tåsinge Plads* [Broşür]. https://klimakvarter.dk/wp-content/uploads/2015/06/Tåsingeplads_pixi_2015_UK_WEB.pdf.

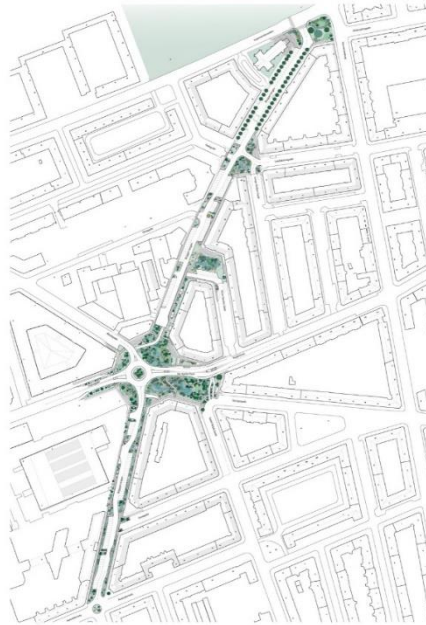
2.3.4.2. Sankt Kjeld's Meydanı ve Bryggervangen

St. Kjelds Meydanında trafiğin rekreasyon alanları ile iyi etkileşim içinde işlediği bir sistem oluşturulmuştur. Proje, biyolojik çeşitliliği arttırmayı, trafiği, hava kirliliğini ve kentsel ısı adası etkisini azaltmayı amaçlamaktadır (SLA, 2024).



Şekil 2. 34 Sankt Kjeld's Meydanı ve Bryggervangen. Kaynak: SLA. (2024, 16 Şubat). *Sankt Kjeld's Square & Bryggervangen*. SLA Architects. <https://www.sla.dk/cases/sankt-kjelds-square-and-bryggervangen/>.

Özel olarak tasarlanmış çok sayıda yeşil kentsel alanda yağmur suyunu tutarak ve geciktirerek 34.900 metrekairelik alanı (Şekil 2.35) su baskınlarına karşı güvence altına almaktadır (LILA, 2024).



Şekil 2. 35 Proje çalışma hattı. Kaynak: LILA. (2024, 16 Şubat). *Sankt Kjelds Square and Bryggervangen by SLA*. Landezine International Landscape Award. <https://landezine-award.com/sankt-kjelds-square-and-bryggervangen/>.

48 yerel türden 586 yeni ağaç, projenin en büyük sağanak yağış olaylarını bile karşılamasını sağlayan yeşil yağmur bahçeleri ağı oluşturacak şekilde dikilmiştir. Sağanak yağmurlar vurduğunda, yağmur suyu ağaçlara ve yağmur bahçelerine yönlendirilecek ve bir boru hattı aracılığıyla Kopenhag limanına doğru sızacaktır (LILA, 2024).

2.3.5. Berlin, Almanya

Berlin'de sürekli nüfus artışı ile birlikte inşaat faaliyetleri de artış göstermiştir. Yeni kentsel bölgelerin gelişmesi toprak sızdırmazlığında artışa yol açmıştır. Buna bağlı olarak yeşil ve nadasa bırakılan alanların kaybı, yağmur suyunun çoğunluğunun doğal olarak buharlaştığı su döngüsünü bozmuştur. 2017 yılında Berlin Temsilciler Meclisi, iklim adaptasyonunun etkili bir parçası olarak merkezi olmayan yağmur suyu yönetimini teşvik etmeye karar vermiştir (Berliner Regenwasseragentur, 2024a). Bu amaçla yeni yerleşim alanlarının planlama aşamasından itibaren merkezi olmayan yağmur suyu yönetimine uygun hale getirilmesi koşulu getirilmiştir. Bunun yanında yağmur suyu yönetimi ile ilgili konuları takip edecek Berlin Yağmur Suyu Ajansı (Berliner Regenwasseragentur) kurulmuştur (Berlin.de, 2024). Ajans çeşitli bölgelerde konu ile ilgili çalışmalara başlamıştır.

2.3.5.1. Prenzlauer Berg'deki Waldorf Okulu

Çalışma gerçekleştirilmeden önce yoğun yağmur yağdığında tamamen asfaltlanan okul bahçesinde büyük bir su birikintisi toplanmaktaymış. Bu konuya çözüm oluşturabilmek adına okul arazisinde geniş yeşil çatılar, geçirimli yüzeyler, ekili oyuklardan sızma, içi boş hendekler ve iki dolgu hendeği ile geniş bir yelpazede önlemler uygulanmıştır (Berliner Regenwasseragentur, 2024b):

- Hendek inşa etmek için üç metreden fazla asfalt, moloz, beton ve hatta eski parke taşları kazılmış ve yerine yeni toprak konmuştur (Şekil 2.36).



Şekil 2. 36 Prenzlauer Berg'deki Waldorf Okulu. Kaynak: Berliner Regenwasseragentur. (2024b, 16 Şubat). *Waldorfschule am Prenzlauer Berg*. Berliner Regenwasseragentur. <https://regenwasseragentur.berlin/projekte/waldorfschule-am-prenzlauer-berg/>.

- Asfalt yol okul bahçesine, okul binasına ve okul sonrası bakım merkezine gitmekte ve itfaiye erişimi buna paralel olarak uzanmaktadır. Bu alanlardan çok sayıda yatak veya yeşil alandan birine akmayan yağmur suyu, bir oluk içinde toplanmakta ve meydanın altındaki büyük bir dolgu hendeğine boşaltılmaktadır. Meydanın kendisi, yağmur suyunun bir kısmının zaten sızdığı, suyla sınırlı bir yol yüzeyinden oluşmaktadır.
- Okul sonrası bakım tesisi üzerinde yeşil çatılar oluşturulmuştur (Şekil 2.37). Buharlaşmayan yağmur suyu, ortadaki çimenliğin altındaki başka bir dolgu hendeğine yönlendirilmekte ve burada yavaş yavaş sızmaktadır.



Şekil 2. 37 Okul sonrası bakım tesisi üzerinde yeşil çatılar. Kaynak: Schmidt, G. (2024, 15 Şubat). *After-School Care Centre Waldorf School / MONO Architekten*. Archdaily. <https://www.archdaily.com/932433/after-school-care-centre-waldorf-school-mono-architekten/5e28a5e43312fda1ba0001ef-after-school-care-centre-waldorf-school-mono-architekten-photo>.

Yaklaşık 3.950 m² arazi alanının 3.200 m²'si asfalt kaplama yerine ekolojik açıdan etkili alanlara dönüştürülmüştür. Böylece 2.000 m³ yağmur suyu, kanalizasyon sistemine akmak yerine her yıl sahada yönetilmektedir. Aynı zamanda okulda eğitim gören çocukların doğa ile ilişki kurması ve yağmur suyu süreçlerini takip etmesini sağlamaktadır (Berliner Regenwasseragentur, 2024b).

2.3.5.2. Roof Water Farm

Atık su arıtma teknolojisini gıda üretimiyle “kapalı döngü kentsel tarım yaklaşımı” olarak birleştirmektedir. Binalara entegre edilebilecek su bazlı tarım stratejileri üzerinden ilerlenmiş bir çalışmadır. Berlin şehir merkezinde kentsel araştırma ile ilgilenen yenilikçi bir laboratuvardır (Şekil 2.38) (Roof Water Farm, 2024).



Şekil 2. 38 Roof Water Farm. Kaynak: Roof Water Farm. (2024, 16 Şubat). *Über uns*. Roof Water Farm. <http://www.roofwaterfarm.com/en/ueber/>.

Bu projede yağmur suyu ve gri su için merkezi olmayan su arıtma teknolojisi ile bağlantılı olarak su bazlı bitki ve balık üretimine yönelik yetiştirme teknolojileri kullanılmaktadır. Topraksız tarım için kentsel sıvı gübre edilerek çalışmalar yapılmaktadır. Aynı zamanda yağmur suyunun kullanılması, buharlaştırılması ve sızmasına yönelik bir tasarım görevi de bulunmaktadır. Bu çalışmalar halkla birlikte yürütülmektedir (Şekil 2.39). Bu yüzden öğretici bir özelliği de bulunmaktadır.



Şekil 2. 39 Halkla birlikte yapılan kurslar. Kaynak: Roof Water Farm, 2024 Roof Water Farm. (2024, 16 Şubat). *Über uns*. Roof Water Farm. <http://www.roofwaterfarm.com/en/ueber/>.

BÖLÜM 3

3. MALZEME VE YÖNTEM

Bu bölümde çalışma alanı olarak belirlenen Maslak Mahallesi hakkında genel bilgiler verilmekte ve çalışma yönteminin detayları sunulmaktadır.

3.1. Malzeme

Çalışma alanı olarak İstanbul kentinin Sarıyer içerisinde yer alan Maslak Mahallesi seçilmiştir. Çalışma alanının seçilmesinin nedenlerinin başında “Maslak” kelimesinin anlamı ve anlamına ters düşen mevcut durumu gelmektedir. Sevan Nişanyan’ın Kelimebaz (2009) adlı eserinde semtin isminin, "içme suyu kanalı, su yolu üzerindeki küçük havuz veya yalak" anlamına gelen maslak kelimesinden türediğini, kente Büyükdere'deki bentlerden künklerle getirilen suyun dağıtım ve denetiminin yapıldığı yer olduğundan bu adı aldığını belirtmiştir. Suyun dağıtım ve denetim noktası ismiyle anılan Maslak yıllar içerisinde geçirimsiz yüzeylerin artış gösterdiği bir alana dönüşmüştür. Geçirimsiz yüzeylerin artış göstermesinin yanı sıra içerisinde orman alanını da barındırmaktadır. Bu da araştırma sonuçlarında orman alanlarının kent üzerindeki etkisini incelemek adına Maslak’ın tercih edilme sebeplerinden biridir.

3.1.1. Araştırma Alanının Biyofiziksel Özellikleri

3.1.1.1. Coğrafi Konum

İstanbul, birçok medeniyete ev sahipliği yapmış Avrupa ve Asya arasında köprü görevi gören, Türkiye’nin en çok göç alan ve en kalabalık nüfusa sahip olan kentidir.

Araştırma alanı olan Maslak, İstanbul'un Sarıyer ilçesine bağlı bir mahalledir (Şekil 3.1).

Maslak coğrafi konumu 41° 6' 29" Kuzey ile 29° 1' 5" Doğu gps koordinatlarıdır. Alanın toplam yüzölçümü yaklaşık 6,1 km²'dir.



Şekil 3. 1 Maslak'ın konumu.

Sarıyer'in Ayazağa, Derbent (Çamlıtepe), Darüşşafaka, Huzur, Reşit Paşa, Pınar ve PTT Evleri mahalleleri ile komşudur.

3.1.1.2. Jeomorfoloji ve Jeolojik Yapı

Sarıyer ilçesi, Çatalca Yarımadası'nın en doğu kesiminde yer alan sırtın İstanbul Boğazı'na, kuzeyde Karadeniz'e doğru alçalan bölümlerden oluşmaktadır. Sarıyer ilçesinin güneyinin merkezinde yer almaktadır.

İstanbul ili jeoloji haritasına göre (Talay ve diğerleri, 2017);

- Ct, Trakya formasyonu

Kumtaşı, miltaşı, şeyil, çakıltası türünden kırıntılı kayaların sıralanmasından oluşmaktadır. Alt kesimlerinde, değişen kalınlıkta kireçtaşı ara katkı ve mercceklerini kapsamaktadır.

- Dpk, Pendik formasyonunun Kartal üyesi

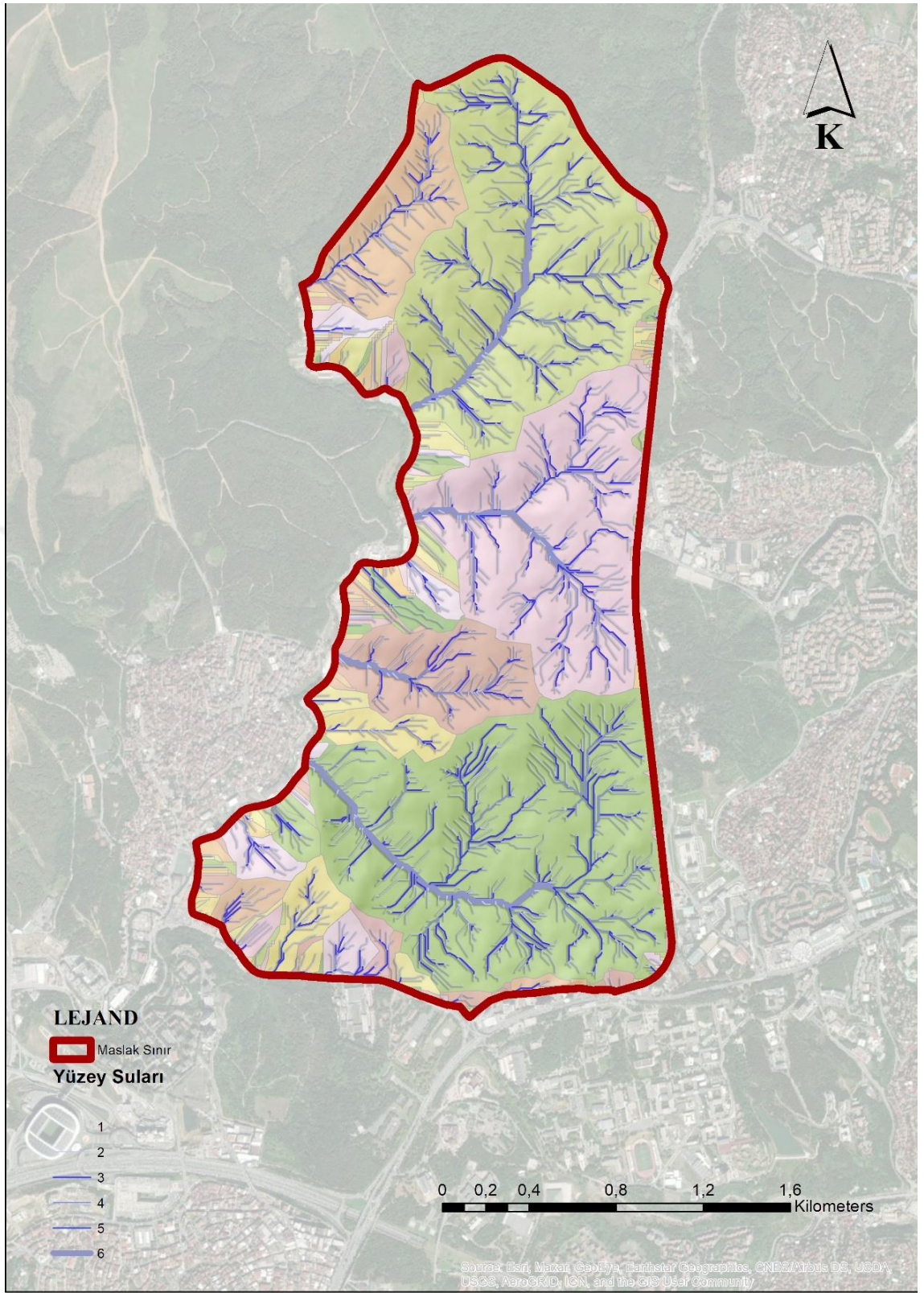
Büyük bir kısmı mika pullu, kil-mil boyu ince kırıntılı kayaçlardan oluşmaktadır. Formasyon alttan üste doğru başlıca kara-koyu kül rengi, yer yer koyu yeşilimsi, ayrıışmış boz-açık kahverengi, bol mikalı ince kırıntılılardan oluşan Kartal Üyesi (Dpk), değışen oranda kireçli kıltaşı-killi kireçtaşı-kireçtaşından oluşan Kozyatağı Üyesi (Dpk) birimlerini kapsamaktadır.

Pendik Formasyonu'nun büyük bölümünü oluşturan kara-koyu kül rengi, bol makrofosil kavkılı, bol mika pullu, kil, mil, ince kum boyu ince gereçli tek düze kırıntılı kayaçlar, karadan getirimin bol ve organik işlevlerin yoğun olduğı, düşük enerjili ortam koşullarını yansıtmaktadır.

3.1.1.3. Hidrolojik Yapı

Hidrolojik yapının daha iyi algılanması için daha geniş alanlar üzerinden de değıerlendirme yapılması önemlidir. Bu yüzden Maslak'ın içerisinde bulunduğı Sarıyer ilçesi genelinde de bir değıerlendirme yapılmıştır. Büyük akarsu sistemi bulunmamaktadır. Fakat eski dönemlerde İstanbul'un su ihtiyacının büyük bir bölümünü karşılamıştır. Sarıyer'de büyük küçük boyutlarda birçok dere bulunmaktadır.

Sarıyer'den Maslak özeline değıerlendirme yapılarak Maslak yüzey suları ve alt havzaları haritalanmıştır. Maslak 280 alt havzadan oluşmaktadır. Yüzey suları, 6 kademeye kadar dallanmaktadır (Şekil 3.2).

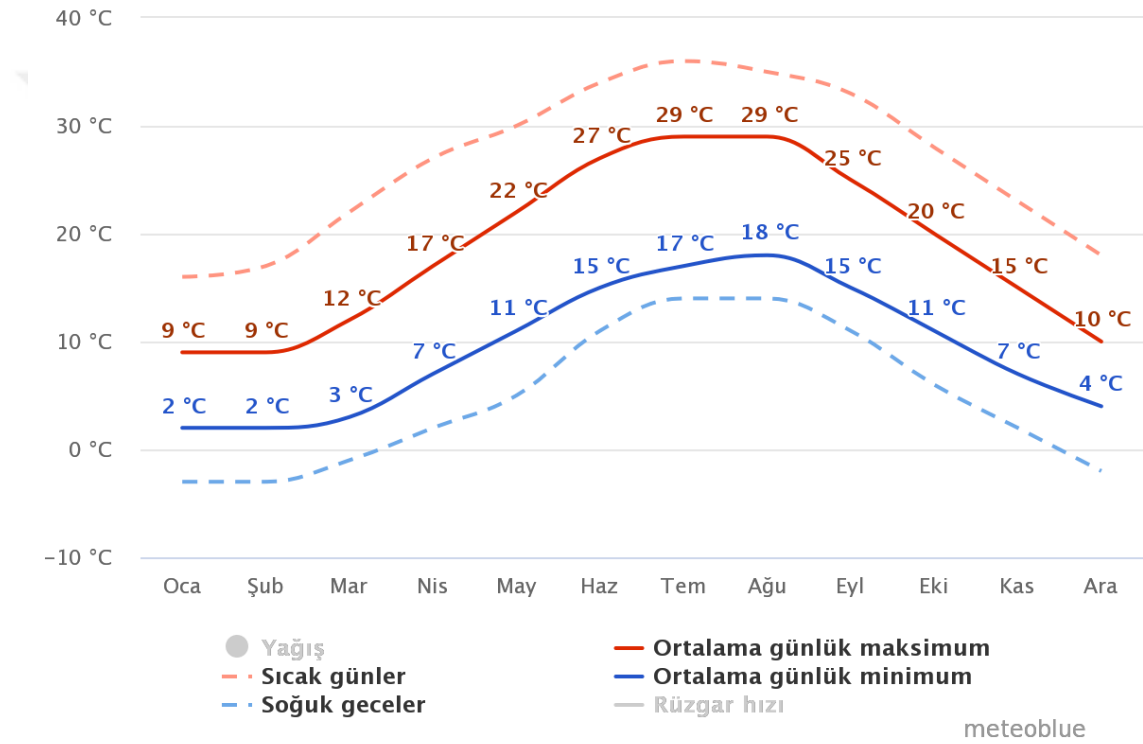


Şekil 3. 2 Maslak'ın yüzey suları.

3.1.1.4. İklim Özellikleri

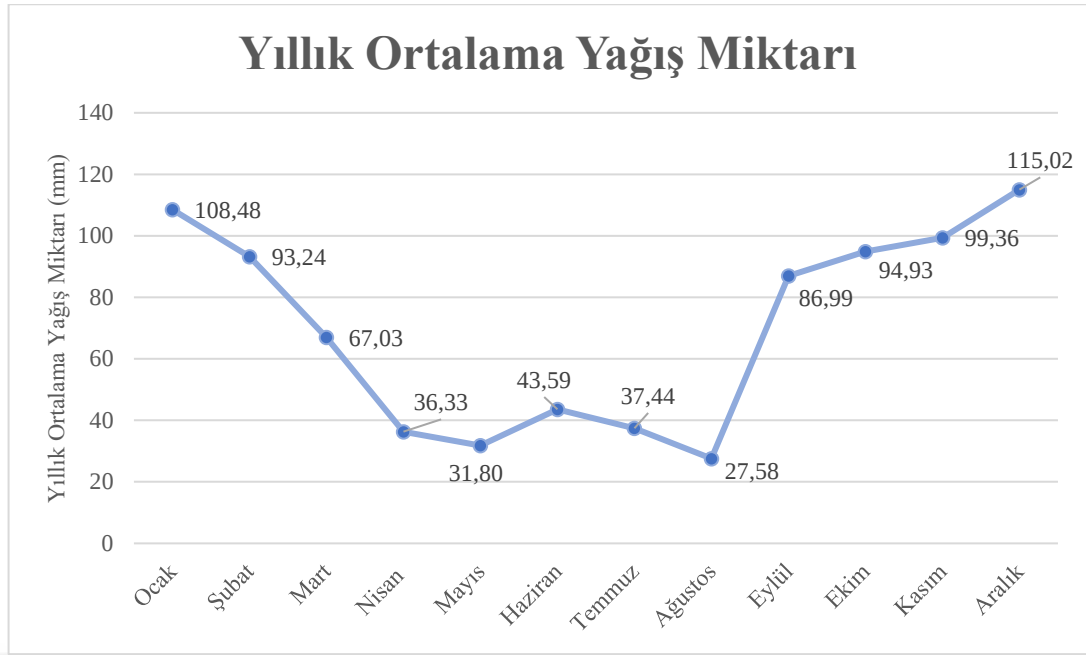
İstanbul kenti Karadeniz ile Akdeniz arasında bir geçiş iklimine sahiptir. Araştırma alanının yer aldığı ilçe olan Sarıyer genel olarak Karadeniz iklimi özelliklerini göstermektedir. Bir yandan da Marmara Bölgesi'nin ılıman iklim koşullarının etkisini taşımaktadır. Yaz ayları kurak ve sıcak, kış ayları ılık ve yağışlı geçmektedir (Aksu, 2012; Talay vd., 2017; Sarıyer Belediyesi, 2019).

Maslak Sıcaklık Grafiğine göre 29 °C ortalama sıcaklıkla yılın en sıcak ayları Temmuz ve Ağustos ve 2 °C ortalama sıcaklıkla yılın en düşük sıcaklık ortalamasına sahip ayları Ocak ve Şubat olarak tespit edilmiştir (Şekil 3.3).



Şekil 3. 3 Maslak Sıcaklık Grafiği. Kaynak: URL14. (2023, 12 Nisan). *Simüle Edilmiş Geçmiş İklim ve Hava Durumu Verileri Maslak.* Meteoblue. https://www.meteoblue.com/tr/hava/historyclimate/climatemodelled/maslak_t%c3%bcrkiye_741712.

2005-2022 yılları arasındaki yağışların ortalaması alınarak oluşturulan yıllık ortalama yağış grafiğine göre en çok yağış alan 105,02 mm yağış ile Aralık ayı; en az yağış alan 27,58 mm ile Ağustos ayı olarak tespit edilmiştir (Şekil 3.4).



Şekil 3. 4 Yıllık ortalama yağış miktarı.

Araştırma alanına en yakın meteoroloji istasyonu olan Sarıyer-Kireçburnu İstasyonunun 2005-2022 yılları arasındaki rasat sonuçları için EK A ‘ya bakınız.

3.1.2. Araştırma Alanının Sosyo-Kültürel ve Sosyo-Ekonomik Yapısı

3.1.2.1. Tarihsel Gelişimi

Maslak Kasırlarının çevresindeki bölgeler, Sultan 2. Mahmud (1808-1839) döneminin sultanlarına ait bir av ve dinlenme yeri olarak kullanıldığı bilinmektedir (Tosun, 2017).



Şekil 3. 5 Tarihi Maslak Haritası. Kaynak: Tosun, M.D. (2017). *Ayazağa/Maslak Tarihi Yazışmalar*. Arşivden Günümüze Yansıyanlar, 282-288.

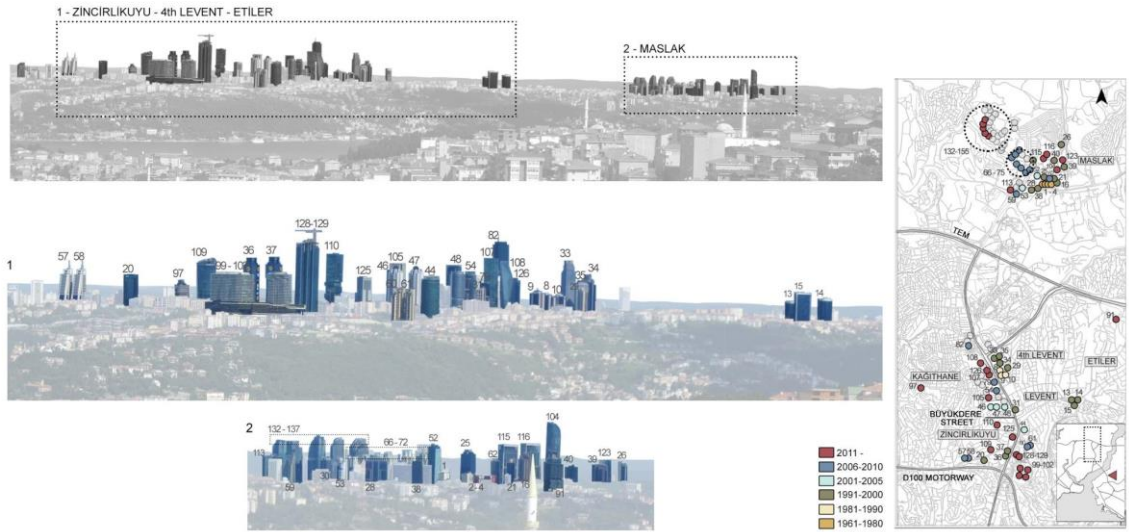
1940'lı yıllara kadar Maslak bölgesi kırsal ve şehrin merkezinin dışında kalan bir alandır (Şekil 3.6). Sanayi ve tarımda uygulanan yapısal reformların ardından bu bölgede eczacılık, sanayi, giyim ve endüstri sektörlerine yönelik yapılanma gözlenmiştir. Büyük ölçekli üretimler yapan firmaların tercih ettiği bir yer haline gelmiştir (Göksu ve Pilehvarian, 2019).



Şekil 3. 6 Maslak 1950. Kaynak: Tosun, M.D. (2017). *Ayazağa/Maslak Tarihi Yazışmalar*. Arşivden Günümüze Yansıyanlar, 282-288.

1967 yılındaki yapı yönetmeliğine eklenen bir madde ile İstanbul'da yüksek katlı yapıların inşası teşvik edilmiştir. Böylece Maslak Bölgesi'nde çok katlı yapı inşası başlamış, giderek artan yüksek yapılaşma gözlenmiştir (Göksu ve Pilehvarian, 2019).

Boğaziçi Öngörünüm ve Etkileme Alanı Planında Zincirlikuyu-Levent arasındaki bölge "yönetim merkezi" olarak tanımlanmıştır. Bölgenin yönetim merkezi olarak tanımlanmasının ve yüksek katlı yönetim merkezlerine verilen izinlerin ardından inşa edilen ilk gökdelenlerdeki satışların oldukça fazla oluşu ve aksta prestijli uluslararası şirketlerin yer alışı yatırımcıların bölgeye olan ilgisini artırmış, arazi spekülasyonuna neden olmuştur. Böylelikle Maslak-Büyükdere aksı; gökdelenleri ile yasal yapılaşmanın ve sanayilerin hemen arkasındaki sanayi mahalleleri ile de yasal olmayan yapılaşmanın yer aldığı bir bölgeye dönüşmüştür (Şekil 3.7).



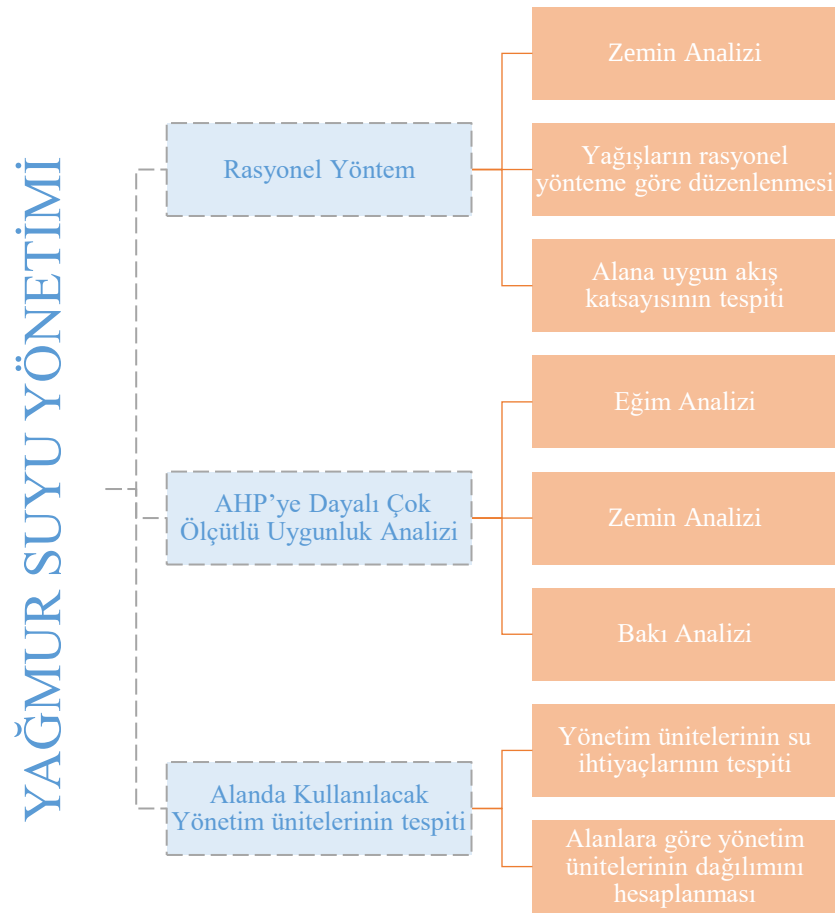
Şekil 3. 7 Zircirlikuyu-Maslak aksı boyunca inşa edilen yüksek yapıların Çamlıca Tepesi'nden Boğaziçi'ne bakan silüet üzerindeki etkisi. Kaynak: Şevkin, E. (2017). Transformation of the Istanbul skyline since the 1950s (Yayınlanmamış Yüksek lisans tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul. https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezDetay.jsp?id=Uo6BrLzoWDTBO7ku8Vp7Vg&no=_pXgkUqW25SPanothK88cQ.

3.2. Yöntem

Yapılan çalışma 3 aşamada gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.8). Yağmur suyu yönetimi uygulamalarının hayata geçirilmesi için çalışma alanında akışa geçen su miktarının hesaplanması ilk aşamayı oluşturmaktadır. Akışa geçen su miktarının hesaplanması için rasyonel yöntem, cook yöntemi, hidrograf yöntemi, grafik yöntem ve benzeri birçok yöntem bulunmaktadır. Bu tez kapsamında Yüzeysel Akış Hesaplama Yöntemlerinden Rasyonel Yöntem ile çalışılmıştır. Rasyonel yöntem, yüzeysel akış hesap yöntemleri içerisinde kentsel bölgelerde kullanıma en uygun, en çok kullanılan ve en pratik olan yöntemdir. (Çalışkan, 2007; Wang ve Wang, 2018).

İkinci aşamada CBS ve AHP ile AHP'ye Dayalı Çok Ölçütlü Uygunluk Analizi yapılmıştır. Uygunluk analizi için gereken kriterlerin ağırlıklarını belirlemek için AHP'den yararlanılmıştır.

Üçüncü aşamada analiz sonucunda elde edilen veriler incelenerek alanda akışa geçen su miktarlarının uygun alanlarda yağmur suyu yönetim ünitelerine dönüşümü sağlanmıştır.

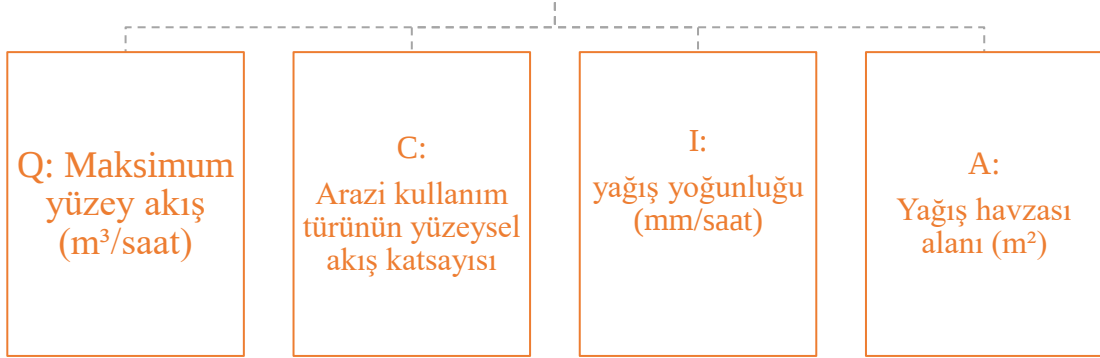


Şekil 3. 8 Maslak yağmur suyu yönetim aşamaları.

3.2.1. Rasyonel Yöntem

Yüzeysel akış miktarının hesaplaması için geliştirilmiş çeşitli yaklaşımlar bulunmaktadır. Rasyonel yöntem 1851’de Mulvaney tarafından bulunan ve 1889’da Kuichling tarafından geliştirilen ampirik bir yaklaşımdır (Crobeddu ve diğerleri, 2007; Widasmarra ve diğerleri, 2019). Aynı zamanda yüzeysel akışı havza özellikleriyle ilişkilendiren tamamen ampirik tekniklerin yanında akışı yağış yoğunluğuyla ilişkilendirmesi açısından rasyonellik de göstermektedir. Bir havzada maksimum akışın, konsantrasyon zamanına eşit bir süre boyunca yağıştan elde edildiği gerçeğine (Şekil 4.2) dayanmaktadır (Sadeghi, 2022).

$$Q=C \times I \times A$$



Şekil 3. 9 Rasyonel yöntem formülü.

C (Arazi kullanım türünün yüzeysel akış katsayısı): akış miktarını alınan yağış miktarına bağlayan boyutsuz bir katsayıdır. Bu değer, yüksek akışlı alanlar için daha büyük; geçirgen, bitki örtüsüne sahip alanlar için daha düşük bir değerdir (The Clean Water Team Guidance Compendium, 2011). Tahmin edilmesi en zor girdi değişkenidir. Yüzey çöküntülerinde suyun depolanması, sızma, zemin örtüsü, zemin eğimleri ve toprak türleri dahil olmak üzere birçok karmaşık faktörün etkileşimini temsil etmektedir. Katsayı, ıslatma ve mevsim koşullarına göre değişebilmektedir. Akış katsayısı seçilirken aşağıdaki özelliklere dikkat edilmelidir (URL15, 2023):

- Yüzey Kaplama Malzemeleri: Yüzey kaplama malzemeleri farklı geçirgenlik değerlerine sahiptir. Yağış durumunda beton ve asfaltın geçirgenlik değerleri düşüktür, beton blok kaplama ise nispeten geçirgendir.
- Yüzey Yaşı ve Durumu: Yüzey kaplama malzemesinin kullanıldığı süre ve ne durumda olduğu katsayıyı etkilemektedir. Örneğin yeni asfalt, eski aşınmış asfalttan çok daha fazla geçirgendir. Benzer şekilde eski çatlaklı beton yüzeyler yeni çatlaksız betona göre daha geçirgendir. Bu, yüzey kaplamanın olası tasarım ömrüne bağlı olarak akış katsayısını yaklaşık 0,10 oranında artırabilmekte veya azaltabilmektedir.
- Zemin Eğimi: Eğim arttıkça yüzeyden o kadar fazla su akışa geçmektedir. Akış tablosunu kullanırken düz alanların alt sınırı kullanması, eğimi %6'dan büyük olan alanların ise iki değerden enterpolasyonlu orta eğimli yüksek sınırı kullanmasının daha iyi sonuçlar verdiği ifade edilmektedir.

- **Çöküntüler:** Zemindeki oluşmuş bir çöküntü akışı zayıflatmaktadır ve havzanın genel akış özellikleri üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Bu, özellikle kırsal havzalar için, havza bazında ele alınması gereken bir durum yaratmaktadır.
- **Toprak Katmanları:** İnsan yapımı yüzeylerin geçirimsiz olmasından dolayı altında yer alan toprak katmanlarının akış katsayısı üzerinde sınırlı bir etkisi bulunmaktadır. Fakat doğal veya tarımsal yüzeyler üzerinde çok büyük bir etkisi vardır.
- **Bitki Örtüsü:** Yoğun bir bitki örtüsü, önemli miktarda yağışı engelleyebilmekte ve depolayabilmektedir. Böylece havzadaki akışı azaltmaktadır.
- **Yüzeyin Önceki Islaklık Durumu:** Tasarım amacıyla genellikle yüzeyin yağış olayının başlangıcında doymuş veya neredeyse doymuş olduğu varsayılmaktadır. Yaz yağmurlarını veya tarihi olayları modellerken bunun daha ayrıntılı olarak dikkate alınması gerekmektedir.
- **Yağış Derinliği:** Daha yoğun yağış olayları, fırtına devam ederken yüzey doygun hale geldiğinden daha yüksek bir yüzey akışı yüzdesine yol açabilmektedir.
- **Yanmış Toprak:** Orman yangınları toprağın kireçlenmesine neden olarak geçirgenliğin azalmasına neden olabilmektedir. Bu, orman yangınlarının yaygın olduğu bölgelerde bir faktör olabilmektedir.
- **Donmuş toprak:** Benzer şekilde soğuk bölgelerde kışın donmuş toprak toprağın geçirgenliğini azaltabilmekte veya kış fırtınası olayından kaynaklanan akışı artırabilmektedir.

Akış katsayısının belirlenmesini basitleştirmek için ortalama değerlerin kullanılması benimsenmiştir. Bu ortalama değerler, bazı bölgelerde çalışmalar yapılarak tablo halinde standartlaştırmışlardır. İstanbul için de yapılan çalışmalar bulunmaktadır. Fakat genellikle araştırma alanlarının kentsel alanın dışında yer almasından dolayı şehir merkezlerindeki yüzeysel akış katsayısını yansıtmamaktadır (Çarpar ve diğerleri, 2022).

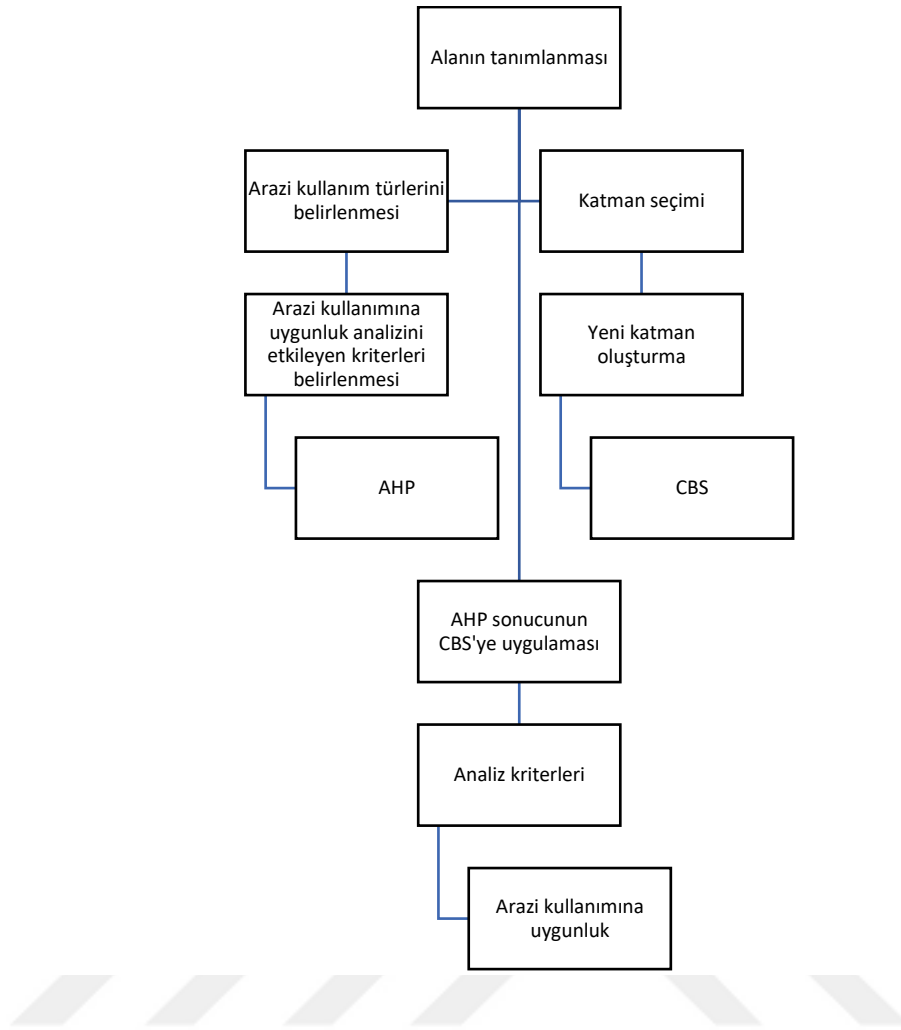
I (Yağış Yoğunluğu): Yağış yoğunluğu I, belirli bir drenaj havzası veya bir havzanın alt havzası için saatte mm (mm/saat) cinsinden tasarım yağış oranıdır (URL16, 2023; Yöner, 2023).

Bu çalışma kapsamında Devlet Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün çalışma alanına en yakın Kireçburnu Meteoroloji İstasyonuna ait 2005-2022 yılları arasındaki günlük yağış verilerinin rasyonel yöntem birimlerine göre değiştirilmiş saatlik hali kullanılmıştır. Bu işlem müdürlükten alınan veriler günlük yağış verilerinin 24 saate bölünmesi ve ay bazında ortalamasının alınmasıyla gerçekleştirilmiştir.

A (Yağış havzası alanı): Rasyonel yöntemin en verimli sonuç verdiği alan büyüklükleri farklı kaynaklarda farklı şekillerde yorumlanmıştır. KGM (2019)'ye göre akış katsayısının yüksek ve toplama havzasının 10-15 km²'nin altında olduğu durumlar iyi sonuç vermekte; Bella Vista şehrinin raporlarına (URL16, 2023) göre 30 dönümün (0,03 km²) altında olduğu durumlar iyi sonuç vermekte; Widasmar ve diğerlerine (2019) göre 81 hektar (0.81 km²) altında olduğu durumlar iyi sonuç vermekte; Çalışkan (2007)'a göre 2,5 km²'nin altında olduğu durumlar iyi sonuç vermektedir. Fakat hepsinin temelde bulunduğu küçük boyutlu kentsel havzalar için uygun olduğudur. Çalışma alanı olan Maslak'ın toplam yüzölçümü yaklaşık 6,1 km²'dir. 6,1 km²'nin 3,5 km²'si ormanlık alana aittir. 2,6 km²'si kentsel bir havzadan oluşmaktadır. Bu tezde ormanlık alanın çalışmaya dahil edilmesinin sebebi kentlerdeki yüzeysel akışa geçen yağmur suyu miktarını azalttığına vurgu yapmaktır.

3.2.2. AHP'ye Dayalı Çok Ölçütlü Uygunluk Analizi

Maslak bölgesinde akışa geçen yağış miktarı rasyonel yöntem ile hesaplandıktan sonra bu suların tekrar kullanımını sağlamak adına yönelindikleri alanların bulunması bir sonraki aşamayı oluşturmaktadır. Bunun için arazinin analiz edilmesi ve suların toplanacağı alanların tespit edilmesi CBS ve AHP'nin entegrasyonu ile gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.10).



Şekil 3. 10 Arazi kullanımına uygunluk analizi süreci. Kaynak: Bagheri, M. ve Azmin, W. N. (2010, 19-23 Eylül). *Application of GIS and AHP technique for land-use suitability analysis on coastal area in terengganu*. 2010 World Automation Congress içinde (s. 1-6), Kobe.

3.2.2.1. Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP)

Arazi kullanım tipi için haritalama biriminin uygunluğuna karar verirken farklı kriterlere göre ağırlıklar vermek zor bir sürece sebep olmaktadır. Bu yüzden ağırlıkların tahmin edilmesine olanak tanıyan bir tekniğin benimsenmesi süreci kolaylaştırmaktadır (Bagheri ve Azmin, 2010). Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) bu tekniklerden biridir. 1970'lerde Thomas L. Saaty tarafından geliştirilmiştir (Harker ve Vargas, 1987; Saaty, 1987; Forman ve Gass, 2001). Mantıksal ve sistematik karar verme süreçlerini kolaylaştıran ve bir dizi kriter ve alt kriterin önemini belirleyen güvenilir bir araçtır (Lee ve Chan, 2008).

AHP'de çalışılacak konunun belirlenmesinin ardından bu konuyu etkileyecek faktörlerin ve alt faktörlerin belirlenmesi ilk adımı oluşturmaktadır. Karar sürecini etkileyen

tüm faktörlerin belirlenebilmesi gerekmektedir. Bunun için bu konuda araştırma yapılması ve uzman kişilerin görüşlerine başvurulması gerekmektedir (Dağdeviren ve diğerleri, 2004).

Faktör ve alt faktörler belirlendikten sonra, kendi aralarındaki önem derecelerinin belirlenmesi için ikili karşılaştırma karar matrisleri oluşturulmaktadır. Bu matrislerin oluşturulmasında Saaty (1987) tarafından önerilen 1-9 arasındaki önem dereceleri kullanılmaktadır. Bunun dışındaki 1-5, 1-7, 1-15 ve 1-20 gibi önem dereceleri uygun çözümü elde etmede yetersiz kalmaktadır (Dağdeviren ve diğerleri, 2004). Önerilen değerler Tablo 3.1’de açıklanmıştır.

Tablo 3. 1 Saaty (1987) tarafından önerilen 1-9 arasındaki önem dereceleri. Kaynak: Saaty, R.W. (1987). The analytic hierarchy process—what it is and how it is used. *Mathematical Modelling*, 9 (3-5), 161-176. [https://doi.org/10.1016/0270-0255\(87\)90473-8](https://doi.org/10.1016/0270-0255(87)90473-8).

Mutlak önem derecesi	ölçekte	Tanım	Açıklama
1		Eşit önemli	İki aktivite amaca eşit katkıda bulunmaktadır.
3		Orta derecede önemli	Deneyim ve yargı bir faaliyeti diğerine göre güçlü kılmaktadır.
5		Kuvvetli derecede önemli	Deneyim ve yargı bir faaliyeti diğerine göre güçlü kılmaktadır.
7		Çok kuvvetli derecede önemli	Bir kriter diğerine göre baskındır ve pratikte kanıtlanmaktadır.
9		Aşırı önemli	Birini diğerine tercih eden kanıtlar mümkün olan en yüksek düzeyde doğrulamaya sahiptir.
2,4,6,8		İki karar arasındaki ara değerler	Uzlaşma gerektiğinde kullanılmak üzere iki ardışık yargı arasındaki değerlerdir.

AHP yöntemi, faktörlerin doğru bir şekilde karşılaştırılmasının yanı sıra kriterlere atanan değerlerin tutarlılığının test edilebilmesine de katkı sağlamaktadır (Aksu ve diğerleri., 2017; Aksu ve Küçük, 2020). Tutarlılığın tespiti için karşılaştırma matrisi yapılmaktadır. Karşılaştırma matrisinde belirlenen kriterler aşağıdaki Tablo 3.2 gibi ikili karşılaştırmalara uygun olacak şekilde yazılmaktadır.

Tablo 3. 2 Karşılaştırma matrisinde örnek tablo.

Karşılaştırma Matrisi			
Kriterler	A1	A2	A3
A1	1	2	4
A2	1/2	1	3
A3	1/4	1/3	1

Karşılaştırma matrisinin özdeğerleri ve özvektörü yapılan matris işlemleri ile bulunmaktadır. Tüm bu işlemlerden sonra Tutarlılığın tespit edilme aşamasına gelinmektedir. Tutarlılık tespiti, her bir unsurun öneminin koordinasyonunu ve doğruluğunu ölçmek ve rastgele tutarlılık oranı (CR) değerinin boyutunu belirlemektir. CR değeri ne kadar küçük olursa doğruluk o kadar yüksek ve gerçekçi olmaktadır. Temel gereksinimleri karşılayan eşik $CR < 0,1$ 'dir. Ayrıntılı formül aşağıdaki gibidir (Zhao, 2023):

$$CI \text{ (Tutarlılık endeksi)} = \frac{\lambda_{max} - n}{n-1}$$

λ_{max} : özdeğer

n: kriter sayısı

$$CR \text{ (Tutarlılık oranı)} = \frac{CI \text{ (Tutarlılık endeksi)}}{RI \text{ (rastgele değer endeksi)}}$$

Rastgele değer endeksi, kriter sayısına göre oluşturulmuş Rastgele Değer Endeksi Tablosundan (Şekil 3.11) alınmaktadır (Yap ve diğerleri, 2018).

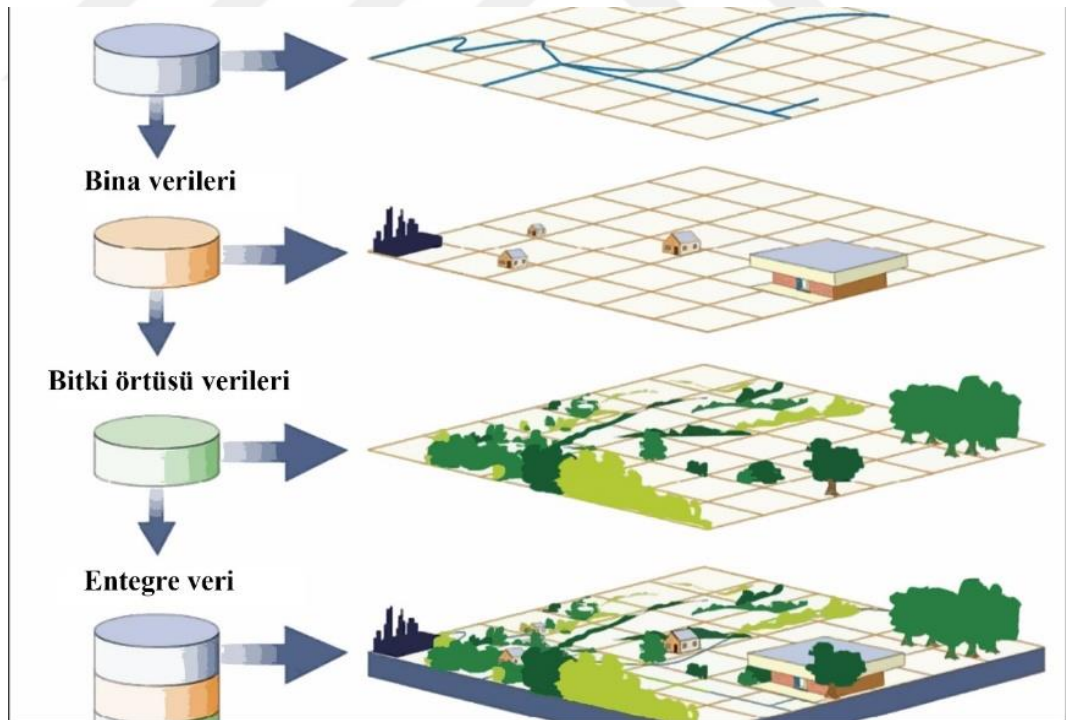
Random Index (RI)															
<i>n</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
RI	0.00	0.00	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.51	1.48	1.56	1.57	1.58

Şekil 3. 11 Rastgele Değer Endeksi Tablosu. Kaynak: Yap, J. Y. L., Ho, C. C. ve Yee T. C. (2018). Analytic Hierarchy Process (AHP) for business site selection. Proceedings Of The 3rd International Conference On Applied Science and Technology (ICAST'18), Malaysia, 2016 (1), 020151-7. <https://doi.org/10.1063/1.5055553>.

AHP ile tutarlılık tespiti yapıldıktan sonra elde edilen verilerle Coğrafi Bilgi geçilmektedir.

3.2.2.2. Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS)

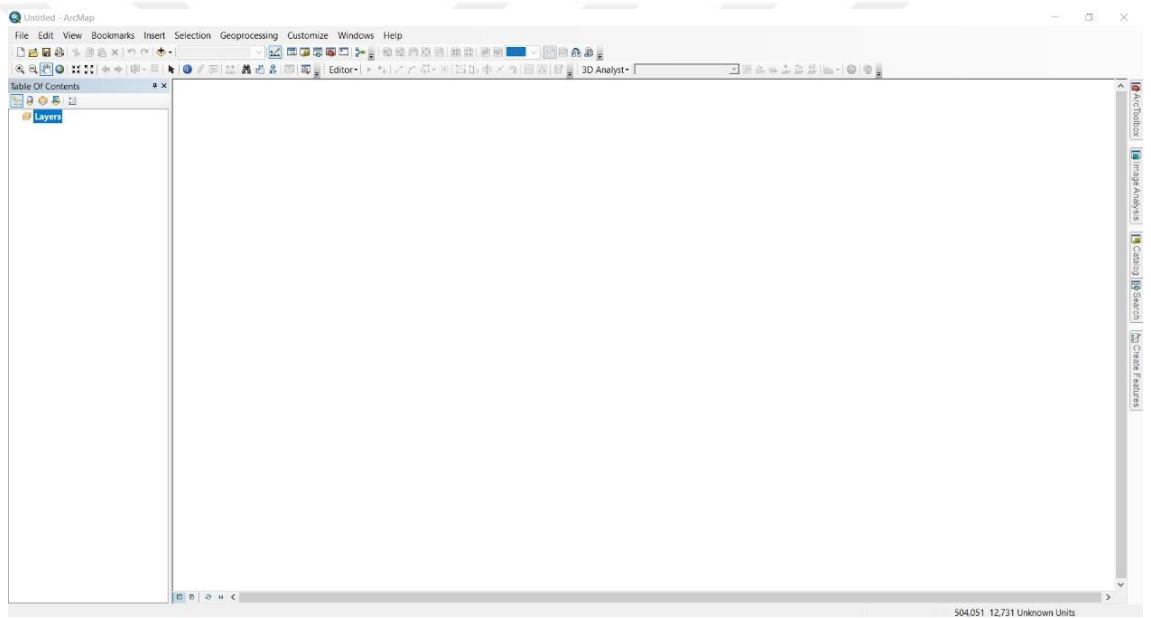
Coğrafi Bilgi Sistemi arazi kullanımlarını analiz etmek için en iyi araçlardan biridir. Mekânsal ve öznitelik verilerinin girişi, depolanması, analizi ve çıkışı için güçlü bir araçtır. Aynı zamanda arazi kullanıma uygunluk analizi birçok veri katmanında hem konumsal hem de niteliksel verilerin yönetilmesini (Şekil 3.12) gerektirmektedir (Bagheri ve Azmin, 2010).



Şekil 3. 12 Coğrafi Bilgi Sistemi çalışma şeması. Kaynak: National Geographic. (2024, 18 Ocak). *GIS (Geographic Information System)*. National Geographic Society. <https://education.nationalgeographic.org/resource/geographic-information-system-gis/>.

Roger Tomlinson'ın Kanada Coğrafi Bilgi Sistemini başlatma, planlama ve geliştirmeye yönelik öncü çalışması ile 1963 yılında dünyadaki ilk bilgisayarlı CBS ortaya çıkmıştır. Kanada hükümeti, Tomlinson'u doğal kaynaklarının yönetilebilir bir envanterini oluşturması için görevlendirmiştir. O da tüm doğal kaynak verilerini birleştirmek için bilgisayarları kullanmayı öngörmüştür. Tomlinson, büyük miktarlarda veriyi depolamak ve işlemek için otomatik bilgi işlem tasarımı yaratmıştır. Böylece Kanada'nın ulusal arazi kullanımı programına başlamasına olanak sağlamıştır (ESRI, 2024). Mevcutta da gelişmiş bir sistem olarak devam etmektedir.

Bu tez kapsamında ESRI ArcMap 10.5 yazılımı kullanılmıştır. Arazi ile ilgili belirlenen kriterlerin analizleri Şekil 3.13 ana ekrana girilen verilerin karşılaştırılması ile oluşturulacaktır.



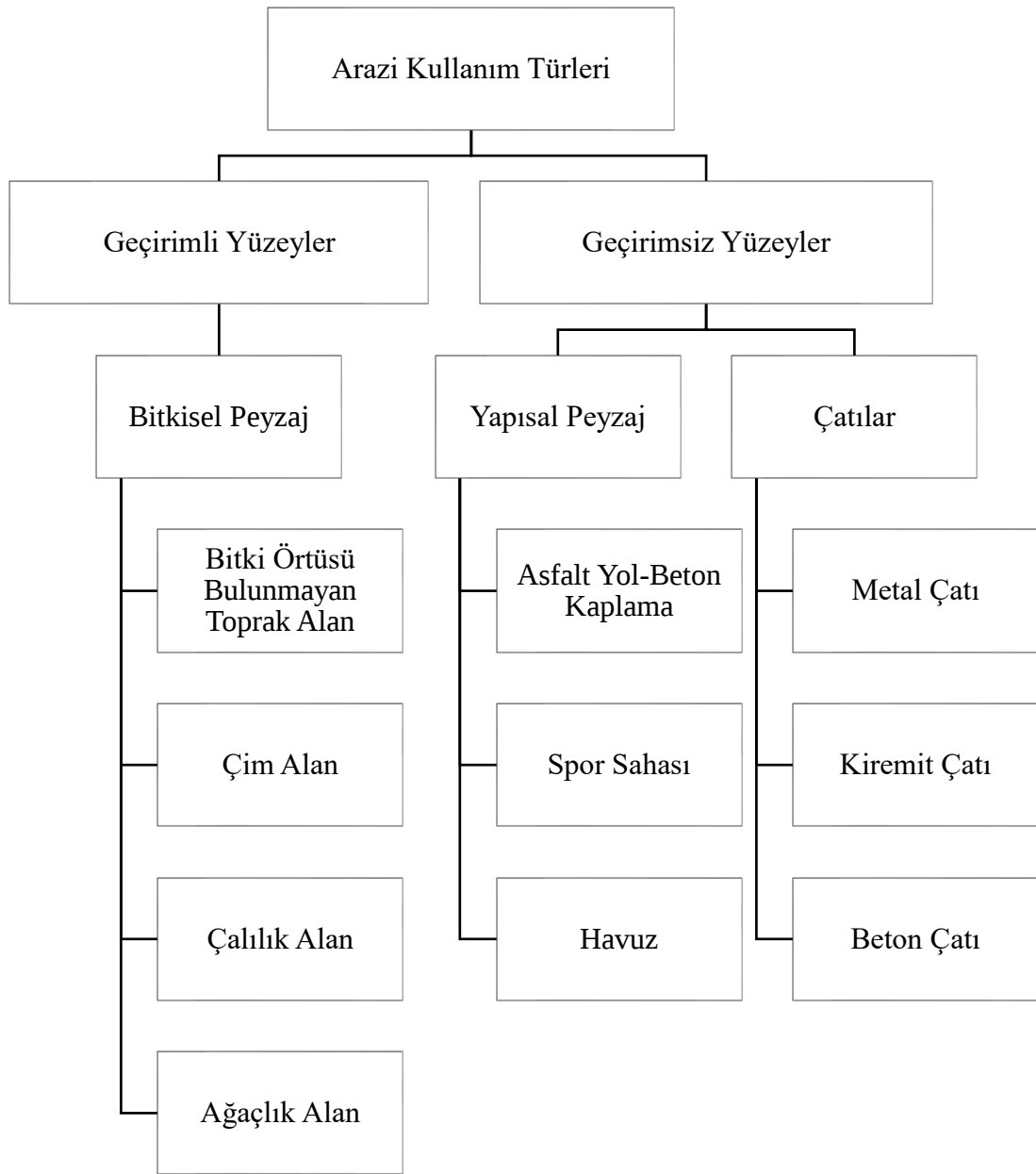
Şekil 3. 13 ArcMap ana ekran görüntüsü.

BÖLÜM 4

4. BULGULAR

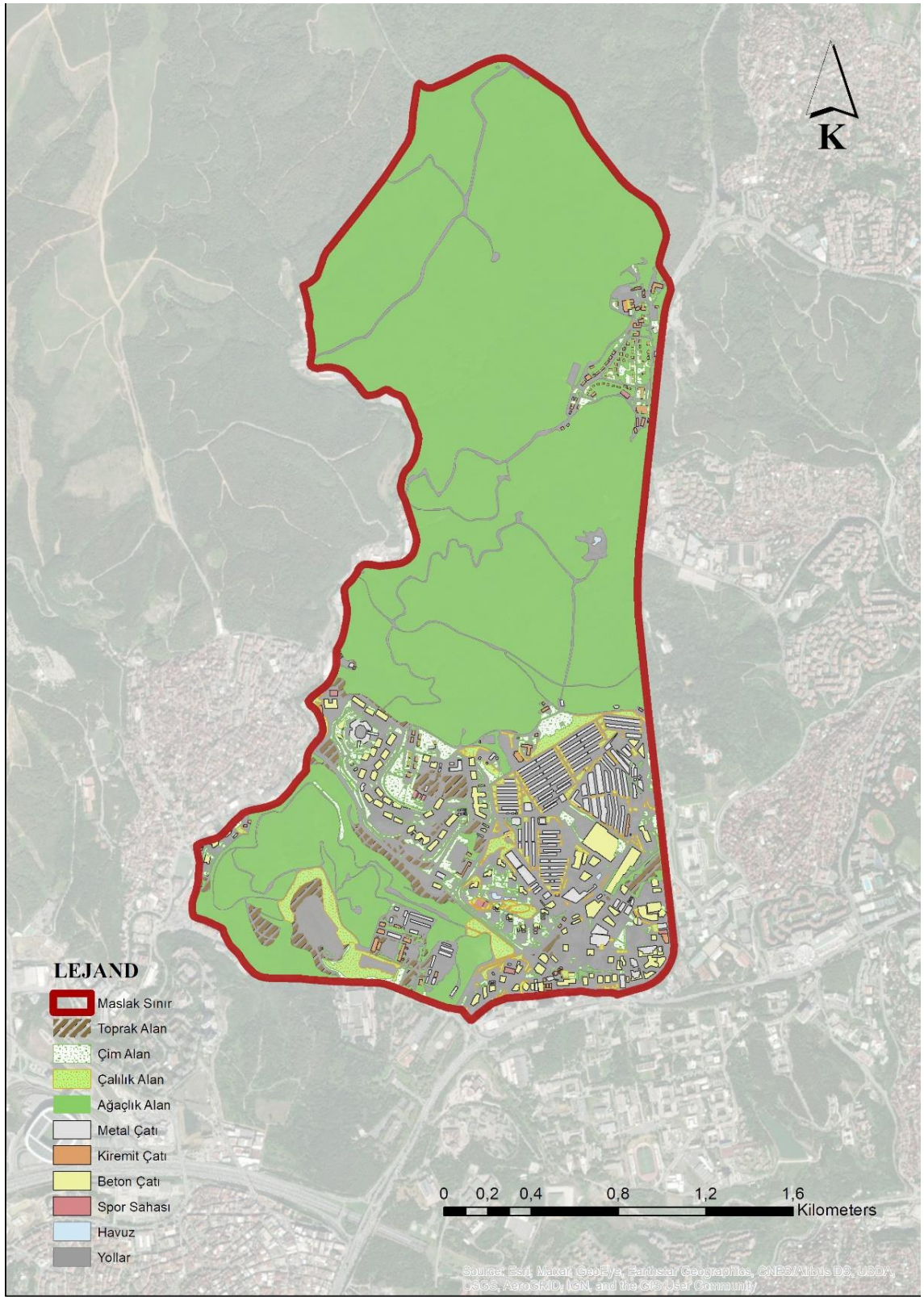
4.1. Akışa Geçen Yağış Miktarı

Çalışma alanındaki arazi kullanımları rasyonel yöntemde kullanılacak verileri elde etmek amacıyla geçirimli ve geçirimsiz olma durumlarına göre kategorize edilmiştir (Şekil 4.1). Geçirimli yüzeyler bitkisel peyzaj öğeleri başlığı altında toplanmıştır. Bunlar bitki örtüsüne sahip olmayan toprak, çim, çalı ve ağaçtır. Geçirimsiz yüzeyler yapısal peyzaj öğeleri ve çatılar olmak üzere iki başlık altında toplanmıştır. Yapısal peyzaj öğeleri mevcutta çalışma alanında ağırlıklı bulunan asfalt yollar ve beton kaplamalar (Rasyonel formülde kullanılacak akış katsayıları aynı olduğu için tek bir başlık altında verilmişlerdir.), spor sahaları ve havuzlardır. Çatılar da türlerine göre üçe ayrılmaktadır. Bunlar da metal, kiremit ve betondur.



Şekil 4. 1 Çalışma alanındaki arazi kullanım türlerinin kategorize edilmesi.

Kategoriler oluşturulduktan sonra bu yüzeylere sahip alanların tespiti ESRI ArcMap 10.5 yazılımı tarafından sağlanan WGS84 Geographic uydu görüntüsü üzerinden gerçekleştirilmiştir. Harita üzerinde arazi kullanım türleri manuel olarak çizilmiştir (Şekil 4.2).



Şekil 4. 2 Arazi kullanım haritası.

Haritada tespit edilen arazi kullanım türlerinin alanları hesaplanmıştır. Alanlar ve çalışma alanı içerisindeki yüzdelik dağılımları Tablo 4.1’de listelenmiştir.

Tablo 4. 1. Arazi kullanım türlerinin alanları ve yüzdeleri.

Arazi kullanım türü		Yağış havzası alanı (m ²)	Yüzdeler
Geçirimli Yüzeyler	Toprak	138779,60	2,28%
	Çim	183115,66	3,01%
	Çalı	157087,99	2,58%
	Orman	3981184,84	65,35%
Geçirimsiz Yüzeyler	Asfalt Yol-Beton Kaplama	1274943,60	20,93%
	Spor Sahası	7519,77	0,12%
	Havuz	3770,83	0,06%
	Metal Çatı	160792,46	2,64%
	Kiremit Çatı	43126,64	0,71%
	Beton Çatı	141621,73	2,32%

Arazi kullanım türlerine göre Maslak bölgesinin %73’ü geçirimli yüzeylerden %27’si geçirimsiz yüzeylerden oluşmaktadır. Geçirimli yüzey oranının fazla olmasının sebebi Maslak Bölgesinin %65’inin ormanlık alandan oluşmasıdır. Bu durum ormanlık alanların kentsel bölgeler üzerindeki olumlu etkisini ön plana çıkartmaktadır. Bu yüzden çalışma alanı kapsamından çıkarılmamıştır.

Ormanlık alan dışındaki %35’lik kısmın %27’si geçirimsiz yüzeylerdir. Bu da kentsel bölgenin %77’sinin geçirimsiz yüzeylerden oluştuğunu ortaya koymaktadır.

Alan hesaplarından sonra rasyonel yöntem formülünde yer alan akış katsayısının tespiti gerçekleştirilmiştir. Bu tez kapsamında araştırılan kaynaklardaki tablolardan çalışma alanına uygun olan akış katsayıları seçilerek Tablo 4.2’de birleştirilmiştir.

Tablo 4. 2 Çalışma alanına uygun olan akış katsayıları.

Yüzeyler Arazi kullanım türü		Akış Katsayıları	Kaynaklar
Geçirimli Yüzeyler	Toprak	0,60	Widasmara ve diğerleri, 2019
	Çim	0,35	Susilawati, 2016
	Çalı	0,30	Çalışkan, 2007
	Orman	0,25	Çalışkan, 2007
Geçirimsiz Yüzeyler	Asfalt Yol-Beton Kaplama	0,90	Çalışkan, 2007
	Spor Sahası	0,35	Tay ve Afshar,. 2014
	Havuz	0,00	Su yüzeylerine düşen yağmurun akışa geçme özelliği bulunmadığı için akış katsayısı 0 olarak kabul edilmiştir.
	Metal Çatı	0,90	Dadhich ve Mathur, 2016
	Kiremit Çatı	0,75	Dadhich ve Mathur, 2016
	Beton Çatı	0,70	Dadhich ve Mathur, 2016

Rasyonel yöntemin formülünde alan ve akış katsayısının dışında bir de yağış verileri yer almaktadır. İstasyondan alınan günlük yağış verilerinin düzenlenmesi ile yağış verileri formüle uygun hale gelmiştir. Böylece rasyonel yöntem ile hesaplama yapabilmek için gerekli olan veriler toplanmıştır. 2005 yılından 2022 yılına kadar her yıla ait yağış verileri, yağış havza alanları ve akış katsayıları ile çarpılarak her yıla ait akışa geçen yağış miktarları hesaplanmıştır (Tablo 4.3, Tablo 4.4, Tablo 4.5, Tablo 4.6, Tablo 4.7, Tablo 4.8, Tablo 4.9, Tablo 4.10, Tablo 4.11, Tablo 4.12, Tablo 4.13, Tablo 4.14, Tablo 4.15, Tablo 4.16, Tablo 4.17, Tablo 4.18, Tablo 4.19, Tablo 4.20).

Tablo 4. 3 2005 yılına ait akışa geçen yağış miktarı.

2005														
Maslak	C	A (m²)	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
İ: Aylara göre saatlik yağış yoğunluğu (mm/saat)														
Bitkisel Peyzaj														
Toprak	0,60	138779,60	16653,55	19151,58	74941,10	4163,39	1665,36	2498,03	4996,07	1665,36	11657,49	8326,78	24980,33	16653,55
Çim	0,35	183115,66	12818,10	14740,81	5768,14	3204,52	1281,81	1922,71	3845,43	1281,81	8972,67	6409,05	19227,14	12818,10
Çağ	0,30	157087,99	9425,28	10839,07	4241,38	2356,32	942,53	1413,79	2827,58	942,53	6597,70	4712,64	14137,92	9425,28
Orman	0,25	3981184,84	199059,24	228918,13	89576,66	49764,81	19905,92	29858,89	59717,77	19905,92	139341,47	99529,62	298588,86	199059,24
Yapısal Peyzaj														
Asfalt Yol	0,90	1274943,60	229489,85	263913,33	103270,43	57572,46	22948,98	34423,48	68846,95	22948,98	160642,89	114744,92	344234,77	229489,85
Spor Sahası	0,35	7519,77	526,38	605,34	236,87	131,60	52,64	78,96	157,92	52,64	368,47	263,19	789,58	526,38
Havuz	0,00	3770,83	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Çatı														
Metal Çatı	0,90	160792,46	28942,64	33284,04	13024,19	7235,66	2894,26	4341,40	8682,79	2894,26	20259,85	14471,32	43413,97	28942,64
Kiremit Çatı	0,75	43126,64	6469,00	7439,35	2911,05	1617,25	646,90	970,35	1940,70	646,90	4528,30	3234,50	9703,49	6469,00
Beton Çatı	0,70	141621,73	19827,04	22801,10	8922,17	4956,76	1982,70	2974,06	5948,11	1982,70	13878,93	9913,52	29740,56	19827,04
Toplam (m³/saat)			523211,08	601692,75	235444,99	130802,77	52321,11	78481,66	156963,33	52321,11	366247,76	261605,54	784816,63	523211,08
Yıllık Ortalama (m³/saat)														
313926,65														

Tablo 4. 4 2006 yılına ait akışa geçen yağış miktarı.

2006											
Maslak	C	A (m ²)	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül
I: Aylara göre saatlik yağış yoğunluğu (mm/saat)											
			0,19	0,16	0,13	0,03	0,01	0,03	0,00	0,02	0,25
											0,17
											0,26
											0,03
Bitkisel Peyzaj											
Toprak	0,60	138779,60	15820,87	13322,84	10824,81	2498,03	832,68	2498,03	0,00	1665,36	20816,94
Çim	0,35	183115,66	12177,19	10254,48	8331,76	1922,71	640,90	1922,71	0,00	1281,81	16022,62
Çal	0,30	157087,99	8954,02	7540,22	6126,43	1413,79	471,26	1413,79	0,00	942,53	11781,60
Orman	0,25	3981184,84	189106,28	159247,39	129988,51	29858,89	9952,96	29858,89	0,00	19905,92	248824,05
											14155,52
											21649,62
											2498,03
											10895,38
											16663,53
											1922,71
											12252,86
											1413,79
											258777,01
											29858,89
Yapısal Peyzaj											
Asfalt Yol	0,90	1274943,60	218015,36	183591,88	149168,40	34423,48	11474,49	34423,48	0,00	22948,98	286862,31
Spor Sahası	0,35	7519,77	500,06	421,11	342,15	78,96	26,32	78,96	0,00	52,64	657,98
Havuz	0,00	3770,83	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
											0,00
											0,00
Çati											
Metal Çati	0,90	160792,46	27495,51	23154,11	18812,72	4341,40	1447,13	4341,40	0,00	2894,26	36178,30
Kiremit Çati	0,75	43126,64	6145,55	5175,20	4204,85	970,35	323,45	970,35	0,00	646,90	8086,25
Beton Çati	0,70	141621,73	18835,69	15861,63	12887,58	2974,06	991,35	2974,06	0,00	1982,70	24783,80
											16852,99
											25775,15
											2974,06
Toplam (m ² /saat)			497050,53	418568,87	340087,20	78481,66	26160,55	78481,66	0,00	52521,11	654013,85
Yıllık Ortalama (m ² /saat)											
279045,91											
											444729,42
											680174,41
											78481,66

Tablo 4. 5 2007 yılına ait akışa geçen yağış miktarı.

2007														
Mevsim	C	A (m²)	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
I. Aylara göre saatlik yağış yoğunluğu (mm/saat)														
Bitkisel Peyzaj														
Toprak	0,60	138779,60	4163,39	1665,36	4163,39	2498,03	4996,07	3330,71	832,68	2498,03	2498,03	12490,16	18318,91	10824,81
Çim	0,35	183115,66	3204,52	1281,81	3204,52	1922,71	3845,43	2563,62	640,90	1922,71	1922,71	9613,57	14099,91	8331,76
Çal	0,30	157087,99	2356,32	942,53	2356,32	1413,79	2827,58	1885,06	471,26	1413,79	1413,79	7068,96	10367,81	6126,43
Orman	0,25	3981184,84	49764,81	19905,92	49764,81	29838,89	59717,77	39811,85	9952,96	29838,89	29838,89	149294,43	218965,17	129388,51
Yapısal Peyzaj														
Asfalt Yol	0,90	1274943,60	57372,46	22948,98	57372,46	34423,48	68846,95	45897,97	11474,49	34423,48	34423,48	172117,39	252438,83	149168,40
Spor Sahası	0,35	7519,77	131,60	52,64	131,60	78,96	157,92	105,28	26,32	78,96	78,96	394,79	579,02	342,15
Havuz	0,00	3770,83	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Çatı														
Metal Çatı	0,90	160792,46	7235,66	2894,26	7235,66	4341,40	8682,79	5788,53	1447,13	4341,40	4341,40	21706,98	31836,91	18812,72
Kiremit Çatı	0,75	43126,64	1617,25	646,90	1617,25	970,35	1940,70	1293,80	323,45	970,35	970,35	4851,75	7115,90	4204,85
Beton Çatı	0,70	141621,73	4956,76	1982,70	4956,76	2974,06	5948,11	3965,41	991,35	2974,06	2974,06	14870,28	21809,75	12887,58
Toplam (m²/saat)														
			130802,77	52321,11	130802,77	78481,66	156963,33	104642,22	26160,55	78481,66	78481,66	392408,31	575532,19	340087,20
Yıllık Ortalama (m²/saat)			178763,79											

Tablo 4. 6 2008 yılına ait akışa geçen yağış miktarı.

2008											
Maslak	C	A (m ²)	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül
E: Aylara göre saatlik yağış yoğunluğu (mm/saat)											
			0,09	0,09	0,13	0,02	0,01	0,03	0,08	0,04	0,22
											0,18
											0,20
											0,15
Bitkisel Peyzaj											
Toprak	0,60	138779,60	7494,10	7494,10	10824,81	1665,36	832,68	2498,03	6661,42	3330,71	18318,91
Çim	0,35	183115,66	5768,14	5768,14	8331,76	1281,81	640,90	1922,71	5127,24	2563,62	14099,91
Çal	0,30	157087,99	4241,38	4241,38	6126,43	942,53	471,26	1413,79	3770,11	1885,06	10367,81
Orman	0,25	3981184,84	89576,66	89576,66	129388,51	19905,92	9952,96	29858,89	79623,70	39811,85	218965,17
											179153,32
											199059,24
											149294,43
Yapısal Peyzaj											
Asfalt Yol	0,90	1274943,60	103270,43	103270,43	149168,40	22948,98	11474,49	34423,48	91795,94	45897,97	252438,83
Spor Sahası	0,35	7519,77	236,87	236,87	342,15	52,64	26,32	78,96	210,55	105,28	579,02
Havuz	0,00	3770,83	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
											0,00
											0,00
Çati											
Metal Çati	0,90	160792,46	13024,19	13024,19	18812,72	2894,26	1447,13	4341,40	11577,06	5788,53	31836,91
Kiremit Çati	0,75	43126,64	2911,05	2911,05	4204,85	646,90	323,45	970,35	2587,60	1293,80	7115,90
Beton Çati	0,70	141621,73	8922,17	8922,17	12887,58	1982,70	991,35	2974,06	7930,82	3965,41	21809,75
											17844,54
											19827,04
											14870,28
Toplam (m ² /saat)			235444,99	235444,99	340087,20	52521,11	26160,55	78481,66	209284,43	104642,22	575532,19
Yıllık Ortalama (m ² /saat)											
270325,73											

Tablo 4. 8 2010 yılına ait akışa geçen yağış miktarı.

2010											
Maslak	C	A (m ²)	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül
E: Aylara göre saatlik yağış yoğunluğu (mm/saat)											
Bitkisel Peyzaj											
Toprak	0,60	138779,60	19151,58	10824,81	6661,42	3330,71	1665,36	18318,91	5828,74	0,00	13322,84
Çim	0,35	183115,66	14740,81	8331,76	5127,24	2563,62	1281,81	14099,91	4486,33	0,00	10254,48
Çal	0,30	157087,99	10839,07	6126,43	3770,11	1885,06	942,53	10367,81	3298,85	0,00	7540,22
Orman	0,25	3981184,84	228918,13	129388,51	79623,70	39811,85	19905,92	218965,17	69670,73	0,00	159247,39
Yapısal Peyzaj											
Asfalt Yol	0,90	1274943,60	263913,33	149168,40	91795,94	45897,97	22948,98	252438,83	80321,45	0,00	183591,88
Spor Sahası	0,35	7519,77	605,34	342,15	210,55	105,28	52,64	579,02	184,23	0,00	421,11
Havuz	0,00	3770,83	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Çati											
Metal Çati	0,90	160792,46	33284,04	18812,72	11577,06	5788,53	2894,26	31836,91	10129,93	0,00	23154,11
Kiremit Çati	0,75	43126,64	7439,35	4204,85	2587,60	1293,80	646,90	7115,90	2264,15	0,00	5175,20
Beton Çati	0,70	141621,73	22801,10	12887,58	7930,82	3965,41	1982,70	21809,75	6939,46	0,00	15861,63
337907,16											
Toplam (m ³ /saat)			601692,75	340087,20	209284,43	104642,22	52321,11	575532,19	183123,88	0,00	418568,87
Yıllık Ortalama (m ³ /saat)											
52321,108											

Tablo 4. 9 2011 yılına ait akışa geçen yağış miktarı.

2011											
Mevsim	C	A (m ²)	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül
I: Aylara göre saatlik yağış yoğunluğu (mm/saat)											
Bitkisel Peyzaj											
Toprak	0,60	138779,60	9992,13	4996,07	4996,07	9159,45	3330,71	1665,36	3330,71	1665,36	2498,03
Çim	0,35	183115,66	7690,86	3845,43	3845,43	7049,95	2563,62	1281,81	2563,62	1281,81	1922,71
Çal	0,30	157087,99	5655,17	2827,58	2827,58	5183,90	1885,06	942,53	1885,06	942,53	1413,79
Orman	0,25	3981184,84	119435,55	59717,77	59717,77	109482,58	39811,85	19905,92	39811,85	19905,92	29858,89
Yapısal Peyzaj											
Asfalt Yol	0,90	1274943,60	137693,91	68846,95	68846,95	126219,42	45897,97	22948,98	45897,97	22948,98	34423,48
Spor Sahası	0,35	7519,77	315,83	157,92	157,92	289,51	105,28	52,64	105,28	52,64	78,96
Havuz	0,00	3770,83	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Çatı											
Metal Çatı	0,90	160792,46	17365,59	8682,79	8682,79	15918,45	5788,53	2894,26	5788,53	2894,26	4341,40
Kiremit Çatı	0,75	43126,64	3881,40	1940,70	1940,70	3557,95	1293,80	646,90	1293,80	646,90	970,35
Beton Çatı	0,70	141621,73	11896,23	5948,11	5948,11	10904,87	3965,41	1982,70	3965,41	1982,70	2974,06
Toplam (m ³ /saat)			313926,65	156963,33	156963,33	287766,10	104642,22	52321,11	104642,22	52321,11	78481,66
Yıllık Ortalama (m ³ /saat)											
185303,93											
392408,31											

Tablo 4. 10 2012 yılına ait akışa geçen yağış miktarı.

2012											
Maslak	C	A (m ²)	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül
I: Aylara göre saatlik yağış yoğunluğu (mm/saat)											
			0,16	0,15	0,07	0,13	0,09	0,03	0,00	0,09	0,02
											0,24
											0,16
											0,31
<i>Bitkisel Peyzaj</i>											
Toprak	0,60	138779,60	13322,84	12490,16	5828,74	10824,81	7494,10	2498,03	0,00	7494,10	1665,36
											19984,26
Çim	0,35	183115,66	10254,48	9613,57	4486,33	8331,76	5768,14	1922,71	0,00	5768,14	1281,81
											15381,72
Çal	0,30	157087,99	7540,22	7068,96	3298,85	6126,43	4241,38	1413,79	0,00	4241,38	942,53
											11310,34
Orman	0,25	3981184,84	159247,39	149294,43	69670,73	129388,51	89576,66	29858,89	0,00	89576,66	19905,92
											238871,09
											159247,39
											308541,82
<i>Yapısal Peyzaj</i>											
Asfalt Yol	0,90	1274943,60	183591,88	172117,39	80321,45	149168,40	103270,43	34423,48	0,00	103270,43	22948,98
											275387,82
Spor Sahası	0,35	7519,77	421,11	394,79	184,23	342,15	236,87	78,96	0,00	236,87	52,64
											631,66
Havuz	0,00	3770,83	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
											0,00
<i>Çati</i>											
Metal Çati	0,90	160792,46	23154,11	21706,98	10129,93	18812,72	13024,19	4341,40	0,00	13024,19	2894,26
											34731,17
Kiremit Çati	0,75	43126,64	5175,20	4851,75	2264,15	4204,85	2911,05	970,35	0,00	2911,05	646,90
											7762,80
Beton Çati	0,70	141621,73	15861,63	14870,28	6939,46	12887,58	8922,17	2974,06	0,00	8922,17	1982,70
											23792,45
											15861,63
											30731,91
Toplam (m ² /saat)			418568,87	392408,31	183123,88	340087,20	235444,99	78481,66	0,00	235444,99	52321,11
											627853,30
Yıllık Ortalama (m ² /saat)											
316106,70											
											418568,87
											810977,18

Tablo 4. 12 2014 yılına ait akışa geçen yağış miktarı.

2014											
Maslak	C	A (m ²)	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül
I: Aylara göre saatlik yağış yoğunluğu (mm/saat)											
Bitkisel Peyzaj											
Toprak	0,60	138779,60	3330,71	4996,07	8326,78	4163,39	6661,42	5828,74	3330,71	4996,07	16653,55
Çim	0,35	183115,66	2563,62	3845,43	6409,05	3204,52	5127,24	4486,33	2563,62	3845,43	12818,10
Çal	0,30	157087,99	1885,06	2827,58	4712,64	2356,32	3770,11	3298,85	1885,06	2827,58	9425,28
Orman	0,25	398184,84	3981,85	59717,77	99529,62	49764,81	79623,70	69670,73	39811,85	59717,77	199059,24
Yapısal Peyzaj											
Asfalt Yol	0,90	1274943,60	45897,97	68846,95	114744,92	57372,46	91795,94	80321,45	45897,97	68846,95	229489,85
Spor Sahası	0,35	7519,77	105,28	157,92	263,19	131,60	210,55	184,23	105,28	157,92	526,38
Havuz	0,00	3770,83	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Çati											
Metal Çati	0,90	160792,46	5788,53	8682,79	14471,32	7235,66	11577,06	10129,93	5788,53	8682,79	28942,64
Kiremit Çati	0,75	43126,64	1293,80	1940,70	3234,30	1617,25	2587,60	2264,15	1293,80	1940,70	6469,00
Beton Çati	0,70	141621,73	3965,41	5948,11	9913,52	4956,76	7930,82	6939,46	3965,41	5948,11	19827,04
Toplam (m ³ /saat)											
Yıllık Ortalama (m ³ /saat)			104642,22	156963,33	261605,54	130802,77	209284,43	183123,88	104642,22	156963,33	523211,08
			224544,76								

Tablo 4. 13 2015 yılına ait akışa geçen yağış miktarı.

2015											
Maslak	C	A (m ²)	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül
E: Aylara göre saatlik yağış yoğunluğu (mm/saat)											
			0,14	0,17	0,07	0,07	0,01	0,08	0,00	0,08	0,13
											0,22
											0,05
											0,04
Bitkisel Peyzaj											
Toprak	0,60	138779,60	11657,49	14155,52	5828,74	5828,74	832,68	6661,42	0,00	6661,42	10824,81
Çim	0,35	183115,66	8972,67	10895,38	4486,33	4486,33	640,90	5127,24	0,00	5127,24	8331,76
Çal	0,30	157087,99	6597,70	8011,49	3298,85	3298,85	471,26	3770,11	0,00	3770,11	6126,43
Orman	0,25	3981184,84	139341,47	169200,36	69670,73	69670,73	9952,96	79623,70	0,00	79623,70	129388,51
											218965,17
											49764,81
											39811,85
Yapısal Peyzaj											
Asfalt Yol	0,90	1274943,60	160642,89	195066,37	80321,45	80321,45	11474,49	91795,94	0,00	91795,94	149168,40
Spor Sahası	0,60	7519,77	631,66	767,02	315,83	315,83	45,12	360,95	0,00	360,95	586,54
Havuz	0,00	3770,83	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
											0,00
											0,00
Çati											
Metal Çati	0,90	160792,46	20259,85	24601,25	10129,93	10129,93	1447,13	11577,06	0,00	11577,06	18812,72
Kiremit Çati	0,75	43126,64	4528,30	5498,65	2264,15	2264,15	323,45	2587,60	0,00	2587,60	4204,85
Beton Çati	0,70	141621,73	13878,93	16852,99	6939,46	6939,46	991,35	7930,82	0,00	7930,82	12887,58
											21809,75
											4956,76
											3965,41
Toplam (m ² /saat)			366510,95	445049,01	183255,48	183255,48	26179,35	209434,83	0,00	209434,83	340331,60
Yıllık Ortalama (m ² /saat)											
231250,96											
											575945,78
											130896,77
											104717,41

Tablo 4. 14 2016 yılına ait akışa geçen yağış miktarı.

2016											
Maslak	C	A (m ²)	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül
Bitkisel Peyzaj											
E: Aylara göre saatlik yağış yoğunluğu (mm/saat)											
Toprak	0,60	138779,60	11657,49	9992,13	8326,78	1665,36	6661,42	8326,78	1665,36	3330,71	5828,74
Çim	0,35	183115,66	8972,67	7690,86	6409,05	1281,81	5127,24	6409,05	1281,81	2563,62	4486,33
Çal	0,30	157087,99	6597,70	5655,17	4712,64	942,53	3770,11	4712,64	942,53	1885,06	3298,85
Orman	0,25	3981184,84	139341,47	119485,55	99529,62	19905,92	79623,70	99529,62	19905,92	39811,85	69670,73
Yapısal Peyzaj											
Asfalt Yol	0,90	1274943,60	160642,89	137693,91	114744,92	22948,98	91795,94	114744,92	22948,98	45897,97	80321,45
Spor Sahası	0,35	7519,77	368,47	315,83	263,19	52,64	210,55	263,19	52,64	105,28	184,23
Havuz	0,00	3770,83	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Çati											
Metal Çati	0,90	160792,46	20259,85	17365,59	14471,32	2894,26	11577,06	14471,32	2894,26	5788,53	10129,93
Kiremit Çati	0,75	43126,64	4528,30	3881,40	3234,50	646,90	2587,60	3234,50	646,90	1293,80	2264,15
Beton Çati	0,70	141621,73	13878,93	11896,23	9913,52	1982,70	7930,82	9913,52	1982,70	3965,41	6939,46
Toplam (m ² /saat)			366247,76	313926,65	261605,54	52321,11	209284,43	261605,54	52321,11	104642,22	183123,88
Yıllık Ortalama (m ² /saat)											
239805,08											
52321,08											

Tablo 4. 16 2018 yılına ait akışa geçen yağış miktarı.

2018											
Maslak	C	A (m ²)	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül
I: Aylara göre saatlik yağış yoğunluğu (mm/saat)											
Bitkisel Peyzaj											
Toprak	0,60	138779,60	7494,10	9159,45	10824,81	2498,03	4163,39	5828,74	4996,07	832,68	25813,01
Çim	0,35	183115,66	5768,14	7049,95	8331,76	1922,71	3204,52	4486,33	3845,43	640,90	19868,05
Çal	0,30	157087,99	4241,38	5183,90	6126,43	1413,79	2356,32	3298,85	2827,58	471,26	14609,18
Orman	0,25	3981184,84	89576,66	109482,58	129388,51	29858,89	49764,81	69670,73	59717,77	9952,96	308541,82
Yapısal Peyzaj											
Asfalt Yol	0,90	1274943,60	103270,43	126219,42	149168,40	34423,48	57372,46	80321,45	68846,95	11474,49	355709,27
Spor Sahası	0,35	7519,77	236,87	289,51	342,15	78,96	131,60	184,23	157,92	26,32	815,89
Havuz	0,00	3770,83	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Çatı											
Metal Çatı	0,90	160792,46	13024,19	15918,45	18812,72	4341,40	7235,66	10129,93	8682,79	1447,13	44861,10
Kiremit Çatı	0,75	43126,64	2911,05	3557,95	4204,85	970,35	1617,25	2264,15	1940,70	323,45	10026,94
Beton Çatı	0,70	141621,73	8922,17	10904,87	12887,58	2974,06	4956,76	6939,46	5948,11	991,35	30731,91
Toplam (m ² /saat)											
Yıllık Ortalama (m ² /saat)			235444,99	287766,10	340087,20	78481,66	130802,77	183123,88	156963,33	26160,55	810977,18
			320466,79								

Tablo 4. 18 2020 yılına ait akışa geçen yağış miktarı.

2020														
Maslak	C	A (m²)	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
İ: Aylara göre saatlik yağış yoğunluğu (mm/saat)														
Bitkisel Peyzaj														
Toprak	0,60	138779,60	19151,58	8326,78	4996,07	3330,71	5828,74	4163,39	0,00	832,68	2498,03	9159,45	7494,10	4163,39
Çim	0,35	183115,66	14740,81	6409,05	3845,43	2563,62	4486,33	3204,52	0,00	640,90	1922,71	7049,95	5768,14	3204,52
Çal	0,30	157087,99	10839,07	4712,64	2827,58	1885,06	3298,85	2356,32	0,00	471,26	1413,79	5183,90	4241,38	2356,32
Orman	0,25	3981184,84	228918,13	99529,62	59717,77	39811,85	69670,73	49764,81	0,00	9952,96	29858,89	109482,58	89576,66	49764,81
Yapısal Peyzaj														
Asfalt Yol	0,90	1274943,60	263913,33	114744,92	68846,95	45897,97	80321,45	57372,46	0,00	11474,49	34423,48	126219,42	103270,43	57372,46
Spor Sahası	0,35	7519,77	605,34	263,19	157,92	105,28	184,23	131,60	0,00	26,32	78,96	289,51	236,87	131,60
Havuz	0,00	3770,83	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Çatı														
Metal Çatı	0,90	160792,46	33284,04	14471,32	8682,79	5788,53	10129,93	7235,66	0,00	1447,13	4341,40	15918,45	13024,19	7235,66
Kiremit Çatı	0,75	43126,64	7439,35	3234,50	1940,70	1293,80	2264,15	1617,25	0,00	323,45	970,35	3557,95	2911,05	1617,25
Beton Çatı	0,70	141621,73	22801,10	9913,52	5948,11	3965,41	6939,46	4956,76	0,00	991,35	2974,06	10904,87	8922,17	4956,76
Toplam (m³/saat)			601692,75	261605,54	156963,33	104642,22	183123,88	130802,77	0,00	26160,55	78481,66	287766,10	235444,99	130802,77
Yıllık Ortalama (m³/saat)			183123,88											

Tablo 4. 20 2022 yılına ait akışa geçen yağış miktarı.

2022											
Maslak	C	A (m ²)	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül
Bitkisel Peyzaj											
E: Aylara göre saatlik yağış yoğunluğu (mm/saat)											
Toprak	0,60	138779,60	7494,10	15820,87	6661,42	5828,74	1665,36	4163,39	11657,49	11657,49	4163,39
Çim	0,35	183115,66	5768,14	12177,19	5127,24	4486,33	1281,81	3204,52	8972,67	8972,67	3204,52
Çağ	0,30	157087,99	4241,38	8954,02	3770,11	3298,85	942,53	2356,32	6597,70	6597,70	2356,32
Orman	0,25	3981184,84	89576,66	189106,28	79623,70	69670,73	19905,92	49764,81	139341,47	139341,47	49764,81
Yapısal Peyzaj											
Asfalt Yol	0,90	1274945,60	103270,43	218015,36	91795,94	80321,45	22948,98	57372,46	160642,89	160642,89	57372,46
Spor Sahası	0,35	7519,77	236,87	500,06	210,55	184,23	52,64	131,60	368,47	368,47	131,60
Havuz	0,00	3770,83	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Çatı											
Metal Çatı	0,90	160792,46	13024,19	27495,51	11577,06	10129,93	2894,26	7235,66	20259,85	20259,85	7235,66
Kiremit Çatı	0,75	43126,64	2911,05	6145,55	2587,60	2264,15	646,90	1617,25	4528,30	4528,30	1617,25
Beton Çatı	0,70	141621,73	8922,17	18835,69	7930,82	6939,46	1982,70	4956,76	13878,93	13878,93	4956,76
Toplam (m ³ /saat)			235444,99	497050,53	209284,43	183123,88	52321,11	130802,77	366247,76	366247,76	130802,77
Yıllık Ortalama (m ³ /saat)			218004,62								
											183123,88

Rasyonel yöntem formülünün uyarlanması ile hesaplanan 18 yıllık ortalama akışa geçen yağış miktarı toplam **255.195,74 m³** tür (Tablo 4.21).

Tablo 4. 21 18 yıllık ortalama akışa geçen yağış miktarı tablosu.

<i>Yıllar</i>	<i>Genel (m³/yıl)</i>	<i>Toplam</i>
2005	313.926,65	
2006	279.045,91	
2007	178.763,79	
2008	270.325,73	
2009	340.087,20	
2010	337.907,16	
2011	185.303,93	
2012	316.106,70	
2013	174.403,69	
2014	224.544,76	
2015	231.250,96	
2016	239.805,08	
2017	287.766,10	
2018	320.466,79	
2019	239.805,08	
2020	183.123,88	
2021	252.885,36	
2022	218.004,36	
ORTALAMA	255.195,74	

4.2. AHP'ye Dayalı Çok Ölçütlü Uygunluk Analizi

Topoğrafyanın su yönetim potansiyeli açısından uygunluğuna etki eden kriterlere değerler atanmıştır. Peyzaj planlama, restorasyon ve yönetim süreçlerinde yol gösterici bütünsel bir bakış açısı sağlamak amacıyla kentsel topoğrafyaya dayalı olarak arazi kullanım türü, bakı ve eğim olmak üzere üç ana kriter kullanılmıştır. Seçilen kriterlere AHP uygulanmış ve her alt kriterin altındaki faktörlere 1'den 9'a kadar değerler atanmıştır (Tablo 4.22).

Akışa geçen suların toplanıp yeniden verimli bir şekilde kullanılabilmesi için suların biriktiği alanlara yüksek değerler verilmiştir. Arazi kullanım türlerinden bu özelliği sağlayanlar geçirimsiz yüzeylerdir. Onlara maksimum 7 ve 9 değerleri atanmıştır. Geçirimsiz yüzeylerin çoğuna maksimum değer olan 9 verilmiştir. Yalnızca kiremit çatı diğer geçirimsiz yüzeylere göre daha geçirgen bir malzeme olduğu için ona 7 değeri verilmiştir.

Bakı analizi (EK B'ye bakınız.) ile birlikte rüzgâr verileri incelendiğinde çalışma alanı için kuzey ve kuzeydoğu bölgelerinin ana sert rüzgarlara eğilimli olduğu tespit edilmiştir. Bu nedenle en düşük değer 3 bu alanlara atanmıştır. Kuzeybatı bölgeleri, çalışma alanındaki hava ve su sirkülasyon potansiyeline çok etki etmemektedir. Bu nedenle 5 değeriyle orta düzeyde etki göstermektedir. Güney ve güneybatıya göre batı ve doğudan gelen düşük frekanslı rüzgarlar da kuru dönemlerde taze hava sirkülasyonunu destekleyerek hava kalitesini artırmakta, daha yüksek güneşlenme dönemleriyle birlikte yüzey akışı üzerinde olumsuz etkileri bulunmamaktadır. Bu da bu yönlere yüksek bir değer 7 verilmesini beraberinde getirmiştir. Biyoiklimsel konforu artırdığından ve yeni yağmur suyu ünitelerinin gelişimine katkı sağlayacağından maksimum değer 9 güney ve güneybatıya bakan alanlara atanmıştır.

Eğim arttıkça akışa geçen yağış miktarı da o oranda artacaktır. Bu tez kapsamında suların toplandığı alanlar tespit edilmek istendiği için eğimi az bölgelere en yüksek değer 9 verilmiştir. Bunlar de 0 ile 5 arasındaki eğimlerdir. Eğim arttıkça değerler eğime ters orantılı olarak 7, 5, 3 ve 1 şeklinde atanmıştır (EK C'ye bakınız.).

Tablo 4. 22 Topoğrafyanın su yönetim potansiyeli açısından uygunluğunun belirlenmesinde kullanılan kriterler ve kriterlere atanan değerler.

KRİTER		DEĞER
Yüzeyler		
Geçirimli Yüzeyler	Toprak	7
	Çim	5
	Çalı	3
	Orman	1
Geçirimsiz Yüzeyler	Asfalt Yol-Beton Kaplama	9
	Spor Sahası	9
	Havuz	9
	Metal Çatı	9
	Kiremit Çatı	7
	Beton Çatı	9
Akış Yönleri		
Kuzeydoğu, Kuzey		3
Kuzeybatı		5
Güneydoğu, Batı, Doğu		7
Güney, Güneybatı		9
Eğim		
> 25.1		1
20.1-25		1
15.1-20		3
10.1-15		5
5.1-10		7
0-5		9

Yöntemlerde açıklandığı şekilde değerler atandıktan sonra arazi kullanım türü, akış yönü ve eğim kriterleri bir karşılaştırma matrisi yardımıyla değerlendirilmiştir (Tablo 4.23, Tablo 4.24, Tablo 4.25, Tablo 4.26, Tablo 4.27).

Tablo 4. 23 Karşılaştırma matrisi.

Karşılaştırma Matrisi			
	Bakı	Yüzey Kaplaması	Eğim
Bakı	1,00	7,00	9,00
Yüzey Kaplaması	0,14	1,00	3,00
Eğim	0,11	0,33	1,00
Toplam	1,25	8,33	13,00

Tablo 4. 24 Normalize öncesi karşılaştırma matrisi.

Normalize Öncesi Karşılaştırma Matrisi			
	Bakı	Yüzey Kaplaması	Eğim
Bakı	1,00/1,25	7,00/8,33	9,00/13,00
Yüzey Kaplaması	0,14/1,25	1,00/8,33	3,00/13,00
Eğim	0,11/1,25	0,33/8,33	1,00/13,00
Toplam	1,25	8,33	13,00

Tablo 4. 25 Normalize edilmiş karşılaştırma matrisi.

Normalize Edilmiş Karşılaştırma Matrisi			
	Bakı	Yüzey Kaplaması	Eğim
Bakı	0,80	0,84	0,69
Yüzey Kaplaması	0,11	0,12	0,23
Eğim	0,09	0,04	0,08
Toplam	1,00	1,00	1,00

Tablo 4. 26 Özvektör hesabı.

Özvektör Hesabı				
	Bakı	Yüzey Kaplaması	Eğim	Özvektör
Bakı	0,80	0,84	0,69	0,78
Yüzey Kaplaması	0,11	0,12	0,23	0,15
Eğim	0,09	0,04	0,08	0,07

Tablo 4. 27 Tüm öncelikler matrisi.

Tüm Öncelikler Matrisi				
	Bakı	Yüzey Kaplaması	Eğim	
Bakı	$1,00 \times 0,78 = 0,78$	$7,00 \times 0,15 = 1,05$	$9,00 \times 0,07 = 0,63$	2,46
Yüzey Kaplaması	$0,14 \times 0,78 = 0,11$	$1,00 \times 0,15 = 0,15$	$3,00 \times 0,07 = 0,21$	0,47
Eğim	$0,11 \times 0,78 = 0,09$	$0,33 \times 0,15 = 0,05$	$1,00 \times 0,07 = 0,07$	0,21

$$2,46/0,78=3,15$$

$$0,47/0,15=3,13$$

$$0,21/0,07=3,00$$

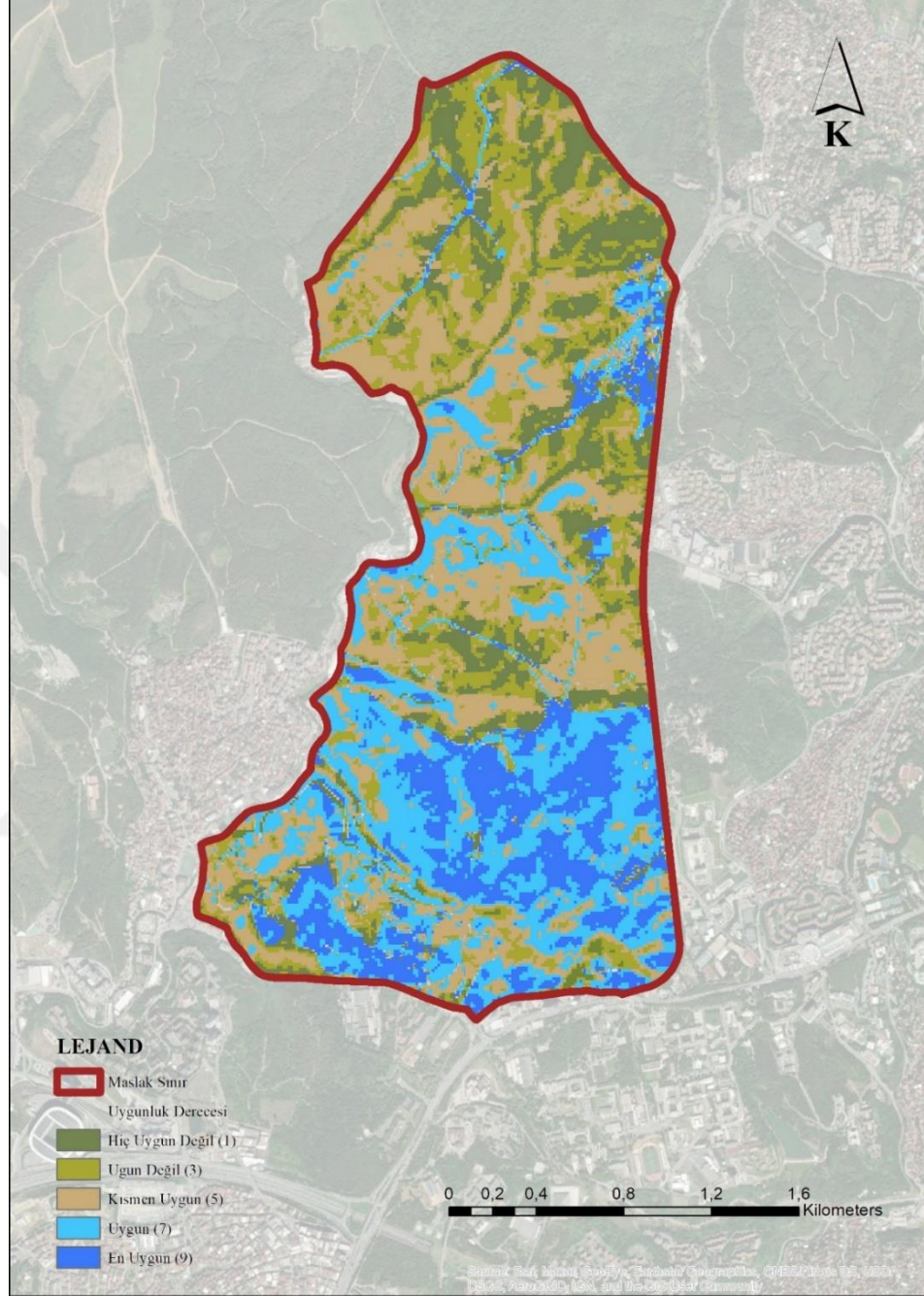
$$\lambda = 3,09$$

$$CI = \lambda - n / n-1 = 3,09 - 3 / 3 - 1 = 0,045$$

$$CR = CI/RI = 0,045 / 0,58 = 0,0776 < 0,1 \text{ olup karşılaştırmalar tutarlıdır.}$$

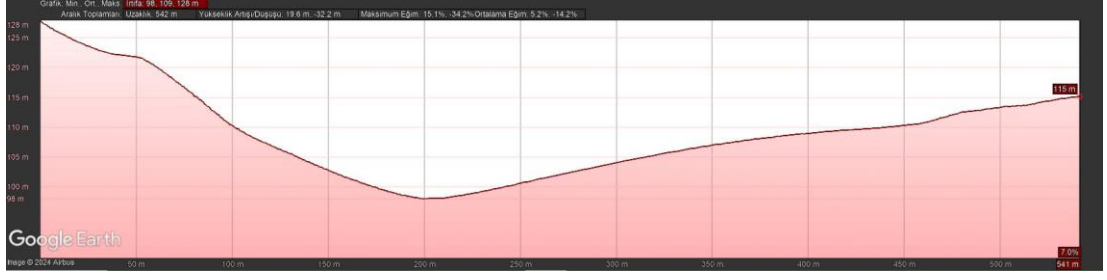
Her faktör normalize edilmiş, ağırlık oranları hesaplanmış ve karşılaştırmalar tutarlı bulunmuştur. Bu kapsamda çakıştırma işlemine geçilmiştir. Bu aşamada ESRI ArcMap 10.5 yazılımı ile çalışmaya devam edilmiştir. Daha önceden hazırlanan eğim haritası, bakı haritası ve arazi kullanım haritası program ana sayfasına tekrar çağrılmış ve uygunluk analizi oluşturulması için gereken üç işlem gerçekleştirilmiştir. Bu işlemlerden ilki kategorilere göre çizilen polygonların raster veriye çevrilmesidir. İkincisi oluşturulan bu raster verilerin değerlere göre sınıflandırılma işlemidir. Bu aşamada reclassify komutu ile raster veriye

belirlenen değerler girilmektedir. Son aşamada Weighted overlay komutuna akıştırılacak alanlar girilerek uygunluk analizi gerçekleştirilmiştir (şekil 4.3).



şekil 4. 3 Uygunluk analizi.

Harita incelenirken bütünde ilk dikkati çeken orman alanı ile kent merkezi arasındaki keskin ayrımdır. Yağmur suyunun ağırlıklı olarak kent merkezinde toplandığı görölmektedir. Özellikle sanayi bölgesinin ağırlıklı bir toplanma alanı olduğu tespit edilmiştir. Eğim grafiğinde de göröldüğü gibi çukur bir alanda kalması (şekil 4.4) ve aynı zamanda büyük oranda sert yüzeylerden oluşması bu durumun en büyük sebeplerindendir.



Şekil 4. 4 Maslak sanayi bölgesi eğim grafiği. Kaynak: Google Earth. (2024, 25 Ocak). *Arazi Kesiti.*

Askeri bölgede de yağmur sularının toplandığı bir bölge görülmektedir. Fakat bu bölgeyle ilgili bir öneri getirilmemiştir.

4.3. Maslakta Yağmur Suyu Yönetim Kurgusu

Çalışma alanı için yapılan uygunluk analizinden sonra yağışın toplandığı alanlarda suyun geri kazanımı sağlamak amacıyla bölge için bir yağmur suyu yönetim kurgusu oluşturulmuştur (Şekil 4.5). Burada yağmur suyunun tutulabileceği potansiyel alanlar gösterilmiştir. Bu alanlar sarnıç, biyolojik su tutma göleti, biyolojik hendek, yağmur bahçesi, yeşil çatı, mavi çatı ve geçirimli yüzey şeklinde sınıflandırılmıştır. Bazı alanlar tek bir sınıf gibi gösterilse de içerisinde diğer yönetim ünitelerini de barındırabilmektedir.

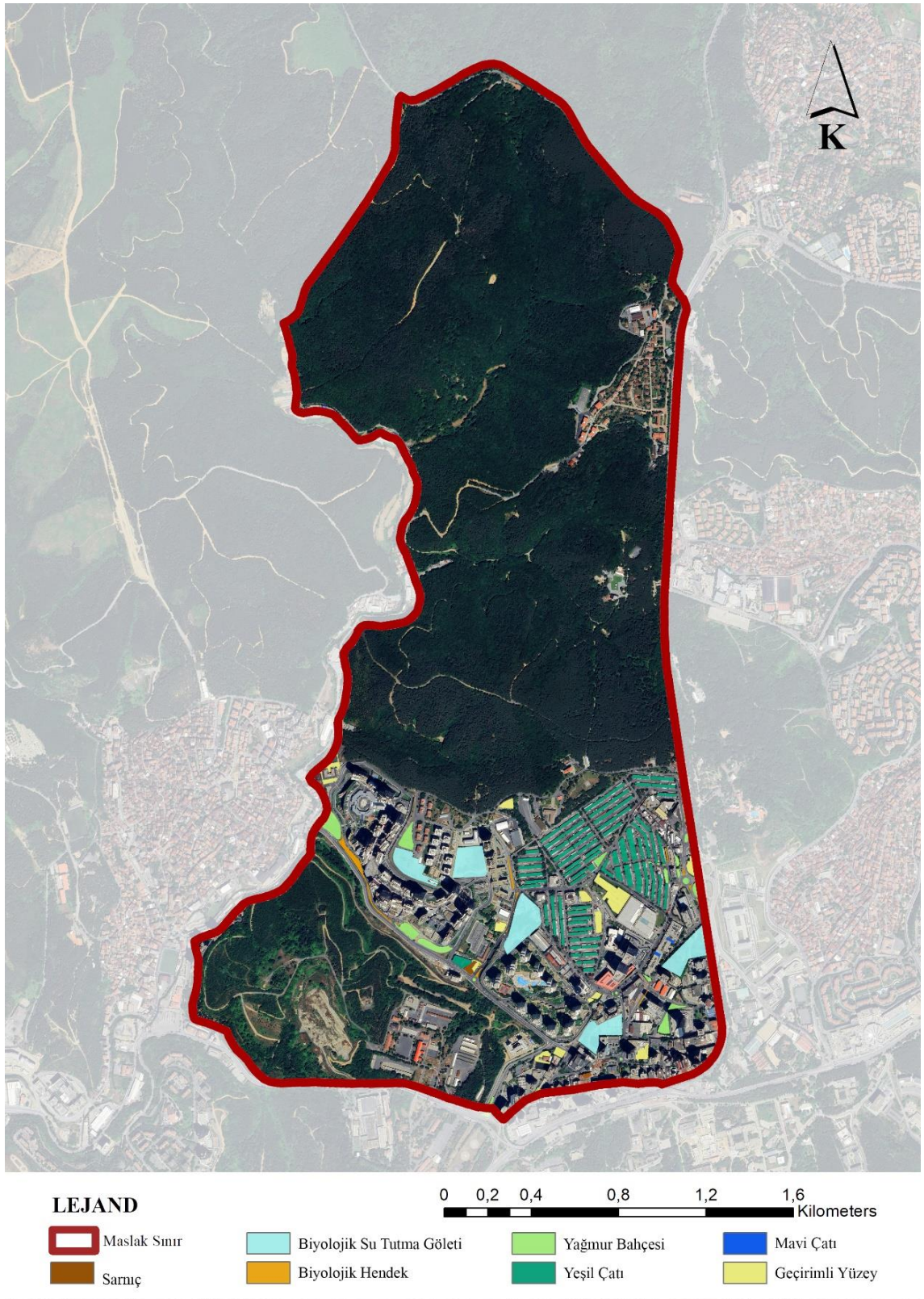
Bu kurguyla birlikte toplanan toplam yağış miktarı 144.534,99 m³'tür (Tablo 4.28). Akışa geçen suyun %57'sini karşılamaktadır. Öneriler kısmında da belirlenen pilot bölgelerde ünitelerin topladığı su miktarları detaylı olarak görülecektir.

Tablo 4. 28 Yağmur suyu yönetim ünite önerileriyle hasat edilebilecek yağmur suyu miktarları.

Yağmur Suyu Yönetim Üniteleri		Hasat edilen yağmur suyu (m ³)
Sarnıç	Uygulanacak sarnıcın boyutuna göre değişiklik göstermektedir. Taban alanı x yükseklik ile bulunmaktadır.	1000 m ³

Tablo 4. 28 (devamı)

Biyolojik su tutma göleti	Göletin büyüklüğüne ve derinliğine göre değişiklik göstermektedir. Fakat incelenen örnek projelerden elde edilen verilere göre bir değer belirlenebilmektedir. Dünyadan örnekler içerisinde incelenen 423.000 m ² 'lik alana sahip Benjakitti Orman Parkı'nda yapılan sulak alan çalışması ile 200.000 m ³ su tutması planlanmıştır. Bu durumda parkın aldığı yağmur suyunu baz alıp bir hesaplama yapabiliriz. 1 m ² 'lik alan 0,47 m ³ suyu tutabilmektedir.	36.070,62 m ³
Biyolojik hendek	Çalı ve ağaççıkların bir arada kullanıldığı sistem için 50 cm derinliğinde su emme kapasitesi 2 cm (10 cm toprak derinliği) olan toprak kullanıldığında yağmur suyu tutma kapasitesini hesaplayacak olursak: $\text{Alan (m}^2\text{)} \times 0,1 \text{ m} = \text{Sonuç (m}^3\text{)}$ yağmur suyu toprağa sızdırılabilir (Gülcü, 2021).	1.086,58 m ³
Yağmur bahçesi	$\text{Alan (m}^2\text{)} \times 0,1 \text{ m} = \text{Sonuç (m}^3\text{)}$ yağmur suyu toprağa sızdırılabilir (Gülcü, 2021).	2.730,1 m ³
Yeşil çatı	Tutma performansı ve kuraklığa duyarlılık, iklimsel değişikliklere bağlı olarak önemli ölçüde değişiklik gösterir. Genel hacimsel tutma 0,19 (serin, ıslak iklim) ile 0,59 (sıcak, kuru iklim) arasında değişmektedir (Stovin ve diğerleri, 2013).	51.808,49 m ³
Mavi çatı	Havuz ölçülerine göre değişiklik göstermektedir. Taban alanı x yükseklik ile bulunmaktadır.	4.943 m ³
Geçirimli yüzey	İyi çalışır durumdaki geçirimli yüzeyler, 130 mm/saat'ten birkaç bin mm/saat'e kadar sızma oranlarına sahiptir (Mullaney, 2014).	46.896,20 m ³
TOPLAM		144.534,99 m ³



Şekil 4. 5 Maslakta yağmur suyu yönetim kurgusu.

BÖLÜM 5

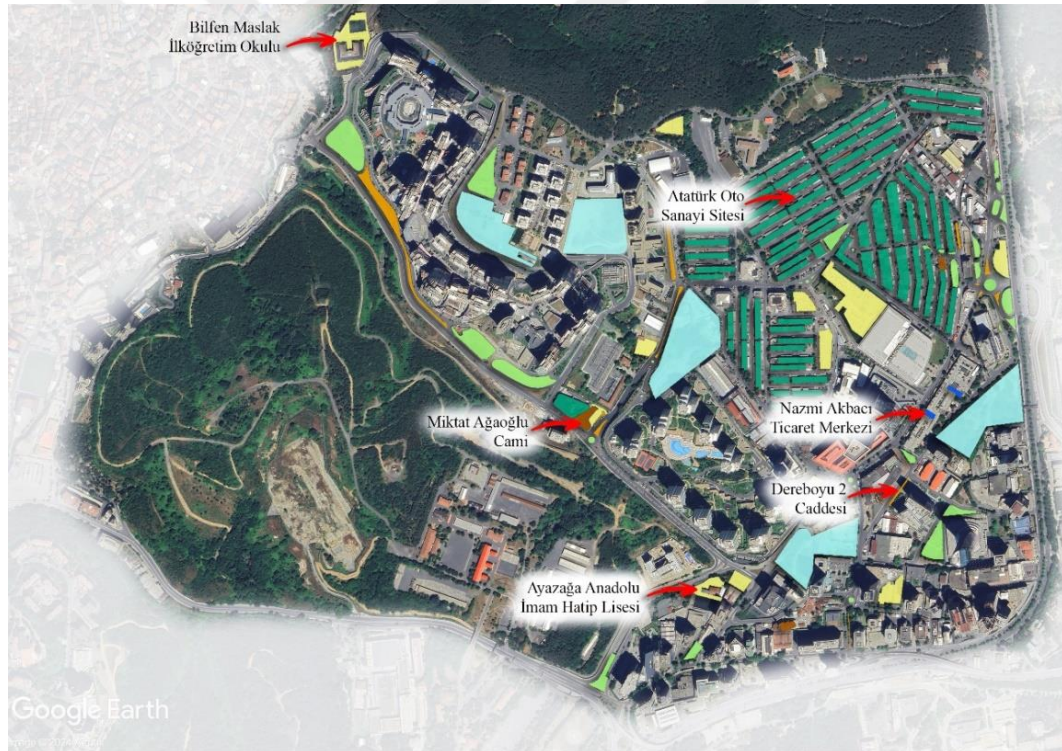
5. SONUÇ VE ÖNERİLER

5.1. Öneriler

Yağmur suyu yönetimi, farklı birçok adımı içinde barındırmaktadır. Çok boyutlu düşünülerek kurgulanması gereken bir sistemdir. Fakat sonucunda tek bir amaca hizmet etmektedir. Bu amaç yağmur sularının verimli olarak kullanılabilmesidir. Günümüzün en büyük problemlerinden biri olan su sıkıntısına çözüm oluşturulabilmesi bu kurgunun detaylı bir şekilde yapılması ve hayata geçirilmesinden geçmektedir. Bu tez kapsamında yağmur suyu yönetimindeki bu adımlar Maslak örneği üzerinden ortaya konmuştur. Akışa geçen yağış miktarı hesaplanmış, suların toplanacağı en uygun alanlar tespit edilmiş ve elde edilen veriler ve ihtiyaçlar dikkate alınarak yağmur suyu yönetim kurgusu oluşturulmuştur. Bu kurguda Maslak'ın mevcut durumunda büyük değişiklikler yapmadan belirlenen noktalara yapılacak müdahalelerle yağmur suyu yönetiminde aşama kaydetmesi amaçlanmıştır. Bu potansiyel alanlardan her bir yönetim ünitesine örnek oluşturacak pilot bölgeler belirlenmiş (Tablo 5.1) ve bu bölümde bu alanlara daha detaylı öneriler getirilmiştir (Şekil 5.1).

Tablo 5. 1 Maslak yağmur suyu yönetim kurgusunda belirlenmiş pilot bölgeler ve bu bölgeler için önerilen yağmur suyu yönetim üniteleri.

Pilot Bölgeler	Yağmur Suyu Yönetim Üniteleri
Miktat Ağaoğlu Cami	Sarnıç, Geçirimli yüzey, Biyolojik hendek
Dereboyu 2 Caddesi	Biyolojik hendek
Bilfen Maslak İlköğretim Okulu	Yağmur bahçesi, Geçirimli yüzey, Yeşil/mavi çatı
Atatürk Oto Sanayi Sitesi	Yeşil çatı
Nazmi Akbacı Ticaret Merkezi	Mavi çatı
Ayazağa İmam Hatip Anadolu Lisesi	Geçirimli yüzey



LEJAND

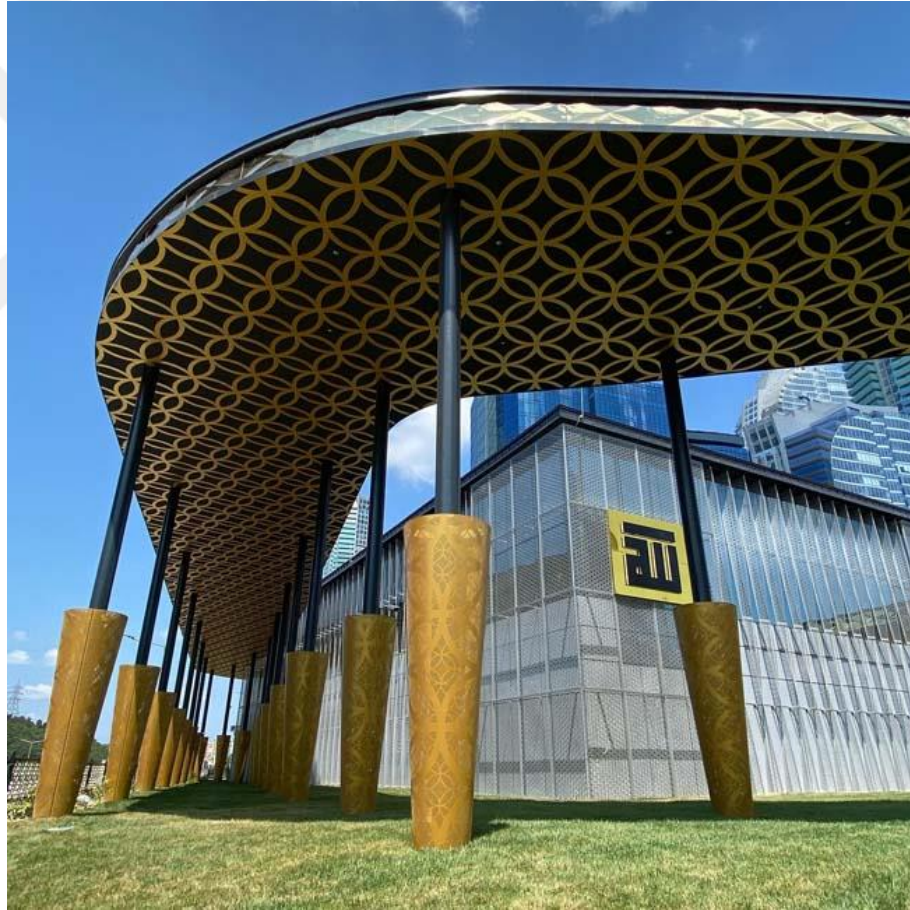
Maslak Sınır	Biyolojik Su Tutma Göleti	Yağmur Bahçesi	Mavi Çatı
Sarnıç	Biyolojik Hendek	Yeşil Çatı	Geçirimli Yüzey

Şekil 5. 1 Maslak yağmur suyu yönetim kurgusunda belirlenmiş pilot bölgeler.

5.1.1. Öneri 1: Miktat Ağaoğlu Cami

Çevresiyle yaklaşık 3000 m² olan 1000 m² inşaat alanına sahip cami konumu itibariyle alt kotlarda ve yüksek katlı sitelerin arasında bulunmaktadır. Önünde 1250 m² yeşil alan ve 750 m² otopark alanı bulunmaktadır. Caminin ön bahçesinde oluşturulacak sarnıç ile çatıdan ve çevresindeki üst örtü elemanından (Şekil 5.2) gelen su toplanabilir ve caminin su ihtiyacında kullanılabilir.

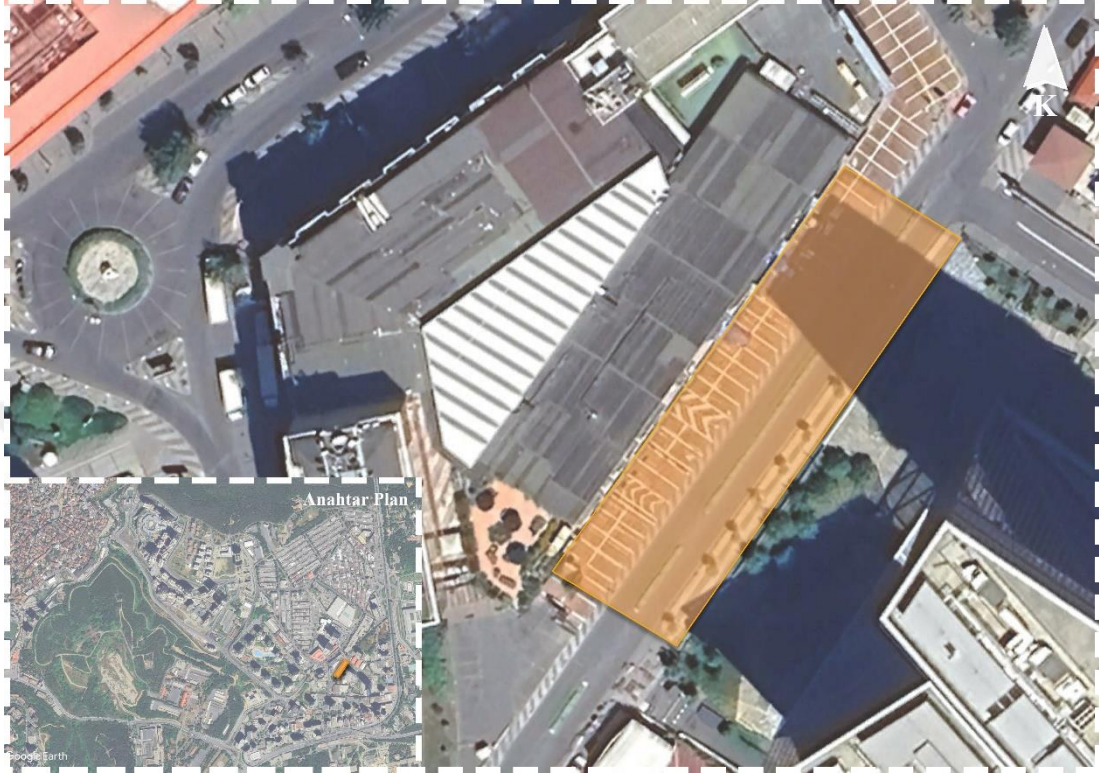
Otopark alanı geçirimli yüzey malzeme ile yeniden düzenlenir ise 975 m³ akışa geçen su sızdırılabilir. 1250 m³ yeşil alan bir yağmur bahçesi şeklinde planlanırsa 125 m³ su hasat edilebilir. 50 m² taban alanına sahip 4 metre yüksekliğinde bir sarnıç eklenirse 200 m³'ye su yine hasat edilebilir. Farklı ünitelerin birlikte kullanılmasıyla yaklaşık 1300 m³'e yakın su akıştan kurtarılıp sızdırılabilir veya hasat edilebilir.



Şekil 5. 2 Miktat Ağaoğlu Cami. Kaynak: URL17. (2024, 23 Ocak). *Maslak 1453 Miktat Ağaoğlu Cami*. Moy Mimarlık. <https://moymimarlik.com/proje/maslak-1453-miktat-agaoglu-cami/10>.

5.1.2. Öneri 2: Dereboyu 2 Caddesi

Cadde, Maslak Square ile Ata Center arasında kalmaktadır (Şekil 5.3). Yaklaşık 77 metre uzunluğunda 23 metre genişliğindedir.



Şekil 5. 3 Dereboyu 2 Caddesi.

Cadde boyunca devam eden yol aksında uygulanmış bitkilendirme yetersizdir. Diğer birçok alana göre daha çok üzerine çalışılmış olsa da yağmur suyunu toplaması için oluşturulmuş örnek bir çalışma değildir. Maslak'ın işlek caddelerinden biridir. Gidiş-geliş araç yolları, 2 aracın park edebileceği bir park alanı ve kaldırım bulunmaktadır.

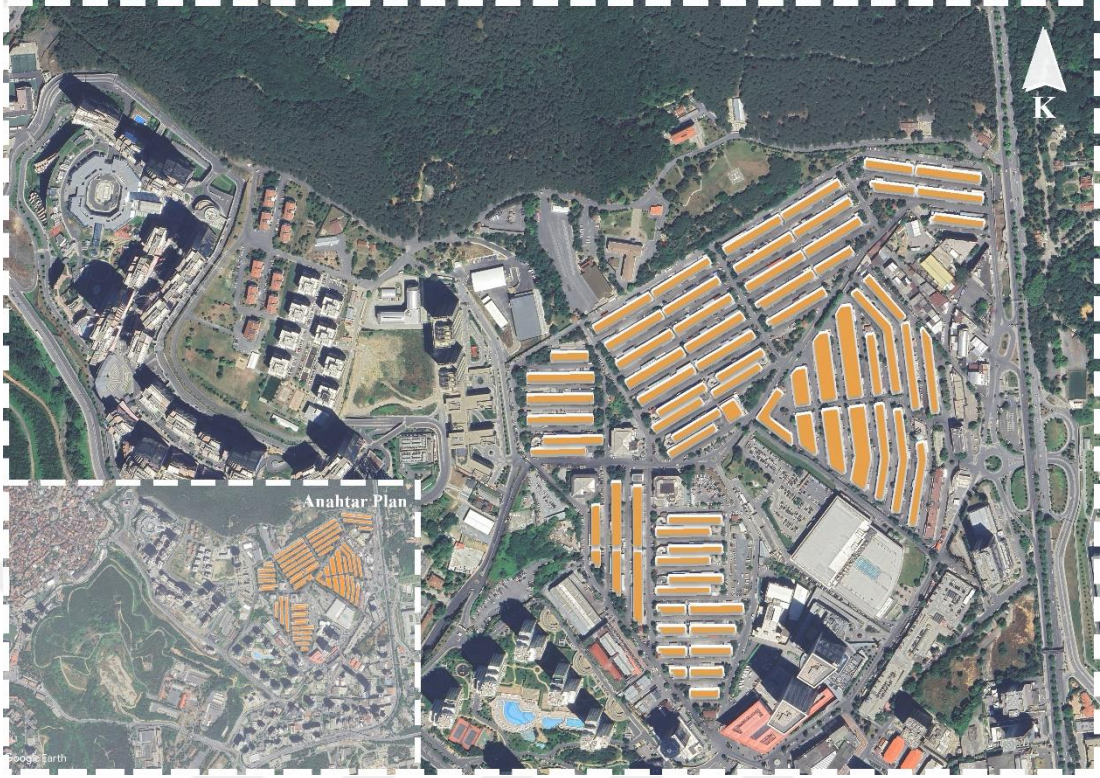
Yeni durumda kaldırım ile araç yolu arasında yol boyunca devam eden biyolojik hendek önerilmiştir. Araç yolu için başka bile malzeme önerilmemiştir. Çünkü asfalt yol tüm bölgede devam etmektedir.

Araç park yerleri için geçirimli yüzey önerilmiştir. Böylece park yerlerindeki 894,4 m³ yağmur suyu sızdırılabilecektir. Araç yolundan akan fazla sular biyolojik hendeklere doğru eğimle atılabilir (Şekil 5.4).



Şekil 5. 4 Dereboyu 2 Caddesinde sürdürülebilir yağmur yönetimi. Kaynak: Google Earth. (2022). *Sokak Görünümü*.

5.1.3. Öneri 3: Atatürk Oto Sanayi Sitesi



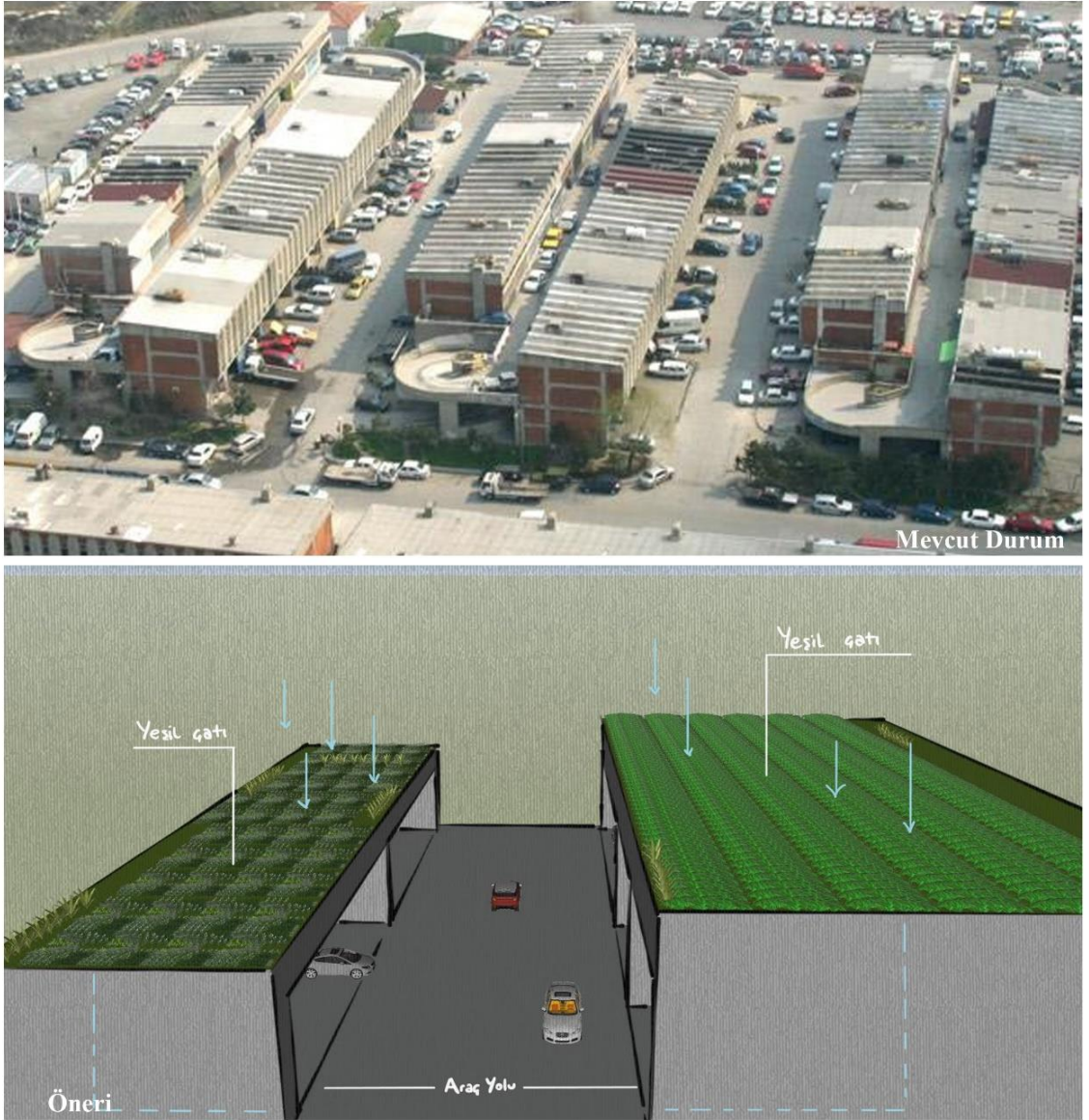
Şekil 5. 5 Maslak Atatürk Oto Sanayi Sitesi.

Maslak Atatürk Oto Sanayi Sitesi ağırlıklı dip dibe konumlandırılmış binalardan ve bu binalara paralel araç yollarından oluşmaktadır (Şekil 5.5). Sitede binalar ve yollar dışında kalan alanlar kısıtlıdır. Akışa geçen suyu tutacak yeşil alan miktarı yok denecek kadar azdır (Şekil 5.6).



Şekil 5. 6 Maslak Oto Sanayi Sitesi. Kaynak: URL18. (2024, 20 Ocak). *Maslak Sanayi*. Atatürk Oto Sanayi Sitesi. <https://www.ataturkotosanayi.org/>.

Bu yüzden bu bölgeye en çok alan kaplayan çatılardan yağış toplanması önerilmiştir. 85.321 m² lik çatı yüzeyi yeşil çatı olarak değiştirilebilir (Şekil 5.7). Böylece 16.210,99-50.339,39 m³ aralığındaki değerler kadar sızdırılabileceği anlamına gelmektedir. Su yönetimi dışında bölgedeki kaotik görüntünün yerini yeşil ve canlı bir görüntüye bırakacak olması diğer bir olumlu özelliktir. Buna ek olarak bölgede sıcaklık farkı yaratacaktır. Mevcut duruma oranla daha serin bir alana dönüşecektir.



Şekil 5. 7 Sanayi bölgesinde yeşil çatı kurgusu. Kaynak: URL19. (2024, 24 Ocak). *Atatürk Oto Sanayi Sitesi II.Kısım*. Piramit Mimarlık. <https://www.piramit-ltd.com/tr/projeler/ataturk-oto-sanayi-sitesi-iikisim>.

5.1.4. Öneri 4: Ayazağa Anadolu İmam Hatip Lisesi

Ayazağa Anadolu İmam Hatip Lisesi plazaların arasında kalmış bahçesinde yeşil alan bulunmayan bir okul bahçesine sahiptir (Şekil 5.8). Lisenin bahçesi 1695 m² lik asfalt bir yüzeyden oluşmaktadır. Asfalt yüzeyin geçirimli yüzeylerle değiştirilmesi önerilmektedir. Bu yüzeyin geçirimli bir malzeme ile değiştirilmesi durumunda akışa geçen yağış miktarı azalacaktır. Mullaney, (2014) yaptığı çalışma sonucunda iyi çalışır durumdaki geçirimli yüzeylerin, 130 mm/saat'ten birkaç bin mm/saat'e kadar sızma oranlarına sahip olduğunu ifade etmiştir. Mullaney, (2014)'in yaptığı çalışma verilerine dayanarak değişiklik sonucunda 2.203,5 m³ sızma sağlanacağı hesaplanmıştır.



Şekil 5. 8 Ayazağa Anadolu İmam Hatip Lisesi ön cephe fotoğrafı. Kaynak: URL20. (2024, 22 Ocak). *Ayazağa Anadolu İmam Hatip Lisesi Tarihçe*. T.C. Millî Eğitim Bakanlığı. https://ayazagaaihl.meb.k12.tr/meb_iys_dosyalar/34/17/758901/dosyalar/2020_11/06141802_AYAZAYA_ANADOLU_YMAM_HATYP_LYSESY_TARYHCE_2020_KASIM.pdf?CHK=4facabf5d379ea18503a5a5945525a3d.

5.1.5. Öneri 5: Bilfen Maslak İlköğretim Okulu

Bilfen Maslak İlköğretim Okulu Maslak'ın batısında orman sınırında yer almaktadır (Şekil 5.9).



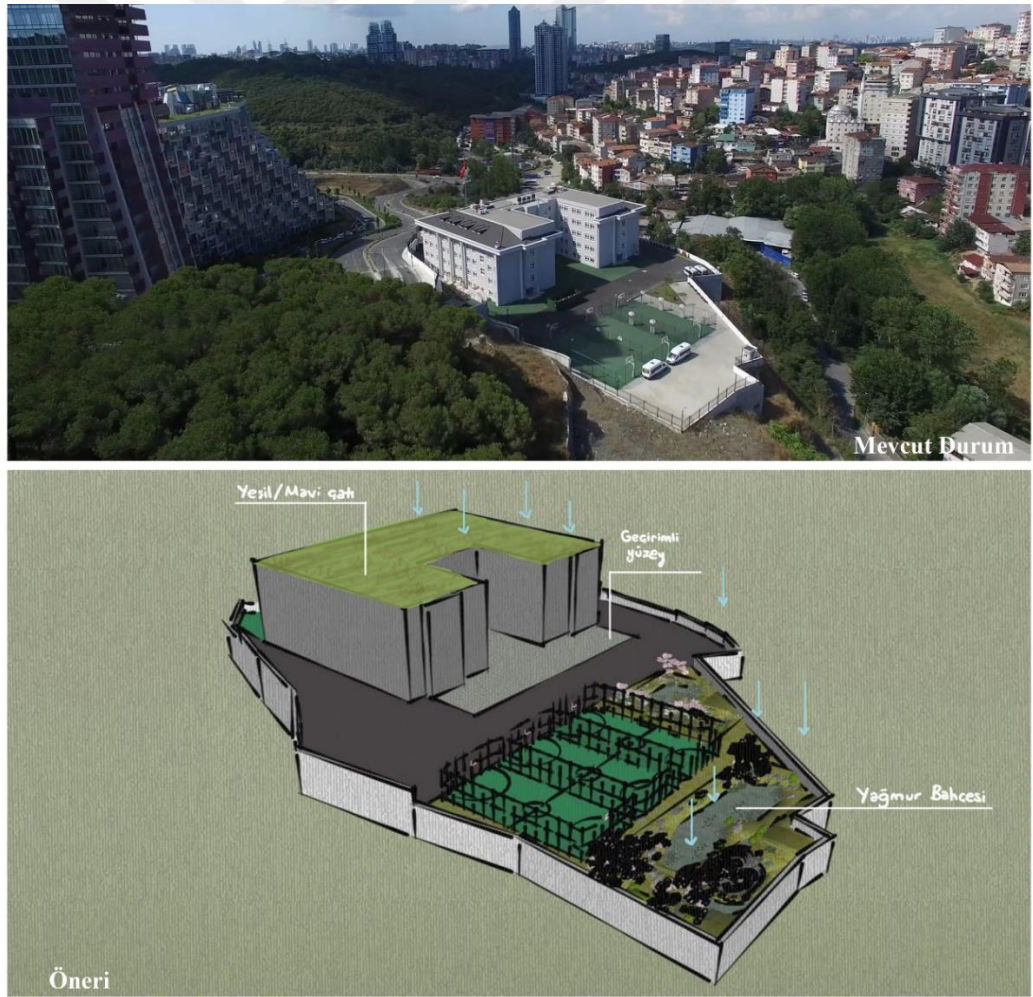
Şekil 5. 9 Bilfen Maslak İlköğretim Okulu konumu.

Okulun bahçesinde yaklaşık 4.295 m² lik geçirimsiz bir yüzey bulunmaktadır. Birkaç adet ağaç dışında herhangi bir yeşil alan mevcut değildir. Yeşil olan tek şey bahçede kullanılan geçirimsiz malzemenin rengi olarak görülmektedir (Şekil 5.10). Akışa geçen yağış miktarını attırmanın dışında çocuk gelişimi için de olumsuz bir durumdur. Kutay ve Oğuz (2020)'un Okul Bahçeleri Tasarım Standartlarının Yeşil Altyapı Araçları Açısından Değerlendirmesi adlı çalışmalarında da ifade ettikleri gibi çocukların doğa bilinci kazanmalarının en etkili yolu doğa ile bir arada olmalarıdır. Bu bilincin en çok bulundukları okul bahçelerinde kazandırılması gelişim süreci için çok önemlidir.



Şekil 5. 10 Bilfen Maslak İlköğretim Okulu. Kaynak: URL21. (2024, 22 Ocak). *Bilfen Maslak İlkokulu*. BİLFEN. <https://bilfen.com/tr/ilkokul/okullarimiz/bilfen-maslak-ilkokulu>.

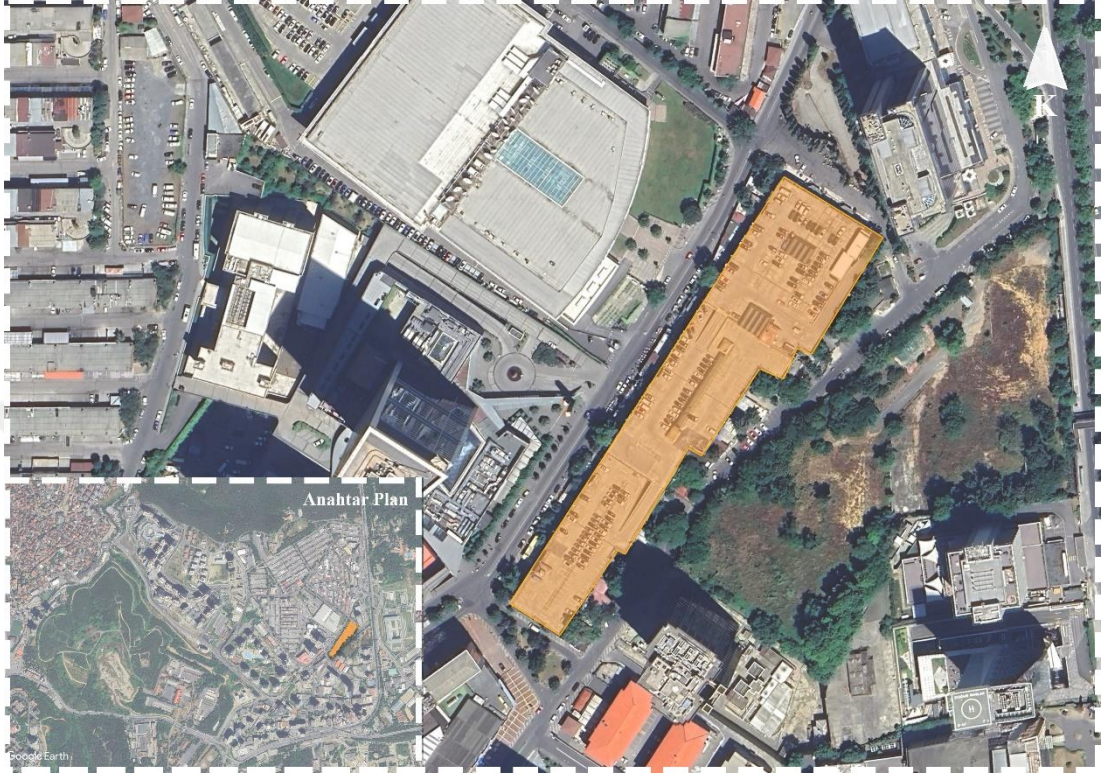
Hem akışa geçen yağışı toplamak hem de çocuklara doğa bilincini kazandırmak adına bu alanda 3 farklı yönetim ünitesi önerilmiştir (Şekil 5.11). Bunlardan ilki yağmur bahçesidir. Okulun arka bahçesinde yer alan spor sahalarının yanındaki boş alana önerilmiştir. Yağmur bahçesi için önerilen alan 1020 m² dir. Yağmur bahçesinin sızma sağlayacağı yağış miktarı 102 m³ tür. İkincisi geçirimli yüzeylerdir. Yağmur bahçesi önerisinden sonra kalan geçirimsiz yüzey miktarı yaklaşık 3275 m² dir. Bu miktarın hepsi için geçirimli yüzey önerisi yapılabilmeyle birlikte servis araçlarının yol aksı mevcut haliyle bırakılarak sadece ön ve arka cephede bulunan tören alanlarına da öneri getirilebilir. Maliyeti azaltmak için öneri bu şekilde sunulmuştur. Tüm geçirimsiz yüzeyler geçirimli yüzeye çevrilirse 2.203,5 m³ su yerin altına sızacaktır. Üçüncü yönetim ünitesi de yeşil ya da mavi çatılardır. Çatının yaklaşık 400 m²'lik bir kısmı kullanılarak yeşil çatı oluşturulmasıyla toplanan su miktarı 76-236 m³ aralığındadır. Mavi çatı önerisi üzerinden gidilecek olursa da yaklaşık 200 m³ su toplanacaktır.



Şekil 5. 11 İlköğretim okulunda yeşil çatı kurgusu. Kaynak: URL21. (2024, 22 Ocak). *Bilfen Maslak İlkokulu*. BİLFEN. <https://bilfen.com/tr/ilkokul/okullarimiz/bilfen-maslak-ilkokulu>.

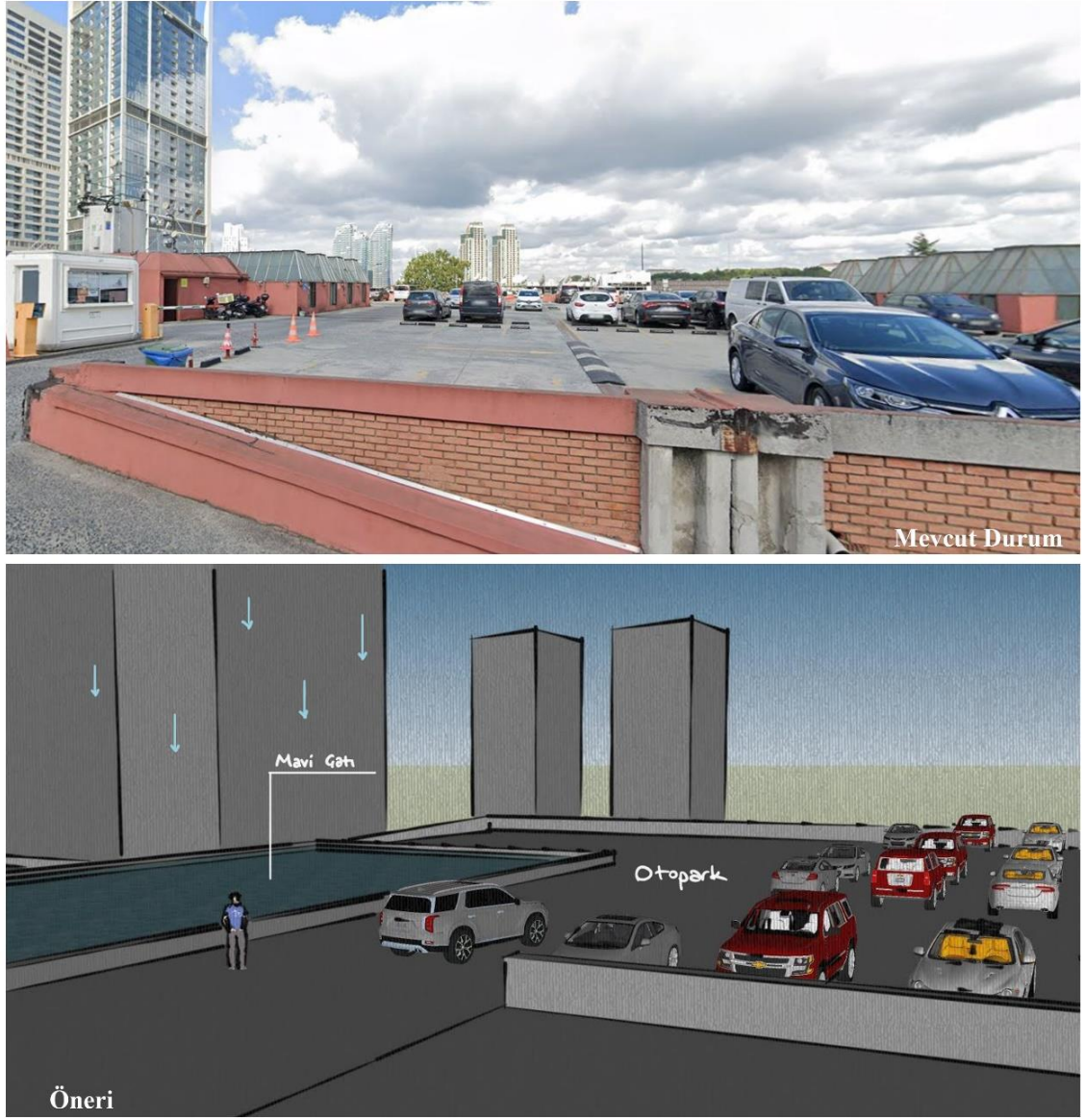
5.1.6. Öneri 6: Nazmi Akbacı Ticaret Merkezi

Nazmi Akbacı Ticaret Merkezi, Atatürk Oto Sanayi Bölgesi ile plazalar arasında yer almaktadır (Şekil 5.12). Bu ticaret merkezinin en üst katında açık bir otopark bulunmaktadır.



Şekil 5. 12 Nazmi Akbacı Ticaret Merkezi konumu.

Bu otoparkın alanı 9886 m² dir. Kent içerisinde büyük alan kaplayan bir sert zemindir. Mevcut otoparkı da koruyarak çok fazla çalışmaya sebep olmadan kullanılabilecek mavi çatı önerisinde bulunulmuştur (Şekil 5.13). Alanı küçültülüp büyütülmekle birlikte 364 m² lik alana önerilmiştir. Yüksekliğinin 1 m olacağı bir planlamada 364 m³ su toplanabileceği görülmektedir.

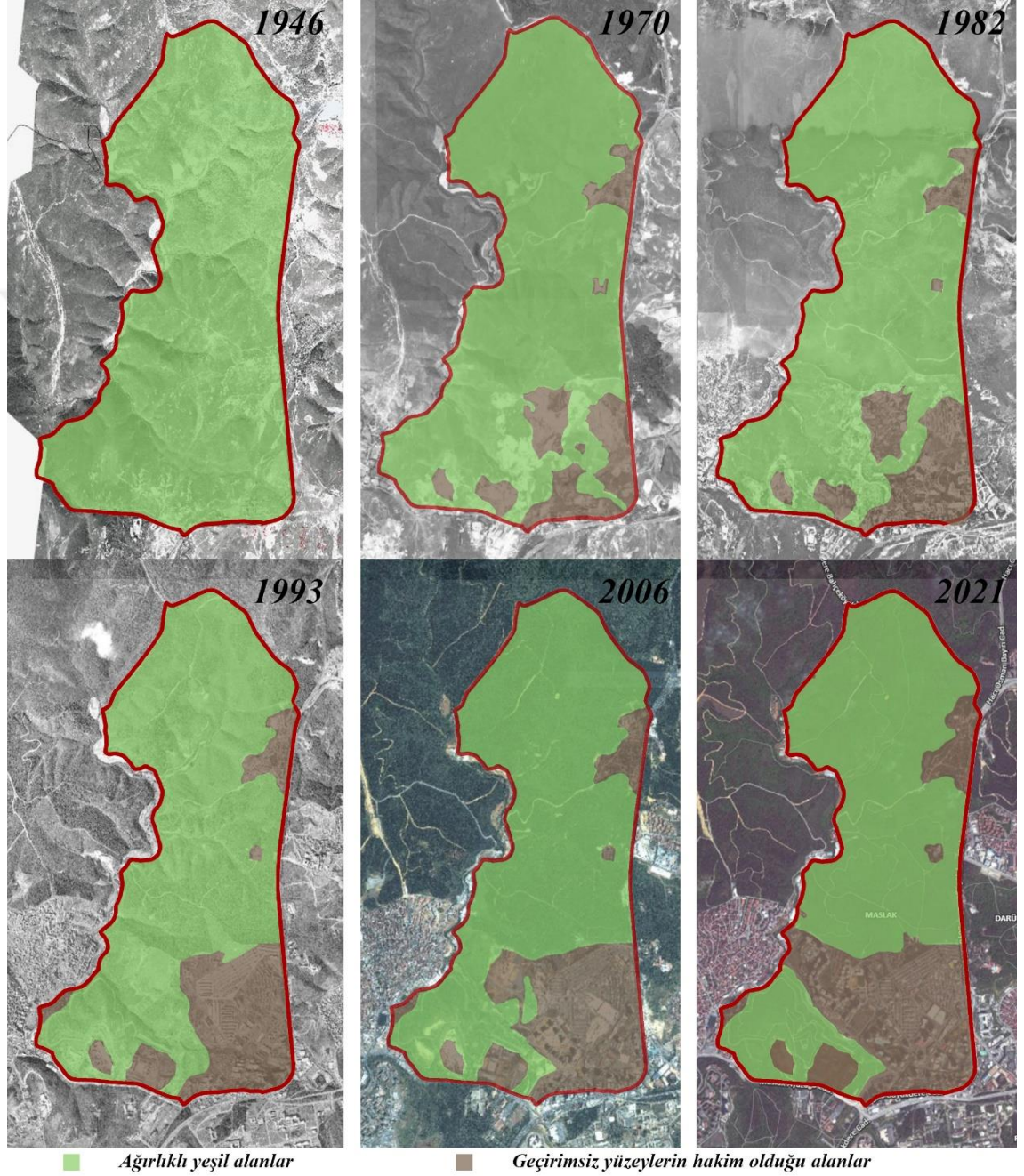


Şekil 5. 13 Nazmi Akbaşı Ticaret Merkezinde mavi çatı önerisi. Kaynak: Google Earth. (2000). *Sokak Görünümü*.

Tüm bu önerilere ek olarak mevcutta bulunan ve alanın büyük miktarda suyu tutmasına katkı sağlayan orman alanının korunması ve sert yüzeyde yapılacak üniteler tarafından karşılanan suyun fazlasının bu alanlarda toplanması yağmur suyu yönetim kurgusunun tamamlayıcı maddesi olacaktır. Çünkü yerel koşullara bağlı olarak, orman alanları sünger görevi görerek aşağı nehir sistemlerinde istikrarlı taban akışları sağlayabilmekte ve sığ yeraltı suyu kaynaklarını yeniden besleyebilecek şekilde toprağa su sızmasını artırmaktadır (Malmer ve diğerleri, 2009).

Yıllar içerisinde Şekil 5.14 gibi genişleme gösteren kent merkezinin daha fazla ilerlemeden durdurulması gerekmektedir. Durmadan ilerlendiği takdirde, akışa geçen yağış

miktarı artacaktır. Bu durumu gözlemlemek için orman alanının %30'luk bir kısmının sert yüzey olduğu bir kurgu oluşturulmuş ve hesaplanmıştır. Akışa geçen yağış miktarı Tablo 5.2'deki gibidir. Akışa geçen su miktarı mevcut duruma göre %17 oranda artış göstermiştir. Bu senaryoya ulaşmamanın tek yolu mevcudu koruma ve geliştirme önerisinden geçmektedir.



Şekil 5. 14 Maslak bölgesinin yıllar içindeki değişimi.

Tablo 5. 2 Maslak bölgesinin tamamının sert yüzeyden oluştuğu senaryodaki akışa geçen yağış miktarı.

<i>Yıllar</i>	<i>Genel (m³/yıl)</i>	<i>Toplam</i>
2005	368.389,26	
2006	327.457,12	
2007	209.777,22	
2008	317.224,08	
2009	399.088,36	
2010	396.530,10	
2011	217.451,99	
2012	370.947,52	
2013	204.660,70	
2014	263.500,65	
2015	271.341,49	
2016	281.408,46	
2017	337.690,15	
2018	376.064,04	
2019	281.408,46	
2020	214.893,73	
2021	296.758,01	
2022	255.825,87	
ORTALAMA	299.467,62	

Bu tez kapsamında sunulan öneriler geliştirilebilir ve değişen koşullara uygun bir şekilde yeniden değerlendirilebilir. Değişen koşullara örnek olacak bir olay bu tez sürecinde de yaşanmıştır. Arazi kullanım haritası hazırlanırken yeşil alan olarak gözüken bölgenin askeri alanın Ayazağa Ticaret Merkezine bakan kısmında yeni bir inşaat çalışmasının başladığı tespit edilmiştir. Bu durum kentlerde her an değişimin gerçekleştiğini ve her zaman yeniden değerlendirmeye açık olduğunu göstermektedir.

Sunulan önerilerde yeşil ve mavi çatı uygulamalarına dair örnek oluşturması adına birkaç alanda öneri sunulmuştur. Fakat yağmur suyunu daha etkin kontrol edebilmek için daha çok bina üzerinde yeşil ve mavi çatı uygulamaları yapılabilir. Örneğin Maslakta birçok site bulunmaktadır. Bu siteler ve bunlar dışında kamuya ait yapılar bunun için örnek teşkil

edebilir. Kamu kuruluşları olan biri ilkokul biri lise olmak üzere 2 okul ve 1 cami için öneri de bulunulmuştur. Bu öneriler sonucunda gözlenen halkın kullanımına açık bu alanların ağırlıklı olarak sert yüzeylere sahip olduğudur. Özellikle aşırı yağış dönemlerinde su baskını yaşama potansiyelleri vardır. Bu durum da birçok insanı tehlikeye atmaktadır.

Tez kapsamında yapılan yağmur suyu yönetim kurgusunda özel mülkiyet oldukları için sitelerin çatıları ile ilgili bir öneri sunulmamıştır. Fakat site sakinlerinin toplu karar alması ile birlikte böyle bir yaklaşım hayata geçirilebilir.

5.2. Sonuç

Tez kapsamında, dünyadaki ve Türkiye'deki yağmur suyu yönetimleri incelenmiş ve mevcut sistemlerle bozulan doğal su döngüsünü iyileştirebilecek sürdürülebilir önlemler irdelenmiştir. İçerisinde orman alanı bulunmasının dışında minimum düzeyde geçirimli yüzeye sahip ve her geçen gün sert yüzeylerin artış gösterdiği, çalışma alanı olarak belirlenmiş olan Maslak bölgesi için çeşitli yağmur suyu yönetim önerileri geliştirilmiştir.

Yapılan irdelemelerde yağmur suyu yönetiminin nasıl olması gerektiği ve faydaları özetle aşağıda sıralanmıştır;

1. Yağmur suyu yönetim kurgusu, alanın her açıdan değerlendirilmesi sonucunda özelden bütüne kadar detaylandırılmış iyi bir planlama ile oluşturulmalıdır.
2. İyi bir planlama için hazırlık aşamalarının da doğru uygulanması gerekmektedir. Bu da akışa geçen suyun tespit edilmesi, ağırlıklı toplandıkları alanların tespiti ve bölgeye özel çözümlerin getirilmesi ile mümkündür.
3. Getirilen önerilerle alanda yağmur suyu yönetimi konusunda iyi sonuçlar alınmaktadır. Fakat daha çok verim alabilmek için mevcut yeşil alanların korunması çok önemlidir. Özellikle Maslak bölgesi için içerisinde bulunan ve belli bir oranda korunmuş orman alanının katkısı çok büyüktür. Akışa geçen su miktarının oranını azaltmaktadır. Tüm Maslak bölgesi geçirimsiz yüzeylerden oluşsaydı akışa geçen su miktarı bunun en az iki katına çıkacaktır ve bölgenin sel ile karşı karşıya kalmasına sebep olacaktır. Mevcutta bulunan bu avantajdan faydalanıp sert yüzeylerin ilerleyişi durdurulmalıdır.
4. Mevcut yeşil alanlar korunurken diğer önerilerle yaratılacak oluşturulacak yeşil alanlarla kentin ekosisteminin gelişmesine katkıda sağlayacak ve yeni habitatların oluşumunu destekleyecektir.
5. Aynı zamanda yağmur suyunun kaynak olarak kullanılmasıyla şebeke suyuna olan yükte azaltılmış olacaktır.

6. Yönetim sonucunda hasat edilen sular tekrar kullanılabilir. Bu durum yaşanan kuraklığı en aza indirecek şekilde suyun verimli kullanılmasını sağlayacaktır.

Yaşanan kuraklıklar sebebiyle ulaşılması her geçen gün zorlaşan suyun yapılan yanlış yönetim ve stratejilerle atık bir ürün gibi görülmeye devam edilmesi geçmişten günümüze bu konuda gelişim gösteremediğimizi ortaya koymaktadır. Fakat gelişime yönelik birçok sürdürülebilir yöntem bulunmaktadır. Bu tez kapsamında da öneriler getirilmiştir. Bilimsel verilerle, disiplinler arası ölçekte, stratejik ve bütünsel bir bakış açısıyla bir an önce bu değişim başlatılmalıdır.



KAYNAKÇA

- Aksu, G.A. (2012). *Peyzaj Değişimlerinin Analizi: İstanbul, Sarıyer Örneği* (Yayınlanmamış Doktora Tezi), İstanbul Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Aksu, G.A., Musaoğlu, N. ve Uzun, A., (2017). An auxiliary tool for landscape evaluation Ecological risk analysis based on analytic hierarchy process. *Fresenius Environmental Bulletin*, 26 (1), 84–92.
- Aksu, G.A. ve Küçük, N., (2020). Evaluation of urban topography–biotope–population density relations for Istanbul–Beşiktaş urban landscape using AHP. *Environment, Development and Sustainability*, 22, 733–758. <https://doi.org/10.1007/s10668-018-0217-9>
- Aksu, G. A. ve Kırca, S. (2022). Evaluation of artificial surface—urban ecosystem relations by using analytical hierarchy process: The urban landscape of Istanbul. *Forestist*, 73 (1), 85-96.
- Almaaitah, T., Drake, D. ve Joksimovic, D. (2022). Impact of design variables on hydrologic and thermal performance of green, blue-green and blue roofs. *Blue-Green Systems*, 4 (2), 135–155.
- Angelakis, A.N ve Rose, J.B. (Ed.) (2014). *Evolution of sanitation and wastewater technologies through the centuries*. Greece: IWA.
- Azis, S. S., Sipan, I., Sapri, M., Yusoff, N. S. M. ve Hashim, H. A. (2019). Comparison on Energy Saving: Green Roof and Green Wall. *Planning Malaysia Journal*, 17 (1), 48-57. <https://doi.org/10.21837/pmjournal.v17.i9.585>

- Azkorra-Larrinaga, Z., Romero-Antón, N., Martin-Escudero, K. ve Lopez-Ruiz, G. (2023). Environmentally Sustainable Green Roof Design for Energy Demand Reduction. *Buildings*, 13 (7), 1846; <https://doi.org/10.3390/buildings13071846>
- Bagheri, M. ve Azmin, W. N. (2010, 19-23 Eylül). *Application of GIS and AHP technique for land-use suitability analysis on coastal area in terengganu*. 2010 World Automation Congress içinde (s. 1-6), Kobe.
- Bak, J. ve Barjenbruch, M. (2022). Benefits, Inconveniences, and Facilities of the Application of Rain Gardens in Urban Spaces from the Perspective of Climate Change—A Review. *Water*, 14 (7), 1153. <https://doi.org/10.3390/w14071153>
- Berlin.de. (2024, 16 Şubat). *Regenwasserbewirtschaftung* <https://www.berlin.de/sen/uvk/umwelt/wasser-und-geologie/regenwasser/regenwasserbewirtschaftung/>
- Berliner Regenwasseragentur. (2024a, 16 Şubat). *Wassersensibel planen in Berlin*. Berliner Regenwasseragentur. <https://regenwasseragentur.berlin/wassersensibel-planen/hintergrund/>
- Berliner Regenwasseragentur. (2024b, 16 Şubat). *Waldorfschule am Prenzlauer Berg*. Berliner Regenwasseragentur. <https://regenwasseragentur.berlin/projekte/waldorfschule-am-prenzlauer-berg/>
- Bertrand-Krajewski, J. (2021). Integrated urban stormwater management: Evolution and multidisciplinary perspective. *Journal of Hydro-environment Research*, 38, 2–4.
- Bronz, I. (2017). A Graphical Approach to Analysis of Individual GSI Project Stormwater Mitigation in Urban Settings. *Master of Science in Applied Geosciences Project Designs* (Yayınlanmamış Proje) University of Pennsylvania / The Earth and Environmental Science Department, New York. <https://repository.upenn.edu/handle/20.500.14332/40930>.
- Bruner, S. G., Palmer, M. I., Griffin, K. L. ve Naeem, S. (2023). Planting design influences green infrastructure performance: Plant species identity and complementarity in rain gardens. *Ecological Applications*, 33 (7), 2902. <https://doi.org/10.1002/eap.2902>

- Campisano, A., Gullotta, A. ve Modica, C. (2018). Laboratory analysis of the outflow and detention processes from modular tray-based blue roofs. *Urban Water Journal* 15 (10), 934-942. <https://doi.org/10.1080/1573062X.2019.1597377>
- Campisano, A., Creaco, E., Gullotta, A., Modica, C. ve Musmeci F. (2022). Modelling hydrological response of modular blue roofs for storm water control in a Mediterranean site. *Urban Water Journal*, 19 (10), 1015-1024. <https://doi.org/10.1080/1573062X.2022.2134807>
- Carter, T. ve Butler C. (2008). Ecological Impacts of Replacing Traditional Roofs with Green Roofs in Two Urban Areas. *Cities and the Environment*, 1 (2), Madde 9. <http://digitalcommons.lmu.edu/cate/vol1/iss2/9/>
- City of Melbourne. (2017). *Municipal Integrated Water Management Plan*. The City of Melbourne. <https://www.melbourne.vic.gov.au/about-council/vision-goals/ecocity/Pages/municipal-integrated-water-management.aspx>
- Conger, T., Couillard, A., Hoog, W., Despins, C., Douglas, T., Gram, Y., Javison, J., Lukes, R., Owen, C., Pollard, M., Satzewich, J. ve Scholefield, M. (2019). *Rain City Strategy*. City of Vancouver. <https://vancouver.ca/home-property-development/green-rainwater-infrastructure-policies-and-reports.aspx>
- Cook, L. M., VanBriesen J. M. ve Samaras, C. (2019). Using rainfall measures to evaluate hydrologic performance of green infrastructure systems under climate change. *Sustainable and Resilient Infrastructure*, 6 (3-4), 156-180. <https://doi.org/10.1080/23789689.2019.1681819>
- Crobeddu, E., Bennis, S. ve Rhoulane, S. (2007). Improved rational hydrograph method. *Journal of Hydrology*, 338 (1-2), 63-72. <https://ezp.isikun.edu.tr:2167/10.1016/j.jhydrol.2007.02.020>
- Çalışkan, U. (2007). *Karayolu Ulaşım Ağlarında Yüzeysel Drenaj Sistemleri ve Hidrolik Tasarım Esasları* (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul. <http://hdl.handle.net/11527/7923>
- Çarpar, T., Kocaman, B., Vanolya, M. M. ve Hancı, T. Ö. (2022). *İstanbul Metropolü İçin Yüzeysel Akış Katsayılarının Belirlenmesi*. 11. Ulusal Hidroloji Kongresi. <https://www.researchgate.net/publication/364355846>

- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. (2018). *Yağmur Bahçesi Uygulama Kılavuzu*. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Mekansal Planlama Genel Müdürlüğü Kentsel Tasarım Dairesi Başkanlığı.
- Dadhich, G. ve Mathur, P. (2016). A GIS based Analysis for Rooftop Rain Water Harvesting. *International Journal of Computer Science & Engineering Technology*, 7 (4), 129-143. <http://www.ijcset.com/docs/IJCSET16-07-04-054.pdf>
- Dağdeviren, M., Akay, D. ve Kurt, M. (2004). İş Değerlendirme Sürecinde Analitik Hiyerarşi Prosesi ve Uygulaması. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 19 (2), 131-138. https://dergipark.org.tr/tr/pub/gazimmfd/issue/6660/88912#article_cite
- Demiroğlu, D., Çoban, A. ve Cengiz, A. E. (2016). Sustainable Use of Water in Urban Design. *Hacettepe Journal of Biology and Chemistry*, 44 (2), 193–203. <http://dx.doi.org/10.15671/HJBC.20164418128>
- Department Of Environmental Protection. (2006). *Pennsylvania Stormwater Best Management Practices Manual*. Department Of Environmental Protection Bureau of Watershed Management. <https://www.stormwaterpa.org/bmp-manual-chapter-6.html>
- Dunnett, D. ve Clayden, A. (2007). *Rain Gardens*. Sheffield: Timber.
- Echols, S. ve Pennypacker, E. (2015). *Artful Rainwater Design*. Washington: Island. https://link.springer.com/chapter/10.5822/978-1-61091-318-8_2
- Ekşi, M. (2014). Çatı Bahçesi Kavramı ve Terim Kullanımı Üzerine Bir Değerlendirme. *Avrasya Terim Dergisi*, 2 (2), 26-35. https://dergipark.org.tr/tr/pub/ejatd/issue/5152/70143#article_cite
- Ekşi, M. ve Uzun, A. (2019). Yeşil Çatı Sistemlerinde Yetiştirme Ortamı Derinliğinin Yüzeysel Akışa Olan Etkileri. *Peyzaj Araştırmaları ve Uygulamaları Dergisi*, 1 (2), 16-23. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/paud/issue/51351/642187>
- Ekşi, M. (2021). *Çatı Bahçeleri* (1. Baskı). İstanbul: Yeni İnsan.
- Emre, Y.N. (2014). Byzantium Period Water Architecture and a Masterpiece in Istanbul: The Big Basilica Cistern. *Turk Neurosurg*, 24 (6), 823-827. <http://turkishneurosurgery.org.tr/abstract.php?lang=en&id=1420>

- ESRI. (2024, 15 Ocak). *History of GIS*. <https://www.esri.com/en-us/what-is-gis/history-of-gis>
- Fassman, E. ve Blackbourn, S. (2010). Urban Runoff Mitigation by a Permeable Pavement System over Impermeable Soils. *Journal of Hydrologic Engineering*, 15, 475-485. [http://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/\(ASCE\)HE.1943-5584.0000238](http://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/(ASCE)HE.1943-5584.0000238)
- Fletcher, D.T., Shuster, W., Hunt, W.F., Ashley, R., Butler, D., Arthur, S., Trowsdale, S., Barraud, S. Semadeni-Davies, A., Bertrand-Krajewski, J., Mikkelsen, P.F., Rivard, G. Uhl, M., Dagenais, D., Viklander, M. (2015). SUDS, LID, BMPs, WSUD and more – The evolution and application of terminology surrounding urban drainage. *Urban Water Journal*, 12 (7), 525–542.
- Forman, R.T.T. ve Alexander, L.E. (1998). Roads and Their Major Ecological Effects. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 29, 207–231. <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.29.1.207>
- Forman, E. H. ve Gass, S. I. (2001). The Analytic Hierarchy Process: An Exposition. *Operations Research*, 49 (4), 469-486. <https://www.jstor.org/stable/3088581>
- Google Earth. (2000). *Sokak Görünümü*.
- Google Earth. (2022). *Sokak Görünümü*.
- Google Earth. (2024, 25 Ocak). *Arazi Kesiti*.
- Göksu, T. ve Pilehvarian, N.K. (2019). 19.Yüzyıldan 20.Yüzyıla Beşiktaş-Maslak-Büyükdere Aksı. *Yakın Mimarlık Dergisi*, 2 (2), 118-139. <https://dergi.neu.edu.tr/public/journals/6/pdf/sayi-4-makale-8.pdf>
- Greenway, M. (2010). Wetlands and Ponds for Stormwater Treatment in Subtropical Australia: Their Effectiveness in Enhancing Biodiversity and Improving Water Quality? *Journal of Contemporary Water Research & Education*, 146 (1), 22-38. <https://doi.org/10.1111/j.1936-704X.2010.00389.x>
- Gülcü, G. (2021). *Kentsel Alanlarda Yağmur Suyu Yönetimin Mekânsal Bileşenlerinin Üsküdar Meydanı Havzası Üzerinden Değerlendirilmesi*. [Yayınlanmamış (Yüksek Lisans tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi]. Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İstanbul. <https://polen.itu.edu.tr/items/3a1faf80-1ccd-469e-91e2-e8c0b549dc7c>

- Güngör, S. S. (2017). Tarihi Yarımada'daki Roma ve Bizans Dönemi Sarnıçları. *Stratejik ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 1 (2), 37-72. <https://doi.org/10.30692/sisad.362702>
- Harker, P. T. ve Vargas, L. G. (1987). The theory of ratio scale estimation: Saaty's analytic hierarchy process. *Management Science*, 33 (11), 1383–1403. <https://doi.org/10.1287/mnsc.33.11.1383>
- Hinman, C. (2013). *Rain Garden Handbook for Western Washington*. Otak. <https://apps.ecology.wa.gov/publications/publications/1310027.pdf>
- Hoban, A. (2019). Water Sensitive Urban Design Approaches and Their Description. Approaches to Water Sensitive Urban Design, Ashok K. Sharma, Ted Gardner and Don Begbie (Ed.), *Approaches to Water Sensitive Urban Design*. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/C2016-0-03594-5>
- Hong-Quan, N., Phi H., Tran P.H., Pathirana A., Radhakrishnan M. Ve Quang C. (2014, 7-12 Eylül). *Urban Retention Basin in a Developing City: From Theoretical Effectiveness to Practical Feasibility*. 13th International Conference on Urban Drainage içinde, Sarawak, Malaysia,
- Imran, H.M., Akib, S. ve Karim, M. R. (2013). Permeable pavement and stormwater management systems: a review. *Environmental Technology*, 34 (18), 2649-2656. <https://doi.org/10.1080/09593330.2013.782573>
- IWA. (2024, 14 Şubat). *City Water Stories: Copenhagen*. International Water Association. <https://iwa-network.org/city/copenhagen/>
- Juricic, B. B., Krstić, H.ve Čulo, K. (2021). Theoretical Analysis and Comparison of the Thermal Performance, Construction Costs, and Maintenance Complexity between a Conventional and an Intensive Green Roof. *Journal of Engineering*, 1, 1-16. <https://doi.org/10.1155/2021/5559467>
- Karakuş, F. (2019). İstanbul'daki Osmanlı Dönemi Tarihi Su Sistemleri'nin İncelenmesi. *Türk Hidrolik Dergisi*, 3 (1), 14-30.
- Kasprzyk M., Szpakowski, W., Poznańska, E., Boogaard, F. C., Bobkowska, K. ve Gajewska, M. (2022). Technical solutions and benefits of introducing rain gardens – Gdańsk case study. *Science of The Total Environment*, 835, 155487. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.155487>

- Kazemi, F., Beecham, S. ve Gibbs, J. (2011). Streetscape biodiversity and the role of bioretention swales in an Australian urban environment. *Landscape and Urban Planning*, 101 (2), 139-148. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2011.02.006>
- KGM. (2019). *Karayolları Kesin ve Ön Projeleri Mühendislik Hizmetleri*. Karayolları Genel Müdürlüğü, Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı. <https://www.kgm.gov.tr/SiteCollectionDocuments/KGMdocuments/MerkezBirimler/EtutProjeveCevreDairesiBaskanligi/Calismalar/tekniksartname.pdf>
- Klimakvarter. (2024, 15 Şubat). *Tåsinge Plads* [Broşür]. https://klimakvarter.dk/wp-content/uploads/2015/06/Tåsingeplads_pixi_2015_UK_WEB.pdf
- Klimczak, N. (2023, 25 Mart). *Solved: The Mystery of the Spiraling Holes in the Nasca Region of Peru*. <http://www.ancient-origins.net/news-history-archaeology/solved-mystery-spiraling-holes-nasca-region-peru-005704>
- Koroxenidis, E. ve Theodosiou, T. (2021). Comparative environmental and economic evaluation of green roofs under Mediterranean climate conditions – Extensive green roofs a potentially preferable solution. *Journal of Cleaner Production*, 311, 127563. <https://ezp.isikun.edu.tr:2167/10.1016/j.jclepro.2021.127563>
- Köse, A. (2023, 9 Mayıs). *Gökdelenler İklimi Ne Kadar Etkiliyor? Şehir Isı Ada Etkisi*. TMMOB Meteoroloji Mühendisleri Odası. <https://www.meteoroloji.org.tr/gokdelenler-iklimi-ne-kadar-etkiliyor-sehir-isi-ada-etkisi>
- Kutay, M. E. ve Oğuz, D. (2020). Okul Bahçeleri Tasarım Standartlarının Yeşil Altyapı Araçları Açısından Değerlendirmesi. *PEYZAJ- Eğitim, Bilim, Kültür ve Sanat Dergisi*, 2 (1), 12-21. https://dergipark.org.tr/tr/pub/peyzaj/issue/55616/649011#article_cite
- Lee, G. K. L. ve Chan, E. H. W. (2008). The Analytic Hierarchy Process (AHP) Approach for Assessment of Urban Renewal Proposals. *Social Indicators Research*, 89, 155-168. <https://doi.org/10.1007/s11205-007-9228-x>
- Lewis, M., James, J., Shaver, E., Blackburn, S., Leahy, A., Seyb, R., Simcock, R., Wihongi, P., Sides, E. ve Coste, C. (2015). *Water sensitive design for stormwater*. Auckland Council Guideline Document GD2015/004. Prepared by Boffa Miskell for Auckland Council.

- LILA. (2024, 16 Şubat). *Sankt Kjelds Square and Bryggervangen by SLA*. Landezine International Landscape Award. <https://landezine-award.com/sankt-kjelds-square-and-bryggervangen/>
- Lucke, T. (2014). Using Drainage Slots in Permeable Paving Blocks to Delay the Effects of Clogging: Proof of Concept Study. *Water*, 6 (9), 2660-2670; <https://doi.org/10.3390/w6092660>
- Lucke, T., White, R., Nichols, P. ve Borgwardt, S. (2015). A Simple Field Test to Evaluate the Maintenance Requirements of Permeable Interlocking Concrete Pavements. *Water*, 7 (6), 2542-2554. <https://doi.org/10.3390/w7062542>
- Malmer, A., Ilstedt, U. ve Barron, J. (2009). *Forests working as rainwater harvesting systems*. Rainwater Harvesting – UNEP. 34-43. <https://www.researchgate.net/publication/42425358>
- Maxwell, B., Winter, D. ve Birgand, F. (2020). Floating treatment wetland retrofit in a stormwater wet pond provides limited water quality improvements. *Ecological Engineering*, 149, 105784. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2020.105784>
- Mazzuca, J. (2022, 5 Temmuz). *What Is Pervious Concrete?* Gambrick Construction. <https://gambrick.com/what-is-pervious-concrete/>
- Melbourne Water. (2005). *WSUD Engineering Procedures: Stormwater*. Melbourne: CSIRO.
- Molina-Prieto, L.F. (2016). Resiliencia a inundaciones: nuevo paradigma para el diseño urbano. *Revista de Arquitectura (Bogotá)*, 18 (2), 82-94. <https://doi.org/10.14718/RevArq.2016.18.2.8>
- Mullaney, J. ve Lucke, T. (2014). Practical Review of Pervious Pavement Designs. *Clean–Soil, Air, Water*, 42 (2), 111–124. <https://doi.org/10.1002/clen.201300118>
- Muttuvelu, D. V., Wyke, S. ve Vollertsen, J. (2022). Are Permeable Pavements a Sustainable Solution? A Qualitative Study of the Usage of Permeable Pavements. *Sustainability*, 14 (19), 12432. <https://doi.org/10.3390/su141912432>
- NACTO, (2017). *Urban Street Stormwater Guide*. New York: Island.

- National Geographic. (2024, 18 Ocak). *GIS (Geographic Information System)*. National Geographic Society. <https://education.nationalgeographic.org/resource/geographic-information-system-gis/>
- Negro, S. (2018). *Los Acueductos con Galerías Filtrantes de Nasca, excepcional adaptación agrícola en un medio desértico que requieren ser patrimonialmente gestionados*. [Yayınlanmamış (Proje) Universidad Ricardo Palma]. Instituto de Investigación del Patrimonio Cultural, Peru.
- Nişanyan, S. (2009). *Kelimebaz* (1. baskı). İstanbul: Everest.
- Öziş, Ü., Arısoy, Y., Alkan, A. ve Özdemir, Y. (2008). *Türkiye’deki Tarihi Su Yapılarının Evrensel Önemi*. TMMOB 2. Su Politikaları Kongresi Bildiriler Kitabı: Cilt 2. 555-566.
- Philadelphia Water Department. (2023). *Stormwater Management Guidance Manual*. Seal of The City of Philadelphia. <https://water.phila.gov/development/stormwater-plan-review/manual/>
- Pochodyła, E., Glińska-Lewczuk, K. ve Jaszczak, A. (2021). Blue-green infrastructure as a new trend and an effective tool for water management in urban areas. *Landscape Online*, 92, 1-20. <https://doi.org/10.3097/LO.202192>
- Prudeck, D. (2023, 18 Ağustos). *Cantalloc Aqueduct in Nazca, spiral or circle aqueducts or wells, Peru, Inca architecture and culture* [Fotoğraf]. Peru.
- Radcliffe, J.R. (2019). Water Sensitive Urban Design Approaches and Their Description. Approaches to Water Sensitive Urban Design, Ashok K. Sharma, Ted Gardner and Don Begbie (Ed.), *Approaches to Water Sensitive Urban Design*. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/C2016-0-03594-5>
- RI Lampus. (2022, 9 Ağustos). *Permeable Pavers*. R. I. Lampus Company. <https://www.lampus.com/Blog-Item-Permeable-Pavers>
- Rey-Mahía, C., Álvarez-Rabanal, FP, Sañudo-Fontaneda, LA, Hidalgo-Tostado, M. ve Suárez-Inclán, AM (2022). An Experimental and Numerical Approach to Multifunctional Urban Surfaces through Blue Roofs. *Sustainability* 2022, 14 (3), 1815. <https://doi.org/10.3390/su14031815>

- Roof Water Farm. (2024, 16 Şubat). *Über uns*. Roof Water Farm. <http://www.roofwaterfarm.com/en/ueber/>
- Saaty, R.W. (1987). The analytic hierarchy process—what it is and how it is used. *Mathematical Modelling*, 9 (3-5), 161-176. [https://doi.org/10.1016/0270-0255\(87\)90473-8](https://doi.org/10.1016/0270-0255(87)90473-8)
- Sadeghi S., Mohammad Vali Samani, J. ve Mohammad Vali Samani, H. (2022). Risk and damage-based optimal design of storm sewer networks using rational and fully dynamic methods, a case study (Tehran region 2). *Water Science and Technology*, 85 (12), 3419–3435. <https://doi.org/10.2166/wst.2022.180>
- Safaraz, S. S., Mohyin, N. A., Yusof, Z. B., Nizam, M. S., Affendy, S. ve Yaman, M. M. (2022). Reviving The Design Of Al-Ghazali Walk and Courtyard at IIUM. *Design Ideals Journal*, 4, (2), 61-66. <https://journals.iium.edu.my/kaed/index.php/dij/article/view/756/581>
- Sarıyer Belediyesi. (2019). *2020-2024 Stratejik Plan*. Sarıyer Belediyesi. http://www.sp.gov.tr/upload/xSPStratejikPlan/files/ieXfE+Sariyer_Stratejik_Plan2020-2024_Kitapcik.pdf
- Scharenbroch, B. C., Morgenroth, J. ve Maule, B. (2016). Tree Species Suitability to Bioswales and Impact on the Urban Water Budget. *Journal of Environmental Quality*, 45 (1), 199-206. <https://doi.org/10.2134/jeq2015.01.0060>
- Schmidt, G. (2024, 15 Şubat). *After-School Care Centre Waldorf School / MONO Architekten*. Archdaily. <https://www.archdaily.com/932433/after-school-care-centre-waldorf-school-mono-architekten/5e28a5e43312fda1ba0001ef-after-school-care-centre-waldorf-school-mono-architekten-photo>
- Schubert, D., Wagenaar, C., & Hein, C. (2022). “The Hoist of the Yellow Flag”: Vulnerable Port Cities and Public Health. *Journal of Planning History*, 21 (1), 56-78. <https://doi.org/10.1177/1538513221998716>
- Shafique, M., Kim, R., ve Lee, D. (2016). The Potential of Green-Blue Roof to Manage Storm Water in Urban Areas. *Nature Environment and Pollution Technology*, 15 (2), 715-718. [https://neptjournal.com/upload-images/NL-56-55-\(55\)D-512.pdf](https://neptjournal.com/upload-images/NL-56-55-(55)D-512.pdf)

- SLA. (2024, 16 Şubat). Sankt Kjeld's Square & Bryggervangen. SLA Architects. <https://www.sla.dk/cases/sankt-kjelds-square-and-bryggervangen/>
- Slonecker, E.T., Jennings D.B. ve Garofalo D. (2009). Remote sensing of impervious surfaces: A review. *Remote Sensing Reviews*, 20 (3), 227–255. <https://doi.org/10.1080/02757250109532436>
- Sproul, J., Wan, M.P., Mandel, B.H. ve Rosenfeld, A.H. (2014). Economic Comparison of White, Green, and Black Flat Roofs in the United States. *Energy and Buildings*, 71, 20–27. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2013.11.058>
- Stovin, V., Poë, S. ve Berretta C. (2013). A modelling study of long term green roof retention performance. *Journal of Environmental Management*, 131, 206-215. <https://ezp.isikun.edu.tr:2167/10.1016/j.jenvman.2013.09.026>
- Susilawati, C. L. (2016, 29-31 Temmuz). *The Motion For Rainwater Management in Household to Improve Water Resilience in a Changing World* [Konferans sunumu]. 5th International Seminar of HATHI, Denpasar, Bali. https://www.researchgate.net/publication/359192942_THE_MOTION_FOR_RAINWATER_MANAGEMENT_IN_HOUSEHOLD_TO_IMPROVE_WATER_RESILIENCE_IN_A_CHANGING_WORLD
- Şevkin, E. (2017). *Transformation of the Istanbul skyline since the 1950s* (Yayınlanmamış Yüksek lisans tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul. https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezDetay.jsp?id=Uo6BrLzoWDTBO7ku8Vp7Vg&no=_pXgkUqW25SPanothK88cQ
- Talay, T., Akmeşe, İ., Bostancıoğlu, İ., Aksoy, P., Yeşiltaş, A., Mehmetoğlu, H. Ve Tekin, M. (2017). *İstanbul İli, 1/25.000 ölçekli Arazi Kullanımına Esas Jeolojik Etüt Raporu. İstanbul Büyükşehir Belediyesi.* <https://depremezmin.ibb.istanbul/calismalarimiz/tamamlanmis-calismalar-2/>
- Tay, H.N. ve Afshar N. R. (2014). Evaluation of runoff coefficient (Samarahan Basin). *International Engineering Conference, Malaysia*, 137-144. http://dx.doi.org/10.3850/978-981-09-4587-9_P19

- TDEC. (2014). *Tennessee Permanent Stormwater Management and Design Guidance Manual*. Tennessee Department of Environment and Conservation Division of Water Resources. University of Tennessee. <https://tnpermanentstormwater.org/manual.asp>
- TEMA. (2023, 14 Haziran). *Türkiye'nin Başlıca Tarihi Su Yapıları*. TEMA Vakfı. <https://sutema.org/turkiyenin-baslica-tarihi-su-yapilari>
- The City of Copenhagen, (2012). *Cloudburst Management Plan 2012*. Technical and Environmental Administration, The city of Copenhagen. https://en.klimatilpasning.dk/media/665626/cph_-_cloudburst_management_plan.pdf
- Tosun, M.D. (2017). *Ayazağa/Maslak Tarihi Yazışmalar*. Arşivden Günümüze Yansıyanlar, 282-288.
- Tu, X. ve Tian, T. (2015). Six questions towards a sponge city – Report on power of public policy: sponge city and the trend of landscape architecture. *Landscape Architecture Frontiers*, 3 (2), 22-39.
- Tunçay, H. E. (2021). *Suya Duyarlı Şehirler*. Türkiye Su Enstitüsü. <https://suen.gov.tr/Suen/catdty.aspx?val=1496>
- Urban Water. (2024a, 21 Ocak). *Howard Street raingardens*. Urban Water. <https://urbanwater.melbourne.vic.gov.au/projects/raingardens/howard-street/>
- Urban Water. (2024b, 21 Ocak). *Trin Warren Tam-boore wetland*. Urban Water. <https://urbanwater.melbourne.vic.gov.au/projects/wetlands/wetlands-sample-project/>
- URL1. (2024, 6 Mayıs). *Tarihçe*. Yerebatan Sarnıcı. <https://yerebatan.com/yerebatan/hakkimizda/>
- URL2. (2023, 8 Kasım). *Yağmur Suyu Deposu*. Otank Endüstri. <https://otank.com.tr/urunlerimiz/yagmur-suyu-deposu/>
- URL3. (2023, 8 Kasım). *Yağmur Suyu Toplama Sistemleri*. Mekser. <https://www.mekser.com/hizmetler/yagmur-suyu-toplama-sistemleri>
- URL4. (2023, 14 Mayıs). *Wetlands, Retarding Basins & Streamworks Projects*. Max Bright & Sons. <https://www.maxbright.com.au/wetlands-retarding-basins-streamworks>

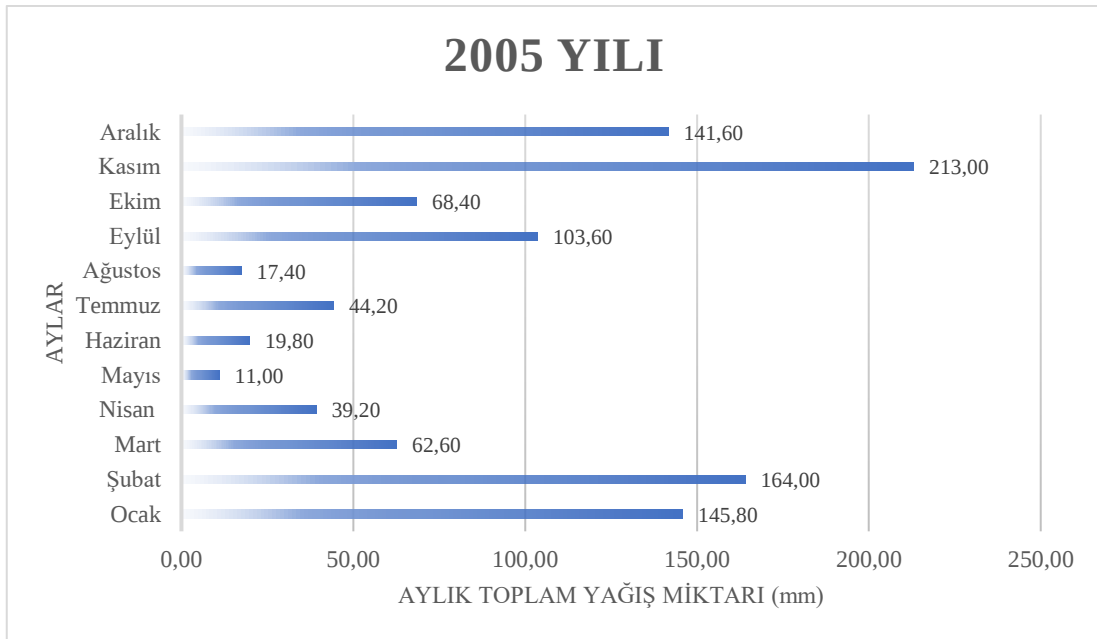
- URL5. (2023, 18 Mayıs). *Pond Maintenance Locations*. Platinum Ponds and Lake Management. <https://www.platinumlakemanagement.com/blog/stormwater-ponds-explained>
- URL6. (2023, 7 Haziran). *Bioswales*. Urban Green-Blue Grids for resilient cities. <https://urbangreenbluegrids.com/measures/bioswales/>
- URL7. (2023, 1 Şubat). *Rain Gardens*. CT NEMO Program. University of Connecticut. <https://nemo.uconn.edu/raingardens/>
- URL8. (2022, 3 Aralık). *Waterdaken*. Amsterdam Rainproof. <https://www.rainproof.nl/maatregel/waterdaken>
- URL9. (2023, 12 Aralık). *Permeable Paving*. Midland Brick. <https://www.midlandbrick.com.au/Products/Pavers/Permeable-Paving>
- URL10. (2023, 22 Ağustos). *Permeable Pavers*. Resilient East. <https://www.resilienteast.com/permeable-pavers>
- URL11. (2023, 14 Eylül). *Permeable Pavers and Surfaces*. Arlington County Virginia. <https://www.arlingtonva.us/Government/Programs/Sustainability-and-Environment/Stormwater/Stormwater-Watersheds/Stormwater-at-Home/Permeable-Surfaces>
- URL12. (2024, 17 Ocak). *SurePave*. Cirtex. <https://cirtexcivil.co.nz/products/permeable-paving/surepave/>
- URL13. (2024, 6 Şubat). *Benjakitti Forest Park*. TURENSCAPE. <https://divisare.com/projects/433738-turenscape-sanya-mangrove-park>
- URL14. (2023, 12 Nisan). *Simüle Edilmiş Geçmiş İklim ve Hava Durumu Verileri Maslak*. Meteoblue. https://www.meteoblue.com/tr/hava/historyclimate/climatemodelled/maslak_t%c3%bcrkiye_741712
- URL15. (2023, 3 Kasım). *Rational Method Runoff Coefficient*. CivilWeb Spreadsheets. <https://civilweb-spreadsheets.com/drainage-design-spreadsheets/runoff-and-rainfall-intensity-calculator-spreadsheet/rational-method-runoff-coefficient/>

- URL16. (2023, 20 Temmuz). *Drainage & Storm Water Runoff*. City of Bella Vista, AR. https://www.bellavistaar.gov/city_departments/streets/drainage___storm_water_runoff.php#outer-154
- URL17. (2024, 23 Ocak). *Maslak 1453 Miktat Ağaoğlu Cami*. Moy Mimarlık. <https://moymimarlik.com/proje/maslak-1453-miktat-agaoglu-cami/10>
- URL18. (2024, 20 Ocak). *Maslak Sanayi*. Atatürk Oto Sanayi Sitesi. <https://www.ataturkotosanayi.org/>
- URL19. (2024, 24 Ocak). Atatürk Oto Sanayi Sitesi II.Kısım. Piramit Mimarlık. <https://www.piramit-ltd.com/tr/projeler/ataturk-oto-sanayi-sitesi-iikisim>
- URL20. (2024, 22 Ocak). *Ayazağa Anadolu İmam Hatip Lisesi Tarihçe*. T.C. Millî Eğitim Bakanlığı. https://ayazagaaihl.meb.k12.tr/meb_iys_dosyalar/34/17/758901/dosyalar/2020_11/06141802_AYAZAYA_ANADOLU_YMAM_HATYP_LYSESY_TARYHCE_2020_KASIM.pdf?CHK=4facabf5d379ea18503a5a5945525a3d
- URL21. (2024, 22 Ocak). *Bilfen Maslak İlkokulu*. BİLFEN. <https://bilfen.com/tr/ilkokul/okullarimiz/bilfen-maslak-ilkokulu>
- Ünal, U. ve Akyüz, D. E. (2017). Yağmur Hendeklerinin Kapasite ve Maliyet Hesapları. *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi*, 7 (2), 19-46. <https://doi.org/10.31466/kfbd.324068>
- VanWoert, N. D., Rowe, D. B., Andresen, J. A., Rugh, C. L., Fernandez, R. T. ve Xiao, L. (2005). Green Roof Stormwater Retention. *Journal of Environmental Quality*, 34 (3), 1036-1044. <https://doi.org/10.2134/jeq2004.0364>
- Wang, S. ve Wang, H. (2018). Extending the Rational Method for assessing and developing sustainable urban drainage systems. *Water Research*, 144, 112-125. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2018.07.022>
- Wellington City Council. (2023, 6 Ekim). *A Guide For WSUD Stormwater Management in Wellington*. Wellington City Council. <https://wellington.govt.nz/climate-change-sustainability-environment/water/stormwater/water-sensitive-urban-design-guide>
- Widasmara M. Y., Hadi P. ve Nugroho C. (2019). *Hydrograph modeling with rational modified method*. *The 4th International Conference on Science and Technology (ICST*

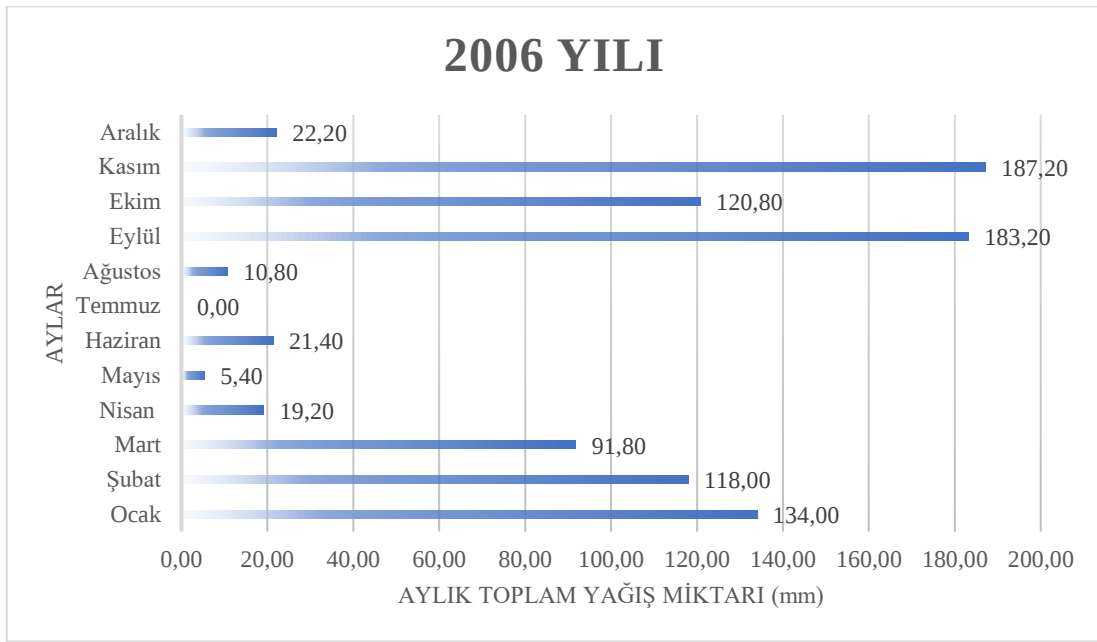
- 2018). E3S Web Conf. İçinde (s. 76), Yogyakarta.
<https://doi.org/10.1051/e3sconf/20197602007>
- Winston, R. J., Arend, K., Dorsey, J. D. ve Hunt, W. F. (2020). Water quality performance of a permeable pavement and stormwater harvesting treatment train stormwater control measure. *Blue-Green Systems*, 2 (1), 91–111.
<https://doi.org/10.2166/bgs.2020.914>
- Xu, H., Liu, L. ve Ding, P. (2021). Building Climate Resilient City through Multiple Scale Cooperative Planning: Experiences from Copenhagen. *IOP Conference Series Materials Science and Engineering*, 1203 (3), 032063.
<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/1203/3/032063>
- Yap, J. Y. L., Ho, C. C. ve Yee T. C. (2018). Analytic Hierarchy Process (AHP) for business site selection. *Proceedings Of The 3rd International Conference On Applied Science and Technology (ICAST'18)*, Malaysia, 2016 (1), 020151-7.
<https://doi.org/10.1063/1.5055553>
- Yönter, G. (2023, 7 Nisan). *Havzalarda Yüzey Akış Hesaplama Yöntemleri* [PowerPoint slaytları]. SlidePlayer. <https://slideplayer.biz.tr/slide/17850386/>
- Yu, Z., Gan, H., Xiao, M., Huang, B., Zhu, D. Z., Zhang, Z., Wang, H., Lin, Y., Hou, Y., Peng, S. ve Zhang, W. (2021). Performance of permeable pavement systems on stormwater permeability and pollutant removal. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(22), 28571–28584. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-12525-5>
- Zhang, L., Ye, Z. ve Shibata, S. (2020). Assessment of Rain Garden Effects for the Management of Urban Storm Runoff in Japan. *Sustainability*, 12 (23), 9982.
<https://doi.org/10.3390/su12239982>
- Zhao, B., Liu, Q. Ve Zhu J. (2023). Risk Assessment and Zonation of Roof Water Inrush Based on the Analytic Hierarchy Process, Principle Component Analysis, and Improved Game Theory (AHP–PCA–IGT) Method. *Sustainability*, 15 (14) 11375.
<https://doi.org/10.3390/su151411375>
- Zhou, L., Shen G., Woodfin, T., Chen, T. ve Song, K. (2018). Ecological and economic impacts of green roofs and permeable pavements at the city level: the case of Corvallis, Oregon. *Journal of Environmental Planning and Management*, 61 (3), 430-450.

EKLER

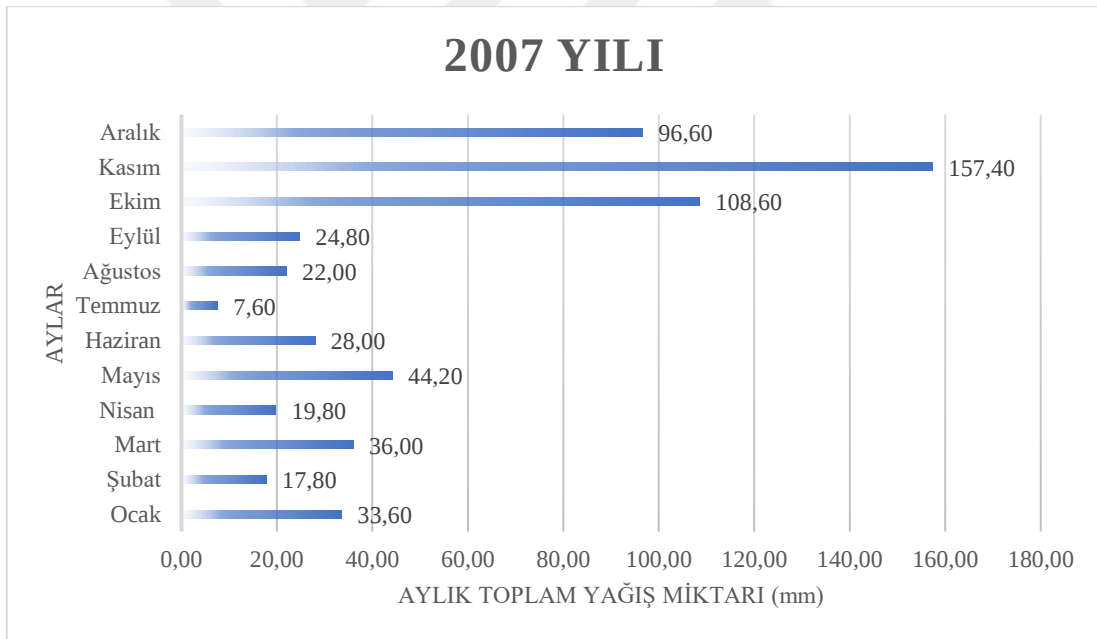
EK A- Yıllara Ait Yağış Grafikleri



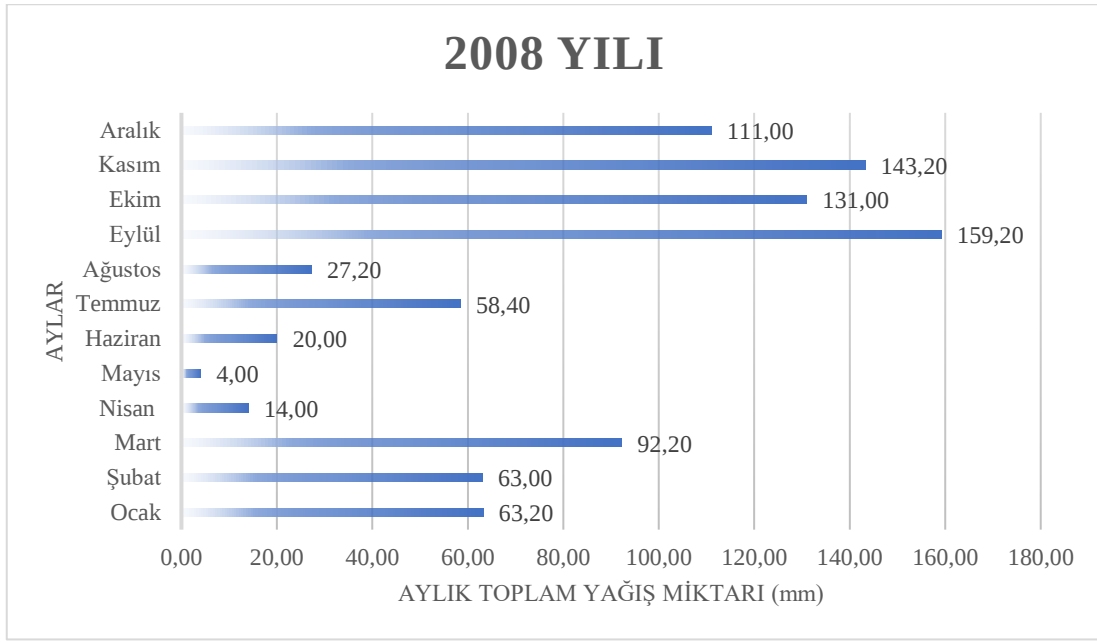
Şekil A. 1 2005 yılı aylık toplam yağış miktarı grafiği.



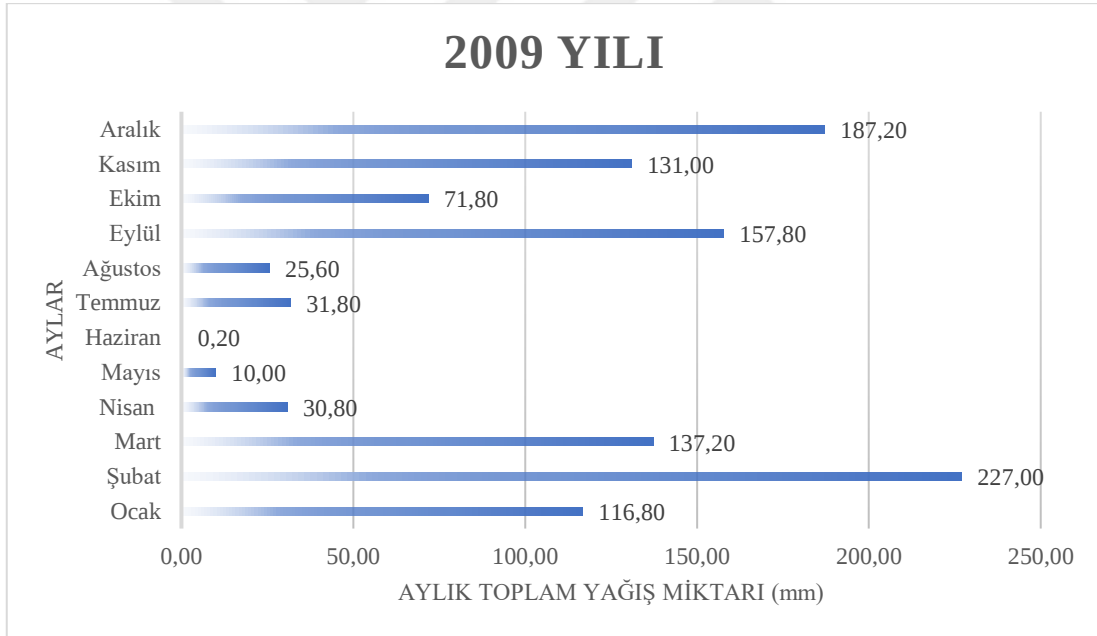
Şekil A. 2 2006 yılı aylık toplam yağış miktarı grafiği.



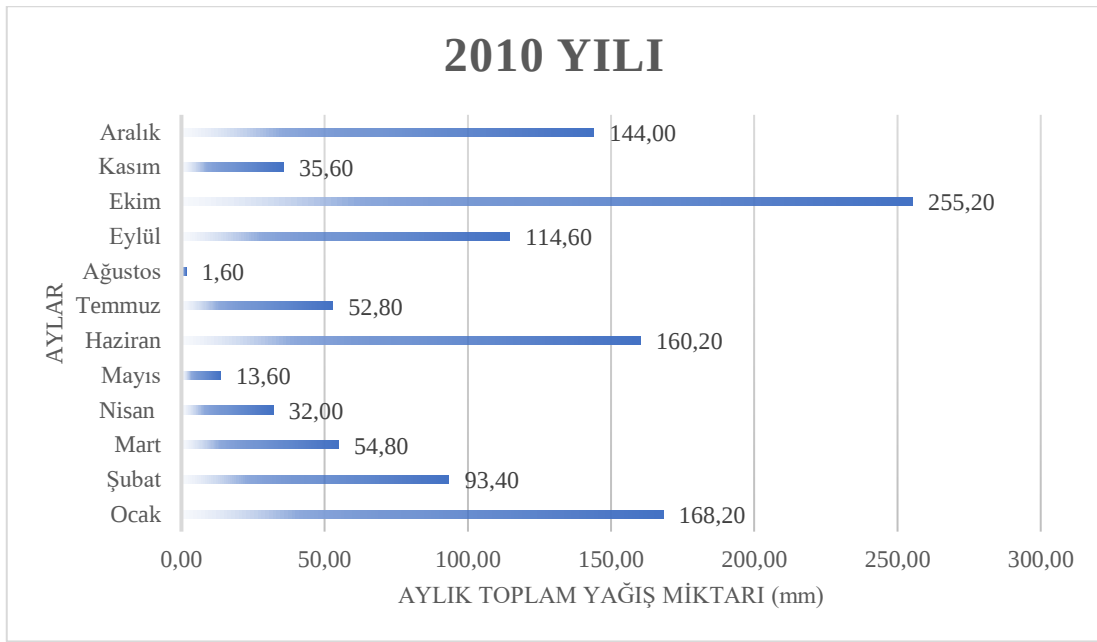
Şekil A. 3 2007 yılı aylık toplam yağış miktarı grafiği.



Şekil A. 4 2008 yılı aylık toplam yağış miktarı grafiği.



Şekil A. 5 2009 yılı aylık toplam yağış miktarı grafiği.



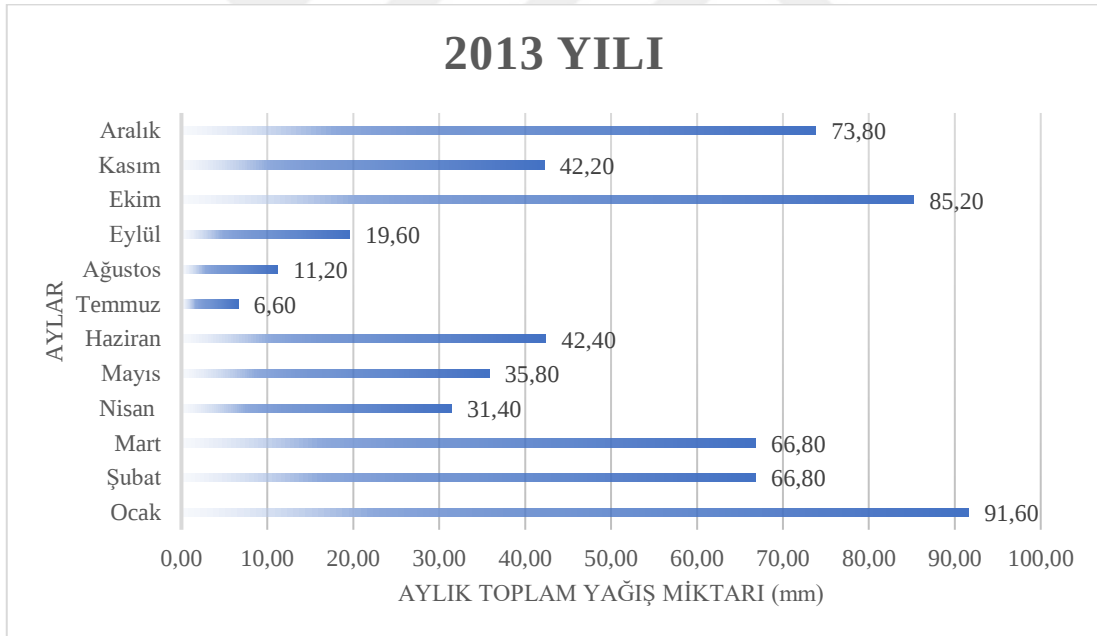
Şekil A. 6 2010 yılı aylık toplam yağış miktarı grafiği.



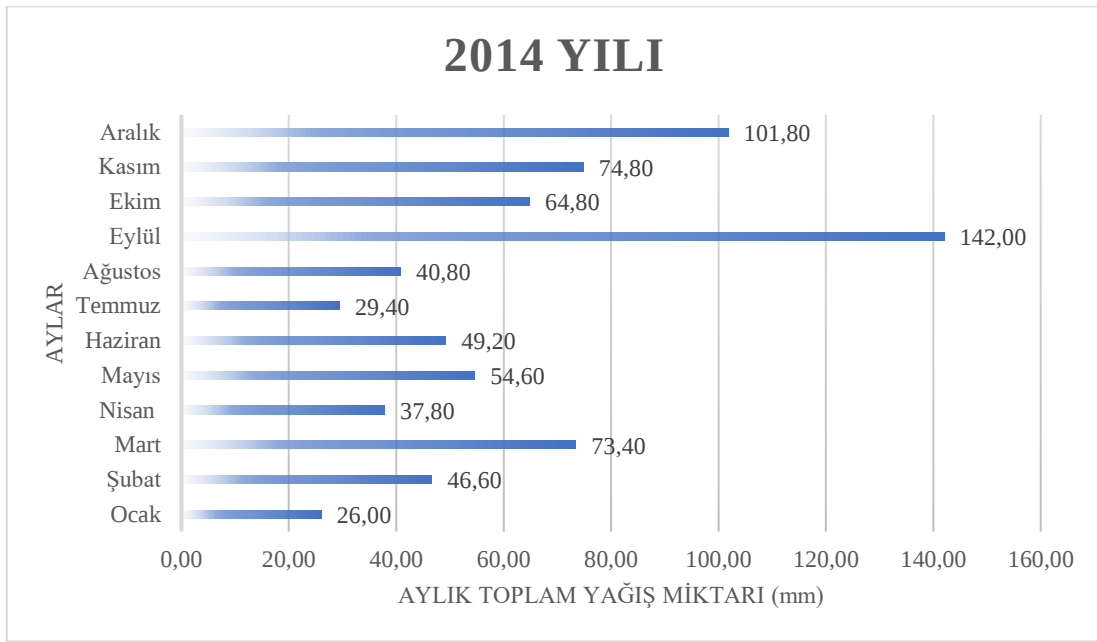
Şekil A. 7 2011 yılı aylık toplam yağış miktarı grafiği.



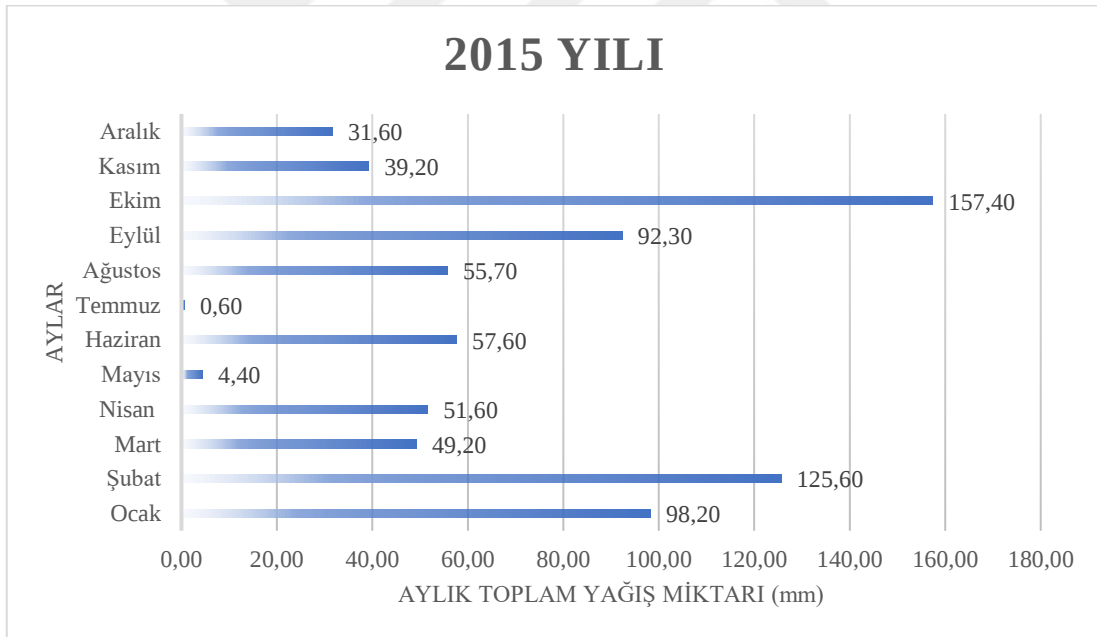
Şekil A. 8 2012 yılı aylık toplam yağış miktarı grafiği.



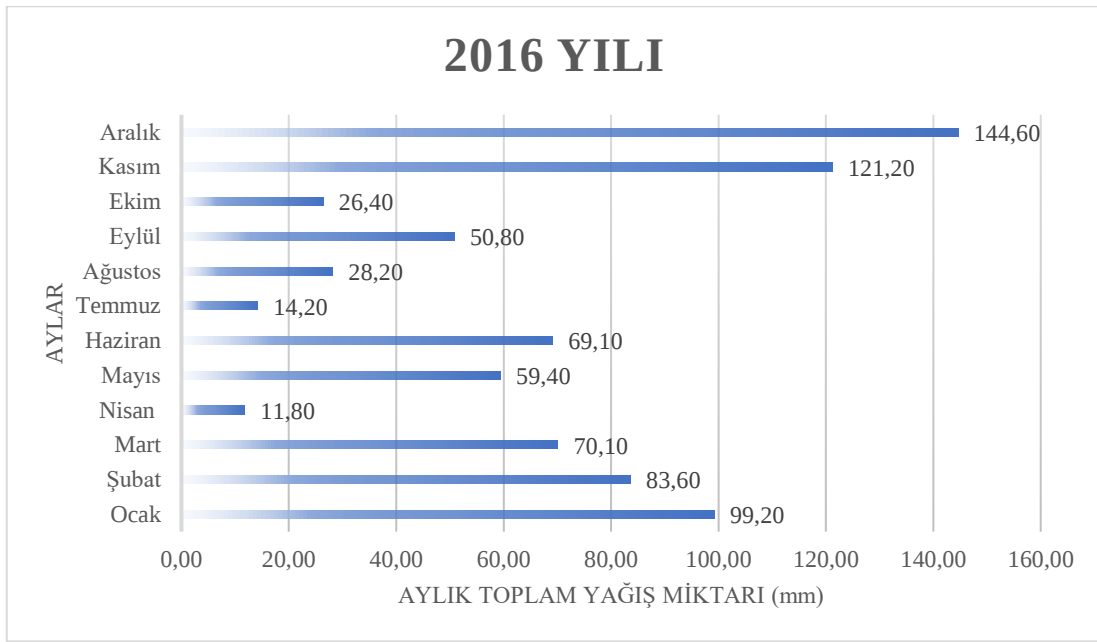
Şekil A. 9 2013 yılı aylık toplam yağış miktarı grafiği.



Şekil A. 10 2014 yılı aylık toplam yağış miktarı grafiği.



Şekil A. 11 2015 yılı aylık toplam yağış miktarı grafiği.



Şekil A. 12 2016 yılı aylık toplam yağış miktarı grafiği.



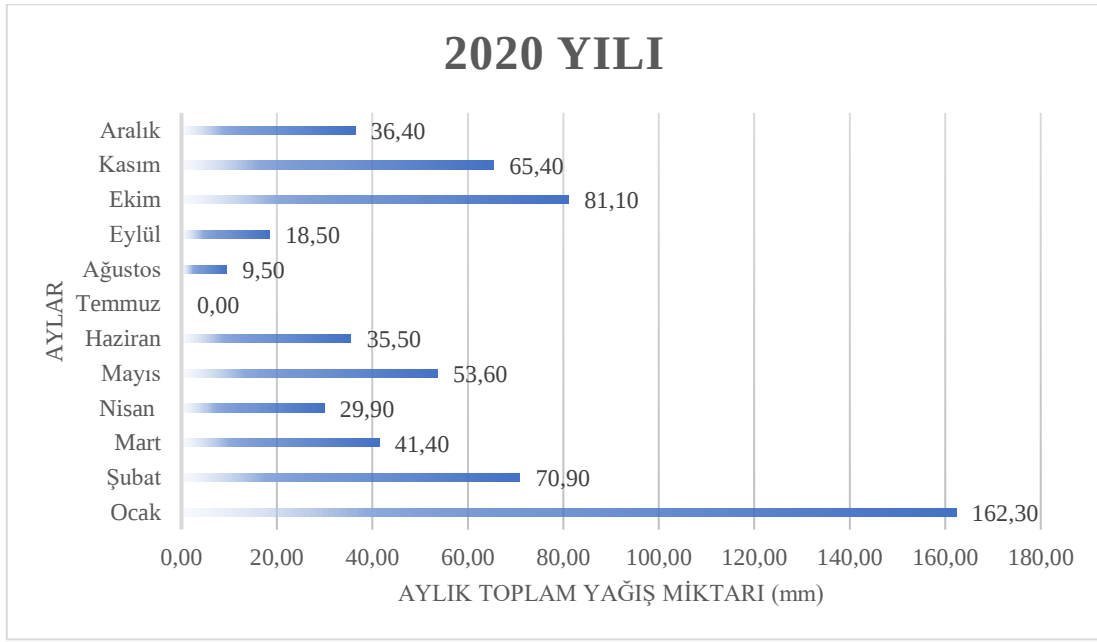
Şekil A. 13 2017 yılı aylık toplam yağış miktarı grafiği.



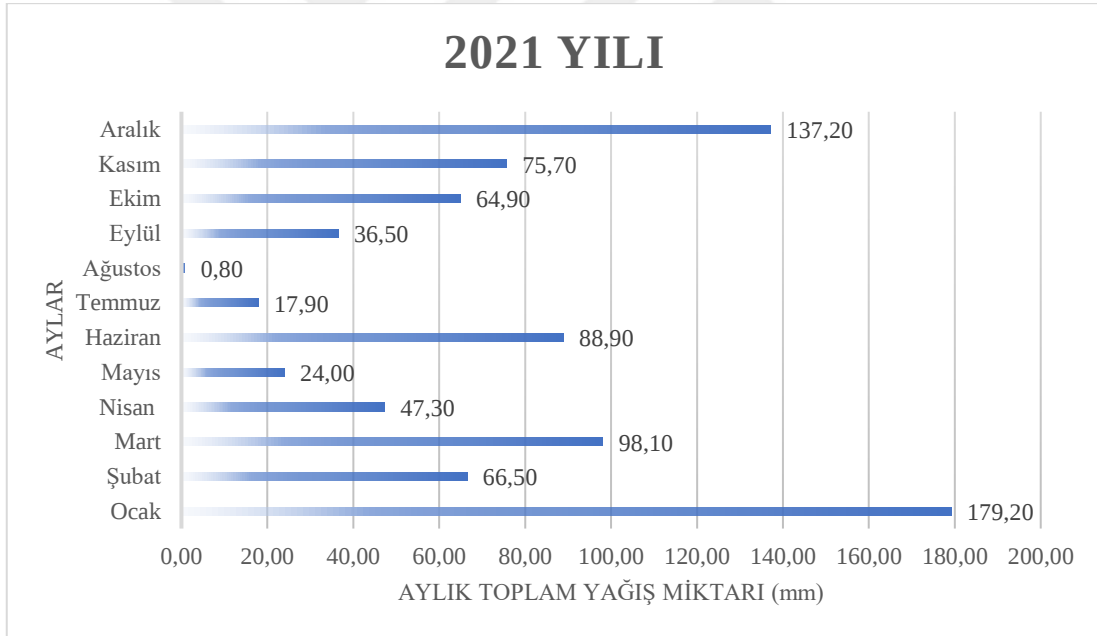
Şekil A. 14 2018 yılı aylık toplam yağış miktarı grafiği.



Şekil A. 15 2019 yılı aylık toplam yağış miktarı grafiği.



Şekil A. 16 2020 yılı aylık toplam yağış miktarı grafiği.

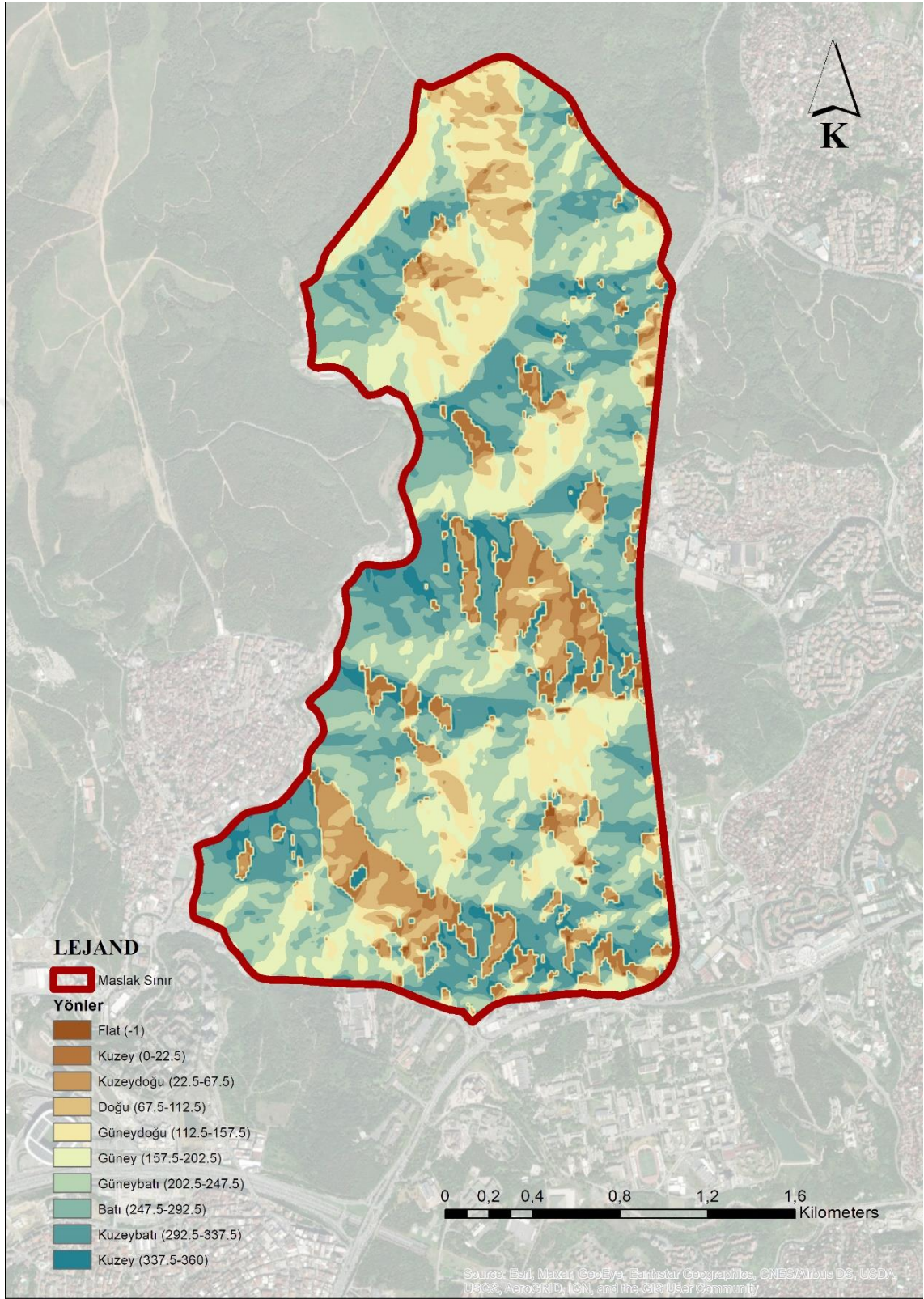


Şekil A. 17 2021 yılı aylık toplam yağış miktarı grafiği.

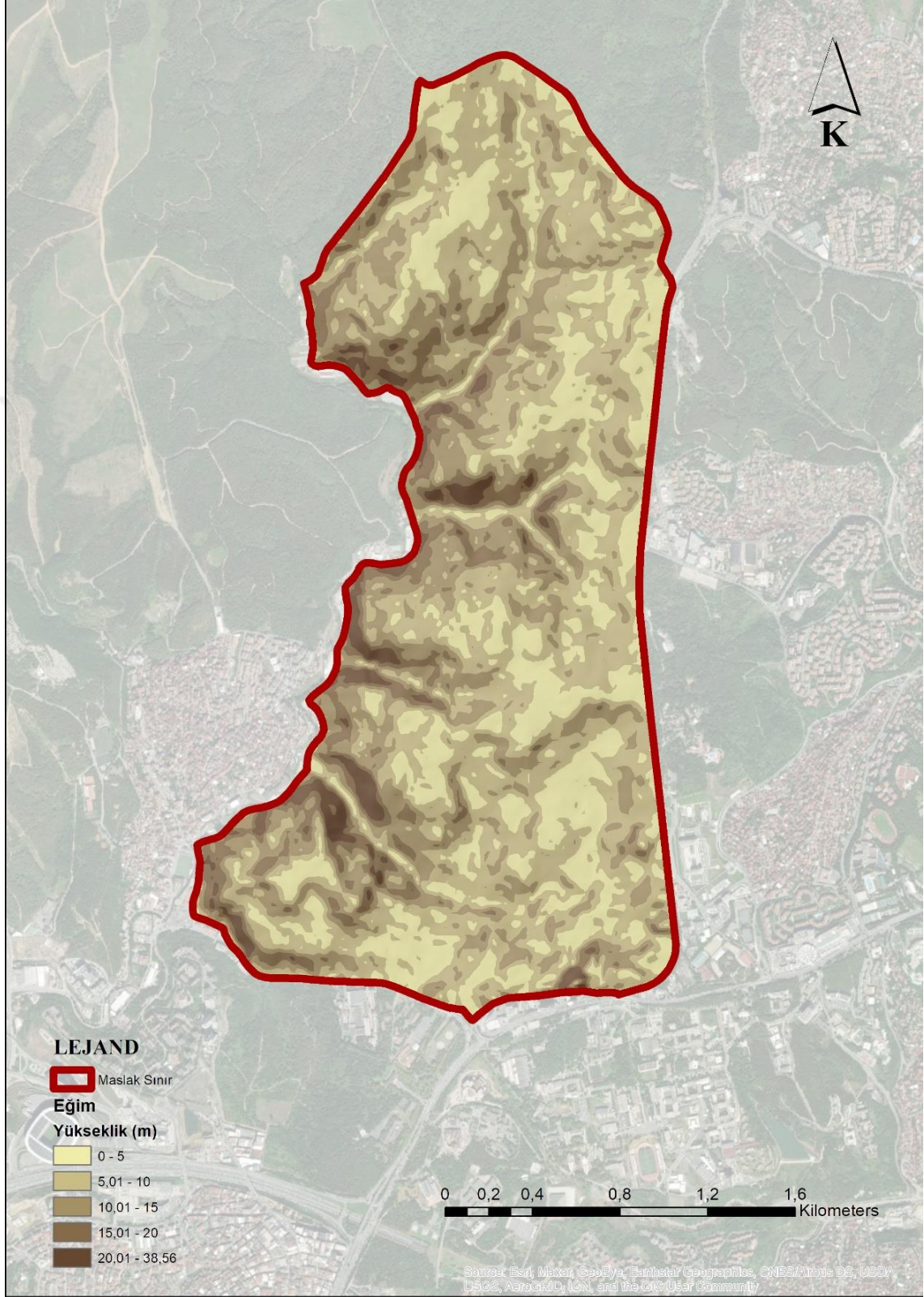


Şekil A. 18 2022 yılı aylık toplam yağış miktarı grafiği.

EK B- Bakı Analizi



EK C- Bakı Analizi



ÖZGEÇMİŞ

2020 yılında İstanbul Üniversitesi Peyzaj Mimarlığı bölümünden mezun oldu. 2024 yılında Işık Üniversitesi'nde Peyzaj Mimarlığı Yüksek Lisans Programında Yüksek Lisansını tamamladı. 2021 yılından beri özel bir mimarlık şirketinde çalışmaktadır.

Yayınları

Kırca, S. ve Sevinç, Ş. (2020). Kentlerde Etkin Doğa Koruma İçin Yol Kenarlarındaki Çim Alanlar Üzerine Bir Değerlendirme. *PAUD- Peyzaj Uygulamaları ve Araştırmaları Dergisi*, 2 (2), 51 – 60.