

**T.C.
IŞIK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
PEYZAJ MİMARLIĞI ANA BİLİM DALI
PEYZAJ MİMARLIĞI PROGRAMI**

Başak ABRAVANEL

**İSTANBUL KADIKÖY ACIBADEM VE HASANPAŞA
MAHALLESİ ÖRNEĞİNDE YAĞMUR SUYU YÖNETİMİ**

DANIŞMAN

Prof. Dr. Adnan UZUN

İSTANBUL, Haziran 2025

**T.C.
IŞIK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
PEYZAJ MİMARLIĞI ANA BİLİM DALI
PEYZAJ MİMARLIĞI PROGRAMI**

**Başak ABRAVANEL
(22PEYZ5004)**

**İSTANBUL KADIKÖY ACIBADEM VE HASANPAŞA
MAHALLESİ ÖRNEĞİNDE YAĞMUR SUYU YÖNETİMİ**

**DANIŞMAN
Prof. Dr. Adnan UZUN**

İSTANBUL, Haziran 2025

**T.C.
IŞIK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
PEYZAJ MİMARLIĞI ANA BİLİM DALI
PEYZAJ MİMARLIĞI PROGRAMI**

**Başak ABRAVANEL
(22PEYZ5004)**

**İSTANBUL KADIKÖY ACIBADEM VE HASANPAŞA
MAHALLESİ ÖRNEĞİNDE YAĞMUR SUYU YÖNETİMİ**

Tezin Savunulduğu Tarih: 27 .06.2025

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Adnan UZUN / Işık Üniversitesi

Tez Jüri Üyeleri: Prof.Dr. Mert EKŞİ /İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa

Dr.Öğretim Üyesi Emre ÇUBUKÇU / Işık Üniversitesi

İSTANBUL, Haziran 2025

ÖZET

İSTANBUL KADIKÖY ACIBADEM VE HASANPAŞA MAHALLESİ ÖRNEĞİNDE YAĞMUR SUYU YÖNETİMİ

Günümüzde hızlı kentleşme süreci, doğal yüzeylerin geçirimsiz yapılarla yer değiştirmesine neden olmakta ve bu durum kentsel alanlardaki hidrolojik döngüyü önemli ölçüde etkilemektedir. Geçirimli yüzeylerin azalmasıyla birlikte, yağmur sularının yer altına sızması engellenmekte, bu da yer altı su kaynaklarının yenilenmesini zorlaştırmakta ve yüzeysel akışı artırarak suyun doğal çevrimini bozmaktadır. Bu değişim, su kirliliğinin artmasına, toprağın nem dengesinin bozulmasına ve sel ile taşkın risklerinin çoğalmasına neden olmaktadır. Artan nüfus, yaygın yerleşim ve sanayileşme faaliyetleri ile birlikte doğaya yapılan müdahaleler hız kazanmakta; bu faktörler küresel iklim değişikliği ile birleştiğinde taşkın tehlikesi daha ciddi boyutlara ulaşmaktadır (Dilley, 2005). Kentleşmenin çevresel etkileri sonucunda bireylerin erişebildiği temiz su, hava, güvenilir gıda ve yeşil alan miktarında belirgin azalmalar yaşanmaktadır. Bu bağlamda, kentsel alanların sürdürülebilirliğini sağlamak için doğal su döngüsünün korunması ve iyileştirilmesi büyük önem arz etmektedir. Yağmur sularının toprak tarafından infiltrasyonunun sağlanması, bu suların ekolojik yöntemlerle toplanarak değerlendirilmesi ve kentsel hidrolojik işlevlerin sürdürülmesi, sürdürülebilir yağmur suyu yönetiminin temel hedefleri arasında yer almaktadır. Bu doğrultuda geliştirilecek planlama ve uygulamalar, hem ekosistem sağlığının korunmasına hem de kentsel yaşam kalitesinin artırılmasına katkı sunacaktır.

Bu çalışmada Acıbadem ve Hasanpaşa mahalleleri, İstanbul'un yoğun yapılaşmış kentsel alanlarından olmaları, geçirimsiz yüzey oranlarının yüksekliği ve yüzeysel akışın etkisiyle taşkın riski barındırmaları nedeniyle inceleme alanı olarak seçilmiştir. Her iki mahalle de, yağmur suyu yönetimi açısından doğal sızma olanaklarının sınırlı olduğu, geleneksel altyapının

yetersiz kaldığı ve sürdürülebilir çözümlere ihtiyaç duyulan bölgeler arasında yer almaktadır. Ayrıca, mevcut arazi kullanımı çeşitliliği (konut, eğitim, park vb.) ve belediye tarafından desteklenen iklim uyum politikaları kapsamında bu mahalleler, doğa tabanlı çözümlerin uygulanabilirliğini değerlendirmek açısından uygun örnek alanları sunmaktadır.

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

ABSTRACT

STORMWATER MANAGEMENT IN THE ACIBADEM AND HASANPAŞA NEIGHBORHOODS: A CASE STUDY FROM KADIKÖY İSTANBUL

Today, the rapid pace of urbanization has led to the replacement of natural surfaces with impervious structures, significantly disrupting the hydrological cycle in urban areas. The decrease in permeable surfaces prevents rainwater from infiltrating into the ground, thereby hindering the recharge of groundwater resources and increasing surface runoff, ultimately disturbing the natural water cycle. This shift contributes to increased water pollution, the deterioration of the soil moisture balance, and a heightened risk of flooding. The growing population, widespread urban development, industrialization, and intensified human interventions in nature—combined with global climate change—have further exacerbated flood risks (Dilley, 2005). As a result, the amount of accessible clean water, air, safe food, and green spaces has significantly diminished in urban environments.

In this context, protecting and enhancing the natural water cycle is of critical importance for ensuring the sustainability of urban areas. Promoting the infiltration of rainwater into the soil, collecting and utilizing stormwater through ecological approaches, and maintaining the hydrological functions of cities are central objectives of sustainable stormwater management. Planning and implementing strategies in line with these goals contribute to both ecosystem health and the overall quality of urban life.

In this study, the neighborhoods of Acibadem and Hasanpaşa have been selected as focus areas due to their status as densely built-up urban zones in Istanbul, characterized by high impervious surface ratios and the resulting risk of surface runoff and flooding. Both neighborhoods exhibit limited

opportunities for natural infiltration, inadequate conventional infrastructure, and a pressing need for sustainable solutions in stormwater management. Moreover, the diversity of current land use (residential, educational, parks, etc.) and the presence of climate adaptation policies supported by the municipality make these neighborhoods suitable case studies for evaluating the applicability of nature-based solutions.

Keywords: Stormwater Management, RationalMethod, AHP, Suitability Analysis

TEŞEKKÜR

Bu tezin hazırlanmasında, tez konusu seçiminde ve diğer çalıőmalarımnda danıőmanlıđımı yaparakdeğerli bilgi ve tecrübeleri ile bana yol gösteren ve sonuca ulaőmamı sağlayan danışman hocam Sayın Prof. Dr. Adnan Uzun'a saygılarımı ve sonsuz teőekkürlerimi sunarım. Öğrenim sürecim boyunca her zaman yanımda olan ve bana her anlamda destek olan annem Fatma Caymaz'a, destekleriyle beni yalnız bırakmayan eőim Erol Abravanel'e, çalıőmalarımnda yardımlarını esirgemeyen arkadaşlarım Meteoroloji Mühendisi Pelin İochem ve Peyzaj Mimarı őeyma Sevinç'e teőekkürlerimi ve sevgilerimi sunarım.

Başak ABRAVANEL

İÇİNDEKİLER

	<u>SAYFA NO</u>
ONAY SAYFASI.....	i
ÖZET.....	ii
ABSTRACT	iv
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	xi
TABLolar LİSTESİ.....	xiii
KISALTMALAR LİSTESİ	xv
BÖLÜM 1.....	1
1. GİRİŞ	1
1.1 AMAÇ VE KAPSAM.....	1
1.2 ARAŞTIRMANIN YÖNTEMİ.....	1
BÖLÜM 2.....	3
2. YAĞMUR SUYU YÖNETİMİ.....	3
2.1 SUYA DUYARLI KENTSEL TASARIM (WSUD)	7
2.2 DÜŞÜK ETKİLİ KALKINMA (LID / LOWIMPACT DEVELOPMENT)	8
2.3 SÜRDÜRÜLEBİLİR KENTSEL DRENAJ SİSTEMLERİ (SUDS / SUSTAINABLE URBAN DRAINAGESYSTEM)	8

2.4 YEŞİL ALTYAPI (YA / GREENINFRASTRUCTURE).....	9
2.5 SÜRDÜRÜLEBİLİR AÇIK ALANLAR GİRİŞİMİ (SUSTAINABLESİTESİNİTİATIVE – SITES).....	10
2.6 SÜRDÜRÜLEBİLİR YAĞMUR SUYU YÖNETİM BİLEŞENLERİ	11
2.6.1 Sarnıçlar ve Su Yapıları	11
2.6.2 Biyolojik Su Tutma Göletleri	17
2.6.3 Biyolojik Hendekler	18
2.6.4 Yağmur Bahçeleri	20
2.6.5 Yeşil Çatılar	23
2.6.6 Mavi Çatılar	24
2.6.7 Geçirimli Yüzey Kaplamaları.....	24
2.7 KENT VE ESTETİK.....	25
2.8 DÜNYADA YAĞMUR SUYU YÖNETİMİ ÖRNEKLERİ	28
2.8.1 Kopenhag,Danimarka	28
2.8.1.1 Opera Park	28
2.8.1.2 Kopenhag Stratejik Sel Ana Planı	30
2.8.2 Şanghay, Çin.....	32
2.8.2.1 Xuhui Pist Parkı.....	32
2.8.3 Singapur	34
2.8.3.1 KhooTeckPuat Hastanesi	34
2.8.4 Kaliforniya	36
2.8.4.1 Burlingame-Donnelly Caddesi Yağmur Bahçeleri	36
BÖLÜM 3.....	38
3. MALZEME VE YÖNTEM	38
3.1 MALZEME.....	38
3.1.1 Araştırma Alanının Biyofiziksel Özellikleri	38

3.1.2 Jeomorfoloji ve Jeolojik Yapı.....	39
3.1.3 Hidrolojik Yapı.....	40
3.1.4 İklim Özellikleri.....	41
3.1.5 Araştırma Alanının Sosyo-Kültürel ve Sosyo-Ekonomik YapısıTarihsel Gelişim.....	43
3.2 YÖNTEM	45
3.2.1 Rasyonel Yöntem	45
3.2.2 AHP'ye Dayalı Çok Ölçütlü Uygunluk Analizi.....	47
3.2.3 Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP).....	48
3.2.4 Karşılaştırma Matrisi Örneği.....	49
3.2.5 Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS).....	51
BÖLÜM 4.....	53
4. BULGULAR VE ÖRNEKLER.....	53
4.1 AKIŞA GEÇEN YAĞIŞ MİKTARI	53
4.1.1 Havza Eğimi	56
4.1.2 C Katsayısı.....	57
4.1.3 Toplanma Zamanı.....	58
4.1.4 Rasyonel Yönteme Göre Taşkın Debisi ve Taşkın Hacmi	59
4.2 AHP'YE DAYALI ÇOK ÖLÇÜTLÜ UYGUNLUK ANALİZİ.....	62
4.3 UYGUNLUK ANALİZİ.....	68
4.4 KADIKÖY-ACIBADEM TEPE NAUTILUS AVM ÖRNEĞİ	70
4.4.1 Çatı Alanında Yağmur Suyu Hasadı ve Yeşil Çatı Uygulaması 70	
4.4.1.1 Değerlendirme ve Öneriler	72
4.4.2 Sürdürülebilir Otopark Tasarımı.....	73
4.4.2.1 Değerlendirme ve Öneriler	74

4.5 ACIBADEM DR. ŞİNASI CAN HASTANESİ'NDE YAĞMUR SUYU YÖNETİMİ	75
4.5.1 Alan Tanımı ve Veriler	75
4.5.2 Debi Hesaplamaları	76
4.5.3 Sürdürülebilir Yağmur Suyu Yönetimi Önerileri.....	77
4.5.4 Dönüş Aralığı (Return Period) Seçiminin Gerekçesi.....	78
4.6 HASANPAŞA ERMENİ MEZARLIĞI/ LATİN KATOLİK MEZARLIĞI /RUM ORTODOKS MEZARLIĞI.....	79
4.6.1 Alan ve Veriler	79
4.6.2 AVM ve Mezarlık – Yağmur Suyu Karşılaştırması	82
BÖLÜM 5.....	86
5.TARTIŞMA.....	86
SONUÇ VE ÖNERİLER.....	89
EKLER.....	91
KAYNAKLAR.....	95
ÖZGEÇMİŞ.....	102

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1 Ürdün’de Kalıntıları Bulunan Jawa Barajı	13
Şekil 2.2 Yerebatan Sarnıcı: Yeraltında Büyülü Bir Yolculuk Sultanahmet ...	15
Şekil 2.3 Peru – Nazca	16
Şekil 2.4 Yağmur Suyu Sistemleri Biyolojik Gölet Örneği	17
Şekil 2.5 Yağmur Hendeği Genel Görünüşü	18
Şekil 2.6 Biyolojik Hendek Kesitleri	20
Şekil 2.7 YağmurBahçesine Toplanan Fazla Suyun Tahliye Sistemi Kesiti	22
Şekil 2.8 Yağmur Bahçesi (RainGarden) Uygulaması Örneği	22
Şekil 2.9 Geçirimli Yüzey Örneği.....	25
Şekil 2.10 Opera Parkı'ndan Genel Görünüm.....	29
Şekil 2.11 Opera Park Alanının Eski Görüntüsü.....	30
Şekil 2.12 2 Temmuz 2011'de Kopenhag'da Meydana Gelen Şiddetli Yağış Sonrası Oluşan Sel Görüntüsü	30
Şekil 2.13 Kopenhag Stratejik Taşkın Planı.....	31
Şekil 2.14 Kopenhag Stratejik Sel Master Planı Kapsamında Geliştirilen Müdahale Önerilerinden Bir Örnek	31
Şekil 2.15 XuhuiRunway Park’tan Bir Görünüm	32
Şekil 2.16 Sokak Kenarı Yağmur Bahçeleri	33
Şekil 2.17 Xuhui Pist Parkı Proje Alanı.....	34
Şekil 2.18 KhooTeckPuat Hastanesi’nin Yeşil Çatı Uygulamasından Bir Görünüm	35
Şekil 2.19 KhooTeckPuat Hastanesi’nin Sürdürülebilir Yeşil Çatı Tasarımı....	36
Şekil 2.20 DonnellyAvenue'deYer Alan Yağmur Bahçesi Uygulaması	37
Şekil 3.1 Kadıköy İlçesi- Acıbadem Ve Hasanpaşa Konumu	39
Şekil 3.2 Kadıköy-Acıbadem ve Hasanpaşa Mahalleleri Hidroloji Haritası	41
Şekil 3.3 Kadıköy Sıcaklık Grafiği. Simüle Edilmiş Geçmiş İklim ve Hava Durumu Veriler.....	42
Şekil 3.4 Kadıköyİlçesine Ait Arşiv Haritaları.	43
Şekil 3.5 Uygunluk Analizi Süreci Şeması	47
Şekil 3.6 Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) Çalışma Şeması	51
Şekil 3.7 Arcmap Ekran Görüntüsü / Çalışma Ekranı	52

Şekil 4.1 ESAWorld Programı Arayüzü Ekran Görüntüsü	53
Şekil 4.2 Kadıköy ilçesi Acıbadem ve Hasanpaşa Mahalleleri Arazi Kullanım Haritası	54
Şekil 4.3 Kadıköy ilçesi Acıbadem ve Hasanpaşa Mahalleleri Arazi Kullanım Haritası	54
Şekil 4.4 Kadıköy ilçesi Acıbadem ve Hasanpaşa Mahalleleri Eğitim ve Bakı Haritaları	62
Şekil 4.5 Kadıköy ilçesi Acıbadem ve Hasanpaşa Mahalleleri Yükseklik Haritası	63
Şekil 4.6 Uygunluk Analizi Haritası	68
Şekil 4.7 Nautilus AVM Görüntüsü	70
Şekil 4.8 Acıbadem Dr.Şinasi Can Hastanesi	76
Şekil 4.9 Kadıköy Rum Ortodoks Mezarlığı Girişi	79
Şekil 4.10 Kadıköy Ermeni Mezarlığı	80

TABLULAR LİSTESİ

Tablo 3.1 Yıllık Ortalama Yağış Verileri	42
Tablo 3.2 Drenaj alanı büyüklüğüne göre birim hidrograf yöntemi seçimi.	45
Tablo 3.3 AHP yönteminde kullanılan ikili karşılaştırma tercih ölçeği	48
Tablo 3.4 Karşılaştırma Matrisi	49
Tablo 3.5 Rastgele Değer Endeksi Tablosu.	50
Tablo 4.1 Simirnov- Kolmogorov testine göre dağılım tiplerinin sonuçları.	55
Tablo 4.2 Yinelenmeli Yağışlar (24 Saatlik).....	56
Tablo 4.3 .MGM Kartal İstasyonu'ndan Alınan Tekerrür Analizi Sonuçları. ..	56
Tablo 4.4 C Katsayısı Aralıkları	57
Tablo 4.5 C Katsayısı Aralıkları	58
Tablo 4.6 Alan Verileri.....	59
Tablo 4.7 Dağılım Tipleri.	60
Tablo 4.8 Yağış Şiddetleri (i).....	60
Tablo 4.9 Tekerrür Süreleri ve Debileri (m ³ /sn).	60
Tablo 4.10 Taşkın Debisi Hesabı.....	61
Tablo 4.11 Uygunluk Analizi Kriter Değerleri.	64
Tablo 4.12 Karşılaştırma Matrisi.....	65
Tablo 4.13 Normalize Edilmiş Karşılaştırma Matrisi.....	65
Tablo 4.14 Ağırlık Derecesi Hesabı.....	66
Tablo 4.16 Yağmur suyu sistemleri için önerilen taşkın dönüş süreleri	69
Tablo 4.17 Alan Verileri.	71
Tablo 4.18 Yağış Şiddetleri (15 dakika yağış süresi için).....	71
Tablo 4.19 Hesaplanan Hacimler.....	72
Tablo 4.20 Yüzey Bileşenleri ve Akış Katsayıları.....	73
Tablo 4.21 Akışa Geçen Yağış Miktarı.....	74
Tablo 4.22 15 dk Yağış Şiddetine Göre Beton Yüzeylerde Akışa Geçen Su Miktarı.....	75
Tablo 4.23 Yağmur Suyu Hacmi (Mezarlık, 1 Saatlik Yağış Verisi, C = 0,30).81	
Tablo 4.24 1 Saatlik Yağış Verisine Göre Hesaplanan Değerler.....	81
Tablo 4.25 AVM Ve Mezarlık Tutulan ve Akışa Geçen Su Miktarı Farkları..	82

Tablo 4.26 Alanlardaki 1 Saatte Oluşan Yağış, Akış ve Tutulan Su Miktarı....	85
Tablo 5.1 Alanlardaki Toplam Yağış , Akış ve Tutulan Su Miktarı.....	86

KISALTMALAR LİSTESİ

AHP:AnalyticalHierarchyProcess (Analitik Hiyerarşi Prosesi)

CBS: Coğrafi Bilgi Sistemleri

LID:Lowimpactdevelopment (Düşük Etkili Gelişim)

MGM: Meteoroloji Genel Müdürlüğü

SuDS:Sustainable Urban DrainageSystem (Sürdürülebilir Kentsel Drenaj Sistemleri)

WSUD:WaterSensitive Urban Design (Suya Duyarlı Kentsel Tasarım)

BÖLÜM 1

1. GİRİŞ

1.1 AMAÇ VE KAPSAM

Bu tez çalışmasında, kentsel yağmur suyu yönetimi uygulamalarının kentsel tasarım içerisindeki yerinin ve bu uygulamaların kent yaşamına olan katkılarının değerlendirilmesi amaçlanmaktadır. Çalışma alanı olarak İstanbul'un Kadıköy ilçesinde bulunan Acıbadem ve Hasanpaşa mahalleleri seçilmiştir. Kadıköy, yoğun yapılaşma düzeyi, merkezi konumu ve ulaşım ağlarının kesişim noktası olması nedeniyle yağmur suyu yönetim stratejilerinin entegrasyonu açısından önemli bir potansiyele sahiptir.

Bu tez kapsamında, kentsel tasarımda mevcut arazi kullanımlarının analiz edilmesiyle birlikte, yağmur suyu hasadı potansiyelinin kent yaşamındaki işlevselliği ve verimliliği değerlendirilmektedir. Kadıköy ilçesine en yakın meteoroloji istasyonundan temin edilen yağış verileri doğrultusunda, yağmur suyu toplama tekniklerinin kentsel tasarım süreçlerine nasıl entegre edilebileceği sayısal ve analitik yöntemler kullanılarak incelenmektedir.

Çalışmada, yağmur suyu hasadı ile elde edilebilecek su miktarları matematiksel analiz yöntemleri aracılığıyla hesaplanmaktadır. Bölgedeki yağışın toplandığı alanlar; arazi örtüsü, yükseklik, eğim ve baki haritalarının coğrafi bilgi sistemleri (CBS) ortamında çakıştırılması yoluyla belirlenerek riskli alanlar tespit edilmektedir.

1.2 ARAŞTIRMANIN YÖNTEMİ

Bu çalışmada, yağmur suyu akışının hesaplanmasında rasyonel yöntem kullanılmıştır. Bu yöntemin uygulanabilmesi için çalışma alanındaki ana derenin uzunluğu, havzanın büyüklüğü, havzanın ağırlık merkezinden ana su

yoluna dik izdüşüm noktasına kadar olan mesafe ve en yakın meteoroloji istasyonundan alınan yağış verileri kullanılmıştır.

Arazi kullanımları, yükseklik, eğim ve bakı haritaları, ESRI ArcMap 10.5 yazılımı kullanılarak oluşturulmuştur. Bu veriler ışığında, suyun toplanacağı alanların gereksinimlerine göre AHP (Analitik Hiyerarşi Süreci) yöntemiyle verilerin önem dereceleri belirlenmiştir. Bu doğrultuda, haritalar üst üste getirilmiş (çakıştırılmış) ve akışa geçen yağmur sularının toplanabileceği en uygun alanlar tespit edilmiştir.

Son olarak, uygunluk analizinde belirlenen alanlardaki birikmeyi önlemek için sürdürülebilir yağmur suyu yönetim uygulamalarının entegrasyonu önerilmiştir.

BÖLÜM 2

2. YAĞMUR SUYU YÖNETİMİ

Kentler, insan nüfusunun yoğun biçimde toplandığı yerleşim alanlarıdır. Teknolojik ilerlemeler ve sanayinin hızlı gelişimi, seri üretim faaliyetlerinin artmasına zemin hazırlamıştır. Bu sanayileşme süreci, kırsal alanlardan kentlere yönelik göç dalgalarını hızlandırmış ve konut ihtiyacının artmasına neden olmuştur (Oktay H.E., Erdoğan R., Oktay, B., 2015). Kentlerde yaşanan bu homojenleşme sürecine karşı son yıllarda kentsel kimlik kavramı ön plana çıkmıştır. Bir kentin kimliği, yalnızca fiziksel çevresiyle değil, aynı zamanda o kentte yaşayan bireylerin sosyal ve kültürel dinamikleriyle de oluşur. Bu kimliğin şekillenmesinde doğal unsurlar önemli bir rol oynar; arazi biçimleri, iklimsel özellikler, su varlıkları, bitki örtüsü, yer altı yapısı ve kentin genel konumu gibi çevresel faktörler bu süreci doğrudan etkiler. Bu kriterlerdeki çeşitlilik, kentleri birbirinden ayırarak her birine özgün bir karakter kazandırır. Kent kimliğini belirleyen göstergeler arasında doğal yapıya ilişkin verilerin doğru analiz edilmesi, korunması, iyileştirilmesi, geliştirilmesi ve ön plana çıkarılması önem arz eder. Bu yaklaşımlar, kentsel kimliğin sürdürülebilirliğini sağlarken, kentlerin kimlik algısının da daha net biçimde anlaşılmasına katkı sunar (Köylü ve Dokumacı Kiper, 2007; Salıcı, 2009).

Su, kent içerisinde hem mikroklima üzerinde yarattığı etkiler hem de sunduğu çeşitli olanaklar bakımından kentsel açık alanlar açısından hayati bir kaynak konumundadır. Tarih boyunca su, başlangıçta temel bir yaşam kaynağı olarak anlam kazanmış ve değer atfedilmiştir. Yerleşimlerin evrimi sürecinde ise, farklı dönemlerde, değişen gelişmişlik seviyeleri, çeşitli ihtiyaçlar ve toplumsal gereksinimlere bağlı olarak su, yaşamın vazgeçilmez bir unsuru olmaya devam etmiştir (Hattapoğlu, 2004).

Kent merkezlerinde akarsu yataklarının daraltılması, kanallaştırılması ve bazı kesimlerinin üzerinin kapatılması, suyun doğal akış dinamiklerini olumsuz

yönde etkilemektedir. Kentlerde yolların asfaltlanması, belirli doğrultuda uzatılması ve konut alanları ile bölünmesi, yağış zamanı ile yağışın yüzeysel akışa geçiş zamanı arasındaki süreyi azaltmakta ve selleri neden olmaktadır (Marcus ve Detwyler. 1972: 99). Hızla gelişen ve plansız ilerleyen kentleşme süreci, kent alanlarında yüzeysel akış katsayısını büyütürken aynı şiddetteki yağışların daha büyük yüzeysel akış oluşturmaya ve daha az sürede taşkınların yaşanmasına neden olmaktadır. Bununla birlikte, kent çevresindeki bitki örtüsünün tahrip edilmesi, yanlış tarım tekniklerinin uygulanması ve akarsu yataklarından kum çıkarılması, akarsuların morfolojisinde ciddi değişimlere neden olarak taşkın riskini artırmaktadır. Kentlerdeki asfalt kaplamalar ve yoğun yapılaşma, yağmur ve kar erimesi sonucu oluşan suların hızlıca akışa geçmesine neden olmakta; bu durum, doğal yüzey drenajının yönünü değiştirmekte ve yüzeysel akış miktarını önemli ölçüde artırmaktadır. Özellikle havza içlerinde yer alan şehirleşme ve geçirimsiz zeminlerin yaygınlaşması, yüzeysel akışın doğal yönünü ve hacmini değiştirerek sel ve taşkın olaylarının şiddetini artıran bir nitelik kazandırmaktadır (Turoğlu, 2010: 31).

Kentlerde artan nüfus yoğunluğu, kaçınılmaz olarak geçirimsiz yüzeylerin genişlemesine yol açmış ve bu durum yağmur suyunun akış hızını önemli ölçüde artırmıştır (Sharma, Gardner ve diğerleri, 2019). Suyolları, bu artış karşısında aşınma ve bozulma yaşamaya başlayınca, tarihsel olarak bu soruna verilen yanıt, yağmur sularını "mümkün olan en kısa sürede uzaklaştırmayı" amaçlayan altyapı tesislerinin inşası şeklinde olmuştur (White, 2009; Radcliffe, 2019). Bu anlayış, günümüzde "birleşik kanalizasyon sistemi" olarak adlandırılan; yağmur suyu ile atık suyun, yer altındaki borular aracılığıyla en yakın akarsuya tahliye edildiği sistemlerin temelini oluşturmuştur. 1980'lerden itibaren ise, yağmur suyu yönetimi; kentlerin yapısındaki dönüşümler, şehirleşen nüfusun artışı ve sellerin daha sık ve daha şiddetli hale gelmesi gibi dinamiklerin etkisiyle kademeli bir değişim sürecine girmiştir (Radcliffe, 2019). Bu olumsuzlukları en aza indirmek amacıyla, kentsel planlama ve gelişme süreçlerinde "ekosistemlerin işleyişini örnek

alma'' yaklaşımı benimsenmiştir (Argue, 2005). Bu çerçevede, kentsel çevrenin iyileştirilmesi amacıyla; yağmur suyunun kalitesinin artırılması, sel sularının ve yağmur sularının yeniden kullanımı ile kentlerde oluşan ısı adası etkisinin, yağmur suyunu toplayan yeşil alanlar yoluyla azaltılması gibi stratejiler geliştirilmiş ve uygulamaya alınmıştır.

Bu alanların işleyiş temeli, hidrolojik döngünün sürdürülebilirliğini sağlamak amacıyla yağmur sularının, doğal ya da yapay su kütlelerine ulaşmadan önce kısa süreliğine yüksek kapasiteli tutma havzalarında ya da sulak alanlarda depolanarak akış hızının azaltılmasına dayanmaktadır. Bu yaklaşım, Bütüncül Su Havzası Yönetimi ya da Toplam Su Havzası Yönetimi (Integrated Catchment Management veya Total Catchment Management) anlayışı çerçevesinde, yağışı düştüğü bölgede mümkün olduğunca tutmayı hedeflemektedir. Kentlerde yağmur suyu yönetimine yönelik yeni teknolojilerin etkili biçimde uygulanabilmesi için öncelikle, yağış rejimi, havza özellikleri ve topoğrafik veriler dikkate alınarak hidrolojik analizlerin yapılması ve yıllık taşkın miktarlarının belirlenmesi gerekmektedir. Bu doğrultuda geliştirilecek tasarımlar ve öneriler, elde edilen veriler ışığında, havza sınırları içinde oluşan hidrolojik yükü karşılayabilecek kapasitede planlanmalıdır. Genel anlamda yağmur suyu yönetimi, yüzeysel akışın miktarını ve yönünü doğru şekilde belirlemeyi amaçlayan bir süreç olarak tanımlanmaktadır (Harris ve diğerleri, 1998).

Yağmur suyu, kentler için önemli ve sürdürülebilir bir kaynak olarak değerlendirilmektedir. Günümüzde, yağmur suyunu kent içerisinde toplayarak, yağış sonrasında arıtıp şebeke sistemine dahil eden; ayrıca otoparklar, meydanlar gibi geniş ve geçirimsiz yüzeylerden gelen yüzeysel akışı, bitkilendirilmiş hendeklerde tutarak yer altı su kaynaklarına sızmasını sağlayan çeşitli sistemler geliştirilmiştir. Bu yenilikçi sistemler, kentsel alanlarda kullanılan mevcut gri altyapıya bir alternatif olarak önerilmekte; aynı zamanda, yoğun yağış dönemlerinde mevcut altyapıya destek işlevi görmektedir. Bu yaklaşımlar, kentsel peyzaj alanlarının altyapı işlevi üstlenmesini mümkün

kıllarken, aşırı yağışlarda da gri altyapının kapasitesini tamamlayıcı bir rol oynamaktadır (Gülcü, 2021).

Yüzeysel akışın kontrolü amacıyla, sarnıçlar, su tankları, yağmur bahçeleri ve ağaç kuşakları gibi alanlarda suyun tutulması, akış hızının düşürülmesi ve toprağa sızmasının sağlanması esas alınmaktadır. Bazı teknik yaklaşımlarda ise, yüzeylerin pürüzlülük katsayısı artırılarak ya da geçirgen zemin kaplamaları kullanılarak —özellikle geniş ve sert zeminlerin yoğun olduğu meydan gibi kentsel alanlarda— yüzey akışının yavaşlatılması hedeflenmektedir. Bu yöntemler aracılığıyla, kentlerde geleneksel drenaj altyapısına binen yükün azaltılması ve böylece daha etkili bir yağmur suyu yönetiminin gerçekleştirilmesi amaçlanmaktadır (Gülcü, 2021).

Ekosistemin korunması ve denetimi bağlamında, yüzeysel akışın taşkın riski oluşturmadan kontrollü bir biçimde alıcı su kaynaklarına yönlendirilmesi, su kirliliğinin azaltılmasına ve su kalitesinin iyileştirilmesine katkı sağlamaktadır. Yüzey akışının sel potansiyelini en aza indirmek, aynı zamanda erozyon ve sedimentasyon süreçlerini de azaltarak toprak yapısının korunmasına imkân tanımaktadır. Bu süreçte, toprak içerisindeki bitki besin elementleri de yerinde muhafaza edilmiş olur. Yeşil altyapı uygulamalarında, özellikle kent ortamlarında ağır metal, fosfor ve azot gibi kirleticilerle yüklenen yağmur suyunun, tutulduğu alanlarda bitkisel ya da mekanik filtreleme yöntemleriyle arıtılarak alıcı su ekosistemlerine bırakılması, alt ekosistemlerin korunmasına hizmet etmektedir. Ayrıca, bu yaklaşımlar çerçevesinde yerel bitki türlerinin kullanımı teşvik edilmekte ve mevcut bitki örtüsünün biyolojik çeşitliliğini artıracak yeni türlerle bitkilendirme çalışmaları yürütülmektedir (Gülcü, 2021).

Sürdürülebilirlik stratejileri bağlamında değerlendirildiğinde, yağmur suyu hasadına yönelik sistemlerin hayata geçirilmesi, kentlerde şebeke suyu ve tatlı su kaynaklarına olan bağımlılığı önemli ölçüde azaltmaktadır. Toplanan yağmur suyu, biriktirildiği alanın özelliklerine ve kullanım amacına bağlı olarak uygun filtreleme işlemlerinden geçirildikten sonra; yeşil alanların sulanmasında, binalarda tuvalet ve mutfak suyu olarak ya da içme suyu

amacıyla değerlendirilebilmektedir. Bu tür uygulamalarda genellikle doğal ve yerel malzemelerin tercih edilmesi, ekolojik uyum, ekonomik avantajlar ve kolay erişilebilirlik sağlaması nedeniyle sürdürülebilirliğin desteklenmesine katkı sunmaktadır (Gülcü, 2021).

2.1 SUYA DUYARLI KENTSEL TASARIM (WSUD)

Suya Duyarlı Kentsel Tasarım (WaterSensitive Urban Design - WSUD) kavramı ilk olarak Wong (2006) tarafından ortaya konmuş olup, geleneksel kanalizasyon temelli kentsel drenaj sistemlerine bir alternatif ya da tamamlayıcı olarak geliştirilmiştir. Bu yaklaşım, kentsel yağmur suyu yönetimine yönelik çeşitli ekosistem hizmetlerine dayanan yöntemleri kapsamaktadır (Fryd ve ark., 2013). 1990'lı yılların sonlarında Avustralya'da gelişmeye başlayan WSUD yaklaşımı (Argue, 2004), kısa sürede bölgesel, kentsel ve yerel ölçeklerde uygulamaya geçirilmeye başlanmıştır.

WSUD yaklaşımı temel olarak iki ana başlık altında incelenebilir. İlk olarak, kirlenmiş yağmur suyu akışının oluşumunu azaltmaya yönelik önlemler bulunmaktadır. Bu kapsamda; erozyon ve tortu kontrolü, yağmur suyu toplama tankları, iniş borusu yönlendirme sistemleri, atık yönetimi, cadde temizliği, yeşil duvarlar, yeşil çatılar ve geçirgen zemin kaplamaları gibi uygulamalar yer almaktadır (Hoban, 2019). İkinci olarak ise, kirlenmiş yağmur suyu akışının etkilerini hafifletmeye, yani bu suyun arıtılmasına yönelik önlemler söz konusudur. Bu bağlamda; yağmur suyu sepetleri, kirletici tutucular (mazgallar), yüzey hendekleri, biyolojik tutma alanları, yağmur bahçeleri, yapay sulak alanlar ve sokak ağaçları gibi unsurlar örnek verilebilir (Hoban, 2019).

2.2 DÜŞÜK ETKİLİ KALKINMA (LID / LOWIMPACT DEVELOPMENT)

"Düşük Etkili Kalkınma" (LowImpactDevelopment - LID) kavramı ilk olarak Amerika Birleşik Devletleri'nde benimsenmiş olup, 1970'li yıllarda arazi kullanımının düzenlenmesi ve su kaynaklarının korunmasına yönelik yasal düzenlemelerle birlikte literatüre girmiştir (USEPA, 2017). Bu yaklaşım, özellikle 1972 tarihli Temiz Su Yasası'nın yürürlüğe girmesi sürecinde gündeme gelmiş ve arazi planlamasında su odaklı yaklaşımların temelini oluşturmuştur.

LID yöntemlerinin temel amacı, doğal saha hidrolojisini taklit etmeye yönelik tasarım teknikleri kullanarak yağmur suyunun akışını yerinde yönetmektir. Bu kapsamda uygulanan stratejiler; suyun depolanması, sızdırılması, buharlaştırılması ve alıkonması gibi süreçleri içerir. Bu teknikler sayesinde saha dışı yüzeysel akış miktarı azaltılmakta ve yer altı suyu beslenmesine katkı sağlanmaktadır. Saha geliştirme süreçlerinin tamamı alanın hidrolojik dengesini etkilediğinden, LID uygulamaları bu dengeyi korumaya odaklanmaktadır (Coffman, 1999).

Bu çerçevede, LID uygulamaları kapsamında biyolojik tutma alanları, kuru kuyular, filtre ve tampon şeritleri, çok işlevli peyzaj alanları, bitkilendirilmiş ve sulak çöküntü alanları, yağmur varilleri ve sarnıçlar gibi çeşitli yapılar aracılığıyla yağmur suyu yönetimi sağlanmaktadır.

2.3 SÜRDÜRÜLEBİLİR KENTSEL DRENAJ SİSTEMLERİ (SUDS / SUSTAINABLE URBAN DRAINAGESYSTEM)

Sürdürülebilir Kentsel Drenaj Sistemleri (Sustainable Urban DrainageSystems -SuDS) kavramı, ilk olarak Birleşik Krallık'ta geliştirilmiş olup, 2000 yılında İskoçya ve Kuzey İrlanda için (Martin ve ark., 2000) ile İngiltere ve Galler için ayrı ayrı hazırlanan kılavuz belgelerle resmîyet kazanmıştır (Martin ve ark., 2000; Radcliff, 2019). SuDS yaklaşımı, yüzey

suyu akışının kontrolü ve yönetiminin kentsel dokuya entegre edilmesini öngörmekte olup, bu yönüyle Suya Duyarlı Kentsel Tasarım (WaterSensitive Urban Design - WSUD) kapsamında önemli bir bileşen olarak değerlendirilmektedir.

Ancak WSUD, yalnızca yüzey akışının değil, aynı zamanda atık su yönetimi ve içme suyu temini gibi kentsel su döngüsünün tamamını kapsayarak, su yollarının ve taşkın yataklarının kentsel planlama ve tasarımla bütüncül entegrasyonuna odaklanmaktadır. Bu bağlamda SuDS, WSUD çerçevesinde daha sınırlı ancak uygulama açısından kritik bir alanı temsil etmektedir.

SuDS'nin temel faydaları dört ana başlık altında toplanmaktadır: su miktarının yönetimi, su kalitesinin iyileştirilmesi, tatlı su kaynaklarının korunması (özellikle tuzlulaşmanın önlenmesi) ve kentsel biyolojik çeşitliliğin artırılmasıdır. Bu sistemlerin temel felsefesi, kentsel gelişimin doğal hidrolojik döngü üzerindeki olumsuz etkilerini azaltmak ve mümkün olduğunca doğal süreçleri taklit eden çözümler sunmaktır (Radcliff, 2019).

2.4 YEŞİL ALTYAPI (YA / GREENINFRASTRUCTURE)

Yeşil çatılar, yağmur bahçeleri, yüzeysel hendek sistemleri, geçirgen kaldırımlar, geliştirilmiş infiltrasyon sağlayan sulak alanlar, yeşil alanlar ve kentsel doğal bitki örtüsü koridorlarının entegre edilmesi, kentsel yaşam kalitesini artırmayı, sel riskini ve kirlilik yükünü azaltmayı amaçlamaktadır (Radcliff, 2019; ASCE-EWRI, 2016). Bu bileşenlerin birlikte kullanımı, yalnızca su yönetimi değil, aynı zamanda ekolojik ve sosyal faydalar üretme potansiyeline sahiptir.

ABD Çevre Koruma Ajansı'nın (US EPA) 2012 tarihli bildirisine göre, yeşil altyapı, geleneksel "gri" altyapının –yani yalnızca borular aracılığıyla yağmur suyunu uzaklaştırmayı hedefleyen sistemlerin– aksine, yağmur suyunu düşüğü yerde yönetmeye odaklanan, bitki örtüsü ve toprak temelli bütüncül bir yaklaşımdır. Bu bağlamda yeşil altyapı uygulamaları, sadece yağmur suyu

yönetimi sağlamakla kalmaz; aynı zamanda doğal süreçleri yapılı çevreye entegre ederek sel riskini azaltır, hava kalitesini artırır ve çok sayıda çevresel fayda sunar (Fletcher ve ark., 2014).

Yeşil Altyapı Sistemleri'nin etkinliği, bölgesel iklim koşulları, yerel hava olayları ve ekolojik özelliklere duyarlıdır. Bu kapsamda düşen yağış miktarı, buharlaşma oranı ve suyun zemine yeniden sızma potansiyeli gibi parametreler dikkate alınmalıdır. Yerel iklim koşulları; yağış desenlerini, hava sıcaklıklarını ve buharlaşma süreçlerini belirlerken, toprak özellikleri ise suyun infiltrasyon süresi ve miktarı üzerinde doğrudan etkilidir. Bu çevresel faktörler, yeşil altyapı bileşenlerinin tasarımı için gerekli olan bölgesel hidrolojik boyutlandırma ve modelleme katsayılarının belirlenmesinde temel teşkil etmektedir (NACTO, 2017).

2.5 SÜRDÜRÜLEBİLİR AÇIK ALANLAR GİRİŞİMİ (SUSTAINABLESITESINITIATIVE – SITES)

2000'li yıllarla birlikte sürdürülebilir kentsel gelişim yaklaşımları, sadece yapıların enerji verimliliği ya da karbon ayak iziyle sınırlı kalmamış; açık ve yeşil alanların planlaması, su yönetimi ve ekosistem hizmetlerinin korunması da bu sistemlerin temel bileşenleri arasına girmiştir. Bu bağlamda, 2006 yılında geliştirilmeye başlanan Sustainable SITES Initiative (SITES), sürdürülebilir açık alan tasarımına yönelik ilk kapsamlı değerlendirme sistemlerinden biri olarak literatürde yerini almaktadır (SITES, 2009).

SITES değerlendirme sistemi, doğal drenaj süreçlerinin tasarıma entegrasyonunu, mikro havza yönetimini, geçirgen yüzey kullanımı ve bitkilendirme stratejileriyle yağmur suyunun yerinde tutulmasını temel alır. Proje alanının ekosistem hizmetlerine katkısı da puanlama sistemine doğrudan yansıtılır. SITES, projelere Certified, Silver, Gold, Platinum olmak üzere dört farklı sürdürülebilirlik derecesi sunarak, uygulamaların kalitesini belgelemeyi amaçlamaktadır.(Ecobuild, t.y.).

2.6 SÜRDÜRÜLEBİLİR YAĞMUR SUYU YÖNETİM BİLEŞENLERİ

Sürdürülebilir yağış suyu yönetimi yaklaşımlarında, doğal drenaj desenlerinin işleyişi örnek alınarak kentsel ortamlarda uygulanabilir çözümler geliştirilir. Bu yönüyle söz konusu uygulamalar, doğaya dayalı ve ekosistem temelli bir yaklaşımı yansıtmaktadır. Kentsel peyzajda gerçekleştirilen bu tasarımlar, doğal süreçlerden ilham alarak suyun çevrimini daha sağlıklı ve dengeli bir biçimde sürdürmeyi amaçlamaktadır.

Yapısal sürdürülebilirlik uygulamaları ise işlevsel olarak üç temel sürece dayanmaktadır:

- (a) süzme/sızdırma (filtration and infiltration),
 - (b) geciktirme (detention),
 - (c) tutma/birikirme (retention) uygulamaları olarak üç grupta ele alınmaktadır”
- (Strom ve Nathan, 1993; Wahl, 2009; Özeren Alkan, 2019).

2.6.1 Sarnıçlar ve Su Yapıları

Tarihsel süreçte su yapıları, insan yerleşimlerinin sürdürülebilirliğinde temel unsurlardan biri olmuştur. Bu yapıların ilk örnekleri, çoğunlukla tarımsal üretimi desteklemek amacıyla geliştirilmiş sulama sistemleri ve su toplama üniteleridir. Bu bağlamda, sarnıçlar en erken dönemlerde yağmur, akarsu veya göl gibi doğal kaynaklardan sağlanan suyun biriktirilmesi amacıyla kullanılan yapılardır. Genellikle taş malzemeden inşa edilen bu yapılar, yer altına ya da yer üstüne konumlandırılmıştır ve suyun korunarak kurak dönemlerde kullanılmasını mümkün kılmıştır.

İlk su yapıları arasında sulama kanalları, yüzeysel su alma yapıları ve benzeri sistemler yer almaktadır. Bu yapılar, tarımsal faaliyetlerin artmasına katkı sağlamakla birlikte, insan nüfusunun artmasıyla birlikte suya olan talebin de yükselmesine neden olmuştur. Artan su ihtiyacı, mevcut kaynakların yeterli gelmemesi durumunda suyu daha etkin kullanmayı sağlayacak yapısal çözümlerin geliştirilmesini gerekli kılmıştır.

Arkeolojik bulgular, su yapılarının M.Ö. 3000’li yıllara kadar uzandığını göstermektedir. Özellikle birçok uygarlığa ev sahipliği yapmış olan Anadolu coğrafyasında erken dönemlere ait çeşitli su yapılarına rastlanmaktadır (Öziş, 2018). Bu yapılar, yalnızca su temini değil, aynı zamanda sosyal, ekonomik ve kültürel yaşamın şekillenmesinde de etkili olmuştur.

Roma İmparatorluğu dönemine kadar, su yapıları genellikle yerel kaynaklara dayalı, kısa mesafeli kanallar ve küçük ölçekli barajlarla sınırlı kalmıştır. Ancak Roma döneminde mühendislik bilgisinin gelişmesiyle birlikte su temini sistemleri daha karmaşık bir hâl almış, su kemerleri sayesinde uzak mesafelerden yerleşim alanlarına su taşınmaya başlanmıştır. Bu dönemde sarnıçlar da önemli bir işlev üstlenmiş, suyun depolanarak günlük ihtiyaçlar ve olası kıtlık durumları için hazır bulundurulması sağlanmıştır. Roma dönemine ait pek çok sarnıç yapısı, bugün hâlâ ayakta olup, su mühendisliğinin tarihsel gelişimi açısından önemli örnekler sunmaktadır.

Bu gelişmelere örnek olarak, yaklaşık M.Ö. 3000 yılına tarihlenen ve günümüz Ürdün sınırlarında bulunan Jawa Barajı gösterilebilir. Bu baraj, en eski büyük ölçekli su yapılarından biri olarak kabul edilmekte ve erken dönem su yönetimi uygulamalarına ışık tutmaktadır (Bildirici, 2009).

Sonuç olarak, sarnıçlar ve diğer erken dönem su yapıları, suyun toplanması, korunması ve dağıtımını süreçlerinde tarih boyunca merkezi bir rol oynamış; sonraki dönemlerde geliştirilecek modern su altyapısının da temelini oluşturmuştur.



Şekil 2.1 Ürdün’de Kalıntıları Bulunan Jawa Barajı

(https://ancientjordan.com/travel_guides/jawa/)

Bizans Dönemi'nde, özellikle başkent İstanbul'un (Konstantinopolis) hızla artan nüfusu ve genişleyen kent dokusu, suya olan ihtiyacı önemli ölçüde artırmıştır. Bu durum, suyun taşınması ve depolanmasına yönelik altyapı sistemlerinin gelişmesini zorunlu kılmıştır. Bu bağlamda, farklı kapasitelerde ve işlevlerde çok sayıda sarnıç inşa edilmiş; aynı zamanda şehir dışından su getiren uzun su yolları ve kemerler aracılığıyla kent genelinde kapsamlı bir su dağıtım ağı kurulmuştur.(Güngör, 2021).

Bizans döneminde inşa edilen ve bugün hâlâ ayakta olan önemli su yapıları arasında Valens Su Kemerı (Bozdoğan Kemerı) ve Ma'zul Kemer gibi kemer sistemleri yer almaktadır. Bu yapılar, suyu şehir dışındaki kaynaklardan merkeze taşıyan sistemlerin ana bileşenleridir ve Bizans mühendisliğinin gelişmişliğini yansıtır niteliktedir.(Güngör, 2021).

Günümüzde yalnızca İstanbul'un Fatih ilçesinde, kültür envanterine kayıtlı 200'ün üzerinde sarnıcın bulunması, Bizans döneminde suyun ne denli stratejik bir unsur olarak değerlendirildiğini göstermektedir. Bu sarnıçlar,

hem bireysel kullanım hem de kamusal işlevler açısından önemli roller üstlenmiştir.(Güngör, 2021).

Günümüze ulaşan ve mimari, tarihi ve mühendislik açısından dikkat çeken başlıca Bizans sarnıçları şunlardır:

- Yerebatan Sarnıcı (BasilicaCistern): Ayasofya'nın güneybatısında yer alan, yaklaşık 80.000 m³ su kapasitesine sahip bu yapı, İstanbul'daki en büyük yer altı sarnıçlarından biridir.
- Binbirdirek Sarnıcı: 224 sütunla desteklenen ve ikinci büyük sarnıç olarak kabul edilen bu yapı, ticari ve kamusal kullanımlara yönelik tasarlanmıştır.
- Şerefiye Sarnıcı:Theodosius dönemine tarihlenen bu sarnıç, mimari süslemeleriyle dikkat çekmektedir.
- Sultan Sarnıcı, Zeyrek (Pantokrator) Sarnıcı, Aetius Sarnıcı (günümüzde Karagümrük Stadyumu), Aspar Sarnıcı (Fatih-Çarşamba) ve Mokios Sarnıcı (Fındıkzade Çukurbostanı) da Bizans su altyapısının önemli örnekleri arasında yer almaktadır.

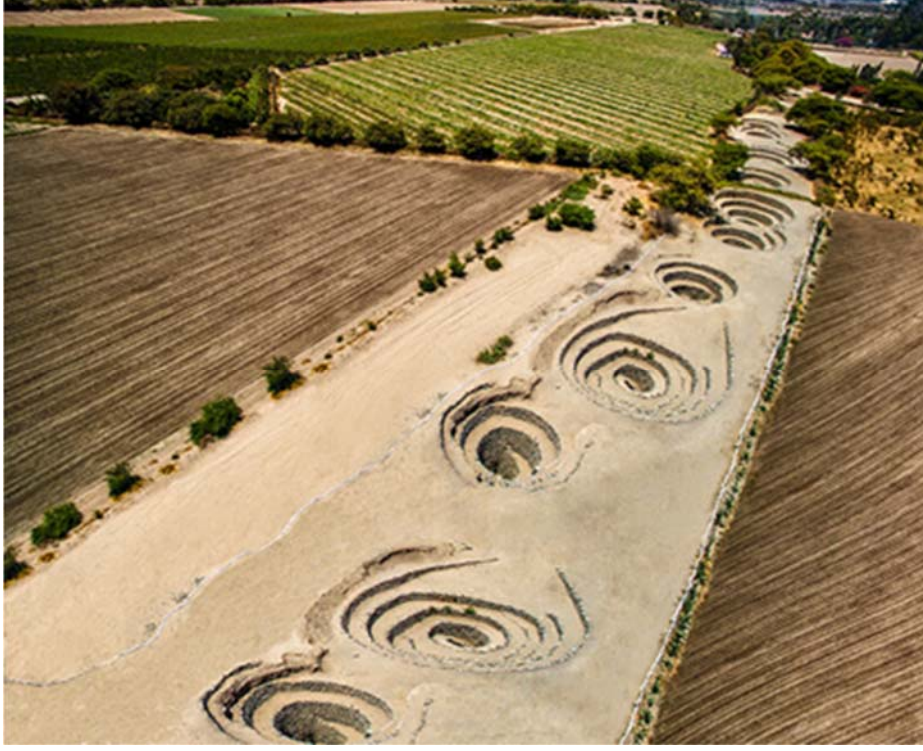
Bu yapılar, yalnızca suyun depolanması amacıyla değil, aynı zamanda yangınlara karşı önlem alma, kuşatma gibi olağanüstü durumlarda su ihtiyacını karşılama gibi stratejik işlevleriyle de kentsel yaşamın sürdürülebilirliğine katkı sağlamıştır.



Şekil 2.2 Yerebatan Sarnıcı: Yeraltında Büyülü Bir Yolculuk | Sultanahmet
(<https://kitapveseyahat.com/2023/12/21/yerebatan-sarnici-yeraltinda-buyulu-bir-yolculuk-sultanahmet/>)

Sarnıç yapıları yalnızca Bizans Dönemi'ne ait değil, dünya genelinde birçok farklı coğrafyada farklı medeniyetler tarafından da geliştirilmiştir. Bu bağlamda, dünyadaki en eski sarnıç örneklerinden biri, Peru'nun güney kıyısındaki Nazca bölgesine ait yapılar olarak karşımıza çıkmaktadır. Cantayobölgesi olarak bilinen alanda yer alan bu yapılar, taş örgü duvarlardan inşa edilmiş ve spiral bir düzende tasarlanmıştır. Bu sarnıçlar, Nazca halkının suyu depolama ve yönetme konusundaki mühendislik bilgilerini yansıtmaktadır.

Nazca bölgesindeki bu yapılar, tarihsel olarak suyun önemli bir kaynak olduğu bölgelerde inşa edilen ilk büyük sarnıçlardan bazılarıdır. Spiral biçimdeki yapılar, yerel iklim ve suyun toplanması amacıyla özel olarak tasarlanmış olup, bölgedeki suyun verimli kullanımını sağlamıştır. Bu tasarım, aynı zamanda çevresel koşullara uyum sağlayarak suyun sızmasını engelleyecek şekilde optimize edilmiştir.



Şekil 2.3 Peru – Nazca (<https://www.ytuqueplanes.com/blog-viajero/ica/nasca-mas-alla-de-las-lineas-otros-tesoros-preincas-de-la-cultura-nasca>)

Sarnıçlar, tarihsel süreçte suyun depolanmasında önemli bir rol oynamışken, günümüzde de yağmur suyu hasadı benzer prensiplere dayanmaktadır. Modern su yönetimi uygulamalarında, toplanan yağmur suyu genellikle yer üstü ya da yer altına yerleştirilen harici tanklarda depolanmaktadır. Bu depolama sistemleri, suyun etkin bir şekilde kullanılabilmesini sağlamak amacıyla tasarlanmıştır. Özellikle yer altına yerleştirilen tanklar, görsel kirlilikten kaçınılmak istenen durumlar için tercih edilmektedir.

Yağmur suyu hasadı, sürdürülebilir su yönetimi ve su tasarrufu sağlamak adına önemli bir yöntem olarak günümüzde yaygınlaşmaktadır. Bu depolama sistemleri, suyun tekrar kullanılması için özellikle içme suyu yerine sulama, temizlik ve bahçe sulaması gibi alanlarda kullanılması amaçlanmaktadır.

2.6.2 Biyolojik Su Tutma Göletleri

Biyolojik su tutma göletleri, geniş kentsel alanlardan hasat edilen yağmur suyunun bir sonraki yağışlı döneme kadar depolanmasını sağlayan geniş hazneler olarak tanımlanabilir. Bu sistemler, büyük miktarlarda suyun biriktirilmesiyle birlikte, suyun doğal bir şekilde temizlenmesine de olanak tanır. Bu göletler, sadece su yönetimi açısından değil, aynı zamanda kentsel estetik, toplum sağlığı ve biyoçeşitlilik açısından da önemli işlevler üstlenmektedir.

Su tutma göletleri, özellikle yüzey akışına geçen kirli yağmur sularını yönetme ve filtreleme amacıyla kullanılır. Yağmur suları bu göletlere yönlendirildiğinde, suyun içinde bulunan kirleticiler çöker, ayrışır ve bitkilerle diğer doğal unsurlar tarafından filtrelenir. Bu süreç, suyun kalitesinin iyileştirilmesinin yanı sıra, biyolojik çeşitliliği destekleyen bir habitat oluşturarak, kara ve su canlılarına yaşam alanı sağlar. Genellikle sık yağış olaylarından kaynaklanan yüzey akışını yönetmek ve suyun kalitesini artırmak için tercih edilen biyolojik su tutma göletleri, kentlerde sürdürülebilir su yönetiminin önemli unsurlarından biridir (Tunçay, 2021).



Şekil 2.4 Yağmur Suyu Sistemleri Biyolojik Gölet Örneği (Yağmur Suyu Sistemleri Türleri / Platin Göletler ve Göl Yönetimi Greenville SC | Charlotte, Kuzey Carolina | Asheville, Kuzey Carolina)

2.6.3 Biyolojik Hendekler

Biyolojik hendekler, yüzeysel su akışını iletmek, filtrelemek ve azaltmak amacıyla tasarlanmış, sığ, düz tabanlı ve bitki örtüsüyle kaplanmış açık kanallardır. Bu hendekler, doğal peyzajı iyileştirirken, biyolojik çeşitliliği artıran ve estetik çevreler oluşturan önemli unsurlar arasında yer alır. Ayrıca, suyun doğal yollarla yönetilmesi için doğa tabanlı çözümler sunar.

Biyolojik hendekler, genellikle yüzey akışını yönlendirmek için patikalar, otoparklar veya açık alanlar gibi alanlarda kullanılır. Bu yapılar, farklı yönlerden gelen su akışlarını toplamanın uygun olduğu bölgelerde, özellikle sel riski bulunan alanları korumak amacıyla tasarlanır. Aynı zamanda, erişim koridorları ve açık alanların tasarımında, yüzey akışını doğa ile uyumlu bir şekilde taşıma işlevi görür.



Şekil 2.5 Yağmur Hendeği Genel Görünüşü (Ünal, U., Akyüz, D.E, 2017)

Doğa tabanlı su yönetim çözümlerinde üç ana tür hendek bulunmaktadır: İletim/zayıflatma hendeği, kuru hendek ve ıslak hendek. Her biri farklı su yönetimi işlevlerini yerine getirecek şekilde tasarlanmıştır.

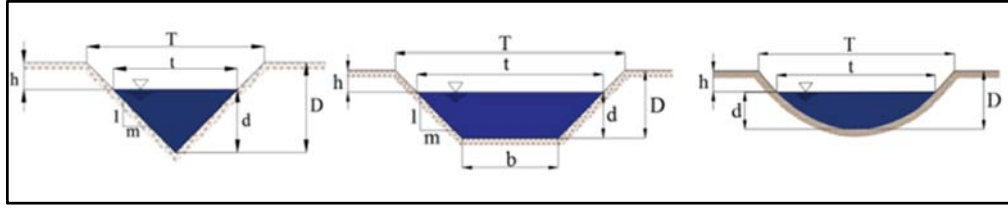
İletim ve zayıflatma hendekleri, genellikle sıg bitkilendirilmiş kanallardır ve etraftan gelen drenaj sularını toplamak amacıyla kullanılır. Bu hendekler, suyun yönlendirilmesi ve zayıflatılması işlemlerinde önemli bir rol oynar.

Kuru hendekler, alttan giden bir drenaj katmanının üzerine yerleştirilmiş toprak veya kumdan yapılmış bir filtre ünitesine sahip olup, üst kısmı bitkilerle kaplanmıştır. Bu hendeklerin alt kısmındaki drenaj katmanı, ek arıtma ve suyun taşınması kapasitesini artırarak, su birikmesini engeller. Yer altı su seviyesinin yüksek olduğu yerlerde ise, şişmeyi önlemek amacıyla tabana su geçirmeyen bir membran yerleştirilebilir.

Islak hendekler, toprak drenajının kötü olduğu ve arazinin çok düz olduğu bölgelerde, iletim hendeği gibi tasarlanır, ancak alt kısmının bu sürekli sulu koşullara uyum sağlayacak şekilde düzenlenmesi gerekmektedir. Bu hendekler, suyun doğal bir şekilde yönetilmesini sağlamak için tasarlanmış ve özellikle suyun kalitesinin iyileştirilmesinde etkili bir çözüm olarak kullanılır (Tunçay, 2021).

Yağmur hendeği tasarımında, çeşitli faktörler hendeğin performansını doğrudan etkilemektedir. Bu faktörler arasında hendeğin şekli, boyuna ve enine eğimi (şev), bitki dokusunun sıklığı ve yüksekliği ile hendeklerin toplam uzunluğuve altındaki zeminin geçirimsizliği önemli rol oynamaktadır. Ayrıca, Hendek yapısında biriktirilen su miktarı, suyun derinliği, kontrol amaçlı inşa edilen barajların adedi ve boyutları, suyun sistemde tutulma süresi ile hendek yapısının karşı karşıya kaldığı taşkın olaylarının karakteristikleri de performans üzerinde belirleyici etkiler yaratmaktadır.

Bu faktörler, yağmur hendeğinin suyun yönetilmesi ve kalitesinin iyileştirilmesi sürecindeki etkinliğini doğrudan etkiler. Hendeğin tasarımı ve bu parametrelerin optimize edilmesi, sürdürülebilir su yönetimi çözümlerinde önemli bir rol oynamaktadır (ARC, 1992; CASQA, 2003).



Üçgen

Trapez

Parabolik

Şekil 2.6 Biyolojik Hendek Kesitleri. (Ünal, U. ve Akyüz, D. E.2017).

2.6.4 Yağmur Bahçeleri

Yağmur bahçeleri, binalardan, kaldırımlardan ve yollardan gelen aşırı su akışını azaltmak amacıyla bitkilendirilmiş çöküntülü toprak alanlarıdır (Burge ve diğ., 2012; Dunnet ve Yuan, 2018). Bu alanlar, yağmur suyunun yerel olarak emilmesini sağlayarak, yüzey akışını azaltır ve suyun doğal yollarla filtrasyonuna yardımcı olur. Yağmur bahçelerinin büyüklüğü, yağmur miktarı, toprak türü, derinliği ve mevcut bütçe gibi faktörlere bağlı olarak belirlenir.

Alan büyüdükçe, daha fazla bitki barındırma imkanı doğar ve bu da biyolojik çeşitliliğin artırılmasına katkı sağlar. Böylece, yalnızca su yönetimi değil, aynı zamanda ekosistem hizmetleri de güçlendirilmiş olur. Yağmur bahçeleri, sürdürülebilir kentsel drenaj ve çevresel iyileştirmeye yönelik önemli bir uygulamadır.

$$A = \frac{V \times L}{k(H+L)t}$$

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 geçmesi için gerekli süreyi göstermektedir.

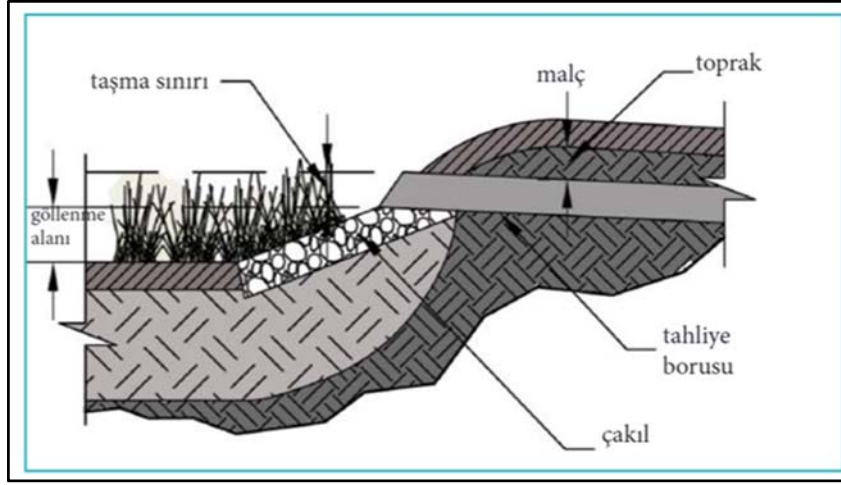
Formülde kullanılacak katsayılar toprak türü ve yağmur bahçesinin derinliğine göre belirlenmektedir (Tunçay, 2021)

Strom ve Nathan (2003), yağmur bahçelerinin, toprak drenajı iyi olan veya drenaj özelliklerinin iyileştirilmesi mümkün olan alanlarda, zeminin düşük kotta olduğu ve kısmen güneş alan bölgelerde tesis edilmesi gerektiğini vurgulamaktadır. Bu alanlar, bina temeli ve kanalizasyon sistemlerinden uzak olmalı, böylece suyun doğru bir şekilde yönetilmesi sağlanmalıdır (Özeren Alkan, 2019).

Müftüoğlu ve Perçin (2015), yağmur bahçelerinde doğal olarak yetişen bitki türlerinin kullanımının tercih edildiğini belirtmektedir (Diren, 2012). Bu bitkiler, ekosistemi daha verimli hale getirirken, aynı zamanda yağmur bahçelerinin estetik değerini de artırmaktadır. Strom ve Nathan (1993) ise, yağmur bahçelerinin tasarımında, zaman zaman meydana gelmesi muhtemel su baskınlarını tolere edebilecek bitki türlerinin kullanılmasının önemine dikkat çekmektedir. Yağmur bahçeleri, genellikle yüzey akış kaynağına yakın bir şekilde konumlandırılmaktadır (Özeren Alkan, 2019).

Yağmur bahçeleri, göletler veya sulak alanlardan farklı olarak, yağmur suyunu tutma kapasitesini genellikle 24-36 saat arasında sınırlamaktadır (Steiner ve Domm, 2012). Bu süre, suyun doğal yollarla emilmesi ve filtrelenmesi için yeterlidir.

Bir yağmur bahçesi, seçilen bitki örtüsü, taşma çukuru, serbest drenajlı filtre ortamı, drenaj katmanı, delikli alt drenajlar ve yağmur suyu şebekesine çıkış bağlantısı gibi bir dizi katmandan oluşmaktadır (Pochodyła, 2021; Bak ve Barjenbruch, 2022). Bu katmanlar, suyun etkin bir şekilde yönetilmesi, depolanması ve filtrasyonu için birbirini tamamlayan unsurlar oluşturur. Bu katmanlarla birlikte yağmur suları yağmur bahçelerinde toplanmakta ve yağışların meydana geldiği yerde onları yönetmektedir (Bak ve Barjenbruch, 2022)



Şekil 2.7 YağmurBahçesine Toplanan Fazla Suyun Tahliye Sistemi Kesiti
(Çevre veŞehircilik Bakanlığı Mekansal Planlama Genel Müdürlüğü Kentsel
Tasarım Dairesi Başkanlığı,2024)



Şekil 2.8 Yağmur Bahçesi (RainGarden) Uygulaması
Örneği.(<https://nacto.org/publication/urban-street-design-guide/street-design-elements/stormwater-management/bioswales/>)

2.6.5 Yeşil Çatılar

Çatı bahçeleri, binaların çatı yüzeylerine entegre edilen, bitkisel peyzaj unsurları veya sert zemin düzenlemeleri içeren katmanlı sistemlerdir. Bu sistemler, yapıların enerji verimliliğini artırmanın yanı sıra, yağmur suyunun doğrudan yüzey akışına geçişini azaltarak sürdürülebilir ve çevre dostu kentsel alanların oluşumuna katkı sağlamaktadır. Çatılar genel olarak yeşil ve mavi çatı sistemleri olarak iki ana gruba ayrılmaktadır. Yeşil çatılar ise yapılarına ve kullanım amaçlarına göre ekstensif ve entansif olmak üzere iki alt grupta değerlendirilmektedir (Tunçay, 2021).

Yeşil çatı sistemleri, farklı çatı eğimlerine uyarlanabilir yapıları sayesinde geniş bir uygulama alanına sahiptir. Eğim oranı düşük olan çatılar, yüzeyde daha fazla su tutabilme kapasitesine sahip olmakla birlikte, bu durum yapı üzerine binen potansiyel yükün artmasına da neden olmaktadır. Bu nedenle, çatının hidrolik performansı değerlendirilirken yalnızca maksimum yağış alan dönemler değil, aynı zamanda yıl boyunca yaşanabilecek kuraklık koşulları da göz önünde bulundurulmalıdır. Özellikle yaz mevsimi, yeşil çatının yağmur suyunu yüzey akışına geçirmeden maksimum düzeyde tutabildiği dönem olarak öne çıkmaktadır.

Çatı bahçelerinde sürdürülebilir ve sağlıklı bir bitkilendirme uygulaması için belirli koşulların sağlanması gerekmektedir. Bu koşullar aşağıdaki biçimde sıralanabilir (Zion, 1968):

- Uygun nitelik ve miktarda su temini,
- Etkili bir drenaj sistemi,
- Bitki gelişimini destekleyici yetiştirme ortamı,
- Belirli aralıklarla gerçekleştirilen besin takviyesi,
- Buharlaşmayı azaltmaya yönelik sprey uygulamaları.

Yeşil çatılar yalnızca estetik ve rekreasyonel amaçlarla değil, aynı zamanda gıda üretimi gibi işlevsel amaçlarla da kullanılabilir. Son yıllarda kent tarımı uygulamalarıyla birlikte öne çıkan permakültür yaklaşımı, bu alanların ekolojik ve ekonomik önemini artırmıştır. Permakültür tasarımı;

enerji tasarrufuna dayalı teknikleri temel alarak yapıların kendi enerjisini üretip koruyabileceği sürdürülebilir yaşam alanları oluşturmayı hedeflemektedir. Bu anlayış, çevresel etkileri minimize eden ve kaynak kullanımını optimize eden planlama ilkelerini benimsemektedir (Sözen ve Karadeniz, 1995).

2.6.6 Mavi Çatılar

Mavi çatılar suyu depolamak için oluşturulan, bu suyun aşamalı olarak salınması prensibiyle çalışan sistemlerdir. Yüzeyde havuz veya yüzey altında rezervuar gibi tasarlanan mavi çatılarda binanın su ihtiyacının karşılanması veya sulama için bu suyun kullanılması mümkündür.

Mavi çatılar çok sayıda drenaj ve filtreleme katmanıyla tasarlanmıştır ve yağmur yağdıkça, inşa edilen sistem suyun yerleşik drenaj sistemi aracılığıyla yavaşça akmasını sağlar. Suyun hareketini önemli ölçüde yavaşlatır ve deşarjını kontrol eder.

2.6.7 Geçirimli Yüzey Kaplamaları

Geçirimli yüzey kaplamaları, hem yaya hem de araç trafiğine uygun dayanıklı bir yüzey sağlarken, aynı zamanda yağmur suyunun yüzeyde birikmeden alt katmanlara geçmesine olanak tanıyan çevresel açıdan sürdürülebilir çözümler sunmaktadır. Bu tür yüzeyler, yağmur suyunu doğrudan zemine iletmeden önce yüzey altı katmanlarında kısa süreli olarak depolayarak, suyun kontrollü bir biçimde deşarj edilmesine veya infiltrasyon yoluyla toprağa karışmasına imkân verir.

Geçirgen yüzey kaplamaları temel olarak iki teknik yaklaşıma dayanmaktadır:

- Gözenekli kaplamalar: Bu sistemlerde yüzeyin tamamı su geçirgen özelliktedir. Yağmur suyu doğrudan kaplama malzemesi boyunca sızar. Bu gruba; güçlendirilmiş çim yüzeyler, çakıl yüzeyleri, reçine bağlı çakıllar, gözenekli beton ve gözenekli asfalt gibi yüzey malzemeleri dâhildir.

- Geçirgen derzli kaplamalar: Bu tür sistemlerde, kaplama yüzeyini oluşturan malzeme su geçirmez nitelikte olabilir; ancak malzemeler, aralarında suyun geçişine izin verecek boşluklar bırakılarak döşenir. Örneğin, standart beton blok döşemeler, bloklar arasındaki derzler sayesinde yağış suyunun alt tabakalara iletilmesine olanak tanıyacak şekilde özel olarak tasarlanır. Bu sayede hem yüzey akışı azaltılır hem de alt yapı sistemlerine binen yük hafifletilir.

Bu sistemler, geçirimsiz yüzeylerin hakim olduğu kentsel alanlarda yağış suyunun yönetimini iyileştirmeye yönelik sert peyzaj uygulamalarının önemli bir bileşeni olarak değerlendirilmektedir.



Şekil 2.9 Geçirimli Yüzey Örneği (<https://sincanpeyzaj.com/collections/tas-modelleri>)

2.7 KENT VE ESTETİK

"Estetik" kavramı, kökenini Eski Yunanca'da "algı" ya da "duyu" anlamına gelen *aisthesis* ve *aisthetikos* terimlerinden almaktadır. Bu kavram, bireyin duyu yoluyla "güzel" olana yönelik algısını, estetik deneyimi ve güzelliğin insan zihni ve duyguları üzerindeki etkisini konu edinmektedir.

Felsefi bir disiplin olarak estetik, güzelliğin doğasını ve güzel sanatların yapısını incelemeyi amaçlar. Antik Yunan düşüncesinde "güzellik", bir nesneye ya da varlığa ait bir nitelik olarak değerlendirilmiş; bu nitelik, çoğu zaman varlığın içsel düzeni ya da farklı unsurların bir araya gelerek oluşturduğu uyumlu bütünlük olarak tanımlanmıştır (Tunçer, 2021).

İnsanlık tarihi boyunca bireyler, yalnızca yapılar özelinde değil, aynı zamanda oluşturdukları fiziksel çevrede de estetik değerlere önem vermiştir. Bu doğrultuda, insanlar yaşadıkları çevreyi belirli bir düzene sokma çabası içinde olmuşlardır. Doğal ve kültürel bileşenlerin etkileşimiyle biçimlenen kentler, kendisini oluşturan öğelerden daha farklı ve bütüncül bir karakter taşımaktadır. Kentsel çevrelerin sadece biyolojik ihtiyaçlara yanıt veren işlevsel alanlar olması yeterli değildir; bu çevrelerin aynı zamanda psikolojik ve entelektüel ihtiyaçları da karşılayabilecek estetik niteliklere sahip olması gereklidir (Erdoğan, 2006).

Genel anlamda kentsel estetiği belirleyen iki temel fiziksel boyut söz konusudur. İlk boyut, doğal çevreye ait olan jeolojik ve topoğrafik özelliklerdir. Bunlar; iklimsel yapı, bitki örtüsü, su kaynakları, dağlık alanlar, yükselti farkları ve manzara açılarını içermektedir. İkinci boyut ise insan eliyle biçimlendirilmiş yapay çevredir. Bu çevre; yapı ölçeğinde kullanılan oran, simetri, renk, malzeme, form ve doku gibi mimari özelliklerin yanı sıra sokak, kaldırım, meydan, park, kent mobilyaları, heykel ve benzeri kamusal öğeleri kapsamaktadır (Erşen, 2014). Kentsel estetiğin sağlanabilmesi için, doğal ve yapay çevrenin birbiriyle bütünlük ve uyumlu bir biçimde tasarlanması önem arz etmektedir.

Kent mekânları; yaş, cinsiyet, kültürel köken ya da yerel-yabancı ayrımı gözetmeksizin tüm bireylerin kullanımına açık olan kamusal alanlardır. Kent, yapı gruplarından sokaklara, meydanlardan park alanlarına kadar, bireyin doğumdan ölüme kadar süren yaşamının mekânsal zeminini oluşturur. Bu mekânların fiziksel ve görsel kalitesi, bireyin psikolojik durumu üzerinde doğrudan etkiler yaratmakta; aynı zamanda sosyal, kültürel ve folklorik değerlerin mekâna yansımalarıyla şekillenmektedir (Tunçer, 2021).

Kamusal alanların etkin kullanımına yönelik değerlendirmelerde, konfor, nitelik ve estetik unsurlar temel parametreler olarak öne çıkmaktadır. Bu öğeler, kentsel tasarım süreçlerinde yalnızca fiziksel bir kalite göstergesi olmakla kalmaz, aynı zamanda sosyal etkileşimi teşvik eden ve toplumsal aidiyet hissini güçlendiren önemli bileşenlerdir. Bu bağlamda, kamusal alanların her yaştan ve kesimden kullanıcıya hitap etmesi, farklı etkinliklere olanak tanınması gereklidir. Kamusal dış mekânların niteliği arttıkça, kullanıcılar bu alanlarda daha fazla vakit geçirme eğilimi göstermekte; bu da bireyler arası etkileşim ve iletişimin gelişmesini sağlamaktadır (Erdönmez ve Akı, 2005).

Çevre psikolojisi disiplinde yapılan çalışmaların önemli bir kısmı, kentleşmenin bireylerin psikolojik sağlığı üzerindeki etkilerini incelemiştir (Parry-Jones, 1990). Ancak, birçok psikoloğun odak noktası genellikle ruh sağlığının bozulmuş halleri, yani psikiyatrik rahatsızlıklar olduğundan, başlangıçta doğal çevrelerin birey üzerindeki olumlu katkılarını ele alan araştırmalar sınırlı sayıda kalmıştır (Rohde ve Kendle, 1997). Buna rağmen, son dönemlerde bu alana yönelik ilgi artış göstermiş ve yapılan birçok çalışma, doğayla temasın insan sağlığı üzerindeki olumlu etkilerini açığa çıkarmayı amaçlamıştır.

Kent içindeki doğal alanların bireylerin zihinsel ve duygusal dengelerine katkılarını inceleyen kapsamlı bir literatür taramasında, bu etkiler beş ana başlık altında toplanmıştır (Rohde ve Kendle, 1994). Bu sınıflamaya göre, kentsel yeşil alanlar bireyler üzerinde şu açılardan olumlu etkiler yaratmaktadır: Duygusal olarak stresin azalması ve olumlu duyguların artması, bilişsel olarak zihinsel yorgunluğun hafiflemesi, gelişimsel açıdan –özellikle çocuklarda– bilişsel faaliyetlerin desteklenmesi, davranışsal olarak ise özgüveni artıran keşif ve macera davranışlarının teşvik edilmesi ve son olarak sosyal boyutta, toplumsal gruplar arası etkileşimi kolaylaştırarak sosyal ilişkileri güçlendirmesi.

2.8 DÜNYADA YAĞMUR SUYU YÖNETİMİ ÖRNEKLERİ

Günümüzde birçok gelişmiş şehir, iklim değişikliği ve artan nüfus baskısı karşısında, mevcut altyapı sistemlerini tamamlayıcı nitelikte yenilikçi yağmur suyu yönetimi stratejileri geliştirmektedir. Özellikle ani yağışlar sonucu oluşabilecek taşkın riskini azaltmak ve kurak dönemlerde kullanılmak üzere su kaynaklarını çeşitlendirmek amacıyla yağmur suyu hasadı uygulamaları yaygınlık kazanmaktadır. Bu bağlamda “Kentsel Yeşil Altyapı Sistemleri” olarak adlandırılan yaklaşımlar kapsamında; yağmur bahçeleri, tutma havzaları ve su depolama tankları gibi çeşitli doğa tabanlı çözümler entegre edilmekte, böylece hem yüzeysel akış kontrol altına alınmakta hem de çevresel sürdürülebilirlik sağlanmaktadır. Bu uygulamalar, yalnızca teknik fayda sağlamakla kalmamakta, aynı zamanda kentsel ekosistemin iyileştirilmesine ve estetik değerlerin artırılmasına da katkı sunmaktadır.

2.8.1 Kopenhag, Danimarka

2.8.1.1 Opera Park

Danimarka Kraliyet Operası'nın hemen yanında yer alan ve uzun yıllar çimenlik bir boş alan olarak kalan bölge, yakın dönemde önemli bir dönüşüm geçirmiştir. Konut projeleri için ayrılması planlanan bu alan, sürdürülebilir kentleşme hedefleri doğrultusunda doğal peyzajın ön planda olduğu bir kamusal park alanına dönüştürülmüştür. “Opera Parkı” adıyla 2023 yılının Ekim ayında tamamlanan bu yeşil alan, toplamda 21.500 metrekarelik bir peyzaj alanı ile 680 metrekarelik sera bölümünü içermektedir. Park, ekolojik çeşitliliği desteklemek amacıyla tasarlanmış altı farklı tematik orman bahçesini barındırmaktadır: Kuzey Amerika Ormanı, Danimarka Meşe Ormanı, Norveç Ormanı, Doğu Ormanı, İngiliz Ormanı ve Subtropikal Orman. Bu farklı biyomların bir araya geldiği yeşil alan, kentin merkezinde hem doğaya hem de halka açık bir nefes alanı olarak öne çıkmaktadır.



Şekil 2.10 Opera Parkı'ndan Genel Görünüm

(<https://www.operaparken.dk/en/about-the-opera-park/>)

Bahçelere ek olarak merkezde, kafesi ve yer altı otoparkına girişiyle bir sera bulunmaktadır. Sera, asılı çatıyla birlikte organik şekilli bir cam yapı olarak tasarlanmıştır.

Opera binasının çatısından kanalizasyonla toplanan su, seranın sulamasında kullanılmak üzere yeraltı su rezervlerine taşınmaktadır. Patikalar, geçirgen çakıl yüzeyler ile tasarlanmış ve fazla yağmur suyunun sızma ve buharlaşma için yağmur yataklarında toplandığı bir sistem uygulanmıştır. Park için seçilen malzemeler hem dayanıklı hem de tamamen geri dönüştürülebilir özellikte tercih edilmiştir. Ağaçlar ve bitkilerin yoğun olduğu bölgede; liman ve denizden gelen güçlü rüzgarlara karşı bir kalkan oluşturması, türbülansı engellemesi ve park kullanıcıları için konfor düzeyini artırması amacıyla malzeme seçimine önem verilmiş ve yükseltilmiş arazi, adayı yoğun yağışlar ve su düzeyinin artışı gibi durumlarda meydana gelebilecek sel ihtimaline karşı koruma sağlanmıştır.



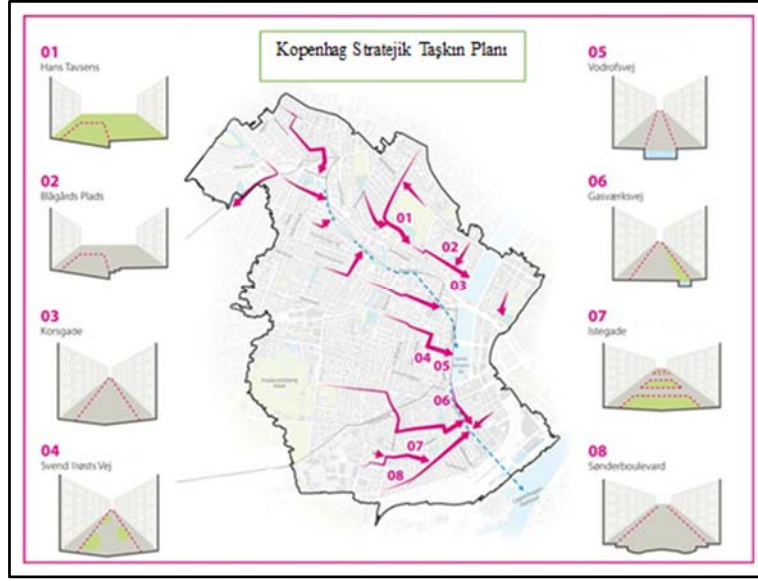
Şekil 2.11 Opera Park Alanının Eski Görüntüsü (COBE, 2025)

2.8.1.2 Kopenhag Stratejik Sel Ana Planı

Kopenhag şehrinde büyük taşkın olaylarının yaşanması nedeniyle ve 2025 yılına kadar şehirlerini sürdürülebilir, Karbon nötr bir şehre dönüştürme vizyonuyla Ramboll Stüdyosu toplam 34 km²'lik bir alanı kapsayan 8 merkezi şehir havzası (Nørrebro, Ladegårds-åen ve Vesterbro, Valby&Vanløse) için su yönetim planı oluşturmuştur.



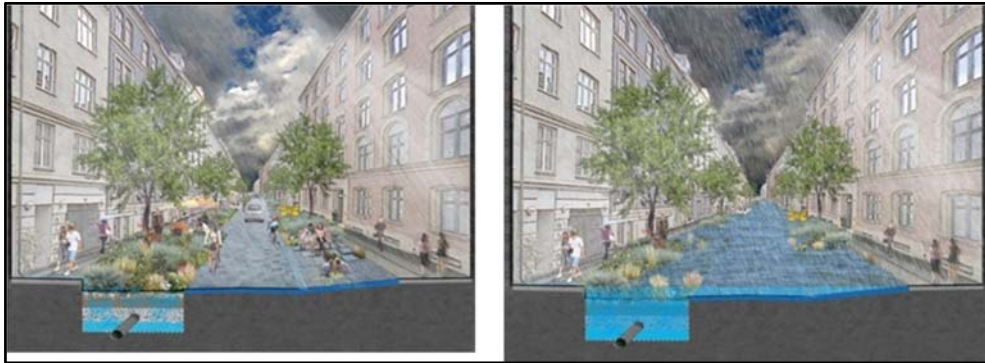
Şekil 2.12 2 Temmuz 2011'de Kopenhag'da Meydana Gelen Şiddetli Yağış Sonrası Oluşan Sel Görüntüsü (Henning Larsen, 2014)



Şekil 2.13 Kopenhag Stratejik Taşkın Planı

(<https://landezine.com/copenhagenstrategic-flood-masterplan-by-henning-larsen/>)

Strateji, kentsel çevreyle mümkün olan en büyük sinerjiyi yaratmayı hedeflerken, sel yönetimi ve su kalitesi gibi temel sorunları ele almaktadır. Mavi-yeşil altyapılar, mobilite, rekreasyon, sağlık ve biyolojik çeşitlilik gibi temel şehir hizmetlerini ele alarak uzun vadeli dayanıklılık ve ekonomik canlılık sağlamak amaçlanmıştır.

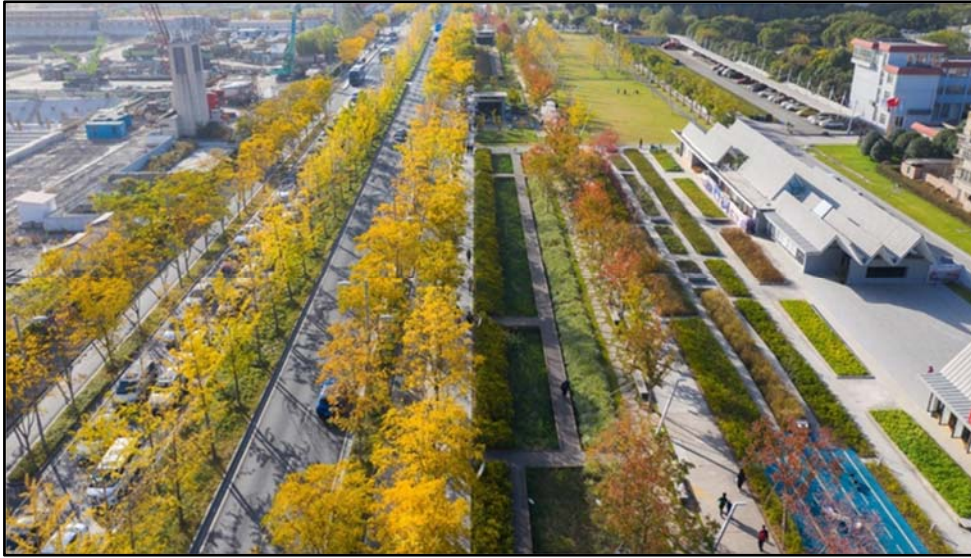


Şekil 2.14 Kopenhag Stratejik Sel Master Planı Kapsamında Geliştirilen Müdahale Önerilerinden Bir Örnek (Henning Larsen, 2014)

2.8.2 Şanghai, Çin

2.8.2.1 Xuhui Pist Parkı

Xuhui Pist Parkı, Şanghai'nin tarihine yeni bir hayat veren yenilikçikentsel canlandırma projesidir. Şehrin sanayi bölgesi olan Xuhui Nehir Kıyısı Bölgesi'nde bulunan 14,63 hektarlık (36,15 dönümlük) alan, 80 yıldan uzun süre faaliyet gösteren ve 1949'a kadar Şanghai'nin tek sivil havalimanı olan Longhua Havalimanı'nın pistidir. Havalimanı 2011 yılında kapatılmıştır. Projenin yapımı 2019 yılında tamamlanmıştır. Halka açık bir cadde ve yan yana lineer park olarak planlanan proje, yüzey akışının tutulması, toplanması ve arıtılması için birleştirir; aynı zamanda rekreasyon alanında toplanan ve arıtılan sudan faydalar sağlar.



Şekil 2.15 XuhuiRunway Park'tan Bir Görünüm (Sasaki, 2024)

Pist Park'taki yağmur bahçeleri, Yunjin Yolu'ndan gelen yağmur suyu akışını toplar ve arıtır. Yağmur suyu akışı yoldan parktaki doğrusal yağmur bahçelerine yönlendirilir. Su bahçelerden geçerken katılar ve kirleticiler filtrelenir. Filtrelenen su daha sonra daha sonraki sulama kullanımı için depolama tanklarına aktarılır. Tanktan gelen fazla su filtrelenmiş su olarak

Huangpu Nehri'ne akar.Alanları harekete geçirmeye yardımcı olmak için Pist Çeşmesi, Silver Wings Çeşmesi ve Çocuklar İçin Etkileşimli Çeşme parkın her yerine dağıtılmıştır. Bu çeşmelerdeki su temini tamamen sahadaki artılmış yağmur suyundan gelmektedir.



Şekil 2.16 Sokak Kenarı Yağmur Bahçeleri

(<https://www.sasaki.com/projects/xuhui-runway-park/>)

Tüm park evrensel olarak erişilebilirdir ve her türlü yetenek seviyesindeki insanlara eşit fırsatlar sunar. Yakınlardaki sakinler, ofis çalışanları ve okul öğrencileri için yıl boyunca açık hava yaşam tarzı noktası haline gelmiştir.

Parktan ve Yunjin Yolu'ndan gelen yağmur suyu, sahanın kuzey kısmındaki 5.760 metrekarelik (1,42 dönüm) yağmur bahçesi ve güneydeki 8.107 metrekarelik (2 dönüm) inşa edilmiş sulak alan aracılığıyla cadde boyunca yönetilmektedir. Yol kenarı yağmur bahçesi sistemi, Şanghai şehrinde inşa edilen türünün ilk örneğidir. Artılmış akışın bir kısmı, gerektiğinde park işletmesi ve bakımı için 39,4 metreküplük (10.408 galon) yeraltı sarnıcında toplanarak 19.700 metrekarelik (4,87 dönüm) ekili alanı sulamak veya parktaki Pist Çeşmesi'ne tam su temini sağlamak için yeterli olmaktadır.



Şekil 2.17 Xuhui Pist Parkı Proje Alanı

(<https://www.sasaki.com/zh/voices/zhang-speaks-on-usgbc-sustainable-planning-panel/>)

2.8.3 Singapur

2.8.3.1 KhooTeckPuat Hastanesi

KhooTeckPuat Hastanesi (KTPH), Haziran 2010'da Singapur'daki Yishun'da 3,4 hektarlık bir alanda açılan 590 yataklı, çok sayıda ödül kazanmış genel ve akut bakım hastanesidir. Biyofilik tasarım anlayışı ile tasarlanan hastane, yatay ve dikey yeşilliklerin toplam yüzey alanı, hastanenin bulunduğu arazinin yaklaşık 4 katıdır. Yoğun bir kentsel ortamda bulunan hastane bu yönüyle önem kazanmaktadır. Sürdürülebilir konseptin KTPH bahçelerinde uygulanması üç ilkedен türetilmiştir: Birincisi, bahçeleri pratik ve kendi kendine yetebilen yollarla kurmak; ikincisi, doğayı ve insanları düşünerek bahçeler yaratmak; üçüncüsü, enerji ve kaynak açısından verimli ve çevre dostu peyzaj özellikleri uygulamaktır.



Şekil 2.18 KhooTeckPuat Hastanesi'nin Yeşil Çatı Uygulamasından Bir Görünüm (Greenroofs.com, 2024)

KTPH, hastaların ve personelin sürekli olarak farklı açılardan bahçe manzaralarıyla tedavi edilmesini ve sakinleştiren ve canlandıran sakinleştirici bir ortam sağlamak için her katta peyzaj ayak izlerine sahiptir. Her çatı bahçesi, onları ilgi çekici ve eğitici tutmak için ilginç temalarda tasarlanmıştır. Yetiştirilen bazı meyve, sebze ve baharatlar hastane mutfağında kullanılmaktadır. Teras bahçeleri hastalar, hasta yakınları ve halka açık bir alan olması ile birçok kişiye hizmet etmektedir. Yerel iklime uyum sağlamak için, tropikal (Güneydoğu Asya) bitkiler kullanılmıştır. Bitişikte Yishun Göleti'nden gelen su, hastanenin sulama sistemine yönlendirilir ve peyzaj ihtiyaçları için artırılır. Su israfını önlemek için yağmur sensörleri kurulur.



Şekil 2.19 KhooTeckPuat Hastanesi'nin Sürdürülebilir Yeşil Çatı Tasarımı.
(Greenroofs.com, 2024)

2.8.4 Kaliforniya

2.8.4.1 Burlingame-Donnelly Caddesi Yağmur Bahçeleri

San Mateo İlçe Çapında Su Kirliliğini Önleme Programı kapsamında yerel fonlama girişimleri aracılığıyla yeşil altyapı ve sürdürülebilir sokakların oluşturulması amaçlanmıştır. Otoparkta ve cadde boyunca uzanan yeşil alanlar, toprak ve bitkiler aracılığıyla akan yağmur suyunun doğal olarak tutulması ve filtrelenmesi yoluyla yağmur suyunun arıtılmasına yardımcı olmaktadır.



Şekil 2.20 Donnelly Avenue'de Yer Alan Yağmur Bahçesi Uygulaması
(<https://flowstobay.org/data-resources/plans/sustainable-streets-master-plan/burlingame-donnelly-avenue-rain-garden/>)

Kayalar, su akışını havzaya girerken yavaşlatarak akıntıyı ve erozyonu önlemektedir. Yağmur suyunun toprağa emilmesini, kirleticilerin uzaklaştırılmasını ve yeraltı suyu kaynağının yenilenmesini sağlar.

BÖLÜM 3

3. MALZEME VE YÖNTEM

Bu bölümde çalışma alanı olarak belirlenen Kadıköy ilçesi hakkında genel bilgiler verilmekte ve çalışma yönteminin detayları sunulmaktadır.

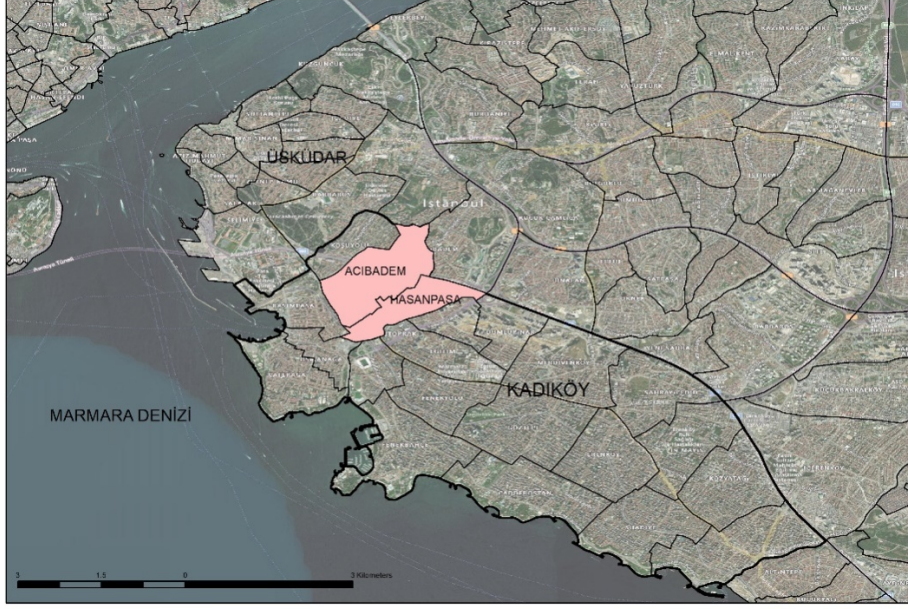
3.1 MALZEME

Çalışma alanı olarak İstanbul ilinde yer alan Kadıköy ilçesinin Acıbadem ve Haydarpaşa mahalleleri seçilmiştir. Kadıköy, günümüzde İstanbul'un öne çıkan ilçelerinden biri olarak, hem nüfus yoğunluğu hem de ekonomik etkinlikler ve kentsel yerleşim açısından stratejik bir konuma sahiptir. İlçedeki Fenerbahçe Parkı, Göztepe Parkı ve Özgürlük Parkı gibi alanlar ile sahil boyunca uzanan yeşil kuşak, Kadıköy'ün başlıca aktif yeşil alanlarını oluşturmaktadır. Ayrıca, Haydarpaşa'dan başlayarak Bostancı'ya kadar uzanan yaklaşık 21 kilometrelik sahil hattı, ilçeye önemli bir kıyı uzunluğu kazandırmaktadır. Geçirimsiz yüzeylerin sürekli olarak artması suyun kontrolünü zorlaştırmaktadır. Çalışma alanı olarak Kadıköy, Acıbadem ve Hasanpaşa mahallesi önemli yerleşim merkezleri olması nedeniyle seçilmiştir.

3.1.1 Araştırma Alanının Biyofiziksel Özellikleri

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. Çalışma alanı Kadıköy İstanbul'un bir ilçesidir. İlçe Koordinatları 40°59'36.2" ,29°02'14.5" D Rakım: 120 m'dir. Yüzölçümü, **25,20** km²'dir. Kadıköy İstanbul'un Anadolu yakasında bulunmaktadır. Acıbadem ve Hasanpaşa mahalleleri toplam 2,26km²'dir. Kadıköy, altı farklı tepe üzerinde konumlanmıştır. Doğudan batıya doğru sıralandığında bu tepeler; Göztepe,

Fikirtepe, Acıbadem, Altıyol, Cevizlik (diğer adıyla Küçük Moda) ve Koşuyolu olarak adlandırılır (Kadıköy Belediyesi, 2024).



Şekil 3.1 Kadıköy İlçesi- Acıbadem Ve Hasanpaşa Konumu. (Başak Abravanel, 2025)

3.1.2 Jeomorfoloji ve Jeolojik Yapı

Kadıköy'ün doğal ortam özellikleri; çalışma sahası hemen hemen bütünü ile İstanbul'un Paleozoik, Birinci Zaman ve Senozoik, kayaçlarından oluşmaktadır.

Trakya Formasyonu (Ct): Genellikle kumtaşı, miltası, şeyil ve zaman zaman çakıltaşından oluşan kırıntılı kayaçların ardışık tabakalarından meydana gelir. Alt bölümlerinde kalınlığı değişken kireçtaşı ara katmanları ve mercek biçimindeki oluşumlar bulunur. Anadolu yakasında, özellikle Kadıköy, Harem ve Üsküdar bölgeleri arasında yaygın şekilde görülmektedir.

Tuzla Kireçtaşı Üyesi (DCdt): Başlıca, mikritik kireçtaşı-killi kireçtaşından oluşur; çoğunlukla, 5-10cm'yi geçmeyen kalınlıkta ve değişen oranda kiltası, şeyil arakatlıdır. Denizli Köyü Formasyonu'nun en altta yer

alan birimini oluşturan Tuzla Kireçtaşı Üyesi, Yürükali Üyesi tarafından uyumlu olarak üstlenir.

Pendik Formasyonu (Dp): Pendik Formasyonunun büyük kısmı, mika pullu, kil-mil boyu ince kırıntılı kayaçlardan oluşur; belirli düzeylerinde özellikle üst kesimlerinde kireçtaşı arakatlıdır. Bol makrofosil kapsamıyla ayırtman olan ve bu özelliği ile sahada kolay izlenebilen formasyon, İstanbul'un Anadolu yakasında geniş alanlar kaplar.

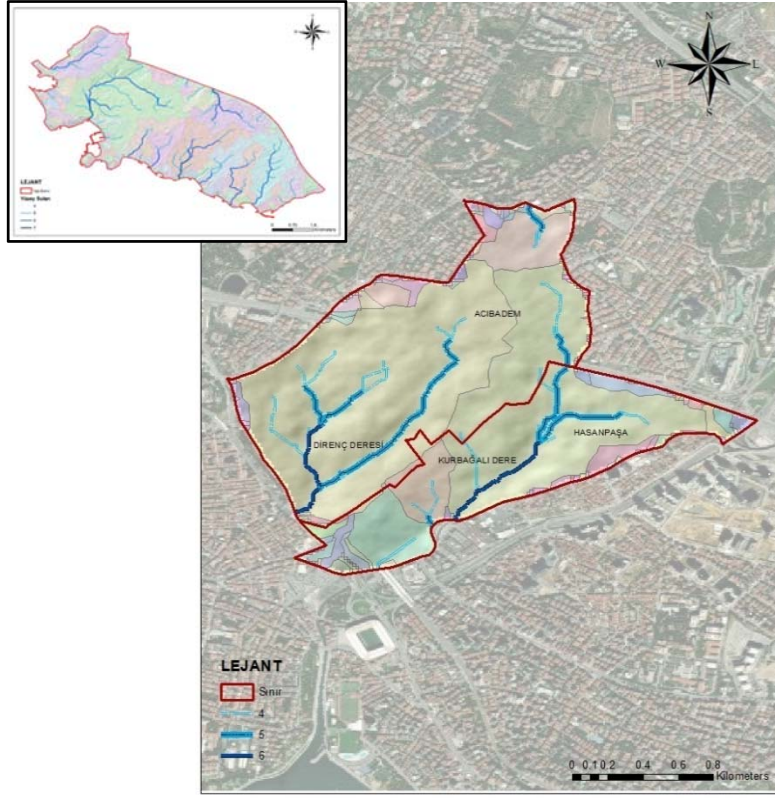
Pelitli Formasyonu (SDp): Pelitli Formasyonu ağırlıklı olarak kireçtaşından oluşur; değişik düzeylerinde değişen oranda kil ara katlıdır. Resif ve sığ deniz kireçtaşlarıyla başlar, üst kesiminde yumrulu kireçtaşlarıyla son bulur.

Sultanbeyli Formasyonu (Ts): İstanbul ilinin özellikle doğu-güneydoğu kesimlerinde geniş alanlar kaplayan Sultanbeyli Formasyonu, tutturulmamış, yer yer bloklu, kum, çakıl, mil boyu gereçten oluşur.

3.1.3 Hidrolojik Yapı

Kadıköy İlçesi'nde, Haydarpaşa ve Kalamış koyuları ile Moda ve Fenerbahçe burunlarının yer aldığı bir kıyı çizgisi yer almaktadır. Fenerbahçe Burnu ile Bostancı arasında sahil şeridi fazla girintili çıkıntılı olmayan oldukça düz bir çizgiye sahiptir. Sahil şeridinde yapılan dolgularla doğal özelliğini önemli ölçüde yitirmiştir.

Kadıköy alt havzaları ve yüzey suları haritalanmıştır. Yüzey suları 7 kademeye kadar dallanmaktadır. Kadıköy'ün başlıca akarsuları Kuşdili Deresi (Kurbağalıdere), Çamaşırcı Deresi (Bostancı Deresi), Turşucu Deresi ve Seyit Ahmet Deresi'dir.

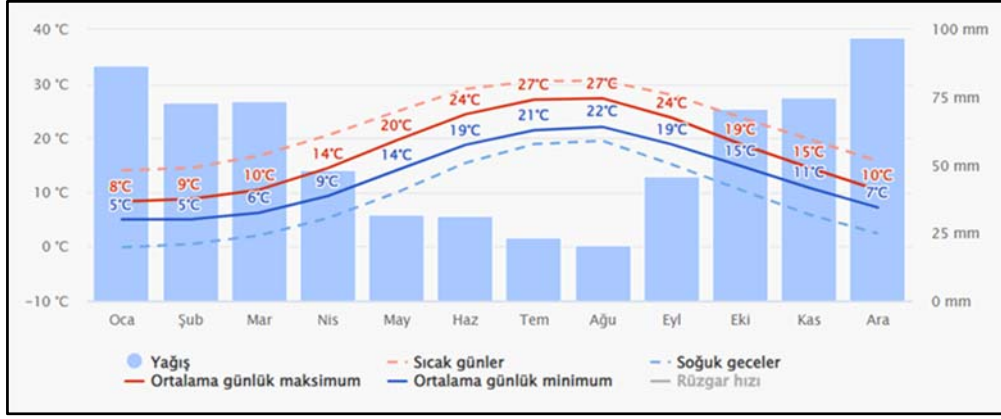


Şekil 3.2Kadıköy-Acıbadem ve Hasanpaşa Mahalleleri Hidroloji Haritası
(Başak Abravanel, 2025)

3.1.4 İklim Özellikleri

Kadıköy’de yaz ayları genellikle sıcak ve yağış bakımından fakir, kış ayları ise ılıman ve yağışlıdır. Bölgenin iklimi, Marmara Denizi’nin etkisi altında şekillenmektedir. Denizden uzaklaştıkça denizin iklim üzerindeki etkisi giderek azalır. Ortalama sıcaklıklar en soğuk aylarda yaklaşık +3 °C, en sıcak dönemlerde ise +23 °C civarındadır.

Yıllık yağış miktarı ortalama 800 milimetreye ulaşır. Kaydedilen en yüksek sıcaklık 41 °C iken, en düşük değer -9 °C olarak ölçülmüştür. Yıllık ortalama sıcaklık ise 14 °C’dir. İstanbul’un diğer kıyı ilçelerinde olduğu gibi, Kadıköy’de de kıyıya yakınlığın yanı sıra arazi yapısının açık olması, sıcaklıkve nemde belirgin değişimlerin hissedilmesine neden olmaktadır (Kadıköy Kaymakamlığı Web Sitesi).



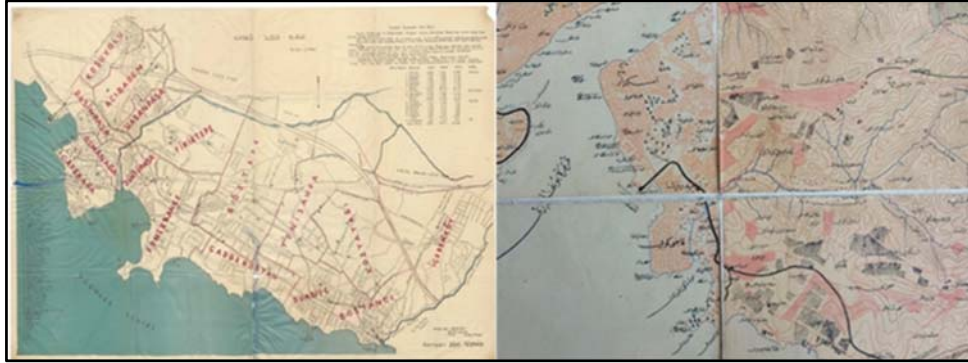
Şekil 3.3 Kadıköy Sıcaklık Grafiği. Simüle Edilmiş Geçmiş İklim ve Hava Durumu Verileri (Simüle edilmiş geçmiş iklim ve hava durumu verileri Kadıköy -meteoblue)

Tablo 3.1 Yıllık Ortalama Yağış Verileri (Climate-Data.org, 2024)

Ay	Aylık Ortalama Yağış (mm)
Ocak	57,0
Şubat	49,2
Mart	51,3
Nisan	42,5
Mayıs	36,7
Haziran	31,4
Temmuz	15,1
Ağustos	16,6
Eylül	34,0
Ekim	62,3
Kasım	81,7
Aralık	71,2
Yıllık Toplam	728,0 mm

3.1.5 Araştırma Alanının Sosyo-Kültürel ve Sosyo-Ekonomik YapısıTarihsel Gelişim

Kadıköy, tarihsel kökenleri oldukça eskiye dayanan bir yerleşim alanıdır. Arkeolojik ve yazılı kaynaklara göre, bölgedeki ilk yerleşim izleri M.Ö. 7. yüzyıla kadar uzanmakta, ticaret odaklı kolonilerin özellikle Fenikeliler döneminde Fikirtepe civarında geliştiği görülmektedir. Harhadon ismiyle anılan bu ilk koloninin ardından, Moda Burnu ile Yoğurtçu arasında Halkedon olarak bilinen başka bir yerleşim alanı da kurulmuştur. Bu bölge, Apollon Tapınağı gibi yapılar sayesinde dönemin dini ve kültürel merkezlerinden biri haline gelmiştir. Haydarpaşa Çayırı'nın, o yıllarda eğlence ve spor amaçlı kullanıldığı, örneğin at yarışlarına ev sahipliği yaptığı bilinmektedir. İlginç biçimde, M.Ö. 658 yılında Byzantion şehrinin temellerini atan topluluğun, Kadıköy'ün stratejik konumunu yeterince takdir etmemeleri nedeniyle bu bölge için “Körler Diyarı” ifadesini kullandıkları, tarihçiler tarafından sıkça aktarılmıştır. Bu ifade, dönemin algılarını ve karşılaştırmalı şehir tercihlerini yansıtmaları bakımından dikkat çekicidir.



Şekil 3.4 Kadıköy İlçesine Ait Arşiv Haritaları

(<https://sehirplanlama.ibb.istanbul/kadikoy-arsivi-haritalar/>)

İstanbul'un fethi sonrasında Halkedon olarak bilinen bölgenin, Fatih Sultan Mehmet tarafından dönemin kadısı Celalzade Hızır Bey'e tahsis edildiği ve bu nedenle zamanla “Kadıköy” adını aldığı rivayet edilir. 18. yüzyılda

özellikle Lale Devri döneminde bölge, halkın tercih ettiği mesire alanlarıyla öne çıkmıştır. Haydarpaşa'dan Uzun Çayır'a kadar uzanan bu alanlar, Kadıköy'ün kent yaşamı içindeki önemini artırmıştır. Bu yüzyılda demografik yapıda da değişiklikler görülmüş, bölgeye Ermeni nüfusun da katılımıyla kültürel çeşitlilik artmıştır.

19.yüzyıl ise Kadıköy'ün kurumsal ve fiziksel dönüşüm sürecinin belirginleştiği bir dönemdir. Selimiye Kışlası ve Haydarpaşa Askerî Hastanesi gibi yapılar, bölgeyi askeri ve sağlık açısından stratejik hale getirmiştir. Aynı zamanda vapur taşımacılığının başlaması ve Haydarpaşa-İzmit demiryolunun açılması, Kadıköy'ü İstanbul'un diğer noktalarıyla entegre eden önemli adımlar olmuştur.

Yüzyılın sonlarına doğru ise, Moda ve çevresinde yerleşen Levanten ve gayrimüslim grupların yanı sıra, Göztepe ve Erenköy gibi bölgelerde yüksek rütbeli devlet adamlarının konutlar inşa ettirmesi dikkat çekmektedir. Fenerbahçe ise bu dönemde varlıklı ailelerin yazlık konutlar yaptırdığı bir sahil yerleşimi hâline gelmiştir.

Cumhuriyet öncesinde Kadıköy, çokkültürlü yapısı ve gelişmiş sosyal yaşamıyla İstanbul'un önde gelen yerleşim alanlarından biri olarak görülmekteydi. 1869'da Üsküdar Sancağı'na bağlanan Kadıköy, 1 Eylül 1930'da ilçe statüsüne kavuşarak modern idari yapıya dahil olmuştur. Bu dönemde Kızıltoprak ve Erenköy bucaklarıyla birlikte şekillenmiştir.

1980'li yıllar, Kadıköy kıyı şeridinde ve merkezinde önemli fiziksel müdahalelerin gerçekleştiği bir dönemi temsil etmektedir. Bu süreçte Haydarpaşa ve Fenerbahçe arasında gerçekleştirilen dolgu projeleri sayesinde, hem sahil boyunca yürüyüş alanları genişletilmiş hem de ulaşımaya yönelik düzenlemeler yapılmıştır. Özellikle Haydarpaşa Koyu'nun doldurulması ve Kalamış-Fenerbahçe yat limanlarının inşası, kentsel mekâna yeni işlevler kazandırmıştır. 1990'ların başında İskele-Mühürdar hattında sürdürülen çalışmalarla Kadıköy Meydanı'nın boyutu artırılmış ve kamusal yeşil alanlar ön plana çıkarılmıştır. Toplamda yaklaşık 900.000 metrekarelik yeni alan kazanımı, bu bölgeyi İstanbul'un dikkat çeken kentsel dönüşüm örneklerinden

biri haline getirmiştir. Aynı zamanda meydan ve çevresinde taşıt trafiğine kapatılan alanlar sayesinde, yaya öncelikli bir ulaşım yaklaşımı benimsenmiştir.

3.2 YÖNTEM

Yapılan çalışmada yağmur suyu yönetimi uygulamalarının hayata geçirilmesi için çalışma alanında akışa geçen su miktarı hesaplanmıştır. Akışa geçen su miktarının hesaplanması için rasyonel yöntem, cook yöntemi, hidrograf yöntemi, grafik yöntem ve benzeri yöntemler bulunmaktadır. Bu tez kapsamında Yüzeysel Akış Hesaplama Yöntemlerinden Rasyonel Yöntem kullanılmıştır. Rasyonel yöntem, yağış havzası küçük olan alanlarda kullanılır.

Tablo 3.2 Drenaj alanı büyüklüğüne göre birim hidrograf yöntemi seçimi. (DSİ Yayınları, 2010)

Drenaj Alanı (km ²)	Tasarım Metodu	Toplanma ve Yükselme Zamanı
<1	Rasyonel Metod	Yok
1-10	Mockus	Tc< 30sa
10-1000	DSİ-Senteik (SCS) Metodu	Tp> 2 sa
>1000	Snydr Metodu	Yok

3.2.1 Rasyonel Yöntem

Yüzey akış miktarı hesaplamasında birçok yöntem kullanılabilmesine karşın günümüzde ölçek uygunluğu ve kullanım kolaylığı gibi nedenlerle en çok Rasyonel Yöntem tercih edilmektedir (Soydan, 2013). Rasyonel yöntem ile debi hesabı aşağıdaki sıralamaya göre yapılmaktadır:

- Havza sınırlarının bulunarak havza alanı büyüklüğünün ve havza eğiminin ölçülmesi,
- Havzadaki geçirimsiz yüzey oranlarının belirlenmesi,
- Yüzey akış katsayılarının bulunması,
- En yüksek yüzey akış miktarlarının (debinin) tespit edilmesi.

Hesaplamanın detaylarında yağış tekerrür, Yağış Alan Dağılım Katsayısı (YADK), yağış şiddeti, havza alanı (A), debi (Q), havza eğimi (S), toplanma zamanı (Tc), birim hidrograf süresi (Tb), yükselme zamanı (Tp), püliviyograf (PLV) katsayısı, bulunmalıdır. Bu faktörlerin nasıl hesaplanacağı çalışmanın alt başlıklarında anlatılmıştır.

Rasyonel Yöntem, özellikle geçirimsiz yüzeylerin oranının yüksek olduğu bölgelerde ve yağış süresinin havzanın akış süresine eşit ya da daha uzun olduğu küçük ölçekli havzalarda (0.5–5 km²) etkili sonuçlar sunmaktadır (Onluşel, t.y.). Bu çalışmadaki alanın büyüklüğü programı kullanılarak m² olarak ölçülmüştür. Buna bağlı olarak hidrolojik hesaplamalarda Rasyonel Yöntem kullanımı uygun bulunmuştur.

Debinin bulunmasında aşağıdaki formül kullanılmaktadır;

- **$Q = C.i.A$**

Denklem, küçük bir alandan en yüksek akış hızının (debinin), arazi kullanımı, toprak ve eğim dahil olmak üzere drenaj alanının özelliklerine bağlı bir katsayı ile çarpılan yağış yoğunluğuna eşit olduğu teorisine dayanmaktadır (Strom ve diğ, 2013). Yani, yukarıdaki bağıntıda; havza alanı A olan bir bölgeye, i şiddetinde düşen yağış sonucunda oluşabilecek maksimum debi Q ile gösterilmektedir. C ise zeminin geçirimsizliğine bağlı sızma ve kayıpları ifade eden akış katsayısıdır.

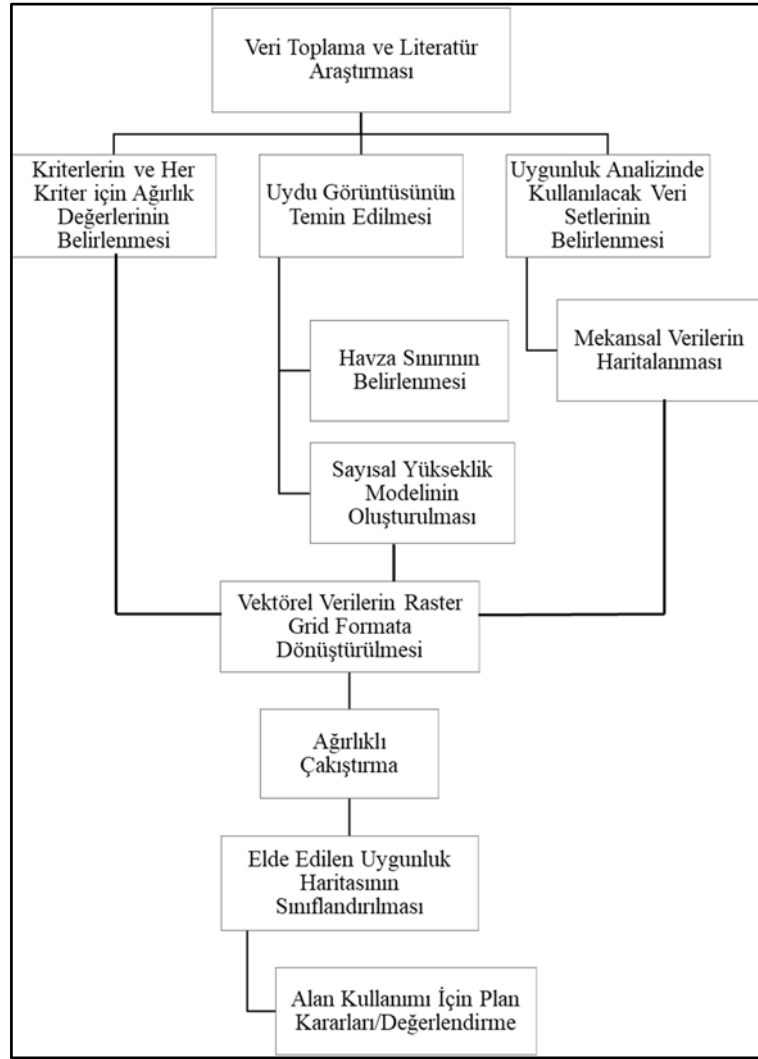
- Q= En yüksek akış oranı, saniyede metreküp (m³/s)
- C= Boyutsuz katsayı (0 ve 1 arasında).
- i=Yağış yoğunluğu mm/sa,
- A= Drenaj alanı, (km²)

Debinin büyüklüğünü belirleyen en önemli faktörlerden biri C katsayısıdır. Bu katsayı doğrudan yüzeyin geçirgenliği ile ilgilidir. Özellikle

küçük havzalarda bu değerdeki %5'lik artış bile sonucun çok farklı çıkmasına neden olmaktadır.

3.2.2 AHP'ye Dayalı Çok Ölçütlü Uygunluk Analizi

CBS ve AHP ile AHP'ye Dayalı Çok Ölçütlü Uygunluk Analizi yapılmıştır. Uygunluk analizi için gereken kriterlerin ağırlıklarını belirlemek için AHP'denyararlanılmıştır. Analiz sonucunda elde edilen veriler incelenerek alanda akışa geçen su miktarlarının kontrolünü sağlamak için öneriler geliştirilmiştir.



Şekil 3.5 Uygunluk Analizi Süreci Şeması

3.2.3 Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP)

Analitik Hiyerarşi Process (AnalyticHierarchyProcess- AHP) yöntemi, Thomas L. Saaty tarafından 1977 yılında çok ölçütlü karar verme işlemlerinin çözümünde uygulamaya uygun bir model haline getirilmiştir. (Kavas, 2009). En çok bilinen ve en çok tercih edilen birden fazla kritere dayanan problemlerin çözümünde kullanılan çok kriterli analiz yöntemlerinden biri olan AHP (Analitik Hiyerarşi Prosesi), kullanıcıların kriterlere verdikleri ağırlıkları sistematik bir şekilde belirlemesini sağlamaktadır. AHP yönteminde her problem için amaç, kriterler (ölçütler), alt kriterler ve seçeneklerden oluşan hiyerarşik bir model kullanılır (Özcan vd., 2009).

Problem, hiyerarşik bir yapıya oturtulduktan sonra, hiyerarşiyi oluşturan ölçütlerin ağırlıkları hesaplanır (Öztürk ve Batuk, 2010). Bir düzeydeki ölçütlerin hiyerarşide hemen bir üst düzeyde yer alan ölçütler açısından değerlendirilmesinde Saaty (1980) tarafından önerilen tercih ölçeğinden yararlanılarak bir puanlama yapılır ve ikili karşılaştırma matrisi oluşturulur (Saaty, 1980; 2004). İkili karşılaştırma matrisi n adet öge için $n(n-1)/2$ adet karşılaştırmadan oluşur (Malczewski, 1999; Öztürk ve Batuk, 2010).

Tablo 3.3 AHP Yönteminde Kullanılan İkili Karşılaştırma Tercih Ölçeği (Saaty, 1980)

Önem Derecesi	Açıklama
1	Ölçütler eşit derecede önemlidir
3	Orta derecede önemli
5	Önemli
7	Çok Önemli
9	Aşırı Önemli
2,4,6,8	Ara değerler

AHP yöntemi ile bir problemin çözüm süreci, ölçütler arasında yapılan ikili karşılaştırmalar sonucunda belirlenen ağırlık veya önceliklerin kullanılmasıyla yürütülür. Bu ağırlıkların tespiti, ikili karşılaştırma matrisinin normalizasyonu yoluyla yapılır. Normalizasyon işlemi, matrisin her sütunundaki elemanların o sütunun toplamına bölünmesiyle başlar. Daha sonra, bu matrisin satır elemanları toplanarak satırdaki eleman sayısına bölünür; böylece öncelik veya ağırlık vektörü elde edilir (Tombuş, 2005; Kavas, 2009). Ağırlık değerleri 0 ile 1 arasında yer almakta ve toplamları 1'e eşittir (Malczewski, 1999; Öztürk ve Batuk, 2010).

3.2.4 Karşılaştırma Matrisi Örneği

Tablo 3.4 Karşılaştırma Matrisi

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

AHP yönteminde ölçütlerin ikili karşılaştırmaları yapılırken belirli bir derecede tutarsızlık oluşabilmektedir. Bunun için ikili karşılaştırmaların mantıksal tutarlılığı kontrol edilmelidir (Öztürk ve Batuk, 2010). İkili karşılaştırma yargılarının tutarlılık düzeyini değerlendirmek amacıyla Saaty (1980) tarafından geliştirilen tutarlılık oranı (CR) kullanılmaktadır. Bu kapsamda, her ikili karşılaştırma matrisi için bir tutarlılık oranı hesaplanmaktadır. Saaty, bu oranın üst sınırını 0.10 olarak belirlemiştir. Eğer hesaplanan CR değeri 0.10'un altında ise yargıların yeterince tutarlı olduğu ve analiz sürecinin sağlıklı biçimde ilerleyebileceği kabul edilmektedir. Ancak, tutarlılık oranı 0.10'u aşarsa, yargılar arasında tutarsızlık olduğu varsayılır ve bu durumda değerlendirmelerin kalitesini artırmak amacıyla yargıların gözden

geçirilmesi gerekmektedir. Tutarsızlığın giderilmesi, yargıların yeniden değerlendirilmesiyle sağlanabilmektedir (Öztürk ve Batuk, 2007).

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

λ_{\max} a x: 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 alınmaktadır (Yap ve diğerleri, 2018).

Tablo 3.5 Rastgele Değer Endeksi Tablosu.(Saaty, 1980; aktaran Ammarapala vd., 2018).

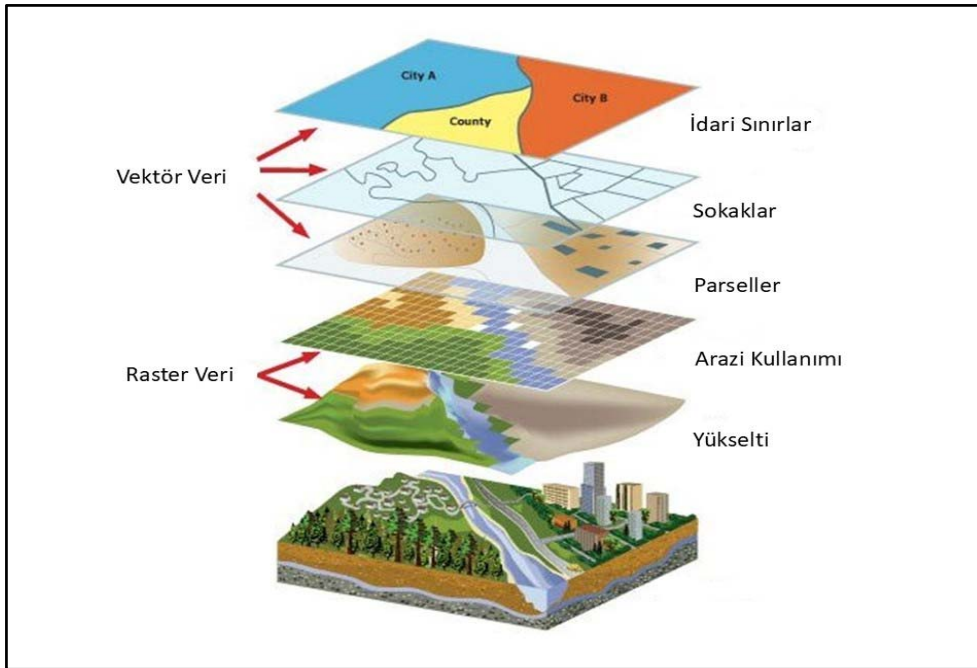
MatrixSize	RandomConsistencyindex (RI)
1	0.00
2	0.00
3	0.58
4	0.90
5	1.12
6	1.24
7	1.32
8	1.41
9	1.45
10	1.49

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

3.2.5 Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS)

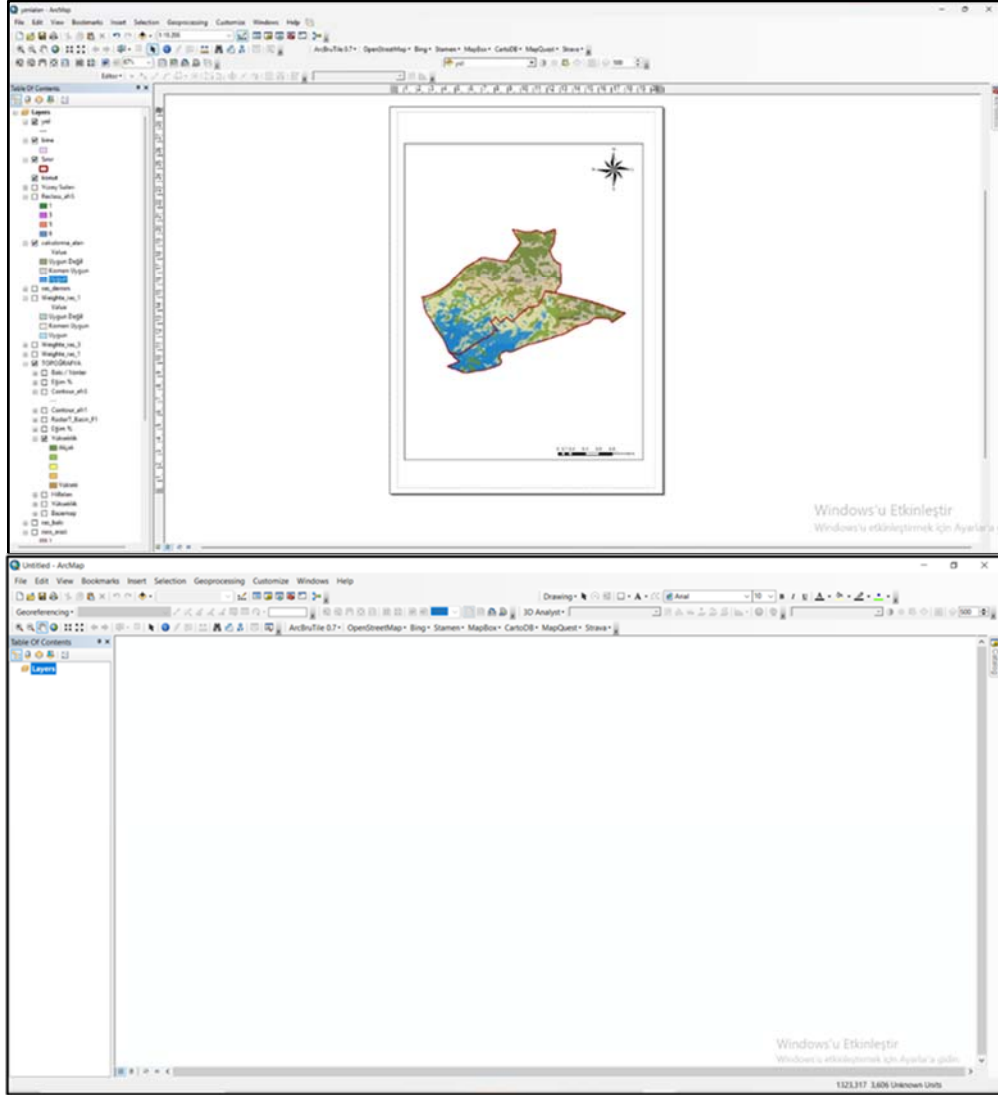
Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), coğrafi verilerin sistematik bir yapı içerisinde tanımlanması, betimlenmesi, analiz edilmesi ve coğrafi yöntemler aracılığıyla istenilen sonuçlara ulaşılmasını sağlayan bir bilgi teknolojisidir. CBS'nin temel bileşenleri; donanım (bilgisayar sistemleri), yazılım (CBS uygulamaları), coğrafi veriler, veri yönetimi ve analiz yöntemleri ile kullanıcıdan oluşur.

CBS'nin işleyişinde öne çıkan en önemli özelliklerden biri katmanlı veri yapısıdır. Bu yapı sayesinde, farklı coğrafi unsurlar ayrı veri katmanları hâlinde depolanmakta ve analiz sürecinde istenilen katmanlar bir araya getirilerek değerlendirme yapılabilmektedir. Örneğin, belirli bir araziye ilişkin haritada jeolojik yapılar, yer altı su kaynakları, akarsular ve arazi kullanım türleri gibi veriler ayrı katmanlar olarak saklanmakta; kullanıcı, ihtiyacına göre bu katmanları üst üste getirerek görsel ve analitik çıktılar elde edebilmektedir.



Şekil 3.6 Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) Çalışma Şeması. (Stratoflow, 2023.)

Bu tez kapsamında ESRI ArcMap 10.5 yazılımı kullanılmıştır. Arazi ile ilgili belirlenen kriterlerin analizleri ana ekrana girilen verilerin çakıştırılması ile oluşturulmuştur.



Şekil 3.7 Arcmap Ekran Görüntüsü / alışma Ekranı

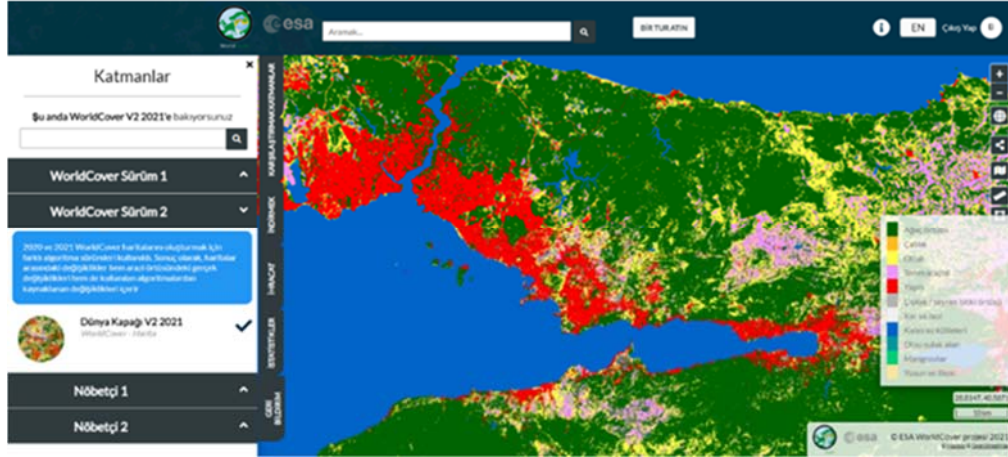
BÖLÜM 4

4. BULGULAR VE ÖRNEKLER

4.1 AKIŞA GEÇEN YAĞIŞ MİKTARI

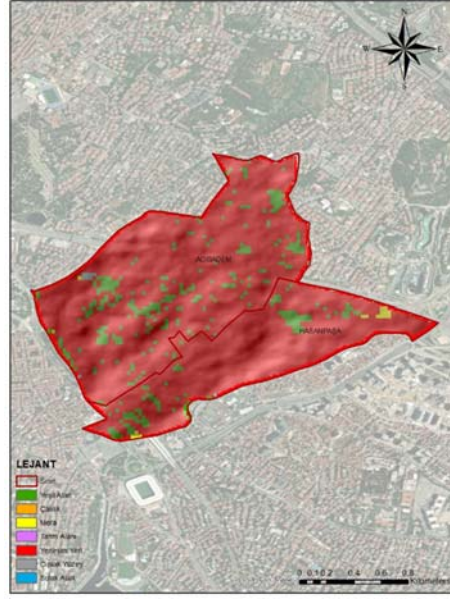
Rasyonel yöntemde kullanılacak verileri elde etmek amacıyla araştırma alanının büyüklüğü 2,26(km²) Arcgis programı ile, ana dere uzunluğu 1650 (m) Arcgis programı ile oluşturulan hidroloji haritası üzerinden tespit edilmiştir. Alanda birden fazla dere bulunması nedeniyle en uzun dere ile işlemler gerçekleştirilmiştir. Alandaki en yüksek kot seviyesi 161 m, en düşük kot 64m dir. En yüksek ve en alçak kot arasındaki yatay mesafe 2,47 km'dir. Alandaki toplam eğim %4 olarak hesaplanmıştır.

Arazi örtüsü haritası Esa World programından yararlanılarak Esri ArcMap 10.5 yazılımı kullanılarak haritalandırılmış, böylece alandaki geçirimli ve geçirimsiz yüzeyler tespit edilmiştir.



Şekil 4.1 ESAWorld Programı Arayüzü Ekran Görüntüsü

(<https://worldcover2021.esa.int>)



Şekil 4.2 Kadıköy ilçesi Acıbadem ve Hasanpaşa Mahalleleri Arazi Kullanım Haritası.(Esa World programından alınan veriler ArcMap uygulamasında Başak Abravanel, 2025 tarafından düzenlenmiştir.)



Şekil 4.3 Kadıköy ilçesi Acıbadem ve Hasanpaşa Mahalleleri Arazi Kullanım Haritası (ArcMap uygulamasında Başak Abravanel, 2025 tarafından hazırlanmıştır.)

Arcgis programında hesaplama yapılarak 2 mahalledeki toplam yerleşim yeri oranı %90,86 , yeşil alanlar yaklaşık %8, çıplak alan ve meraların toplam %2 lik bir alan kapladığı belirlenmiştir.

Akış verisi elde etmek için yağış verilerini akış verilerine dönüştüren Simirnov – Kolmogorov programı kullanılmıştır. Şekilde görülen test sonucunda kabul edilen değer Log Pearson – 3 dağılımı olarak bulunmuştur. Bu sonuca göre bulunan 24 saat yinelemeli yağışlar 2 yıl – 100 yıl arasında gösterilmiştir.

Yağış şiddeti (mm/sa) = 24 saatlik yağış değeri x PLV x MF x YADK formülü kullanılarak Şekildeki yağış şiddetleri elde edilmiştir.

Tablo 4.1 Simirnov- Kolmogorov Testine Göre Dağılım Tiplerinin Sonuçları.

Dağılım Tipi	2	5	10	25	50	100	200	500	Kabul Edilen
Normal Dağılım	48,30	69,92	81,22	93,28	101,06	108,06	114,45	122,16	
Log-Normal (2 Parametrel)	42,64	64,91	80,84	102,19	118,86	136,18	154,17	179,07	
Log-Normal (3 Parametrel)	44,73	67,72	82,16	99,75	112,42	124,83	137,03	152,98	
Pearson Tip-3 (Gama Tip-3)	42,53	66,42	82,65	102,95	117,79	132,29	146,58	160,87	
Log-Pearson Tip-3	46,01	65,53	80,37	101,43	118,90	137,95	158,78	182,75	*****
Gumbel	42,19	69,25	87,17	109,80	126,59	143,26	159,87	181,78	

Log - Normal (3 Parametrel) dağılımı uygundur. Bu sonuca göre bulunan 24 saat yinelemeli yağışlar 2 yıl – 100 yıl arasında gösterilmiştir.

Tablo 4.2 Yinelenmeli Yağışlar

Dağılım Tipi	2	5	10	25	50	100
Log-Normal (3 Parametrel)	46,01	65,53	80,37	101,43	118,90	137,95

Simirnov – Kolmogorov programı kullanılarak bulunan değerler Kartal MGM istasyonundan alınan veriler ile örtüşmektedir. Yapılan hesaplamalarda MGM’den alınan veriler kullanılmıştır.

Tablo 4.3 .MGM Kartal İstasyonu’ndan Alınan Tekerrür Analizi Sonuçları (Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 2024)

Tekerrür Süreleri	5 dk	10 dk	15 dk	30 dk	1 sa	2 sa	3 sa	4 sa	5 sa	6 sa	8 sa	12 sa	18 sa	24 sa
2 Yıl	6.9	9.8	11.8	15.7	19.3	23.3	25.9	28.3	29.7	30.8	31.7	34.9	37.3	44.5
5 Yıl	10.4	15.3	18.5	25.3	31.3	37.2	41.1	44.0	45.8	47.5	48.4	53.1	56.7	63.5
10 Yıl	12.8	19.4	23.6	32.3	40.6	48.2	53.6	56.7	58.8	60.1	62.1	67.2	72.6	78.4
25 Yıl	15.7	25.0	30.7	42.7	53.6	64.3	72.6	75.6	77.8	79.2	82.7	89.9	97.0	100.4
50 Yıl	17.5	29.1	36.2	50.3	63.2	76.1	85.7	88.6	90.9	92.6	96.1	100.6	110.8	114.4
100 Yıl	19.3	34.2	42.6	59.9	75.7	93.8	108.1	110.4	112.2	113.7	118.3	130.9	138.9	143.0
200 Yıl	22.0	39.2	49.2	69.5	88.1	110.4	130.3	132.1	134.8	136.4	144.8	155.3	163.1	167.3
500 Yıl	24.3	44.9	56.8	80.6	102.5	130.5	156.5	157.3	157.1	158.1	172.7	184.6	190.3	205.1

4.1.1 Havza Eğimi

Havza eğimi hesaplamak için farklı yöntemler vardır. Bu çalışmada eğim, en yüksek ve en düşük kotlar arasındaki farkın bu iki nokta arasındaki yatay mesafeye bölünmesi ile hesaplanmıştır. Yaklaşık %4eğim saptanmıştır.

4.1.2 C Katsayısı

Akış katsayısı (C), bir yüzeye düşen yağmur suyunun ne kadarının yüzey akışına geçtiğini belirleyen boyutsuz bir katsayıdır. Değer aralığı 0 ile 1 arasında olup, yüzeyin geçirgenlik özelliklerine göre değişkenlik gösterir. Bu katsayı, yüzeyin yağmur suyunu sızdırma, tutma veya doğrudan akıtarak taşkına neden olma eğilimini yansıtır.

Tablo 4.4 C Katsayısı Aralıkları

Yüzey Türü	C Katsayısı Aralığı	Kaynak
Yoğun yapılaşmış şehir merkezi	0,70 – 0,95	McCuen (2005), ASCE Manual and Reports
Az yoğunluklu konut alanı	0,30 – 0,50	Viessman& Lewis (2002)
Parklar ve spor alanları (çim)	0,10 – 0,25	Akan &Houghtalen (2003)
Asfalt yol	0,85 – 0,95	Chow et al. (1988), ASCE
Beton yüzey (kaldırım, otopark)	0,70 – 0,95	Mays (2011)
Endüstriyel alanlar	0,50 – 0,90	ASCE, Viessman& Lewis
Tarım arazisi (ekili, düz arazi)	0,20 – 0,40	Mays (2011), US EPA
Ormanlık alan	0,10 – 0,25	Chow et al. (1988)
Açık toprak yüzeyi	0,05 – 0,30	Viessman& Lewis (2002)
Geçirgen taş döşemeli alanlar	0,10 – 0,35	USEPA Stormwater Management Guide (2009)

Tablo 4.5 C Katsayısı Aralıkları

Yüzey Türü	C Katsayısı Aralığı	Kaynak
Yoğun kentsel konut(apartman)	0,60 – 0,90	ASCE Manual No. 37 (1992)
Karma konut+ticaret	0,50 – 0,75	McCuen (2005),Mays (2011)
Kaldırımlar, asfalt sokaklar	0,85 – 0,95	Chow et al. (1988)
Az yeşil alanlı mahalle	0,60 – 0,70	Viessman& Lewis (2002)

4.1.3 Toplanma Zamanı

Toplanma zamanı (Tc), bir akışın havzanın en uzak noktasından çıkış noktasına ulaşması için geçen süreyi ifade eder ve hidrolojik analizlerde önemli bir parametre olarak değerlendirilir. Bu süre, genellikle havzanın eğimiyle ters orantılıdır; eğim azaldıkça Tc süresi uzar. Ayrıca, havza büyüklüğü arttıkça bu süre de genellikle artış gösterir. Kentsel alanların yapısal özellikleri —örneğin düşük pürüzlülüğe sahip yüzeyler, iyileştirilmiş drenaj sistemleri ve düzgün eğimler— yağmur suyunun daha hızlı hareket etmesine neden olur ve bu da akışın tepe noktasına daha kısa sürede ulaşmasına yol açar (Liu ve ark., 2017).

Yağış tekerrür sürelerine göre toplanma zamanları 2 – 100 yıl bazında gösterilmektedir. Tc toplanma zamanını sembolize etmektedir. Elde edilen sonuca göre en uzun koldan gelen (veya en üst kottan gelen) yağış 20 dakika içinde en alt kota ulaşmaktadır.

L = yatay mesafeyi,

S = havza eğimini temsil etmektedir.

$$Tc(dak)=0,0195*L0,77/S0,385$$

Tc = 20dakika (15 dk kabul edilmiştir.)

4.1.4 Rasyonel Yönteme Göre Taşkın Debisi ve Taşkın Hacmi

C katsayısı 0,65 alınmıştır. Debi ve hacim hesabı için bulunan tüm veriler tabloda gösterilmektedir. 1 saatlik PLV değeri: 0,47

Yağış alanı düzeltme katsayısı (YADK), özellikle büyük ve heterojen drenaj alanlarında, yağışın etkisinin debi üzerindeki yansımalarını daha gerçekçi hale getirmek amacıyla kullanılan bir katsayıdır. Ancak, bu çalışmada incelenen alanın büyüklüğü sınırlı (2,26 km²) ve homojen yapıda olduğundan, alansal farklılıklar ve uzaklık etkileri ihmal edilebilir düzeydedir. Bu nedenle literatürde küçük havzalar için önerildiği şekilde (Chow et al., 1988), YADK değeri 1,00 olarak sabit kabul edilmiştir. Bu yaklaşım, hesaplamalarda sadelik sağlar ve küçük ölçekli alanlar için yeterli doğrulukta sonuçlar sunar.

Tablo 4.6 Alan Verileri (Başak Abravanel, 2025)

A	2,26 km ²
L	1650 m
S	0,04
C(100)	0,65
MAKS. FAK.	1,13
YADK	1,00
Tc	15 dk

Kartal Devlet Meteoroloji İstasyonu'ndan alınan verilerle hesaplamalar yapılmıştır.

Tablo 4.7 Dağılım Tipleri

Dağılım Tipi	2	5	10	25	50	100
	44,5	63,5	78,4	100,3	119,0	143,0
	C2	C5	C10	C25	C50	C100
	0,48	0,57	0,65	0,77	0,88	1,00
C100=0,65 ile çarpılır.	0,31	0,37	0,42	0,50	0,57	0,65

Maks faktörü (1,13) çarpılır. Çarpım yapıldıktan sonra;

Tablo 4.8 Yağış Şiddetleri (i)

Dağılım Tipi	2	5	10	25	50	100
i	53,2	83,7	106,6	138,6	164,6	192,4

$$Q=(A.C.I)/3.6$$

Tablo 4.9 Tekerrür Süreleri ve Debileri (m³/sn) (Başak Abravanel, 2025)

Q₂	10,32 m ³ /s
Q₅	19,32 m ³ /s
Q₁₀	28,09 m ³ /s
Q₂₅	43,47 m ³ /s
Q₅₀	58,87 m ³ /s
Q₁₀₀	78,51 m ³ /s
Q₅₀₀	113,39 m ³ /s

Hesaplanan 2 yıl- 100 yıl arasındaki tüm debiler gösterilmektedir. Nasıl hesaplandığını göstermek için burada 100 yıllık debiyi hesaplayacak olursak;

Verilen değerlere göre:

- $A = 2.26 \text{ km}^2$
- $C (100) = 0.65$
- Yağış şiddeti $I (100 \text{ yıl için}) = 192,4 \text{ mm/saat}$

Hesaplama:

- $Q(100) = \frac{2.26 \times 0.65 \times 192.4}{3.6} = 78,509 \text{ m}^3/\text{s}$

Sonuç: 100 yıllık tekerrür süresi için hesaplanan taşkın debisi yaklaşık $78,509 \text{ m}^3/\text{s}$ 'tir. Bu değer, program tarafından elde edilen $78,51 \text{ m}^3/\text{s}$ değerine oldukça yakın olup, hesaplama doğruluğunu teyit etmektedir.

Tablo 4.10 Taşkın Debisi Hesabı (Başak Abravanel, 2025)

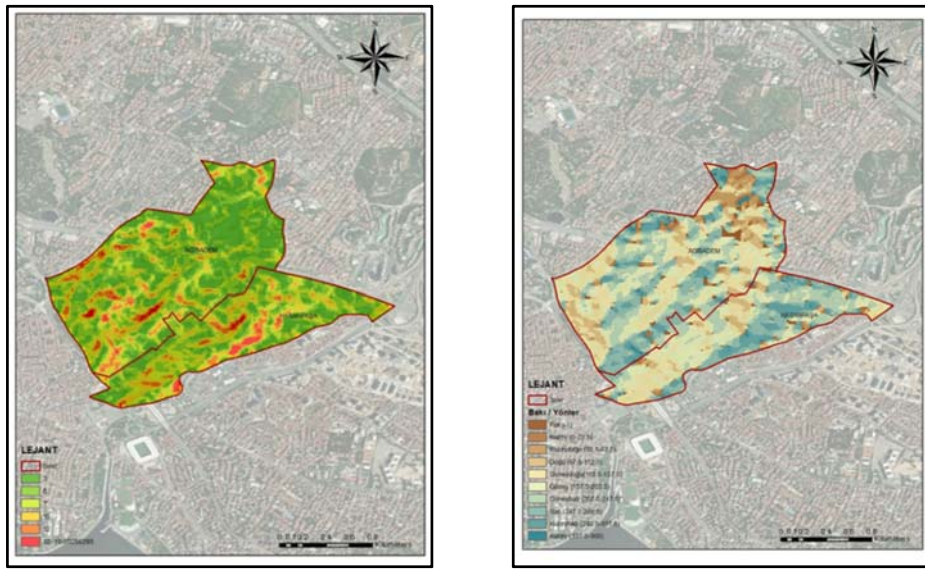
Parametre	Değer	Açıklama
A	2,26 km ²	Alan
C	0,65	Akış katsayısı (C: yüzey geçirimsizliği)
I	192,4 mm/saat	Yağış şiddeti (15 dakikalık, 100 yıllık dönüş süresi)
t	0,25 saat	Süre

Yağmur suyu hacmi: $2,26 \text{ km}^2$ büyüklüğündeki bir alanda, 100 yıllık dönüş süresine sahip $192,4 \text{ mm/saat}$ yağış şiddetiyle 15 dakikada oluşan ve yüzeysel akışa geçen yağmur suyu :

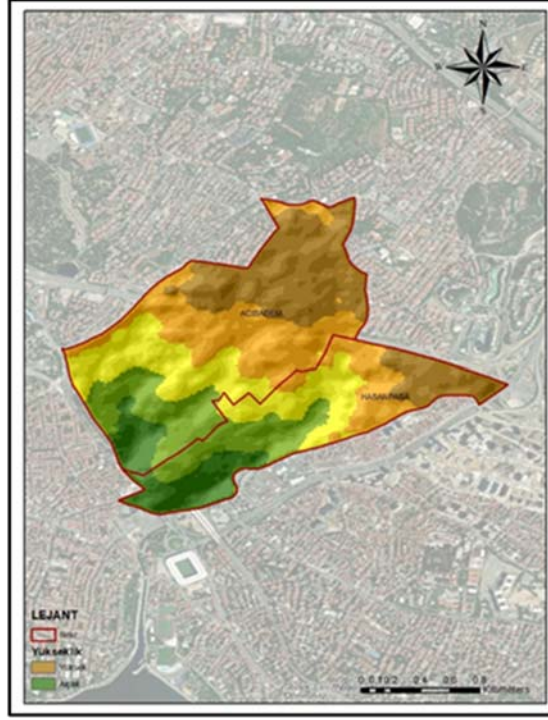
- $H = A \times (I/1000) \times t \times C$
- $A = 2,26 \text{ km}^2 = 2,260,000 \text{ m}^2$
- $I/1000 = 192,4 / 1000 = 0,1924 \text{ m/saat}$
- $H = 2,260,000 \times 0,1924 \times 0,25 \times 0,65$
- $H = 70.658,9 \text{ m}^3 = \text{Akışa geçen yağmur suyu miktarı}$

4.2 AHP'YE DAYALI ÇOK ÖLÇÜTLÜ UYGUNLUK ANALİZİ

Kadıköy ilçesinin sayısal yükseklik modeli kullanılarak havza karakteristikleri belirlenmiştir. Su yönetim süreçlerinde bütünsel bir bakış açısı sağlamak için kentsel topoğrafyaya dayalı olarak arazi kullanım türü, yükseklik, bakı ve eğim olmak üzere dört ana kriter kullanılmıştır. Akış yönü belirleme işlemi, arazideki eğime bağlı olarak suyun yeryüzüne ulaştıktan sonra izlediği yolu saptamak için gerçekleştirilmektedir.



Şekil 4.4 Kadıköy ilçesi Acıbadem ve Hasanpaşa Mahalleleri Eğim ve Bakı Haritaları (Başak Abravanel, 2025)



Şekil 4.5 Kadıköy ilçesi Acıbadem ve Hasanpaşa Mahalleleri Yükseklik Haritası. (Başak Abravanel, 2025)

Akışa geçen suların toplanıp yeniden verimli bir şekilde kullanılabilmesi için suların biriktiği alanlara yüksek değerler verilmiştir. Arazi kullanım türlerinden bu özelliği sağlayanlar geçirimsiz yüzeylerdir. Bu alanlara 7 ve 9 değerleri atanmıştır. Geçirimsiz yüzeylerin çoğuna maksimum değer olan 9 verilmiştir.

Baki analizi ile birlikte rüzgâr verileri incelendiğinde çalışma alanı için kuzey ve kuzeydoğu bölgelerinin ana sert rüzgarlara eğilimli olduğu tespit edilmiştir. Kuzeybatı 5, Güneybatı 7, Doğu ve Batı bölgelerine 7, akışın en çok yöneldiği yağmur sularının birikeceği Güney ve Güneybatı alanlara maksimum değer olan 9 değeri verilmiştir.

Eğim arttıkça akışa geçen yağış miktarı da o oranda artacaktır. Bu tez kapsamında suların toplandığı alanlar tespit edilmek istenmiş ve eğimi az bölgelere en yüksek değer 9 verilmiştir. Bunlar da 0 ile 5 arasındaki eğimlerdir. Eğim arttıkça değerler eğime ters orantılı olarak 9, 7, 5, 3 ve 1 şeklinde belirlenmiştir.

Tablo 4.11 Uygunluk Analizi Kriter Değerleri (Başak Abravanel, 2025)

UYGUNLUK ANALİZİ	Kriterler	Değerler
Yükseklik	Alçak	9
	Orta	5
	Yüksek	1
Eğim	0-2	9
	2-5	9
	5-10	7
	10-15	5
	15-25	3
	25>	1
	Bakı- Akış Yönleri	Kuzeydoğu, Kuzey
Kuzeybatı		5
Güneydoğu, Batı, Doğu		7
Güney, Güneybatı		9
Arazi Kullanımı	Ağaçlık Alan	1
	Çalılık	1
	Mera	1
	Ağaçlık Alan	1
	Tarım Alanı	5
	Yerleşim Yeri	9
	Çıplak Alan	9

Değerler atandıktan sonra arazi kullanım türü, akış yönü, yükseklik ve eğim kriterleri bir karşılaştırma matrisi yardımıyla değerlendirilmiştir.

Tablo 4.12 Karşılaştırma Matrisi (Başak Abravanel, 2025)

Parametreler	(A) Arazi Kullanımı	(B) Yükseklik	(C) Eğim	(D) Bakı
(A) Arazi Kullanımı	1	3	5	9
(B) Yükseklik	0,33	1	3	5
(C) Eğim	0,2	0,33	1	3
(D) Bakı	0,11	0,2	0,33	1
Toplam	1,64	4,53	9,33	18

Normalize edilen değerler her bir sütunun toplam değerine bölünmesi ile elde edilir. Çıkan değerler aynı hücreye denk gelecek şekilde yazılır. Bütün sütunlardaki değerlerin toplamı 1 çıkmalıdır.

Tablo 4.13 Normalize Edilmiş Karşılaştırma Matrisi (Başak Abravanel,2025)

Parametreler	(A) Arazi Kullanımı	(B) Yükseklik	(C) Eğim	(D) Bakı	Toplam
(A) Arazi Kullanımı	0,61	0,66	0,54	0,5	2,31
(B) Yükseklik	0,2	0,22	0,32	0,28	1,02
(C) Eğim	0,12	0,07	0,11	0,17	0,47
(D) Bakı	0,07	0,04	0,04	0,06	0,20
Toplam	1	1	1	1	4

Ağırlık derecelerinin belirlenmesinde kullanılan yöntemlerden biri, normalize edilmiş karar matrisine dayanmaktadır. Bu yöntemde, her bir satırın elemanlarının toplamı alınır ve bu değer, matrisin tüm elemanlarının toplamına bölünerek kriterlerin görelî ağırlıkları hesaplanır. Hesaplanan değerler 100 ile çarpılarak yüzde bazında ifade edilir. Ancak, tüm kriterlere ait ağırlık

oranlarının toplamı %100'ü vermiyorsa, bu durum hesaplamada bir hata veya tutarsızlık olabileceğini gösterebilir. Böyle bir durumda normalizasyon ve toplama işlemleri gözden geçirilerek süreç yeniden uygulanmalıdır. Bu adım, karar verme sürecinin güvenilirliği ve tutarlılığı açısından büyük önem taşır.

Tablo 4.14 Ağırlık Derecesi Hesabı (Başak Abravanel, 2025)

	(A) Arazi	(B)	(C)	(D)		
Parametreler	Kullanımı	Yükseklik	Eğim	Bakı	Ağırlık	% Oran
(A) Arazi						
Kullanımı	0,61	0,66	0,54	0,5	0,58	57,63967749
(B)						
Yükseklik	0,2	0,22	0,32	0,28	0,26	25,56243218
(C) Eğim	0,12	0,07	0,11	0,17	0,12	11,72401393
(D) Bakı	0,07	0,04	0,04	0,06	0,05	5,073876397
Toplam	1	1	1	1	1,00	100

Karar verme sürecinde kullanılan karşılaştırma matrisinde, her bir parametre için başlangıçta girilen değerler ilgili kriterin ağırlık katsayısıyla çarpılarak matrisin nihai değerleri elde edilmiştir. Daha sonra her satır için elde edilen toplam değerler, ilgili parametrenin ağırlık katsayısına bölünerek ortalamaları alınmış ve bu değerlerin aritmetik ortalaması alınarak λ_{max} (maksimum özdeğer) hesaplanmıştır. Bu aşama, matrisin tutarlılığını ölçmek için kritik bir adımdır. Rastgele değer endeksi tablosuna göre 4 parametre bulunduğu için $RI=0,90$ değeri formülde kullanılmıştır.

Tablo 4.15 Tutarlılık Hesabı (Başak Abravanel, 2025)

	(A) Arazi	(B)	(C)	(D)		
Parametreler	Kullanımı	Yükseklik	Eğim	Bakı	Ağırlık	Toplam
(A) Arazi						
Kullanımı	0,58	0,77	0,59	0,46	0,58	2,39
(B)						
Yükseklik	0,19	0,26	0,35	0,25	0,26	1,05
(C) Eğim						
Eğim	0,12	0,09	0,12	0,15	0,12	0,47
(D) Bakı						
Bakı	0,06	0,05	0,04	0,05	0,05	0,20

- $2,39/0,58=4,14$
- $1,05/0,26=4,12$
- $0,47/0,12=4,01$
- $0,20/0,05=4,04$
- $\lambda = 4,08$
- $CI = \lambda - n / n-1$
- $4,08 - 4 / 4 - 1 = 0,02568$
- $CR = CI/RI = 0,02568 / 0,90 = 0,05 < 0,1$ olduğundan karşılaştırma tutarlıdır.

Her faktör normalize edilmiş, ağırlık oranları hesaplanmış ve karşılaştırmalar tutarlı bulunmuştur. İşlem sonunda 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 işlemler gerçekleştirilmiştir. Bu işlemlerden ilki kategorilere göre çizilen poligonların raster veriye çevrilmesidir. İkincisi oluşturulan bu raster verilerin değerlere göre sınıflandırılma işlemidir. Bu aşamada reclassify komutu ile raster veriye belirlenen değerler girilmektedir. Son aşamada Weightedoverlay komutuna çakıştırılacak alanlar girilerek uygunluk analizi gerçekleştirilmiştir.

4.3 UYGUNLUK ANALİZİ



Şekil 4.6 Uygunluk Analizi Haritası (Başak Abravanel, 2025)

Tablo 4.16 Yağmur suyu sistemleri için önerilen taşkın dönüş süreleri; (SUEN (2021), EPA (2014), T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı (2024) gibi çeşitli ulusal ve uluslararası teknik kılavuzlar ile yönetmeliklerden derlenerek hazırlanmıştır.)

Bileşen / Sistem	Önerilen Taşkın Dönüş Süreleri	Açıklama
Ana drenaj altyapısı (ana borular, menfezler)	50 – 100 yıl	Kritik altyapı; sistem arızası büyük zararlara yol açabilir.
Çatı ve teras drenaj sistemleri	25 – 50 yıl	Çatıda biriken su yapıya zarar verebilir.
Peyzaj / yüzeysel akış (avlu, yaya alanları)	10 – 25 yıl	Yerel birikmeler için yeterlidir.
Yeşil çatı ve geçirgen yüzeyler	10 – 25 yıl	Su tutma kapasitesine göre tasarlanır.
Yağmur suyu depolama tankları (geri kullanım)	2 – 10 yıl	Geri kullanıma yönelik tasarım; sık yağışlar baz alınır.
Taşkın kontrol yapıları (savak, hendek vb.)	50 – 100 yıl	Aşırı yağışlar için sistem emniyeti sağlar.

4.4 KADIKÖY-ACIBADEM TEPE NAUTILUS AVM ÖRNEĞİ



Şekil 4.7 Nautilus AVM Görüntüsü

(https://www.tripadvisor.com.tr/LocationPhotoDirectLink-g293974-d3595411-i249883859-Tepe_Nautilus_Shopping_Center-Istanbul.html)

4.4.1 Çatı Alanında Yağmur Suyu Hasadı ve Yeşil Çatı Uygulaması

Alan: 22.570 m²

Değerlendirme Süresi: 15 dakika (Kartal MGM'den alınan değerler girilmiştir.)

Amaç: Bu hesaplamada 22.570 m² büyüklüğündeki bir çatı alanında, farklı taşkın dönüş aralıklarına (2, 5, 10, 25, 50 ve 100 yıl) karşılık gelen yağış şiddetleri dikkate alınarak:

- Yağmur suyu hacmi hesaplanmış,
- Yeşil çatı uygulamasının su tutma potansiyeli değerlendirilmiş,
- Depolama sistemleri için öneriler sunulmuştur.

Tablo 4.17 Alan Verileri.

Parametre	Değer
Çatı alanı (A)	22.570 m ²
Süre (t)	15 dakika = 0,25 saat
Akış katsayısı (C)	0,9 (çatı yüzeyi için)

Tablo 4.18 Yağış Şiddetleri (15 dakika yağış süresi için) (Başak Abravanel, 2025)

Dönüş Aralığı (Yıl)	Yağış Şiddeti (mm/saat)
2	11,8
5	18,5
10	23,6
25	30,7
50	36,4
100	42,6

Yağmur Suyu Hacmi Hesaplaması

Hesaplama formülü: $H = A \times (I / 1000) \times t \times C$

Burada:

- H = yağmur suyu hacmi (m³)
- A = alan (m²)
- I = yağış şiddeti (mm/saat)
- t = süre (saat)
- C = yüzey akış katsayısı

Tablo 4.19 Hesaplanan Hacimler (Başak Abravanel, 2025)

Dönüş Aralığı (Yıl)	Yağış (mm/saat)	Yüzey Akışı (m ³)	Tutulan Su (m ³)
2	11,8	59,98	6,66
5	18,5	94,03	10,45
10	23,6	119,96	13,33
25	30,7	156,08	17,34
50	36,4	185,03	20,56
100	42,6	216,54	24,06

$$H = 22.570 \times (11,8 / 1000) \times 0,25 \times 0,9 = 59,98 \text{ m}^3$$

Yeşil Çatı Su Tutma Kapasitesi

Yeşil çatı sistemlerinde ortalama su tutma kapasitesi kullanılan sistem tipine göre değişmektedir. Bu çalışmada orta seviye bir sistem esas alınmıştır:

- Tutma kapasitesi: 60 litre/m²
 - Toplam tutulan hacim: $22.570 \times 60 = 1.354.200$ litre $\approx 1354 \text{ m}^3$
- Yeşil çatı, 100 yıllık bir taşkın esnasında dahi oluşan suyun tamamını absorbe edebilecek kapasitededir.

4.4.1.1 Değerlendirme ve Öneriler

Yeşil çatı uygulaması, çatıdan gelen ani su akışını önemli ölçüde azaltarak drenaj sistemlerinin yükünü hafifletebilir.

Aynı alanda kurulacak 100–300 m³ kapasiteli bir yağmur suyu deposu, suyu toplayarak bahçe sulama, temizlik, gri su sistemleri gibi alanlarda kullanılabilir.

Yeşil çatı ve depo sisteminin birlikte (hibrit sistem) uygulanması, hem taşkın riskini azaltabilir hem de su tasarrufu sağlayabilmektedir.

Sistem, iklim değişikliğiyle birlikte artan aşırı yağış olaylarına karşı da dirençlidir.

Sonuç: 22.570 m²'lik bir çatı yüzeyinden, 15 dakikalık yoğun bir yağış sürecinde yüzlerce metreküp su toplanabilmektedir. Bu suyun sürdürülebilir şekilde yönetilebilmesi için hem yeşil çatı uygulaması hem de yağmur suyu deposu kurulması tavsiye edilir. Bu yaklaşım, çevresel sürdürülebilirlik, su yönetimi ve altyapı koruması açısından olumlu katkılar sağlar.

4.4.2 Sürdürülebilir Otopark Tasarımı

Bu hesaplama 24.200 m² büyüklüğündeki bir otopark alanında, sürdürülebilir yüzey düzenlemeleri ve biyolojik hendek uygulamaları ile etkili yağmur suyu yönetiminin nasıl sağlanabileceğini değerlendirmektedir. Geleneksel beton uygulamalarına kıyasla bu yaklaşım, suyun yerinde tutulması, süzülmesi ve yönlendirilmesini amaçlayarak şehir altyapısına olan yükü azaltmaktadır.

Tablo 4.20 Yüzey Bileşenleri ve Akış Katsayıları (Başak Abravanel,2025)

Yüzey Türü	Alan (m ²)	Akış Katsayısı (C)
Sert Zeminler	15.000	0,85
Yeşil adalar/bölgeler	6.000	0,20
Biyolojik hendekler	3.200	0,05

- Toplam otopark alanı: 24.200 m²
- Etkin drenaj katsayısı (C_ē):
- $C_{\bar{e}} = [(15.000 \times 0,85) + (6.000 \times 0,20) + (3.200 \times 0,05)] / 24.200$ $C_{\bar{e}} \approx 0,59$

Yağmur Suyu Hesaplaması: Yağmur suyu hacmi hesaplaması 15 dakikalık yağış süresi baz alınarak yapılmıştır.

Hacim formülü:

$$H (m^3) = A \times (I / 1000) \times t \times C$$

Burada:

- $A = 24.200 \text{ m}^2$
- $I = \text{Yağış şiddeti (mm/saat)}$
- $t = 0,25 \text{ saat (15 dakika)}$
- $C = 0,59 \text{ (etkin akış katsayısı)}$

Tablo 4.21 Akışa Geçen Yağış Miktarı (Başak Abravanel, 2025)

Dönüş Aralığı (Yıl)	Yağış (15 dk, mm)	Hacim (m ³)
2	11,8	42,12
5	18,5	66,04
10	23,6	84,23
25	30,7	109,63
50	36,4	129,76
100	42,6	152,00

4.4.2.1 Değerlendirme ve Öneriler

Klasik beton yüzeyler kullanıldığında akış katsayısı 0,95 civarında olmaktadır. Bu durumda su hacmi yaklaşık %40 daha fazla olmaktadır.

Tablo 4.22 15 dk Yağış Şiddetine Göre Beton Yüzeylerde Akışa Geçen Su Miktarı (Başak Abravanel,2025)

Dönüş Aralığı (Yıl)	Yağış (15 dk, mm)	Hacim (m³)
2	11,8	67,82
5	18,5	106,34
10	23,6	135,64
25	30,7	176,42
50	36,4	209,20
100	42,6	244,34

- Biyolojik hendekler ve yeşil adalar sayesinde, suyun önemli bir kısmı yerinde tutulur, filtrasyonla toprağa süzülür.
- Yoğun yağışlarda bile, sadece 500-700 m³'lük birikim olur; bu hacim 100-200 m³'lük destek depolar ile yönetilebilir.

Sonuç: Alternatif yüzey uygulamaları, yağmur suyu yönetiminde etkin bir strateji sunmaktadır. 24.200 m²'lik otopark alanında biyolojik hendek ve yeşil alanlarla desteklenen yarı geçirgen zeminler kullanılarak yağmur suyunun %40'lara kadarı yerinde tutulabilir. Bu tasarım hem altyapıyı rahatlatır hem de sürdürülebilirlik hedeflerine katkı sağlayabilmektedir.

4.5 ACIBADEM DR. ŞİNASI CAN HASTANESİ'NDE YAĞMUR SUYU YÖNETİMİ

4.5.1 Alan Tanımı ve Veriler

Çalışma kapsamında İstanbul ili Kadıköy ilçesi sınırlarında yer alan Acıbadem Dr. Şinası Can Kadıköy Hastanesi incelenmiştir. Yapının toplam

çatı alanı yaklaşık 2.288 m², otopark alanı ise 1.667 m²'dir. Yağmur suyu yönetimi kapsamında, hem çatıdan gelen hem de otopark yüzeyinden kaynaklanan yüzeysel akış miktarı değerlendirilmiştir.



Şekil 4.8 Acıbadem Dr.Şinasi Can Hastanesi

(https://yandex.com.tr/harita/org/acibadem_kadikoy_hastanesi/1246268659/?ll=29.043189%2C41.007149&z=16)

Alanda 10 yıllık dönüş periyodu (T=10 yıl) için yağış şiddeti 40,6 mm/saat olarak alınmıştır. Bu değer, İstanbul iline ait kısa süreli yağış verilerinden elde edilmiştir. Akış katsayıları, çatı için C=0,90, otopark için ise C=0,80 olarak belirlenmiştir (EPA, 2004; Chow et al., 1988).

4.5.2 Debi Hesaplamaları

Yağmur suyu debisi, rasyonel yöntemle hesaplanmıştır. Rasyonel yöntem aşağıdaki formüle göre uygulanmıştır:

Burada:

- **Q:** Yağış debisi (l/s)

- C: Akış katsayısı
- I: Yağış şiddeti (mm/saat)
- A: Alan (hektar)
- 3.6: Birim dönüştürme katsayısı
- Çatı Alanı (2.288 m² = 0.2288 ha):

$$Q_{\square} = (0.90 \times 40.6 \times 0.2288) / 3.6 \approx 2,33 \text{ l/s}$$
- Otopark Alanı (1.667 m² = 0.1667 ha):

$$Q_{\square} = (0.80 \times 40.6 \times 0.1667) / 3.6 \approx 1,50 \text{ l/s}$$
- Toplam Debi:

$$Q_{\text{toplam}} = Q_{\square} + Q_{\square} = 3,83 \text{ l/s}$$

Toplanabilir Yağmur Suyu Miktarı:Söz konusu alanlar 1 saat boyunca aynı yağış şiddetine maruz kaldığında toplanabilecek su miktarı şu şekilde hesaplanabilir:

- Toplam Alan=2.288+1.667=3.955m²
- Yağış Miktarı=40,6 mm/s
- Akış Katsayısı =0.85

$$H \text{ (m}^3\text{)} = (A \times I/1000) \times t \times C$$
- Toplanan Su= 3955 x (40,6/1000) x 1 x 0,85 =136,5 m³

Bu hesaplama göre, 1 saatlik şiddetli yağışta yaklaşık 136,5 ton yağmur suyu toplanabilir.

4.5.3 Sürdürülebilir Yağmur Suyu Yönetimi Önerileri

Hastane yapıları, hem yüksek su tüketimi hem de işlevsel süreklilik gerektiren altyapısı nedeniyle özel çözümler gerektirir. Bu bağlamda önerilen sürdürülebilir uygulamalar şunlardır:

- Yer altı yağmur suyu depolama tankı ile çatı sularının toplanması ve gri su sistemlerine (rezervuarlar, peyzaj sulama) entegre edilmesi.
- Yağmur bahçeleri ve biyofiltreler ile otopark yüzeyinden gelen kirli suyun sızdırılması ve doğal arıtımı.
- Geçirgen otopark yüzeyi tasarımı ile su birikiminin ve yüzey akışının azaltılması.

- Drenaj kanalları ve geciktirme havuzları ile ani debi artışlarının kontrol altına alınması.

Bu çözümler, hastanenin su tüketimini azaltabilir, altyapı üzerindeki yükü hafifletebilir ve LEED/BREEAM gibi yeşil bina sertifikasyonlarına katkı sağlayabilmektedir (USEPA, 2004; Mays, 2001).

4.5.4 Dönüş Aralığı (Return Period) Seçiminin Gerekçesi

Yağmur suyu yönetimi sistemlerinin tasarımında kullanılan dönüş aralığı (returnperiod, T), yağış olayının tekrar etme olasılığına bağlı olarak seçilmektedir. Bu seçim; uygulama yapılacak alanın işlevine, altyapı sisteminin kritikliği düzeyine ve taşkın riskine bağlı olarak değişiklik göstermektedir.

Bu çalışma kapsamında, Dr. Şinasi Can Kadıköy Hastanesi gibi sağlık hizmeti veren bir kurumun çatı ve otopark alanları için T = 10 yıl dönüş aralığı esas alınmıştır. Sağlık yapıları, kesintisiz hizmet gerektiren ve afet anlarında dahi erişilebilir olması gereken kritik altyapılar arasında yer almaktadır. Bu nedenle yağış kaynaklı sel, taşkın veya erişim kısıtlarının oluşmaması büyük önem taşımaktadır.

Ancak daha yüksek dönüş aralıkları (T = 25, 50, 100 yıl) dikkate alındığında, bu durum tasarım açısından maliyet etkinliği ilkesine aykırı sonuçlar doğurabilmekte; gereğinden büyük, ekonomik olmayan altyapı çözümleri ortaya çıkabilmektedir. Literatürde, kentsel ölçekte kritik ancak küçük alanlarda (örneğin hastane, okul, kamu binası gibi) 10 yıllık dönüş periyodu, hem güvenlik hem de ekonomik denge açısından optimal tasarım kriteri olarak önerilmektedir (Mays, 2001).

Bu çalışmada önerilen yağmur suyu yönetimi çözümleri için 10 yıllık yağış verileri esas alınmış, uygulama alanının fonksiyonu ve maliyet-güvenlik dengesi göz önünde bulundurularak tasarım yapılmıştır.

4.6 HASANPAŞA ERMENİ MEZARLIĞI/ LATİN KATOLİK MEZARLIĞI /RUM ORTODOKS MEZARLIĞI



Şekil 4.9 Kadıköy Rum Ortodoks Mezarlığı Girişi (<https://mapio.net/pic/p-90217146/>)

4.6.1 Alan ve Veriler

Kadıköy'ün Hasanpaşa Mahallesi'nde yer alan Ermeni, Latin Katolik ve Rum Ortodoks mezarlıkları, 19. yüzyılın son çeyreğinde (1895) kurulmuş olup, günümüzde de aktif olarak kullanılan dini ve kültürel alanlardır. Her biri farklı bir cemaatin (Ermeni Apostolik, Katolik, Rum Ortodoks) yönetiminde olmakla birlikte, fiziksel olarak bitişik konumda yer alırlar. Bu mekânsal yakınlık, Osmanlı'nın gayrimüslim cemaatler için belirlediği yerleşim ve defin politikalarının bir yansıması olarak değerlendirilebilir.

Bu üç mezarlığın toplam alanı ArcMap uygulaması üzerinden 22.244 m² olarak ölçülmüş ve hesaplamalar yapılmıştır. Akışa geçen yağmur suyundaki farkın anlaşılabilmesi için yer verilmiştir.



Şekil 4.10 Kadıköy Ermeni Mezarlığı

(<https://kulturenvanteri.com/yer/kadikoyermenimezarligi/#17.1/40.998837/29.046639>)

- Yağmur Suyu Hacmi (Mezarlık, 1 Saatlik Yağış Verisi, $C = 0,30$)
- Alan: 22.244 m^2 (mezarlık alanı)
- Akış Katsayısı (C): $0,30$
- Hesaplama formülü: $H \text{ (m}^3\text{)} = A \times (I / 1000) \times C$
Burada:
- A = alan (m^2)
- I = yağış şiddeti
- C = akış katsayısı

Tablo 4.23 Yağmur Suyu Hacmi (Mezarlık, 1 Saatlik Yağış Verisi, C = 0,30)
(Başak Abravanel ,2025)

Dönüş Aralığı (Yıl)	Yağış (1 saat)	Hacim (m³)
2	19,3	128,8
5	31,3	208,9
10	40,6	270,9
25	53,6	357,7
50	64,2	428,4
100	75,7	505,2

Tablo 4.24 1 Saatlik Yağış Verisine Göre Hesaplanan Değerler (Başak
Abravanel, 2025)

Dönüş Aralığı (Yıl)	Yağış (mm)	Toplam Yağmur Hacmi (m³)	Tutulan Su (m³)	Yüzey Akışı (m³)
2	19,3	429,3	300,5	128,8
5	31,3	696,2	487,3	208,9
10	40,6	902,1	631,2	270,9
25	53,6	1.191,7	834,0	357,7
50	64,2	1.428,1	999,7	428,4
100	75,7	1.683,9	1.178,7	505,2

Bu tabloda "toplam yağmur hacmi" tüm alanı etkileyen yağmurun hacmini gösterir. "Tutulan su", toprağın emdiği veya yüzeyde geçici olarak biriken su miktarıdır. "Yüzey akışı" ise taşkına dönüşebilecek potansiyel su miktarıdır.

4.6.2 AVM ve Mezarlık – Yağmur Suyu Karşılaştırması

Aynı büyüklükte olduğu varsayılarak (22.244 m²) AVM ve mezarlık alanları için, 1 saatlik MGM yağış verilerine göre yapılan yüzeysel akış ve su tutma miktarı karşılaştırılmıştır.

Tablo 4.25 AVM Ve Mezarlık Tutulan ve Akışa Geçen Su Miktarı Farkları
(Başak Abravanel, 2025)

Dönüş Aralığı (Yıl)	AVM Akış (m³)	AVM Tutulan (m³)	Mezarlık Akış (m³)	Mezarlık Tutulan (m³)
2	407,8	21,5	128,8	300,5
5	661,4	34,8	208,9	487,4
10	858,0	45,2	270,9	632,2
25	1.132,7	59,6	357,7	834,6
50	1.356,7	71,4	428,4	999,6
100	1.599,7	84,2	505,2	1.178,7

Yüzey özellikleri, yağmur suyunun yüzeysel akışa geçiş oranını ve alanda tutulma potansiyelini doğrudan etkilemektedir. Geçirimsiz yüzeylerin yoğun olduğu yapı alanlarında yağışın önemli bir bölümü kısa sürede yüzeysel akışa dönüşürken, geçirgen yüzeylerin bulunduğu alanlarda bu etki önemli ölçüde azalır.

Bu bağlamda, eşit büyüklükteki (22.244 m²) bir alışveriş merkezi (AVM) yüzeyi ile mezarlık alanı karşılaştırıldığında, geçirimsizlik oranının etkisi açıkça görülmektedir. AVM alanı için kullanılan akış katsayısı (C) 0,95 olup, bu değer yüzeye düşen yağmurun yaklaşık %95'inin yüzeysel akışa geçtiğini ifade etmektedir. Mezarlık alanında ise yüzey yapısının çim ve toprak gibi geçirgen malzemelerden oluşması nedeniyle akış katsayısı 0,30 olarak alınmıştır; bu da yağışın yalnızca %30'unun yüzeysel akışa dönüşeceğini göstermektedir.

100 yıllık dönüş aralığına sahip bir yağışta (75,7 mm/saat), AVM alanı üzerinde oluşan toplam yüzeysel akış hacmi yaklaşık 1.599,7 m³ olup, yalnızca 84,2 m³'lük kısmı yüzey tarafından tutulabilmektedir. Öte yandan, aynı büyüklükteki mezarlık alanında yüzeysel akış hacmi 505,2 m³ seviyesinde kalmakta, 1.178,7 m³'lük önemli bir kısmı ise infiltrasyon, buharlaşma ve yüzeyde geçici birikme yoluyla tutulmaktadır.

Bu sonuçlar, geçirgen yüzeylerin yağmur suyu yönetimi açısından nedenli kritik olduğunu ortaya koymaktadır. Geçirimsiz alanlarda taşkın riski daha yüksek olup, drenaj sistemlerinin kapasite açısından daha dikkatli planlanması gerekmektedir. Buna karşın, geçirgen alanlar doğal bir su yönetimi işlevi görmekte, bu sayede hem taşkın önlenmekte hem de suyun doğal döngüsü desteklenmektedir.

İstanbul'un Acıbadem ve Hasanpaşa mahallelerinde bulunan yeşil alanlar, mezarlıklar, sağlık ve eğitim birimleri için 100 yıllık dönüş süresine sahip 1 saatlik yağışa göre yağmur suyu yönetimi değerlendirme yapılarak şu sonuçlara ulaşılmıştır:

MGM verilerine göre 1 saatlik 100 yıllık dönüş süresine sahip yağış miktarı (75,7 mm) baz alınarak, her yüzeyin toplam yağış hacmi, yüzeysel akışa geçen kısmı ve sistem/zemin tarafından tutulabilecek kısmı hesaplanmıştır.

1. Parklar ve Mezarlıklar

Bu alanlar çim, toprak ve yarı geçirgen yüzeyler içerdiğinden önemli miktarda suyu doğal yollarla tutabilir. Özellikle mezarlıklar, 2.541 m³'lük toplam yağışın yaklaşık %70'ini (1.779 m³) tutabilme kapasitesine sahiptir. Bu alanlar, taşkın riskini azaltıcı doğal sünger işlevi görmektedir.

2. Sağlık ve Eğitim Birimleri

Bu yapıların bulunduğu alanlar büyük oranda sert ve geçirimsiz yüzeyler içerdiğinden, yağın yağmurun %90'ı yüzey akışına dönüşmektedir. Sağlık birimlerinde 884 m³'lük yağışın 795,6 m³'ü doğrudan yüzeysel akışa geçerken yalnızca 88,4 m³'ü tutulabilmektedir. Eğitim alanları da benzer şekilde 2.170 m³'lük yağışın 1.953 m³'ünü akışa dönüştürmektedir.

Girdi Verileri:

- Yağış miktarı: 75,7 mm (1 saatlik, 100 yıllık dönüş aralığı)
- Katsayılar:
 - Parklar: C = 0,25
 - Mezarlıklar: C = 0,30
 - Sağlık ve Eğitim Birimleri: C = 0,90

Parklar (20.570 m², C = 0,25):

1. Toplam Yağış:

$$H = 20.570 \times (75,7/1000) = 1577,1 \text{ m}^3$$

2. Yüzey Akışı:

$$H = 1.577,1 \times 0,25 = 389,3 \text{ m}^3$$

3. Tutulan Su:

$$H = 1.577,1 \times 0,75 = 1.167,9 \text{ m}^3$$

Mezarlıklar (33.567 m², C = 0,30):

1. Toplam Yağış:

$$H = 33.567 \times (75,7/1000) = 2541 \text{ m}^3$$

2. Yüzey Akışı:

$$H = 2.541 \times 0,30 = 762,3 \text{ m}^3$$

3. Tutulan Su:

$$H = 2.541 \times 0,70 = 1.778,7 \text{ m}^3$$

Sağlık Birimleri (11.678 m², C = 0,90):

1. Toplam Yağış:

$$H = 11.678 \times (75,7/1000) = 884 \text{ m}^3$$

2. Yüzey Akışı:

$$H = 884 \times 0,90 = 795,6 \text{ m}^3$$

3. Tutulan Su:

$$H = 884 \times 0,10 = 88,4 \text{ m}^3$$

Eğitim Birimleri (28.670 m², C = 0,90):

1. Toplam Yağış:

$$H = 28.670 \times (75,7/1000) = 2.170,3 \text{ m}^3$$

2.Yüzey Akışı:

$$H=2.170,3 \times 0,90=1.953,3 \text{ m}^3$$

3.Tutulan Su:

$$H=2.170,3 \times 0,10=217,0 \text{ m}^3$$

Tablo 4.26 Alanlardaki 1 Saatte Oluşan Yağış, Akış ve Tutulan Su Miktarı
(Başak Abravanel, 2025)

Alan Türü	Toplam Yağış (m³)	Yüzey Akışı (m³)	Tutulan Su (m³)
Parklar	1.557,1	389,3	1.167,9
Mezarlıklar	2.541,0	762,3	1.778,7
Sağlık Birimleri	884,0	795,6	88,4
Eğitim Birimleri	2.170,3	1.953,3	217,0

BÖLÜM 5

5.TARTIŞMA

Bu çalışmada, İstanbul'un Kadıköy ilçesine bağlı Acıbadem ve Hasanpaşa mahallelerindeki yeşil alanlar, mezarlıklar, sağlık ve eğitim birimlerine ait yüzeylerin yağmur suyu yönetimi üzerindeki etkisi değerlendirilmektedir. İnceleme kapsamında, Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) verilerine göre 100 yıllık dönüş süresine sahip 1 saatlik yağış miktarı (75,7 mm) temel alınarak, her yüzeyin yağış karşısında oluşturduğu yüzeysel akış ve tutulan su miktarları hesaplanmıştır.

Yapılan hesaplamalar, yüzey tipine göre akış katsayısı kullanılarak gerçekleştirilmiş ve aşağıdaki sonuçlara ulaşılmaktadır:

Tablo 5.1 Alanlardaki Toplam Yağış , Akış ve Tutulan Su Miktarı (Başak Abravanel, 2025)

Alan Türü	Alan (m²)	Toplam Yağış (m³)	Yüzey Akışı (m³)	Tutulan Su (m³)
Parklar	20.570	1.557,1	389,3	1.167,9
Mezarlıklar	33.567	2.541,0	762,3	1.778,7
Sağlık Birimleri	11.678	884,0	795,6	88,4
Eğitim Birimleri	28.670	2.170,3	1.953,3	217,0
Toplam	94.485	7.152,4	3.900,5	3.251,9

Bu tez çalışması, kentsel alanlarda artan yüzeysel akış, taşkın riski ve suyun verimsiz kullanımı gibi sorunlara karşı sürdürülebilir yağmur suyu yönetimi yaklaşımlarının entegrasyonunu ele almaktadır. İstanbul'un yoğun

kentsel dokusuna sahip Kadıköy ilçesi örneği üzerinden yürütülen araştırmada; yeşil altyapı bileşenlerinin (yeşil çatılar, geçirgen yüzey kaplamaları, yağmur bahçeleri, biyolojik hendekler vb.) kentsel tasarım süreçlerine nasıl entegre edilebileceği analiz edilmiştir.

Gerçekleştirilen AHP tabanlı uygunluk analizi ve Rasyonel yöntem ile yapılan hesaplamalar, seçilen yeşil altyapı uygulamalarının kent ölçeğinde yüzeysel akışı önemli ölçüde azaltabildiğini ortaya koymaktadır. Özellikle yüzey geçirimsizliğinin azaltılması ile birlikte, yağmur sularının doğal süreçlerle toprak tarafından absorbe edilmesinin mümkün hale gelmesi, hem sel riskinin düşürülmesine hem de yer altı su kaynaklarının beslenmesine katkı sunmaktadır. Bu sonuç, WSUD (Suya Duyarlı Kentsel Tasarım), LID (Düşük Etkili Gelişim) ve SuDS (Sürdürülebilir Kentsel Drenaj Sistemleri) yaklaşımlarının temel ilkeleriyle birebir örtüşmektedir (Wong, 2006; Radcliffe, 2019; USEPA, 2017).

Ayrıca çalışmada vurgulanan yeşil altyapı çözümleri, yalnızca suyun yönetimiyle sınırlı kalmayıp, aynı zamanda kentsel ısı adası etkisinin azaltılması, karbon yutak alanlarının oluşturulması, estetik değerlerin artırılması ve biyolojik çeşitliliğin korunması gibi çok yönlü ekolojik faydalar sunmaktadır. Örneğin, yeşil çatı uygulamaları sadece suyu tutma değil, aynı zamanda enerji verimliliği ve estetik kalite sağlayarak insan yaşamını doğrudan etkileyen mekânsal nitelikleri iyileştirmektedir.

Kadıköy gibi yoğun yapılaşmaya sahip alanlarda, mevcut açık ve yeşil alanların korunması ve artırılması, sel riski yönetiminin yanı sıra sosyal ve ekolojik faydalar sağlayabilmektedir.

Kullanılan AHP ve Rasyonel yöntemlerin birlikte uygulanması, hem niteliksel hem de niceliksel değerlendirmeleri bütünleştirerek karar verme sürecini güçlendirmektedir. Ancak bu yöntemlerin bazı sınırları da bulunmaktadır. Örneğin, akış katsayılarının sabit alınması ve yüzeylerin zamanla değişebilecek özelliklerinin hesaba katılmaması, hesaplamalarda belirli bir sapmaya neden olabilmektedir. Bu durum, özellikle uzun vadeli planlamalarda daha dinamik modellerin kullanılmasını gerekli kılmaktadır.

Teorik olarak önerilen çözümlerin sahada uygulanabilirliği, sadece mühendislik hesaplamalarına değil, aynı zamanda toplumsal kabul ve kullanıcı alışkanlıklarına da bağlı olabilmektedir. Bu bağlamda, mahalle ölçeğinde yapılacak katılımcı çalışmalar, önerilen yeşil altyapı uygulamalarının benimsenmesini kolaylaştırabilir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapılan hesaplamalar ve değerlendirmeler yüzey türünün yağmur suyu yönetiminde belirleyici bir rol oynadığını göstermektedir. Park ve mezarlık gibi geçirgen yüzeyler yağışın büyük kısmını tutma kapasitesine sahipken, sağlık ve eğitim birimleri gibi geçirimsiz alanlarda yağmur suyunun %90'ı yüzey akışına geçmektedir.

Özellikle mezarlık alanları, toplam yağışın %70'ini doğal yollarla tutarak kentsel taşkın riskini azaltıcı bir işlev üstlenmektedir. Buna karşın sert zeminli kamu alanları, yağışın neredeyse tamamını drenaj sistemlerine yüklemekte ve bu da sürdürülebilir kentsel altyapı ihtiyacını artırmaktadır.

Bu bağlamda, yeşil altyapı uygulamalarının (geçirgen yüzeyler, yağmur bahçeleri, yeşil çatılar vb.) yaygınlaştırılması ve geçirimsiz yüzeylerin azaltılması, yağmur suyu yönetimi açısından önem arz etmektedir. Belirli alanlarda bu tür sürdürülebilir sistemlerin uygulanmasıyla yaklaşık 3.250 m³'lük suyun kent içinde tutulabileceği ve tekrar kullanılabilmesi Tablo 5.1'de görülmektedir.

Sürdürülebilir yağmur suyu yönetimi tüm alana uygulandığında, yüzeysel akışa geçen su miktarında yaklaşık %20–25 oranında bir azalma sağlanabilmektedir.

- Eğitim ve sağlık tesisleri gibi kamu yapılarının çevresinde, geçirgen zemin uygulamalarının artırılması ve bitkilendirme ile suyun yüzeyde yavaşlatılarak yerinde sızmasının sağlanması,
- Park alanlarının doğal topografyasının korunarak suyun geçici depolanmasına imkân tanıyan çökertme alanları (yağmur bahçeleri, biyolojik hendekler) ile zenginleştirilmesi,
- Mezarlık alanlarının bu doğal su tutma işlevinin korunması ve geliştirilmesi için bakım stratejilerinin (çim yerine yer örtücü bitkiler, yüzeyde sıkıştırmayı önleyici düzenlemeler) benimsenmesi,

- Yağmur suyunun biriktirilerek tekrar kullanımına olanak tanıyacak yerel toplama ve filtrasyon sistemlerinin küçük ölçekli park, okul ve hastane bahçelerinde uygulanması,
- Kentsel dönüşüm projelerinde yüzey geçirgenliği yüksek peyzaj tasarımlarının teşvik edilmesi,
- Tüm bu uygulamaların, suyun yerinde yönetimini teşvik eden entegre bir peyzaj planlama süreciyle birleştirilmesi.

Bu kapsamda ulaşılan başlıca sonuçlar özetle şunlardır:

- Bütüncül Planlama: Yağmur suyu yönetimi, alanın tüm fiziksel ve çevresel özellikleri göz önünde bulundurularak, genelden özele detaylandırılmış bir planlama ile yapılmalıdır.
- Hazırlık Aşamasının Önemi: Etkili bir sistem kurmak için suyun akış yolları, biriktiği alanlar ve bölgeye özgü dinamikler doğru şekilde analiz edilmelidir.
- Yeşil Alanların Korunması: Mevcut orman alanları, akışa geçen suyun miktarını azaltmakta kritik rol oynamaktadır. Bu alanların korunması, taşkın risklerini azaltabilmektedir.
- Yeni Yeşil Alanlar ve Ekosistem Desteği: Önerilen uygulamalarla artırılacak yeşil alanlar, kentsel ekosistemin gelişmesine katkı sağlarken aynı zamanda yeni yaşam alanlarının (habitatların) oluşmasına da destek verecektir.
- Kaynak Verimliliği: Yağmur suyunun alternatif bir su kaynağı olarak değerlendirilmesi, şebeke suyu kullanımını azaltacak, böylece sürdürülebilir su yönetimine katkı sağlayacaktır.

Bu değerlendirme, mevcut yüzeylerin işlevsel kullanımını, taşkın riskini ve sürdürülebilirlik potansiyelini ortaya koymakta; peyzaj mimarlığı disiplini açısından kentsel su yönetiminde doğa tabanlı çözümlerin önemini bir kez daha vurgulamaktadır.

Sıra No	Yıllar	X Değerleri mm	Sıralı X mm	m/(N+1) %	Sıra No	Yıllar	X Değerleri mm	Sıralı X mm	m/(N+1) %
1	2020	76,10	24,90	2,08	27	1994	46,30	52,9	56,25
2	2019	67,30	26,60	4,17	28	1993	27,60	53,0	58,33
3	2018	38,60	27,60	6,25	29	1992	40,60	54,2	60,42
4	2017	37,70	27,90	8,33	30	1991	55,90	55,9	62,50
5	2016	65,60	30,70	10,42	31	1990	42,30	58,1	64,58
6	2015	73,70	30,70	12,50	32	1989	32,80	61,5	66,67
7	2014	30,70	31,00	14,58	33	1988	35,8	62,1	68,75
8	2013	40,20	32,00	16,67	34	1987	65,5	65,5	70,83
9	2012	31,00	32,80	18,75	35	1986	35,9	65,6	72,92
10	2011	30,70	34,40	20,83	36	1985	73,9	67,3	75,00
11	2010	75,50	34,50	22,92	37	1984	26,6	72,9	77,08
12	2009	100,50	34,80	25,00	38	1983	53,0	73,7	79,17
13	2008	46,10	35,80	27,08	39	1982	27,9	73,9	81,25
14	2007		35,90	29,17	40	1981	137,1	75,5	83,33
15	2006		37,70	31,25	41	1980	46,7	76,1	85,42
16	2005		38,50	33,33	42	1979	38,5	100,5	87,50
17	2004	40,30	38,60	35,42	43	1978	62,1	103,5	89,58
18	2003	34,80	40,20	37,50	44	1977	52,9	137,1	91,67
19	2002	32,00	40,30	39,58	45	1976	34,5		
20	2001	58,10	40,60	41,67	46	1975	61,5		
21	2000	24,90	42,30	43,75	47	1974	51,8		
22	1999	34,40	46,10	45,83		1973			
23	1998	54,20	46,30	47,92		0			
24	1997	72,90	46,70	50,00		0			
25	1996	52,10	51,80	52,08		0			
26	1995	103,50	52,10	54,17		0			

Şekil A2. Kartal Meteoroloji İstasyonu Maksimum Yağışlarının Ektrem Dağılım Hesabı. Bu çalışmada kullanılan hesaplama tablosu, Instagram ve YouTube üzerinde [Engin YILDIZ, mühendisinlgunlugu,2025] tarafından paylaşılan örnekten uyarlanarak düzenlenmiştir.

KARTAL DMİ METEOROLOJİ İSTASYONU
GÜNLÜK MAKSİMUM YAĞIŞLARININ EKSTREM DAĞILIM HESABI

Dağılım Tipi	2	5	10	25	50	100	200	500	Kabul Edilen
Normal Dağılım	48,30	69,92	81,22	93,28	101,06	108,06	114,45	122,16	
Log-Normal (2 Parametrel)	42,64	64,91	80,84	102,19	118,86	136,18	154,17	179,07	
Log-Normal (3 Parametrel)	44,73	67,72	82,16	99,75	112,42	124,83	137,03	152,98	
Pearson Tip-3 (Gama Tip-3)	42,53	66,42	82,65	102,95	117,79	132,29	146,58	160,87	
Log-Pearson Tip-3	46,01	65,53	80,37	101,43	118,90	137,95	158,78	182,75	*****
Gumbel	42,19	69,25	87,17	109,80	126,59	143,26	159,87	181,78	

DAĞILIMLARIN İSTATİSTİK
PARAMETRELERİ

Yıl Sayısı	47
Lineer Çarpıklık Katsayısı	1,39736
Logaritmik Çarpıklık Katsayısı	0,49654
Lineer Ortalama	48,30000
Lineer Standart Sapma	25,68888
Logaritmik Ortalama	1,67706
Logaritmik Standart Sapma	0,17240

DAĞILIM TİPLERİNİN SİMİRNOV-KOLMOGOROV TESTİNE GÖRE SONUÇLARI

Dağılım Tipi	Teorik P	Amirik P	Maksimum P Δ_{max}	P deki Gözlem Değeri	Anlamlılık Yüzdeleri				
					0,80	0,85	0,90	0,95	0,99
Normal Dağılım	0,819	0,021	0,160	24,9	Ret	Kabul	Kabul	Kabul	Kabul
Log-Normal (2 Parametrel)	0,745	0,104	0,151	30,7	Kabul	Kabul	Kabul	Kabul	Kabul
Log-Normal (3 Parametrel)	0,738	0,104	0,158	30,7	Ret	Kabul	Kabul	Kabul	Kabul
Pearson Tip-3 (Gama Tip-3)	0,273	0,104	0,168	30,7	Ret	Ret	Kabul	Kabul	Kabul
Log-Pearson Tip-3	0,800	0,708	0,091	65,5	Kabul	Kabul	Kabul	Kabul	Kabul
Gumbel	0,264	0,042	0,222	26,6	Ret	Ret	Ret	Ret	Kabul

NOT :Log -PearsonTip - 3 dağılımı uygundur.

Şekil A 3.Kartal Meteoroloji İstasyonu Maksimum Yağışlarının Ektrem Dağılım Hesabı.Bu çalışmada kullanılan hesaplama tablosu, Instagram ve YouTube üzerinde [Engin YILDIZ, mühendisinlgunlugu,2025] tarafından paylaşılan örnekten uyarlanarak düzenlenmiştir.



METEOROLOJİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ

İSTANBUL BÖLGE(KARTAL) METEOROLOJİ İSTASYONUNDA

STANDART SÜRELERDE GÖZLENEN EN BÜYÜK YAĞIŞLAR (mm) VE TEKERRÜR ANALİZİ



GÖZLEM YILI	DAKKA													SAAT																	
	5	10	15	30	1	2	3	4	5	6	8	12	18	24	*	5	10	15	30	1	2	3	4	5	6	8	12	18	24	*	
2020	5.3	7.7	8.7	10.1	10.4	11.5	13.5	15.5	19.1	20.3	20.5	20.6	23.3	26.1	*	5.3	7.7	8.7	10.1	10.4	11.5	13.5	15.5	19.1	20.3	20.5	20.6	23.3	26.1	*	
2019	9.9	14.7	16.4	20.3	46.6	53.1	54.7	56.2	57.6	59.0	60.9	65.1	65.2	67.3	*	9.9	14.7	16.4	20.3	46.6	53.1	54.7	56.2	57.6	59.0	60.9	65.1	65.2	67.3	*	
2018	9.8	15.9	19.9	20.5	20.9	20.9	20.9	35.2	35.3	35.7	35.7	35.2	36.9	36.6	*	9.8	15.9	19.9	20.5	20.9	20.9	20.9	35.2	35.3	35.7	35.7	35.2	36.9	36.6	*	
2017	10.3	16.5	18.2	26.8	27.2	27.2	29.7	31.5	37.1	37.5	37.5	37.6	37.7	37.7	*	10.3	16.5	18.2	26.8	27.2	27.2	29.7	31.5	37.1	37.5	37.5	37.6	37.7	37.7	*	
2016	6.1	10.0	11.4	14.4	27.1	28.8	28.9	28.9	28.9	28.9	28.9	28.9	28.9	28.9	*	6.1	10.0	11.4	14.4	27.1	28.8	28.9	28.9	28.9	28.9	28.9	28.9	28.9	28.9	*	
2015	11.4	20.8	27.0	38.8	35.4	37.4	37.4	37.4	37.4	37.4	37.4	37.4	37.4	37.4	*	11.4	20.8	27.0	38.8	35.4	37.4	37.4	37.4	37.4	37.4	37.4	37.4	37.4	37.4	*	
2014	9.2	13.9	18.0	23.5	27.6	27.6	27.6	27.6	27.6	27.6	27.6	27.6	27.6	27.6	*	9.2	13.9	18.0	23.5	27.6	27.6	27.6	27.6	27.6	27.6	27.6	27.6	27.6	27.6	*	
2013	3.0	5.7	6.2	10.6	14.8	14.0	28.1	28.9	29.5	30.1	31.6	32.1	32.2	40.2	*	3.0	5.7	6.2	10.6	14.8	14.0	28.1	28.9	29.5	30.1	31.6	32.1	32.2	40.2	*	
2012	9.9	18.1	24.6	25.9	25.7	25.7	25.7	25.7	27.9	28.3	28.4	28.5	30.9	37.6	*	9.9	18.1	24.6	25.9	25.7	25.7	25.7	25.7	27.9	28.3	28.4	28.5	30.9	37.6	*	
2011	4.0	5.4	6.9	9.9	10.4	12.5	14.4	14.5	14.6	16.4	17.8	20.4	21.5	30.7	*	4.0	5.4	6.9	9.9	10.4	12.5	14.4	14.5	14.6	16.4	17.8	20.4	21.5	30.7	*	
2010	3.9	6.6	8.7	14.2	20.1	22.1	22.1	22.1	22.1	22.1	22.1	26.0	28.4	32.3	*	3.9	6.6	8.7	14.2	20.1	22.1	22.1	22.1	22.1	22.1	26.0	28.4	32.3	32.3	*	
2009	7.2	9.3	11.6	17.5	29.2	32.8	39.7	39.2	45.3	46.2	46.1	46.6	46.6	46.6	*	7.2	9.3	11.6	17.5	29.2	32.8	39.7	39.2	45.3	46.2	46.1	46.6	46.6	46.6	*	
2008	1.8	3.5	5.1	8.4	13.4	20.7	24.5	24.8	24.8	24.9	24.9	24.9	25.0	46.1	*	1.8	3.5	5.1	8.4	13.4	20.7	24.5	24.8	24.8	24.9	24.9	24.9	25.0	46.1	*	
2007	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	*	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	*	
2006	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	*	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	*	
2005	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	*	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	*	
2004	5.4	7.4	8.0	9.4	11.8	15.4	19.9	23.5	24.1	24.1	24.6	24.7	24.7	40.3	*	5.4	7.4	8.0	9.4	11.8	15.4	19.9	23.5	24.1	24.1	24.6	24.7	24.7	40.3	*	
2003	3.6	4.8	5.3	6.3	8.5	11.6	12.6	14.0	14.8	15.1	15.5	19.4	22.1	34.8	*	3.6	4.8	5.3	6.3	8.5	11.6	12.6	14.0	14.8	15.1	15.5	19.4	22.1	34.8	*	
2002	8.9	10.5	10.6	14.1	21.0	22.4	22.5	22.5	22.8	23.1	23.1	26.6	26.2	32.0	*	8.9	10.5	10.6	14.1	21.0	22.4	22.5	22.5	22.8	23.1	23.1	26.6	26.2	32.0	*	
2001	7.9	10.1	12.5	15.8	18.1	19.0	23.5	26.0	26.1	26.8	26.1	26.9	27.8	28.1	*	7.9	10.1	12.5	15.8	18.1	19.0	23.5	26.0	26.1	26.8	26.1	26.9	27.8	28.1	*	
2000	0.5	0.9	7.3	9.0	10.5	12.6	13.3	16.9	18.1	19.5	21.5	23.9	24.8	24.9	*	0.5	0.9	7.3	9.0	10.5	12.6	13.3	16.9	18.1	19.5	21.5	23.9	24.8	24.9	*	
1999	8.4	12.4	16.4	20.8	21.8	22.6	22.7	29.9	30.2	31.0	33.0	33.7	33.8	34.4	*	8.4	12.4	16.4	20.8	21.8	22.6	22.7	29.9	30.2	31.0	33.0	33.7	33.8	34.4	*	
1998	11.4	19.3	23.7	29.0	29.2	29.2	29.4	34.8	35.6	41.7	42.4	44.5	51.0	54.2	*	11.4	19.3	23.7	29.0	29.2	29.2	29.4	34.8	35.6	41.7	42.4	44.5	51.0	54.2	*	
1997	8.5	11.9	17.6	23.8	26.9	41.2	42.3	45.3	46.4	51.6	57.7	68.1	72.3	72.9	*	8.5	11.9	17.6	23.8	26.9	41.2	42.3	45.3	46.4	51.6	57.7	68.1	72.3	72.9	*	
1996	6.5	10.2	13.6	18.7	20.3	22.6	27.9	29.1	29.8	29.8	30.5	44.3	47.2	50.1	*	6.5	10.2	13.6	18.7	20.3	22.6	27.9	29.1	29.8	29.8	30.5	44.3	47.2	50.1	*	
1995	9.9	14.7	18.2	26.7	30.5	34.1	61.7	63.0	63.1	63.1	63.1	72.0	100.5	113.5	*	9.9	14.7	18.2	26.7	30.5	34.1	61.7	63.0	63.1	63.1	63.1	72.0	100.5	113.5	*	
1994	4.0	5.7	7.1	7.6	9.8	14.3	18.5	21.0	22.4	25.0	26.7	29.5	42.0	46.3	*	4.0	5.7	7.1	7.6	9.8	14.3	18.5	21.0	22.4	25.0	26.7	29.5	42.0	46.3	*	
1993	4.6	5.1	6.4	9.4	11.9	15.3	17.0	17.1	17.1	17.6	17.6	23.9	27.5	27.6	*	4.6	5.1	6.4	9.4	11.9	15.3	17.0	17.1	17.1	17.6	17.6	23.9	27.5	27.6	*	
1992	10.5	15.7	20.8	30.8	36.0	36.2	36.8	37.5	37.5	37.5	37.5	37.5	37.5	40.6	*	10.5	15.7	20.8	30.8	36.0	36.2	36.8	37.5	37.5	37.5	37.5	37.5	37.5	40.6	*	
1991	9.1	11.5	14.3	24.5	29.2	30.6	30.6	32.4	34.7	35.2	35.8	41.4	41.7	55.9	*	9.1	11.5	14.3	24.5	29.2	30.6	30.6	32.4	34.7	35.2	35.8	41.4	41.7	55.9	*	
1990	4.0	5.0	6.5	8.8	8.5	16.1	20.0	24.8	26.2	26.5	26.5	29.5	29.5	42.3	*	4.0	5.0	6.5	8.8	8.5	16.1	20.0	24.8	26.2	26.5	26.5	29.5	29.5	42.3	*	
1989	4.9	6.0	7.5	11.0	12.5	14.8	20.1	22.9	25.6	25.4	26.4	26.4	27.2	32.8	*	4.9	6.0	7.5	11.0	12.5	14.8	20.1	22.9	25.6	25.4	26.4	26.4	27.2	32.8	*	
1988	3.3	5.6	6.1	9.5	7.0	9.0	11.7	15.3	17.9	17.9	17.9	18.4	20.0	26.8	*	3.3	5.6	6.1	9.5	7.0	9.0	11.7	15.3	17.9	17.9	17.9	18.4	20.0	26.8	*	
1987	5.7	7.9	10.7	14.7	20.4	26.9	35.5	36.9	37.8	38.0	42.2	48.8	57.4	65.1	*	5.7	7.9	10.7	14.7	20.4	26.9	35.5	36.9	37.8	38.0	42.2	48.8	57.4	65.1	*	
1986	7.3	11.1	15.3	24.6	35.5	35.6	35.9	35.9	35.9	35.9	35.9	35.9	35.9	35.9	*	7.3	11.1	15.3	24.6	35.5	35.6	35.9	35.9	35.9	35.9	35.9	35.9	35.9	35.9	35.9	*
1985	3.0	4.2	5.2	7.7	10.2	20.0	24.8	30.0	30.6	30.6	47.2	64.5	72.8	73.9	*	3.0	4.2	5.2	7.7	10.2	20.0	24.8	30.0	30.6	30.6	47.2	64.5	72.8	73.9	*	
1984	5.3	8.0	8.0	8.2	8.4	13.2	14.9	16.7	16.9	17.3	17.5	19.0	25.0	26.6	*	5.3	8.0	8.0	8.2	8.4	13.2	14.9	16.7	16.9	17.3	17.5	19.0	25.0	26.6	*	
1983	7.5	11.2	12.9	15.4	14.2	19.0	21.2	21.7	22.6	24.2	24.8	24.8	26.2	30.0	*	7.5	11.2	12.9	15.4	14.2	19.0	21.2	21.7	22.6	24.2	24.8	24.8	26.2	30.0	*	
1982	4.0	5.8	7.5	9.8	12.0	14.0	15.8	15.8	15.8	15.9	15.9	15.9	16.6	27.9	*	4.0	5.8	7.5	9.8	12.0	14.0	15.8	15.8	15.8	15.9	15.9	15.9	16.6	27.9	*	
1981	10.1	19.0	24.8	37.9	35.5	88.3	113.7	119.3	121.2	122.4	123.9	132.2	134.7	137.1	*	10.1	19.0	24.8	37.9	35.5	88.3	113.7	119.3	121.2	122.4	123.9	132.2	134.7	137.1	*	
1980	3.8	5.7	7.7	12.7	15.5	18.0	24.1	32.1	36.5	41.4	43.1	44.4	44.0	46.7	*	3.8	5.7	7.7	12.7	15.5	18.0	24.1	32.1	36.5	41.4	43.1	44.4	44.0	46.7	*	
1979	4.0	7.1	7.7	7.8	7.8	8.9	10.4	10.6	10.7	10.7	17.4	25.1	32.0	36.5	*	4.0	7.1	7.7	7.8	7.8	8.9	10.4	10.6	10.7	10.7	17.4	25.1	32.0	36.5	*	
1978	3.7	8.6	8.4	14.8	21.4	26.1	44.5	56.5	55.7	57.0	59.3	60.6	60.6	60.6	*	3.7	8.6	8.4	14.8	21.4	26.1	44.5	56.5	55.7	57.0	59.3	60.6	60.6	60.6	60.6	*
1977	13.8	18.2	20.4	20.6	25.8	27.8	33.4	33.6	33.6	33.6	34.1	46.1	46.1	52.9	*	13.8	18.2	20.4	20.6	25.8	27.8	33.4	33.6	33.6	33.6	34.1	46.1	46.1	52.9	*	
1976	16.5	22.6	23.3	26.1	28.7	31.1	31.7	34.4	34.4	34.5	34.5	34.5	34.5	34.5	*	16.5	22.6	23.3	26.1	28.7	31.1	31.7	31.7	34.4	34.4	34.5	34.5	34.5	34.		

KAYNAKLAR

- Akan, A. O., & Houghtalen, R. J. (2003). *Urban hydrology, hydraulics, and stormwater quality: Engineering applications and computer modeling*. John Wiley & Sons.
- Akıncı, H., Yavuz Özalp, A., & Turgut, B. (2012, Ekim 16–19). AHP yöntemi ile tarıma uygun alanların belirlenmesi. *IV. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu (UZAL-CBS 2012)*, Türkiye.
- American Society of Landscape Architects (ASLA). (n.d.). *SITES: The Sustainable Sites Initiative*. <https://www.asla.org/sites/>
- Ammarapala, V., Chinda, T., Pongsayaporn, P., Ratanachot, W., Punthutaecha, K., & Janmonta, K. (2018). Cross-border shipment routes selection utilizing an analytic hierarchy process (AHP) method. *Songklanakarın Journal of Science and Technology*, 40(1), 31–37.
- Argue, J. R. (2005). *Watersensitive urban design: Basic procedures for "source control" of stormwater*. Urban Water Resources Centre, University of South Australia.
- ASCE-EWRI. (2016). *Green infrastructure and sustainable stormwater management*. American Society of Civil Engineers. <https://ascelibrary.org/>
- Auckland Regional Council (ARC). (1992). *Design guideline manual for stormwater treatment devices* (ARC Technical Publication No. 10).
- Bak, M., & Barjenbruch, M. (2022). *Raingardens: Green infrastructure for sustainable stormwater management*. Platinum Lake Management. <https://www.platinumlakemanagement.com/blog/types-of-stormwater-systems-in-charlotte-2> (2024, 12 Kasım)
- Bantchina, B. B. (2018). *Nilüfer Baraj Havzası için sentetik birim hidrograf ve havza parametrelerinin belirlenmesi*, Yayınlanmamış Yüksek lisans tezi, Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Bildirici, M. (2009). *Antik Çağda yapılmış barajlar; tarihi sulama, su depolama, taşkın koruma tesisleri*.
- Burge, L., Dunnett, N., & Yuan, C. (2012). Raingardens and sustainable urban drainage. *Journal of Urban Ecology*, 4(2), 87–102.

- California StormwaterQualityAssociation (CASQA). (2003). *Stormwaterbestmanagementpracticehandbook: developmentand redevelopment*. New
- Chow, V. T., Maidment, D. R., &Mays, L. W. (1988). *Appliedhydrology*. McGraw-Hill.
- Çelikyay, S., Cengiz, S., & Görmüş, S. (2015). Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Bartın ili'nin arazi kullanım uygunluk analizi. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 17(25–26), 73–81.
- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Mekânsal Planlama Genel Müdürlüğü. (2024). *Yağmur bahçesi tahliye kesit detayları*. <https://nacto.org/publication/urban-street-design-guide/street-design-elements/stormwater-management/bioswales/> (2024, 2 Aralık)
- Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı. (t.y.). *Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği*.
- Demirel, Ö., &Düzgüneş, E. (Eds.). (2022). *Peyzaj araştırmaları II*. Lyon: Motion Graphics. ISBN: 978-2-38236-293-8
- Dilley, M. (2005). *Natural disasterhotspots: A global risk analysis*. The World Bank.
- DSİ (Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü). (2015). *Taşkın yönetimi rehberi*.
- Dunnett, N., & Yuan, C. (2018). *Plantinggreenroofsandlivingwalls* (2nd ed.). TimberPress.
- ECOAnouk. (2023). *Rainwaterharvestingtanks: Typesandapplications*. <https://ecoanouk.com/rain-water-harvesting-tanks/> (2024,4 Nisan)
- ECOBUILD. (t.y.). *Çevre dostu park nedir? SITES sertifikası hakkında bilgilendirme dokümanı [Broşür]*. ECOBUILD Yeşil Binalar İnşaat Mühendislik Enerji Yatırım Ticaret Danışmanlık Ltd. Şti.
- Ekşi, M. (2006). *Çatı ve teras bahçelerinde kullanılan konstrüksiyon elemanları ve yeni yaklaşımlar*,Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- EPA (U.S. EnvironmentalProtectionAgency). (2004). *Stormwaterbestmanagementpracticdesignguide – Volume 1*.
- Eraydın, E. (2015). *Uzaktan algılama ve CBS yöntemleri kullanılarak akış eğri numaralarından Eşen Çayı Havzası için taşkınların belirlenmesi*,YayınlanmamışYüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen

Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Hidrolik ve Su Kaynakları Mühendisliği Programı.

- Erdoğan, E. (2006). Çevre ve kent estetiği. *ZKÜ Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 8(9), 68.
- Erdoğan, R. (2006). *Kent estetiği ve estetik planlama ilkeleri*. Süleyman Demirel Üniversitesi Yayınları.
- Erdönmez, C., & Akı, E. (2005). Kentsel açık alanlarda fiziksel çevre kalitesi ve kullanıcı davranışı ilişkisi. *İTÜ Dergisi*, 4(2), 3–14.
- Erpul, G. (t.y.). *Yüzey akışların hesaplanması* [Sunum slaytları]. https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/137709/mod_resource/content/0/CBSCozumleri3_HavzaYuzeyAkisHesaplamalari%20%5BUyumluluk%20Modu%5D.pdf
- Erşen, A. (2014). Kent estetiği ve kamusal alanlar. *Kentsel Tasarım Dergisi*, 2(1), 1–10.
- Eşbah Tunçay, H. (2021). *Suya duyarlı şehirler* (M. S. Sarıkaya, Rapor Koordinatörü). Türkiye Su Enstitüsü (SUEN). ISBN: 978-605-7599-59-9
- Fletcher, T. D., Andrieu, H., & Hamel, P. (2015). Understanding, management and modelling of urban hydrology and its consequences for receiving waters: A state of the art. *Advances in Water Resources*, 51, 261–279.
- Flickr. (2013). *Montgomery Countyraingarden* [Photograph]. <https://www.flickr.com/photos/mocobio/10929344156> (2024, 11 Aralık)
- Gülcü, G. (2021). *Kentsel alanlarda yağmur suyu yönetiminin mekânsal bileşenlerinin Üsküdar Meydanı Havzası üzerinden değerlendirilmesi*, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü.
- Güngör, S. S. (2021). Osmanlı su mimarisi ve İstanbul'daki 19. yüzyıl su yapıları. *Türk Hidrolik Dergisi (Turkish Journal of Hydraulic)*, 5(1), 32–48. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/1696941>
- Harris, J., Quinn, M., & Dorney, J. (1998). *Watershed management: A literature review*. U.S. Environmental Protection Agency.
- Hattapoğlu, M. Z. (2004). *Su olgusunun yerleşmeler evrimindeki yeri ve günümüzde bir kentsel tasarım elemanı olarak yeniden yorumlanması*. (Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü).

- Interface Blog. *KhooTeckPuatHospitalSingaporeBiophilic Design*. <https://blog.interface.com/khoo-teck-puat-hospital-singapore-biophilic-design/> (2025, 5 Ocak)
- İBB (İstanbul Büyükşehir Belediyesi). (2020). *İstanbul taşkın master planı*.
- İstanbul Büyükşehir Belediyesi, Deprem Risk Yönetimi ve Kentsel İyileştirme Daire Başkanlığı, Deprem ve Zemin İnceleme Müdürlüğü. (2017). *İstanbul ili, 1/25.000 ölçekli arazi kullanımına esas jeolojik etüt raporu* (Tarık Talay, İ. Akmeşe, İ. Bostancıoğlu, P. Aksoy, A. Yeşiltaş, H. Mehmetoğlu & M. Tekin, Proje çalışanları). <https://depremezmin.ibb.istanbul/uploads/prefix-istanbul-ili-1-25000-olcekli-arazi-kullanimina-esas-jeolojik-etud-raporu-66a356eb51cdb.pdf>
- Kapluhan, E. (2014). Coğrafi Bilgi Sistemleri'nin (CBS) Coğrafya öğretiminde kullanımının önemi ve gerekliliği. *Marmara Coğrafya Dergisi*, 29, 34–59. <https://doi.org/10.14781/MCD.2014298120>
- Kerim, A., & Süme, V. (2018). İstanbul'un eski su kaynakları; sarnıçlar. *Türk Hidrolik Dergisi (Turkish Journal of Hydraulic)*, 2(2), 1–8. <http://www.dergipark.gov.tr>
- Koç, N. & Güneş, G. (1998). Çatı bahçelerinde bitkisel düzenleme esasları. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 4(1–2), 625–633.
- Köylü, P., & Dokumacı Kiper, T. (2007). Kent kimliğini oluşturan değerler ve kimliksizleşme üzerine örneklemeler. *TMMOB Peyzaj Mimarlığı 3. Kongresi Bildiri Kitabı*, Antalya, 42–49.
- Kültür Envanteri. *Kadıköy Ermeni Mezarlığı*. <https://kulturenvanteri.com/yer/kadikoy-ermeni-mezarligi/#17.1/40.998837/29.046639> (Erişim tarihi: 25 Mayıs 2025).
- MaguireBrothers. (2023). *What is a bluerroof? Benefits and drawbacks*. <https://www.maguirebrothers.co.uk/what-is-a-blue-roof-what-are-the-benefits-and-drawbacks/> (2024, 15 Ocak)
- Mapio.net. *Kadıköy görüntüsü*. <https://mapio.net/pic/p-90217146/> (Erişim tarihi: 25 Mayıs 2025).
- Mays, L. W. (2001). *Stormwater collection systems design handbook*. McGraw-Hill.
- Muhendisin 1 gunlugu. <https://www.youtube.com/c/M%C3%BChendisinG%C3%BCnl%C3%BC%C4%9F%C3%BC/videos> (Erişim Tarihi: 2024, Mayıs)

- NACTO (National Association of City Transportation Officials). (2017). *Urban street stormwater guide*. <https://nacto.org/publication/urban-street-design-guide/>
- NACTO. (2017). *Urban street design guide: Bioswales*. National Association of City Transportation Officials. <https://nacto.org/publication/urban-street-design-guide/street-design-elements/stormwater-management/bioswales/> (2024, 2 Aralık)
- Oktay, H. E., Erdoğan, R., & Oktay, B. (2015). Kent ve su. *İnönü Üniversitesi Sanat ve Tasarım Dergisi*, 5(11), 119–125.
- Opera Parken. (2023). *About the Opera Park – Copenhagen*. <https://www.operaparken.dk/en/about-the-opera-park/> (2024, 18 Aralık)
- Özcan, C., Özdemir, M., & Yıldız, F. (2009). AHP (Analitik Hiyerarşi Süreci) yöntemi ile konumsal uygunluk analizi: Aksaray ili örneği. *Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 1(1), 45–57.
- Özeren Alkan, H. (2019). *Kentlerde yağmur bahçeleri tasarımı ve uygulama ilkeleri*. Yayınlanmamış Doktora tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi.
- Özgüner, H. (2004). Doğal peyzajın insanların psikolojik ve fiziksel sağlığı üzerine etkileri. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, Seri A(2)*, 97–107.
- Öziş, Ü., Arısoy, Y., Alkan, A., & Özdemir, Y. (2008, Mart). Türkiye’deki tarihi su yapılarının evrensel önemi. *TMMOB 2. Su Politikaları Kongresi* (s. 555–566). İnşaat Mühendisleri Odası. Türkiye.
- Öztürk, D., & Batuk, F. (2010). Coğrafi bilgi sistemleri kullanılarak AHP yöntemi ile mekânsal karar destek süreci. *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası Bülteni*, 28(3), 27–34.
- Öztürk, M. (2021). *Geçirimli yüzey uygulaması görseli*. https://x.com/ozturk_mustafa/status/1348717245501988869 (2024, 14 Aralık)
- Philadelphia Water Department. *Blue Roofs*. <https://water.phila.gov/development/s-tormwater-plan-review/manual/chapter-4/4-6-blue-roofs/#4.6.1> (2024, 17 Kasım)
- Radcliffe, D. E. (2019). *Urban stormwater management: Past, present, and future*. Springer.
- Rainwater Tanks Direct. (2022). *Slimline rainwater tanks for small homes*. <https://rainwatertanksdirect.com.au/blogs/slimline-rainwater-tanks-the-best-rainwater-tank-for-small-homes/> (2024, 26 Kasım)

- Selimoğlu, P., & Yamaçlı, R. (2022). Sürdürülebilir yağmur suyu hasadı üzerine yapısal bir inceleme. *Sürdürülebilir Mühendislik Uygulamaları ve Teknolojik Gelişmeler Dergisi*, 5(2), 210–231. <https://doi.org/10.51764/smutgd.1121620>
- SITES (2009). *The Sustainable Sites Initiative: Guidelines and Performance Benchmarks 2009*. Lady Bird Johnson Wildflower Center, US Botanic Garden & ASLA.
- Sincan Peyzaj. *Taş Modelleri*. <https://sincanpeyzaj.com/collections/tas-modelleri> (2024, 14 Aralık)
- Sözen, M., & Karadeniz, N. (1995). *Permakültür planlaması: Ekolojik tasarımın temelleri*. Ziraat Fakültesi Yayınları.
- Stratoflow. *What is GIS? A Complete Guide to Geographic Information Systems*. Erişim tarihi: 25 Mayıs 2025, <https://stratoflow.com/what-is-gis/> (2024, 10 Aralık)
- Strom, S., & Nathan, H. (1993). *Site engineering for landscape architects*. John Wiley & Sons.
- Strom, S., & Nathan, H. (1993). *Site engineering for landscape architects* (3rd ed.). Wiley.
- Tripadvisor. *Tepe Nautilus Shopping Center – Photo*. https://www.tripadvisor.com.tr/LocationPhotoDirectLink-g293974-d3595411-i249883859-Tepe_Nautilus_Shopping_Center-Istanbul.html (2025, 22 Nisan)
- TSE (Türk Standartları Enstitüsü). (2006). *TSE 622 - Yağmur suyu drenaj sistemleri standardı*.
- Tunçay, H. E. (2021). Suya Duyarlı Şehirler. Türkiye Su Enstitüsü. <https://suen.gov.tr/Suen/catdty.aspx?val=1496>
- U.S. EPA (2009). *Stormwater management design manual*.
- United States Environmental Protection Agency (USEPA). (2004). *Stormwater management model (SWMM)*.
- USEPA (United States Environmental Protection Agency). (2017). *Green infrastructure design and implementation*. EPA Office of Water.
- Ünal, U., & Akyüz, D. E. (2017). Yağmur hendeklerinin kapasite ve maliyet hesapları. *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi*, 7(2), 19–46v. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/380353>

- Wahl, T. L. (2009). *Design of spillways and energy dissipators*. American Society of Civil Engineers.
- White, R. (2009). Urban infrastructure: A historical perspective. *Urban Studies Journal*, 46(3), 537–556.
- Wikipedia. *Kadıköy Rum Ortodoks Mezarlığı*.
https://tr.wikipedia.org/wiki/Kad%C4%B1k%C3%B6y_Rum_Ortodoks_Mezarl%C4%B1%C4%9F%C4%B1#/media/Dosya:Grave10.jpg (Erişim tarihi: 25 Mayıs 2025).
- Wong, T. H. F. (2006). Watersensitive urban design – The journey thus far. *Australian Journal of Water Resources*, 10(3), 213–222.
- Y TúQuéPlanes. (2023). *Nasca kültürü ve antik su sistemleri*.
<https://www.ytuqueplanes.com/blog-viajero/ica/nasca-mas-alla-de-las-lineas-otros-tesoros-preincas-de-la-cultura-nasca/> (2024, 20 Kasım)
- Yandex. *Acıbadem Kadıköy Hastanesi konumu*.
https://yandex.com.tr/harita/org/acibadem_kadikoy_hastanesi/1246268659/?ll=29.043189%2C41.007149&z=16 (Erişim tarihi: 25 Mayıs 2025).
- Yerebatan Sarnıcı Bilgilendirme. (2023). *Yeraltında büyüdü bir yolculuk – Sultanahmet. Kitap ve Seyahat*.
<https://kitapveseyahat.com/2023/12/21/yerebatan-sarnici-yeraltinda-buyulu-bir-yolculuk-sultanahmet/> (2024, 7 Temmuz)
- Yuzyillik Hikayeler. (2023). *Binbirdirek Sarnıcı*.
[https://yuzyil\)likhikayeler.com/anitlar/binbirdirek-sarnici/](https://yuzyil)likhikayeler.com/anitlar/binbirdirek-sarnici/) (2024, 12 Temmuz)
- Zamani, P. M. (2022). İntensif (yoğun) ve ekstensif (seyrek) yeşil çatı sistemlerinin karşılaştırılması. *Journal of Technical and Applied Sciences*, 2(2), 8–18. <http://dx.doi.org/>
- Zion, R. (1968). *Trees for architecture and landscape*. Van Nostrand Reinhold Company.

ÖZGEÇMİŞ