



**“SÜRDÜRÜLEBİLİR YEŞİL KAMPÜS
YÖNETİMİNDE YAĞMUR BAHÇESİ TASARIMI;
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ MERKEZ YERLEŞKESİ**

Fatma KAZANÇ

**Danışman: Prof. Dr. Aslıhan ESRİNGÜ
Yüksek Lisans Tezi
Peyzaj Mimarlığı Ana Bilim Dalı
2025
(Her hakkı saklıdır.)**

T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
PEYZAJ MİMARLIĞI ANA BİLİM DALI

**SÜRDÜRÜLEBİLİR YEŞİL KAMPÜS YÖNETİMİNDE YAĞMUR BAHÇESİ
TASARIMI; ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ MERKEZ YERLEŞKESİ**

(Rain Garden Design In Sustainable Green Campus Management; Atatürk University Central
Campus)

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Fatma KAZANÇ

Danışman: Prof. Dr. Aslıhan ESRİNGÜ

Erzurum
Ocak, 2025



FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
Graduate School of Natural and
Applied Sciences

T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü
TEZ KABUL VE ONAY TUTANAĞI

SÜRDÜRÜLEBİLİR YEŞİL KAMPÜS YÖNETİMİNDE YAĞMUR BAHÇESİ TASARIMI; ATATÜRK
ÜNİVERSİTESİ MERKEZ YERLEŞKESİ

Prof. Dr Aslıhan ESRİNGÜ danışmanlığında, Fatma KAZANÇ tarafından hazırlanan bu çalışma, 27/01/2025 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı Peyzaj Mimarlığı Bilim Dalı'nda Yüksek Lisans tezi olarak **oybirliği (3/3)** ile kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı:	Prof.Dr Serkan ÖZER Atatürk Üniversitesi	Aslı Islak İmzalıdır
Danışman:	Prof. Dr Aslıhan ESRİNGÜ Atatürk Üniversitesi	Aslı Islak İmzalıdır
Jüri Üyesi:	Prof.Dr Onur ŞATIR Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi	Aslı Islak İmzalıdır
İkinci Tez Danışmanı (İkinci tez danışmanı yoksa bu satırı siliniz.)	Unvan Ad SOYAD Üniversite Adı	Enstitü Yönetim Kurulunun .../.../.... tarih ve sayılı kararı.

Bu tezin Atatürk Üniversitesi Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği'nin ilgili maddelerinde belirtilen şartları yerine getirdiğini onaylarım.

Prof.Dr. Alper NUHOĞLU
Enstitü Müdürü

Aslı Islak İmzalıdır

T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ

ETİK BİLDİRİM VE İNTİHAL BEYAN FORMU

Yüksek Lisans Tezi olarak **Prof.Dr. Aslıhan ESRİNGÜ** danışmanlığında sunulan “Sürdürülebilir Yeşil Kampüs Yönetiminde Yağmur Bahçesi Tasarımı; Atatürk Üniversitesi Merkez Yerleşkesi” başlıklı çalışmanın tarafımızdan bilimsel etik ilkelere uyularak yazıldığını, yararlanılan eserlerin kaynakçada gösterildiğini, Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından belirlenmiş olan Turnitin Programı benzerlik oranlarının aşılmadığını ve aşağıdaki oranlarda olduğunu beyan ederiz.

Tez Bölümleri	Tezin Benzerlik Oranı (%)	Maksimum Oran (%)
Giriş	22	30
Kuramsal Temeller	19	30
Materyal ve Metot	23	35
Araştırma Bulguları ve Tartışma	4	20
Sonuçlar ve Öneriler	7	20
Tezin Geneli	17	25

Not: Yedi kelimeye kadar benzerlikler ile Başlık, Kaynakça, İçindekiler, Teşekkür, Dizin ve Ekler kısımları tarama dışı bırakılabilir. Yukarıdaki azami benzerlik oranları yanında tek bir kaynaktan olan benzerlik oranlarının %5'den büyük olmaması gerekir.

Sunulan bilgilerin doğru olduğunu, aksi halde doğacak hukuki sorumlulukları kabul ettiğimizi beyan ederiz.

Tez Yazarı (Öğrenci)	Tez Danışmanı
Fatma KAZANÇ	Prof.Dr.Aslıhan ESRİNGÜ
27.1.2025	27.1.2025
İmza: Aslı Islak İmzalıdır	İmza: Aslı Islak İmzalıdır

* Tez ile ilgili YÖKTEZ'de yayınlamasına ilişkin bir engelleme var ise aşağıdaki alanı doldurunuz.

☐ Tezle ilgili patent başvurusu yapılması / patent alma sürecinin devam etmesi sebebiyle Enstitü Yönetim Kurulunun/....../.... tarih ve sayılı kararı ile teze erişim 2 (iki) yıl süreyle engellenmiştir.

☐ Enstitü Yönetim Kurulunun/....../.... tarih ve sayılı kararı ile teze erişim 6 (altı) ay süreyle engellenmiştir.

TEŞEKKÜR

‘Sürdürülebilir Yeşil Kampüs Yönetiminde Yağmur Bahçesi Tasarımı; Atatürk Üniversitesi Merkez Yerleşkesi’ konulu yüksek lisans tezimin hazırlanmasında bütün bilgi birikimiyle desteğini ve yardımlarını hep hissettiğim sayın hocam Prof.Dr. Aslıhan ESRİNGÜ’ye içtenlikle teşekkürlerimi sunarım.

Eğitim hayatım boyunca desteklerini esirgemeyen ve hep yanımda olan annem Nezihe KAZANÇ’a ve babam Sinan KAZANÇ’a bugüne kadarki maddi ve manevi tüm yardımları için teşekkür ederim.

Fatma KAZANÇ



ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

SÜRDÜRÜLEBİLİR YEŞİL KAMPÜS YÖNETİMİNDE YAĞMUR BAHÇESİ TASARIMI; ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ MERKEZ YERLEŞKESİ

Fatma KAZANÇ

Danışman: Prof. Dr. Aslıhan ESRİNGÜ

Amaç: Erzurum ili sınırları içerisinde bulunan Atatürk Üniversitesi kampüsünün sürdürülebilir yeşil kampüs yönetimi bakımından değerlendirilerek kampüs içerisinde yağmur suyu yönetimi açısından yağmur bahçesi tasarım önerileri geliştirilerek üniversitenin kampüs yerleşkeleri içerisinde kendi kendine yetebilen ve sürdürülebilir yeşil alan oluşturmada amaçlanmıştır.

Yöntem: Yapılan bu çalışmada, çalışmanın materyalini Erzurum ili Yakutiye ilçesi sınırları içerisinde 39° enlem ve 41° boylamları arasında yer alan Atatürk üniversitesi Kampüs alanı oluşturmaktadır. Çalışmada alanın topoğrafik özellikleri Arcgis programı ile alanın eğim yüzdesi belirlenerek kampüs içerisindeki çalışma alanları tespit edilmiştir. Alanın iklim verileri ise Meteoroloji genel müdürlüğü verilerinden alınmıştır. Belirlenen alan da yağmur bahçesi için gerekli yağmur suyu akış kat sayısı hesaplanmış ve bu hesaplamalara göre yağmur bahçesi büyüklüğü ve derinliği hesaplanmıştır. Çalışmada eğim yüzdesi %5 ile %12 arasında olan Mimarlık ve Tasarım Fakültesi ön bahçesinde yer alan sert zemin alanı ve Araştırma Hastanesi otoparkı yağmur bahçesi tasarım alanı olarak belirlenmiş. Bu alanlarda yağmur bahçesi tasarlanırken yağmur bahçesi tasarım kriterleri dikkate alınmıştır.

Bulgular:Yapılan araştırmalar neticesinde ortaya konan veriler ışığında yağmur bahçesi tasarım kriterleri dikkat alınarak Erzurum kent iklimine uyum sağlamış olan doğal ve mevsimlik bitkiler kullanılarak yağmur bahçesi tasarım önerileri sunulmuştur.

Sonuç: Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri (SDG'ler) doğrultusunda çevre koruma bilinci, toplumda giderek artmaktadır. Çevresel sürdürülebilirlik, bu hedeflerden önemli bir boyut olarak, çevre koruma çalışmalarına verilen desteğin artmasıyla kendini gösterir. Yüksek öğretim kurumlarının sürdürülebilir yeşil kampüs doğrultusunda yenilikçi çözümlere öncü olması için yapılan çalışmamızda yağmur bahçelerinin kampüs yerleşkeleri ve kentsel mekanlarda hem sürdürülebilirliği arttırmaya katkıda bulunduğu hemde ekolojik olarak doğayı destekleyeceği düşünülmektedir. Görsel olarak kentlere katkıda bulunan yağmur bahçeleri yağmur suyunun akılcı kullanımını desteklemesiyle de basit yolla yeşil alanların korunması ve bakımına destek olan sistemler olduğu görülmüştür. Üniversitelerin sürdürülebilir vizyona sahip olması için eğitim alanında yapılan yenilik ve desteklemelerin dışında yeşil kampüs konusunda da gerekli desteği sağlaması gerekmektedir.

Anahtar Kelimeler: Yağmur bahçesi, sürdürülebilir yeşil kampüs, yağmur suyu yönetimi, Atatürk Üniversitesi Kampüsü

Ocak 2025, 106 sayfa

ABSTRACT

MASTER'S THESIS

RAIN GARDEN DESIGN IN SUSTAINABLE GREEN CAMPUS MANAGEMENT; ATATÜRK UNIVERSITY CENTRAL CAMPUS

Fatma KAZANÇ

Supervisor: Prof. Dr. Ashhan ESRİNGÜ

Purpose: It is aimed to evaluate the Atatürk University campus located within the borders of Erzurum province in terms of sustainable green campus management and to develop rain garden design proposals in terms of rainwater management within the campus and to create self-sufficient and sustainable green areas within the campus campuses of the university.

Method: In this study, the material of the study consists of Atatürk University Campus area located between 39° latitude and 41° longitude within the borders of Yakutiye district of Erzurum province. In the study, the topographical characteristics of the area were determined by determining the slope percentage of the area with Arcgis program and the study areas within the campus were determined. The climate data of the area were taken from the data of the General Directorate of Meteorology. The required rainwater flow coefficient for the rain garden in the determined area was calculated and the size and depth of the rain garden were calculated according to these calculations. In the study, the hard ground area in the front garden of the Faculty of Architecture and Design, which has a slope percentage between 5% and 12%, and the Research Hospital parking lot were determined as rain garden design areas. While designing the rain garden in these areas, rain garden design criteria were taken into consideration.

Findings: In the light of the data revealed as a result of the researches, rain garden design criteria were taken into consideration and rain garden design proposals were presented by using natural and seasonal plants adapted to Erzurum city climate.

Result: In line with the Sustainable Development Goals (SDGs), awareness of environmental protection is increasing in society. Environmental sustainability, as an important dimension of these goals, manifests itself in increased support for environmental protection efforts. In our study, which was carried out in order for higher education institutions to pioneer innovative solutions in line with the sustainable green campus, it is thought that rain gardens contribute to increasing sustainability and ecologically support nature in campus campuses and urban spaces. Visually contributing to the cities, rain gardens are seen to be systems that support the protection and maintenance of green areas in a simple way by supporting the rational use of rainwater. In order for universities to have a sustainable vision, they should provide the necessary support for green campuses in addition to innovations and support in the field of education.

Keywords: Rain garden, sustainable green campus, rainwater management, Ataturk University Campus

January 2025, 106 pages

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY TUTANAĞI.....	iii
ETİK BİLDİRİM VE İNTİHAL RAPORU	iv
TEŞEKKÜR	v
ÖZET	vi
ABSTRACT	vii
İÇİNDEKİLER.....	viii
KISALTMALAR VE SİMGELER DİZİNİ	ix
TABLolar DİZİNİ.....	x
ŞEKİLLER DİZİNİ	xi
GİRİŞ.....	1
KURAMSAL TEMELLER VE İLGİLİ ARAŞTIRMALAR	4
Sürdürülebilirlik Kavramı ve Gelişim Süreci	4
Sürdürülebilir Yeşil Kampüs	7
Sürdürülebilir Yeşil Kampüs İlkeleri	12
Sürdürülebilir Yağmur Suyu Yönetim Sistemleri.....	14
Geçirimli döşemeler	15
Kuru kuyular	16
Yağmur hendekleri.....	17
Sızma çukurları	17
Çatı bahçeleri	18
Yağmur varilleri	19
Sarnıçlar	20
Yağmur bahçesi tanımı	20
Yağmur bahçesi tarihçesi	22
Yağmur bahçelerinin önemi	23
Yağmur bahçelerinin dünyadaki gelişimi	26
Yağmur bahçelerinin Türkiye deki gelişimi	31
Yağmur bahçeleri tasarım kriterleri	33
Alan tespiti	34
Toprak durumunun tespiti.....	34

Bahçe ebatının belirlenmesi	35
Yağmur suyu miktarının belirlenmesi.....	35
Alan için uygun bitkilerin belirlenmesi.....	36
MATERYAL VE YÖNTEM	38
Materyal	38
Erzurum ilinin coğrafik özellikleri.....	38
İklimsel özellikleri	39
Bitki örtüsü.....	41
Hidrolojik yapı özellikleri	44
Toprak yapısı.....	44
Jeolojik yapısı	45
Çalışma alanı	46
Çalışma alanı çevre analizi.....	46
Mimarlık ve Tasarım Fakültesi	48
Atatürk Üniversitesi Araştırma Hastanesi.....	49
Yöntem.....	50
Saha çalışma alanının belirlenmesi	50
Yağmur bahçesi yapılacak alan analizi	51
Toprak yapısı belirleme.....	51
Alan eğiminin hesaplanması	51
Yağmur suyu akış şiddeti hesaplama	51
Yağmur bahçesinin büyüğünün hesaplanması	52
Yağmur bahçesi derinliğinin hesaplanması	52
Bitki örtüsü belirleme.....	53
Yağmur Bahçeleri Tasarım Önerilerinin Oluşturulması	53
ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA.....	54
Tasarım Önerisinde Kullanılan Bitkiler	56
Atatürk Üniversitesi Mimarlık ve Tasarım Fakültesi.....	62
Atatürk Üniversitesi Araştırma Hastanesi Otoparkı	69
SONUÇ VE ÖNERİLER	77
KAYNAKÇA	82
ÖZGEÇMİŞ.....	90

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 1. Yeşil Kampüs tasarımının temel ilkeleri.....	13
Tablo 2. Kentlerde yağmur bahçesinin kullanımının avantaj ve dez avantajları.....	25
Tablo 3. Yüzey akış kat sayıları.....	36
Tablo 4. Atatürk üniversitesi yerleşkesinde yoğun olarak kullanılan bitkiler.....	42
Tablo 5. Türkiye İl Merkezleri Bitki Soğuğa Dayanıklılık Tablosu	43
Tablo 6. Erzurum İlinde Yağmur Bahçelerinde Kullanıma Uygun Bitki Türleri	44
Tablo 7. Yağmur bahçelerinde kullanılan bitkiler	56
Tablo 8. Yağmur bahçesi yıllık ve dönemsel toplanan su miktarı.....	64
Tablo 9. Yağmur bahçesi yapısal ve bitkisel detaylar.....	65
Tablo 10. Yağmur bahçesi yıllık ve dönemsel toplanan su miktarı.....	71
Tablo 11. Yağmur bahçesi yapısal ve bitkisel detaylar.....	72

KISALTMALAR VE SİMGELER DİZİNİ

AASHE	: Yükseköğretimde Sürdürülebilirliğin Geliştirilmesi Derneği
BM	: Birleşmiş Milletler
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemleri
GUPES	: Küresel Üniversiteler Çevre ve Sürdürülebilirlik Ortaklığı
IPCC	: Uluslararası İklim Değişikliği Paneli
ISCN	: Sürdürülebilir Kampüs Ağı
IUCN	: Uluslararası Doğa Koruma Derneği
MGM	: Meteoroloji Genel Müdürlüğü
Q	: Toplanan Yağmur suyu miktarı
SDG	: Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları
SKH	: Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri
STARS	: Sürdürülebilirlik İzleme Değerlendirme ve Derecelendirme Sistemi
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
UNEP	: Birleşmiş Milletler Çevre Programı
UNESCO	: Birleşmiş Milletler Eğitim, Bilim ve Kültür Örgütü
YK	: Yeşil Kampüs

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Sürdürülebilir kalkınma 3 boyutu.....	5
Şekil 2. BM ‘nin çalıştığı Sürdürülebilir Kalkınma amaçları	6
Şekil 3. Yeşil Üniversite İlkeleri.....	24
Şekil 4. Gözenekli kaplama detayı.....	16
Şekil 5. Geçirgen Kaplama Detayı.....	16
Şekil 6. Yağmur hendekleri genel görünüm.....	17
Şekil 7. Sızma çukuru örnek görseller.....	18
Şekil 8. Yeşil çatı kesit görünümü.....	18
Şekil 9. Yağmur varilleri şematik görünüm.....	19
Şekil 10. İstanbul Yere Batan Sarnıcı.....	20
Şekil 11. Yağmur bahçesi genel görünüşü.....	21
Şekil 12. Yağmur bahçesi şematik gösterimi	22
Şekil 13. Kentsel alanda yağmur bahçelerinin kullanımının faydaları.....	24
Şekil 14. Mayer/Reed yağmur bahçesi.....	26
Şekil 15. Portland Oregon’da Mount Tabor Orta Okulu’nda yağmur suyu bahçesinde suyun çatıdan bahçeye taşınması	27
Şekil 16. Mount tabor Ortaokulu Yağmur Bahçesi.....	27
Şekil 17. Illinois Üniversitesi yağmur bahçesi.....	28
Şekil 18. Daleware Üniversitesi kampüsü yağmur bahçesi	29
Şekil 19. Kyoto Gakuen Üniversitesi'ndeki yağmur bahçesi.....	29
Şekil 20. Villaova Üniversitesi yağmur bahçesi.....	30
Şekil 21. Avustralya, Sydney’de yer alan yağmur bahçelerinden görseller	30
Şekil 22. London Wetland Centre’de yer alan yağmur bahçesi.....	31
Şekil 23. İzmir büyük şehir belediyesi Kahraman dere mahallesi için tasarlanan yağmur bahçesi.....	32

Şekil 24. İTÜ Ayazağa yerleşkesi yağmur bahçesi	32
Şekil 25. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı bahçesi içinde uygulanan yağmur bahçesi	33
Şekil 26. Yağmur bahçesi ekim bölgeleri	37
Şekil 27. Erzurum konum haritası.....	39
Şekil 28. Erzurum iline ait iklim verileri.....	40
Şekil 29. Erzurum iline ait ortalama aylık sıcaklık grafiği	41
Şekil 30. Türkiye Bitki Soğuğa Dayanıklılık Haritası	43
Şekil 31. Atatürk üniversitesi yerleşkesi içinde belirlenen çalışma alanları.....	46
Şekil 32. Atatürk üniversitesi çevre ilişkileri.....	47
Şekil 33. Üniversite yerleşkesi şematik gösterimi.....	47
Şekil 34. Mimarlık ve Tasarım Fakültesi uydu görüntüsü	48
Şekil 35. Mimarlık ve Tasarım Fakültesi alan görselleri	48
Şekil 36. Araştırma Hastanesi uydu görüntüsü	49
Şekil 37. Araştırma Hastanesi alan görselleri	49
Şekil 38. Akış şeması.....	50
Şekil 39. Kampüs topoğrafik haritası ve su akış yönü.....	54
Şekil 40. Alanda ki en yüksek ve en düşük kot	55
Şekil 41. Atatürk Üniversitesi eğim yüzdelerini gösteren harita	56
Şekil 42. Mimarlık ve tasarım fakültesi bahçe tasarım alanı.....	62
Şekil 43. Fakülte alanının eğim yüzdesi	63
Şekil 44. Yağmur bahçesi kuş bakışı görünümü.....	64
Şekil 45. Yağmur bahçesi kesit üst görünüşü ve kesit detayı.....	66
Şekil 46. Yağmur bahçesi 3d görünümü.....	68
Şekil 47. Araştırma hastanesi bahçetasarım alanı ve su tolama yüzeyi.....	69
Şekil 48. Araştırma hastanesi eğim yüzdesi	70
Şekil 49. Yağmur bahçesi kuş bakışı görünümü.....	72

Şekil 50. Yağmur bahçesi kesit üst görünüş ve kesit detayı.....	73
Şekil 51. Yağmur bahçesi taşma suyu ile beslenen alanlar.....	74
Şekil 52. Yağmur bahçesi 3d görünümleri	76



GİRİŞ

Hayatın temel kaynağı olan ve yeryüzünde milyonlarca canlının yaşam kaynağıdır. Önümüzdeki yıllarda suyun azalan bir kaynak olması öngörülmektedir. Dünya yüzeyinin yaklaşık %71'i sularla kaplıdır. Suyun dünya içerisinde farklı ortamlarda sürekli yapmış olduğu hareketler su döngüsü olarak ifade edilmektedir. Bu döngü içerisinde okyanuslar, denizler, göller ve nehirlerde bulunan sular güneşten gelen ısıнын etkisiyle sıvı halden gaz haline geçerek gökyüzüne yükselmektedir. Gökyüzüne yükselen su buharı yoğunlaşarak tekrar yağmur şeklinde yeryüzüne düşmektedir. Kara yüzeylerine düşen suyun büyük bir bölümü (%60-75) buharlaşma (evaporasyon) ve bitkilerden terleme (transpirasyon) yoluyla denizlere ulaşmadan atmosfere tekrar geri dönmektedir. Bir kısmı ise yer yüzeyinden sızarak yer altına geçmektedir (infiltrasyon). Geriye kalan su, yer çekimi etkisiyle akarsulara doğru hareket ederek denizlere ulaşmaktadır (yüzeysel akış). Yer altına sızan su ise yer altı akışı ile zamanla yeniden yüzeye çıkarak yüzeysel akışa katılmaktadır. Denize ulaşan su ise buharlaşarak atmosferi tekrar geri dönmektedir. Bu döngü, canlı yaşamının devamı açısından büyük bir öneme sahiptir. Doğadaki su döngüsü sayesinde dünyanın mevcut su kaynakları mükemmel bir şekilde sürekli yenilenmektedir. Ancak aşırı tüketim ve kirlenme erişilebilir su kaynaklarının günden güne azalmasına neden olduğundan su kaynakları tükenme riskiyle karşı karşıya bırakmaktadır (Anonim 2018).

Dünya üzerindeki toplam su miktarının büyük bir kısmını tuzlu su (okyanuslar ve denizler) oluştururken tatlı su oranı çok daha düşüktür. Dünya üzerindeki toplam su miktarı yaklaşık 1.386 milyar kilometreküptür. Bu suyun yaklaşık %2.5'i tatlı sudur. Ancak, tatlı suyun da çoğu yer altında veya buzulda bulunmaktadır. Doğada tatlı su dağılımı ise %68.7'si buzullar ve kar tabakalarında donmuş halde, %30.1'i yeraltı sularında ve %0.3'ü göllerde, nehirlerde ve diğer yüzeysel su kaynaklarda bulunmaktadır (Öktem ve Aksoy 2014).

Küresel bir çevre sorunu olan iklim değişikliği, kirlilik, nüfus artışı, kentleşmenin neden olduğu çoğunlukla geçirimsiz yüzeyler, yenilenemeyen enerji kaynaklarının kullanımı, bitkisel yüzeylerin azalımı ve canlı ve cansız varlıkların yaşam dengesinin bozulması su kaynakları ve döngüsü üzerinde büyük bir tehdit oluşturmaktadır (Anonim 2017). İklim değişikliğinin bu durum üzerinde yadsınamaz bir etkisi bulunmaktadır. İklim değişikliği mevsim geçişlerinde ve yıllık yağış miktarlarında bir düzensizliğin oluşmasına sebep olmaktadır. Bu düzensizliğin bir diğer önemli sebeplerinden biride kentleşmedir. Günümüz de iş, sağlık, eğitim vb. sebeplerden

dolayı kentlerdeki nüfus oranı artmaya da devam etmektedir. Artan nüfus kentlerde sert zemin yüzeylerini artırmaktadır. Kentlerdeki geçirimsiz yüzeylerin artması ile oluşan sert zeminler yüzeyde akışı artan yağmur suyu miktarının artmasına, yağmur suyu akış süresinin kısılmasına, kentsel mekanların seller ve taşkınlarla maruz kalmasına, yeraltı su doluluğuna ulaşan su tutarının azalmasına, yüzey sularının niteliğinin bozulmasına ve yağmur suyu drenaj yapılarına yönelik yatırım ve işletim maliyetlerindeki artış gibi sorunlar nedeniyle yağmur suyu yönetimi için yenilikçi yöntemler oluşturmayı bir zorunluluk haline getirmiştir.

Bilim insanlarının yapmış olduğu araştırmalar 2050 yılında dünya nüfusunun üçte ikisinin, ülkemiz nüfusunun ise %95 inin şehirlerde yaşayacağı öngörüldüğünden dolayı tatlı suyun korunması ve sürdürülebilir yönetimi büyük önem taşımaktadır. Gelecekte suyun yapay bir ikamesi olmayacağı için suyun kıt bir stratejik kaynak haline geleceği öngörülmektedir. Dünya Sağlık Örgütü verilerine göre kişi başına su tüketimi 2 ile 4 L arasında değişmektedir. Buna karşılık bir kişinin gıda üretimi için harcadığı su miktarı ise günde ortalama 2 ile 5 ton arasında değişmektedir. BM Genel Kurulu'nun 2015 yılında kabul ettiği kararda, güvenli ve temiz içme suyuna ve sanitasyona erişimin bir "insan hakkı" teşkil ettiğinin vurgulandığı raporda, 2015 rakamlarına göre her 10 kişiden 3'ünün (2,1 milyar) güvenli içme suyuna erişimi olmadığı belirtilmektedir. Su tüketiminin her geçen gün artmasıyla 2050 yılından sonra 5,7 milyar insanın yılın en az bir ayı su kıtlığı çekeceği öngörülmektedir (Ertop vd 2023).

Nüfusun suya olan talebinin artmasına rağmen temiz su kaynaklarının sayısını artırmak teknik ve ekonomik olarak çok da mümkün değildir. Bu nedenle insanların doğal bir kaynak olan suyu bilinçli ve israf etmeden kullanması çok önemlidir. Sınırlı sayıdaki tatlı su kaynaklarının daha dikkatli bir şekilde yönetilmesi gereklidir. Temiz su elde etme yöntemlerinin maliyetli olması insanları farklı arayışlara yöneltmiştir Bu durumda doğal kaynakların sürdürülebilir yönetimi için alternatif su kaynakları arayışı birçok ülkede uygulamaya konulan ve üzerinde önemle durulan bir konudur. Su kaynaklarının sürdürülebilirliği için alternatif su kaynaklarının araştırılması son zamanlarda hız kazanmıştır. Su toplamak için alternatif su kaynaklarından biri olan yağmur suyu hasadı son yıllarda sıklıkla karşımıza çıkmaktadır. Yağmur suyu hasadı sistemleri ile önemli miktarda evsel su tasarrufu sağlanarak şebeke tarafından tüketilen su miktarı azaltılarak ekonomik kazançlar sağlanmaktadır. Kentsel alanlarda su yönetimi için yağmur bahçesi, geçirimli döşemeler, kuru kuyular, yağmur hendekleri, sızma çukurları, çatı bahçeleri, yağmur varilleri ve sarnıçlar gibi farklı yöntemler kullanılmaktadır (Yawalkar *et al.* 2021).

Üniversite kampüsleri de çevresel odaklı problemlerin ortaya çıkabileceği önemli yapılardır. Bu nedenle dünyada birçok üniversite sürdürülebilir kampüs yönetimi kapsamında

yönetim planları ve uygulamaları gerçekleştirmektedir (Saygın ve Ulusoy 2011). Sürdürülebilir Kampüs, çevre bilimini politikalarına, yönetimine ve akademik faaliyetlerine entegre eden çevre odaklı bir kampüs olarak tanımlanmaktadır (Buana *et al.* 2018). Dünya çapındaki birçok üniversite Sürdürülebilir Kampüs konseptini uygulama taahhütlerini göstermiştir. Sürdürülebilir Kampüs konseptinin uygulanması gerekmektedir çünkü çeşitli çalışmalar Sürdürülebilir Kampüsü uygulayan üniversitelerin paydaşlarının, uygulamayan üniversitelere göre önemli ölçüde daha memnun olduğunu ve daha iyi algılanan yaşam kalitesine sahip olduğunu göstermektedir (Tiyarattanachai *et al.* 2016). Üniversiteler sürdürülebilirlik faaliyetlerini çevresel, sosyal ve ekonomik açıdan farklı şekillerde yürütmektedirler. Üniversitelere uygun şekilde sürdürülebilirlik yönetim sistemlerinde, çevre sorunları, kampüslerde ilk olarak enerji kaynaklarının kullanımı, kurumun sosyal görevleri ve sürdürülebilirlik konusunda yapılması gereken eğitim ve araştırma etkinliklerini ön plana çıkarmaktır (Uçar ve Özdemir 2022).

Sürdürülebilir yeşil kampüslerin yapmış oldukları faaliyetler içerisinde çevreye yönelik yapılan uygulamalar içerisinde yer alan kentsel su yönetimde önemli bir konudur. Su yönetimi ilkeleri dikkate alınarak mevcut doğal suyun korunması, su kullanımını optimize etmek ve su döngüsünü destekleme şeklindeki bir yaklaşımı içermektedir. Sürdürülebilir Yeşil Kampüs kapsamında Üniversiteler su yönetimi için su tasarruf programı uygulaması, su geri dönüşüm programı uygulaması, su verimliliğine sahip cihazların kullanımı ve arıtılmış su tüketimi gibi çalışmalar yürütmektedirler. Sürdürülebilir Yeşil Kampüslerde su yönetimi, doğal kaynakların korunması, su tasarrufu sağlanması ve çevresel etkiyi azaltmak amacıyla çeşitli stratejilerle yapılmaktadır. Bu stratejiler, kampüslerin su ihtiyacını karşılarlarken çevresel sürdürülebilirliği artırmayı hedeflemektedirler (Çelik ve Öztürk 2022). Üniversitelerin çevre dostu uygulamalar sergilemeleri üniversitelerin sürdürülebilirliğine fayda sağlamaktadır.

Çalışma kapsamında Atatürk Üniversitesi kampüsünde eğitim analizleri ile alan tesbiti yapılan iki farklı alan üzerinde yağmur bahçesi tasarım kriterleri dikkate alınarak iki farklı yağmur bahçesi tasarım senaryo önerisinde bulunulmuştur.

KURAMSAL TEMELLER

Sürdürülebilirlik Kavramı ve Gelişim Süreci

Sürdürülebilirlik son yıllarda birçok farklı alanın gündeminde olan bir kavramdır. Kaynakların sınırsız tüketilmesi ve plansız kullanımı neticesinde çevre atıklarla dolarak yaşanmaz hale gelmekte ve hammadde teminindeki zorluklar üretimde sıkıntılar yaşanmasına neden olarak sürdürülebilirlik kavramını gündeme taşımıştır. Sürdürülebilirlik kavramı sürdürülebilir yaşam, sürdürülebilir gezegen ve sürdürülebilir kentler gibi farklı başlıklar ile sıklıkla karşımıza çıkmaktadır. Sürdürülebilirlik kavramı, ilk kez 1972 yılında Stockholm'de düzenlenen İnsan Çevresi Konferansı'nda ele alınmış ve Stockholm Çevre Bildirgesi'nde yer bulmuştur. 1982 yılında "Dünya Doğayı Koruma Birliği" (IUCN) tarafından yürürlüğe giren Dünya Doğa Şartı beyanında "Sürdürülebilirlik" kavramı ilk kez kullanılmıştır. Bu terim, insanlara fayda sağlayan doğal kaynakların verimli bir şekilde ve israf edilmeden kullanılması için geliştirilen uygulamaları ifade etmektedir (Karadaş 2021). Sürdürülebilirlik kavramı Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu'nun hazırladığı "Ortak Geleceğimiz" (Our Common Future) Brundtland Raporu'nda (1987) sürdürülebilir kalkınma tanımıyla tekrar gündeme gelmiştir. Brundtland Raporu'nda sürdürülebilir kalkınma, "Günümüzün ihtiyaçlarını karşılarken, gelecek nesillerin kendi ihtiyaçlarını karşılama olanaklarını tehlikeye atmadan gerçekleştiren kalkınma" olarak da tanımlanmıştır. Bu raporla, toplantıya katılan ülkelerden ulusal ve uluslararası düzeyde sürdürülebilir kalkınma politikaları ve stratejileri belirlemeleri talep edilmiştir. Bu süreç, pek çok disiplinin sürdürülebilirlik konusunu benimsemesiyle, her disipline özgü farklı başlıklar ve stratejilerle genişleyerek devam etmiştir. Brundtland Raporu sürdürülebilir kalkınma yaklaşımının benimsenmesine ve artan çevre sorunlarına çözüm üretilebilmesi için ülkelerin farkındalıklarının gelişmesine ve ulusal, uluslararası ve küresel ölçekte sürdürülebilir politikaların oluşturulmasına zemin hazırlamıştır (Konak 2023). Yapılan çalışmaların %59,9'u sürdürülebilirlik ve sürdürülebilir kalkınma terimlerinin birbirinin yerine kullandığını da göstermektedir (Salas-Zapata *et al.* 2017).

Sürdürülebilirlik kavramı, birşeyin sürdürülebilir olması şuanki durumunu devam ettirebilmesi yada kendini yenileyebiliyor olması anlamına gelmektedir. Yani gelecek nesillerin ekolojik ,ekonomik ve sosyal koşullarını devam ettirebilir bir dünya bırakmak yani çevre, toplum ve ekonomi arasındaki denge olarak ifade edilen bir kavramdır (Şekil 1) (Güner 2020).



Şekil 1. Sürdürülebilir kalkınmanın 3 boyutu (Güner 2020)

Sürdürülebilirlik' teriminin anlamlı olması için ekolojik, sosyal ve ekonomik faktörlerin karşılıklı bağımlılığı ve etkileşimli olarak tanımlanması gerekmektedir (Vogt and Weber 2019). Sürdürülebilirlik, arzu edilen hedeflere odaklanmanın ötesine, toplumda dönüşümsel bir süreci mümkün kılan veya engelleyen güçler ve engeller üzerinde eleştirel düşünmeye kadar uzanmaktadır. Başka bir deyişle, kuşaklar arası adalet, insanların güç, cehalet ve planlanamayanı şekillendirmeye ilgili sorunlarla başa çıkabilmeleri için karmaşıklık ve süreç farkındalığı gerektirmektedir. Bu ihtiyaç, küresel ve kuşaklar arası bakış açısı gibi faktörlerle güçlendirildiğinde daha acil hale gelmektedir (Losch 2018).

Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları (SDG'ler), dünya çapında sürdürülebilir kalkınmayı teşvik etmek ve küresel sorunlara çözüm üretmek amacıyla Birleşmiş Milletler (BM) tarafından kabul edilen bir dizi hedeftir. SDG'lerin ilk çerçevesi, Haziran 2012'de Rio de Janeiro'da düzenlenen Rio + 20 konferanslarında (Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Konferansı) bütünsel küresel kalkınma arayışında MKH'ler tarafından ekilen ivmeyi ilerletmek için çizildi. Temmuz 2014'te, 17 hedefi içeren bir belge, Eylül 2015'te Genel Kurul'un onayı için BM Genel Kurulu Açık Çalışma Grubu (OWG) tarafından önerildi. Bu belge, SDG'lerin ilk resmi taslağı olarak hizmet etti. Küresel topluluk, Eylül 2015'te 17 SDG ve 169 hedef ve 232 gösterge içeren sürdürülebilir kalkınma hedefleri için 2030 gündemini benimsedi. Daha sonra, küresel SDG'ler 2016'da başladı ve 2030'a kadar sürdürülebilir kalkınma ve planlama için kanıta dayalı bir politika çerçevesi sunmaktadırlar. SDG'ler, üye ülkelerin çeşitli sektörlerde sürdürülebilirliğe ulaşma taahhüdünü temsil eder (Allen et al. 2018). SDG'ler tüm ülkeler için uluslararası kalkınma gündeminin önemli bir bileşeni haline geldi ve 2015 sonrası ulusal planlamayı önemli ölçüde etkiledi. SDG'ler evrensel olsa da ülkeler önceliklerini,

hedeflerini, ölçeklerini ve dönüşüm hızlarını belirleme özgürlüğüne sahiptir. 2015 yılında Birleşmiş Milletler Genel Kurulu, sürdürülebilir kalkınma için 2030 Gündemi'nde 17 hedef ve 169 amaç içeren Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri'ni (SKH) kabul etmiştir (Şekil 2). SDG lerin kabul edildiği tarihten itibaren finansal kuruluşlarda, kamu ve özel sektördeki şirketlerde ve hükümetlerde farklı düzeylerdeki yönetim yapılarında sürdürülebilirliğe daha fazla dikkat edilmeye başlanılmıştır (Death and Gabay 2015).



Şekil 2. BM'nin çalıştığı Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları

SDG ler çevreyi ve nüfusun yaşam kalitesini korurken kalkınmaya yol açabilen SDG'leri uygulamanın önemi konusunda küresel bir fikir birliği oluşmaktadır (Bebbington and Unerman 2018). Sürdürülebilirliğin sorunlarını BM'nin Gündem 2030 ve 17 SDG'sine dahil edilerek sürdürülebilir kalkınmayı sosyal, ekonomik ve çevresel bir perspektiften ölçmek için ortak bir çerçeve sağlanmıştır (Glass and Newig 2019). Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri evrensel olmasına rağmen, üye devletler mevcut kaynaklara, sosyoekonomik önceliklere ve kararlaştırdıkları dönüşüm hızına göre kendi seçtikleri hedefleri benimsemekte özgürdürler (Eisenmenger *et al.* 2020). Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri'nin ortaya çıkışı, ülkeler tarafından benimsenen hedeflerin ilerlemesini anlamak, önceliklendirmek ve değerlendirmek için birçok sistematik çalışmaya yol açmıştır. Bu araştırmaların bulgularının, ülkelerin çeşitli sosyoekonomik ortamlarındaki amaçlarını yerine getirme yönündeki başarılarının titiz, kanıta dayalı, güvenilir ve zamanında değerlendirilmesini teşvik etmesi beklenmektedir. Şu anda, SDG'lerle ilgili alınan kararlar dünyada sosyal, politik, çevresel ve ekonomik sürdürülebilirlik açısından kritik bir öneme sahiptir (Mishra *et al.* 2023). SDG'ler, büyüme yörüngesini yeniden düzenleyerek küresel dengeyi sağlamayı hedeflemektedir (Xue *et al.* 2022).

Sürdürülebilirlik kavramı, doğal ve kültürel çevreye gerekli eserlerin verilmesini zorunlu kılmaktadır. Kentlerde sürdürülebilirliğin sağlanarak gelecek nesiller için yaşanabilir, sağlıklı ve dirençli şehirler oluşturmak hedeflenmektedir. Bu kapsamda yapılan çalışmalara

bakıldığında kentsel sürdürülebilirlik "Kentsel alanların geliştirilmesi ve eşitlik ile çevrenin korunması arasındaki dengenin sağlanması" şeklinde tanımlanmıştır (Hiremath *et al.* 2013). Shmelev and Shmeleva (2009) ise sürdürülebilir şehir kavramını "Gelişimin sosyal, ekonomik, çevresel ve kurumsal yönlerinin uyumlu bir şekilde entegre edildiği bütünsel bir sistem" olarak tanımlamaktadır. Sürdürülebilirlik kavramı yalnızca çevre koruma ile ilgili olmayıp aynı zamanda ekonomik ve sosyal yönleri de vardır ve sürdürülebilirlik dinamik, dengeli ve uyarlanabilir bir yapıya sahiptir (Arslan 2014). Sürdürülebilirlik, günümüz dünyasında büyük bir öneme sahiptir. Çevresel sürdürülebilir tüketici davranışları, doğanın korunmasına katkıda bulunan önemli bir adımdır ve topluma fayda sağlamaktadır. Çevresel sürdürülebilirliği daha iyi kavrayabilmek ve sorumlu tüketim alışkanlıklarını teşvik etmek, ekosistemde yer alan tüm kuruluşların temel amacıdır.

Tasarımcılar için ise sürdürülebilirlik, küresel ekosistemlerin taşıma kapasitelerini aşmadan, kentsel veya mimari düzeyde toplumların yaşam kalitesini yükseltmek olarak tanımlanmaktadır (Oktay 2001). Peyzaj Mimarlığı meslek disiplini ise ekolojik, ekonomik ve işlevsel sürdürülebilir olanın planlanması, yönetimi ve mekan tasarımı ile doğal ve kültürel kaynakları doğru bir şekilde değerlendirerek, sanat, bilim, mühendislik ve teknolojiyi bir araya getirmektedir (Düzenli vd 2017). Peyzaj mimarları rekreasyonel alanlar, kültürel alanlar, kentsel açık alanlar, yaya bölgeleri, otoyollar, endüstriyel ve tarımsal alanların planlanması ve tasarımı gibi birçok alanda çalışmalar yürütmektedirler.

Sürdürülebilir Yeşil Kampüs

Üniversiteler sadece şehirlerin kültürel, ekonomik ve sosyal sürdürülebilirliğinde anahtar rol oynamakla kalmaz, aynı zamanda şehirlerde sürdürülebilirlik, yeni oluşum ve yenilik temelli bir kültürel yapının oluşumu için de rol model olmaktadır (Höger 2010). Bu bağlamda "Sürdürülebilir Üniversite" çevresel, sosyal ve ekonomik sorunları azaltmaya yönelik çalışan ve kamuya sürdürülebilir bir yaşam tarzı konusunda öncülük eden yükseköğretim kurumu olarak tanımlanmaktadır (Velaquez *et al.* 2006). Bir üniversite kampüsü, üniversite binaları, akademik personel için konaklama alanları, sosyal tesisler, öğrenci yurtları ve bunların dışında; bu birimleri birbirine bağlayan ana yollar, yeşil alanlar, yürüyüş yolları, meydanlar, iç avlular ve alanlar gibi unsurları içeren çok fonksiyonlu bir eğitim alanıdır. "Kampüs" terimi ilk olarak, şehir dışında büyük bir parkta yer alan Princeton Üniversitesi için kullanılmıştır (Turner 1990). Kampüsler, öğrencilerin ve akademik personelin bilim yaptığı, yöneticiler ve idari personelin hizmet sağladığı eğitim kurumları olmanın ötesine geçerek, sosyalizasyon ve kültürel ile sportif aktiviteler için yaşam alanlarına dönüşmüştür (Çorbacı ve Ertekin 2020).

Sürdürülebilir Kampüs ve Sürdürülebilir Üniversite terimleri ise çevresel, sosyal ve ekonomik etkileri minimize ederek kendi kendine yeterli hale gelmeye çalışan ve topluma sürdürülebilir yaşam konusunda rehberlik eden yükseköğretim kurumlarını tanımlanmaktadır. Bu anlayışa zaman zaman yeşil üniversite, yeşil kampüs ve eko-kampüs gibi isimler de verilmektedir (URL 1). Sürdürülebilir Kampüs kavramı ekolojik çevreye karşı duyarlı ve çevreye olan etkileri en aza indirmeye kendisine amaç edinmiş kampüsler için kullanılan bir terimdir (Saygın ve Ulusoy 2011)

Üniversitelerin sürdürülebilir ve yeşil kampüsler oluşturması gerektiği ve bu konuda etkin çalışmalar yürütmeleri gerektiği vurgusu, ilk kez 1972 yılında Stockholm’de düzenlenen Birleşmiş Milletler İnsan Çevresi Konferansı’nda yapılmıştır. Bu konferansın ardından, UNESCO ve UNEP 1975 yılında Uluslararası Çevre Eğitimi Programı’nı başlatmıştır. Bu program, eğitimde sürdürülebilirlikle ilgili ilk program olma özelliği taşımaktadır ve üniversitelerin sürdürülebilirlik konusunda sorumluluk almasını teşvik etmiştir. 1977 yılında kabul edilen Tiflis Deklarasyonu, Üniversitelerin bu alandaki sorumluluklarını yapılandıran ve kurumsal temellerini atan önemli bir metin olmuştur. Bu çalışmaların ardından sürdürülebilirlik, üniversitelerin gündeminde daha fazla yer bulmaya başlamış ve üniversiteler arasında ortak kararlar alınarak çeşitli bildirgeler yayımlanmıştır. Bu bildirgelerden ilki, 1990 yılında Fransa’nın Talloires kentinde üniversite rektörlerinin hazırladığı ve 10 eylem planını içeren Talloires Bildirgesi olmuştur (Çelik ve Öztürk 2022).

Sürdürülebilirlik kavramı çerçevesinde üniversitelerin çevre yönetimi konusunda yapabileceği uygulamalar yağmur suyu yönetimi, atık yönetimi, bisiklet yolları, enerji üretimi, iletimi ve verimliliğini arttırma, yeşil bina sertifikasyonları, iklim değişikliğiyle mücadele ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı gibi konular şeklinde sıralanmaktadır (Zeybek 2023). Sürdürülebilir gelişme konusunda ilk çalışanlardan biri olan McHarg’a (1969) göre peyzaj mimarları ve plancılar çalışmalarında insan için sürdürülebilir gelişim hedeflerine ancak doğayı ve doğal süreçleri planlama ve tasarım çalışmalarıyla bütünleştirdikleri zaman ulaşabileceklerini ifade etmişlerdir (Gürbüz ve Arıdağ 2015). Sürdürülebilir ve yeşil kampüsler, atık yönetimi, suyun yeniden kullanımı ve çevre dostu ulaşım sistemlerinin benimsenmesi, çevresel etkilerin en aza indirilmesi ve sürdürülebilir yaşam alanlarının oluşturulmasına yardımcı olmaktadır. Bu yaklaşımlar sayesinde, üniversiteler yalnızca eğitim ve araştırma süreçlerine katkı sağlamakla kalmaz, aynı zamanda sürdürülebilirlik konusunda liderlik yapan kurumlar olarak da ön plana çıkmaktadırlar (Anonim 2024).

2007 yılında Zürih’te küresel bilgi aktarımını ön plana çıkarmak için Uluslararası Sürdürülebilir Kampüs Ağı (ISCN) isminde bir kuruluş oluşturulmuştur. Bu kuruluş ISCN-

GULF (Küresel Üniversite Liderler Forumu) Sürdürülebilir Kampüs Bildirgesini oluşturmuştur (ISCN&GULF, 2014). Buna ek olarak, Yükseköğretimde Sürdürülebilirliğin Geliştirilmesi Derneği (AASHE) tarafından üniversitelerin sürdürülebilirlik, izleme, analiz etme ve reyting sistemi (STARS) geliştirilmiştir (AASHE 2019). Ayrıca, UNEP'in çevre eğitimi konusundaki en önemli bir programı olan Küresel Üniversiteler Çevre ve Sürdürülebilirlik Ortaklığı (GUPES) 2010 yılında başlatılmıştır. UNEP üniversitelerin yeşil ve sürdürülebilir kalkınma hususundaki araştırmalarını desteklemek ve teşvik etmek için Yeşil Üniversiteler Rehberi hazırlamış ve yeşil üniversiteler için dünya çapında bir ödül programı başlatmıştır (UNEP 2014). Endonezya Üniversitesi, küresel üniversitelerin çevre dostu olma performansını haritalamak için 2010 yılında geliştirilen UI GreenMetric Dünya Üniversiteler Sıralaması derecelendirme programını başlatmıştır. GreenMetric sürdürülebilirlik etkinlikleri doğrultusunda üniversiteleri dünya çapında sıralayan ilk çalışmadır (Suwartha and Sari 2013). GreenMetric, eğitimde sürdürülebilirliği ve üniversite yerleşkelerinin yeşillendirilmesi hususunda akademik çalışmalara fayda sağlamayı, sosyal değişimleri sağlamayı ve üniversite yerleşkelerinin sürdürülebilir duruma gelmesi için toplumu, politika yapıcılarını ve ilgili paydaşları bilgilendirmeyi amaçlamaktadır (University of Indonesia 2018). 2010 yılında 35 ülkeden 95 üniversitenin katıldığı GreenMetric'e 2021 yılında 79 ülkeden 956 üniversite dahil olmuştur (Univesity of Indonesia, 2021). UI Sürdürülebilir Metrik Dünya Üniversite Sıralaması'nın yanı sıra, diğer yeşil derecelendirme programları arasında DEA-Greenmetric STAR, Çevre Yönetim Sistemi (EMS) ISO 14001 ve Birleşmiş Milletler Çevre Programı da (UNEP) bulunmaktadır (Sugiarto *et al.* 2022).

UI Green Metric 2022 verilerine göre Ülkemizde yapılan çalışmalar değerlendirildiğinde en yüksek puanı farklı kategorilerde şu üniversiteler almıştır: Atık kategorisinde Yeditepe Üniversitesi, Trakya Üniversitesi ve Bursa Uludağ Üniversitesi; enerji ve iklim değişikliği kategorisinde Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Başkent Üniversitesi, Malatya İnönü Üniversitesi, Hasan Kalyoncu Üniversitesi ve Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi; ulaşım kategorisinde İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Dokuz Eylül Üniversitesi, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Bayburt Üniversitesi, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Karadeniz Teknik Üniversitesi ve Bursa Uludağ Üniversitesi; eğitim ve araştırma kategorisinde ise Sakarya Üniversitesi ve Kütahya Dumlupınar Üniversitesi öne çıkmıştır. Genel toplamda en yüksek puanı Yeditepe Üniversitesi elde etmiştir (Sarıkoc ve Engin 2024). Atatürk Üniversitesi merkez yerleşkesinin çevresel sürdürülebilirliği GreenMetric metodu ile değerlendirildiği bir çalışmada 6 ana green metric kategorisinden 33 alt kategori dikkate alınarak incelenmiştir. Çalışma sonucunda ulaşım, yapı ve altyapı, enerji ve iklim değişikliği, eğitim ve araştırma, su ve atık kategorilerinden sırasıyla 1025 – 775 – 750 – 650 – 250 ve 150 olmak üzere toplam

3.600 puan aldığı hesaplanmıştır. Çalışma sonucunda atık (WS2, WS3, WS4, WS5, WS6), su (WR1, WR2, WR3), enerji ve iklim eğışikliği (EC2, EC7, EC9), yapı ve altyapı (SI6), eğitim ve araştırma (ED1, ED2) kriterlerine ulaşamadığı bildirilmiştir (Tosun 2022).

STARS (Sürdürülebilirlik İzleme, Değerlendirme ve Derecelendirme Sistemi™) Yüksek Öğrenimde Sürdürülebilirliği Geliştirme Derneği (AASHE) tarafından düzenlenen, sürdürülebilir kampüs gelişimi için özel olarak tasarlanmış bir değerlendirme sistemidir. STARS, üniversitelerin sürdürülebilir gelişimlerini kendi kendine raporlama çerçevesi ile izlemelerine ve ölçmelerine yardımcı olan bir derecelendirme sistemidir. Üniversitelerin mevcut ve gelecekteki planlama ve inşaat hedefleri için açık ve eksiksiz bir çerçeve sağlamaktadır. Sistem, araştırma ve müfredat, kampüs işi, planlama ve kurumsal yetenekler ve stratejik planlama hedefleri dahil olmak üzere sürdürülebilir kalkınmanın tüm yönlerine odaklanmaktadır (Zhu and Dewancker 2021).

Sürdürülebilir bir kampüs elde etmek için üniversitelerin rolleri hayati önem taşımaktadır. Pardal ve ark. (2020) yapmış oldukları çalışmada yükseköğretim kurumlarının sürdürülebilirliği teşvik etmede çok önemli bir rol oynadığını desteklemişlerdir. Birçok küresel üniversite de Sürdürülebilir Kampüs kavramını hayata geçirmiştir. STARS'a (Sürdürülebilirlik İzleme Değerlendirme ve Derecelendirme Sistemi) göre Sürdürülebilir Kampüsler üç adımda hayata geçirilmiştir. İlk olarak, akademisyenlere malzeme, enerji, su, toprak, atık, yönetim, gıda, yaşam, ulaşım, binalar ve kampüs geliştirme gibi ayrıntılı ihtiyaçlar tanıtılmış. İkinci olarak Stanford'un kapsamlı ve sürdürülebilir değerlendirmelerini yapmak için STARS'ı kullanılmış. Son olarak, Stanford ve yerel toplumlar arasındaki ilişkinin gelişimini sağlanmıştır.. Sürdürülebilirlik, akademik faaliyetlerin içinde veya dışında bir öğretim bileşeni, araştırma, yenilik ve sosyal öğrenme süreci olarak kabul edilmiştir. Güney Santa Catarina Üniversitesi, Güney Amerika'daki yeşil kampüslere örnek olmak için bilimsel üretimi ve sürdürülebilir uygulamaları teşvik etmek için küresel ortaklıklar geliştirmiştir. Martinez-Buján ve ark (2020) üniversitelerin sürdürülebilirlikle beraber sosyal boyutunda önemli olduğunu ortaya koymuşlardır. Choi ve ark. (2027) yaptıkları çalışmada sürdürülebilirlikle ilgili dersler almış veya sürdürülebilirlik faaliyetlerine katılmış öğrencilerin, almayanlara göre yeşil kampüs stratejileri hakkında daha fazla bilgiye sahip olduklarını göstermişlerdir. Üniversite yöneticilerinin sürdürülebilir kampüsün gerçekleştirilmesinde önemli bir rol oynadıkları yapılan çalışmalarla bilinmektedir. Yöneticilerin bu süreçteki rolleri çevre dostu bir atmosfer oluşturma, sürdürülebilir kampüs programının uygulanmasını başlatma ve harekete geçirme, sürdürülebilir kampüslere yönelik politika araçları sağlama taahhütlerinde bulunma ve yönetmek şeklinde ifade edilmektedir (Ribeiro *et al.* 2017). Malezya üniversitelerinde yapılan

bir araştırmada Malezya yüksek ğretim kurumlarında srdrlebilirliğı desteklemek için kampüslerinde yeşil uygulamalar yapılmıştır. Ayrıca, Ürdün Bilim ve Teknoloji niversitesi, eylem odaklı bir strateji izleyerek kampsn yeşil, enerji tasarruflu ve düşük karbonlu bir kampüse dönüşümü başlatmışlardır (Sugiarto *et al.* 2022).

Yeşil kampüs, ekolojik yönelimli politikalara sahip kampüsler tarafından uygulanan bir kavramdır. Yeşil bir kampüs, tüm akademik topluluğun katılımının bir yansımasıdır. Yeşil Kampüs bir eğitim sistemi, araştırma, toplum hizmeti ve evre dostu konumlardan oluşur ve kampüs sakinlerini çevresel faaliyetlere dahil eder ve evre, ekonomi ve toplum üzerinde olumlu bir etkiye sahip olmaktır (Wimala *et al.* 2019). Yeşil kampüs, evre bilimini yüksek öğrenimin politikalarına, yönetimine ve faaliyetlerine entegre eden ve entelektüel kapasiteye sahip çevresel bir bakış açısına sahip bir kampüs olarak da tanımlanmaktadır. Yeşil kampüs, bina, peyzaj, enerji tasarrufu, su tasarrufu, atık yönetimi, eğitim ve ulaşım olmak üzere yedi ilkenin uygulanmasıyla gerçekleştirilmektedir (Polonsky 2011).

Peng ve ark. (2018) yapmış oldukları çalışmada Tianjin niversitesinde yağmur suyu ve sürdürülebilir bir su sirkülasyon sistemi kullanarak yeşil bir kampüs geliştirmişlerdir. Kampüs planlamasında, Tianjin niversitesi, ana öncelikleri olarak taşkın deşarjı ve yağmur suyu kaynak kullanımını ile yağmur suyu toplama, kullanma ve bertaraf rejimi geliştirmişlerdir. Yapılan başka bir çalışmada kampüslerin su kaynakları yönetimi ve koruma uygulamaları incelenmiş ve temiz su kullanım verimliliğini geliştirmek ve içme suyu kalitesini iyileştirmek için sürdürülebilir kampüsleri uygulamasının bir strateji olduğu kabul edilmiştir. Bu strateji, temiz su şebekelerini yeniden canlandırarak, her binadaki su kaynağını ölçerek, atık suyu yeniden kullanarak, yüzey suyunun kalitesini iyileştirerek ve yağmur suyunu toplayarak, yöneterek ve koruyarak başarmaktadır (Amr *et al.* 2016)

Türkiye’deki devlet niversiteleri ile vakıf niversiteleri’nin (vakıf meslek yüksekokulları da dahil) srdrlebilirliğı dair yapılmış olan çalışmalar değerlendirildiğinde devlet niversitesi oranının yüzde 72 olduğu görülmektedir. Bu durum Türkiye’deki bütün niversiteler değerlendirmeyedahil edildiğinde sürdürülebilirlik faaliyetleri açısından devlet üniversitelerinin değerlendirmelere katkısının daha büyük olduğu görülmektedir. Türkiye’deki üniversitelerin sürdürülebilirlik faaliyetlerine dair gerçekleştirilen çalışmalar sıfır atık, yeşil kampüs ve diğer şeklinde üç gruba ayrılmıştır. Bulunan veriler doğrultusunda üniversitelerin genel olarak sıfır atık ve yeşil kampüs konularında çalışmalar yrttğu grlmştir. Sıfır atık ve yeşil kampüs konularına ek olarak daha nadir karşılaşılan sürdürülebilirlik faaliyeti çalışma konuları ise diğer kategorisine (paydaşlarla iş birliğı, enerji, müfredat, sürdürülebilirlik politikası ve projeleri gibi) dahil edilmiştir (Tan vd 2022). Sürdürebilir yeşil kampüslerin

amacı, uygulamalara katılan insanlar arasında sürdürülebilirlik bilincini artırmak ve çevresel etkiyi azaltan teknolojilerin kullanımı yoluyla kampüsün sürdürülebilir kalkınmasını teşvik ederek öğrencilerin davranışlarını değiştirmelerine yardımcı olmak ve bunları sürdürülebilirliğe yönlendirmek olarak ifade edilmektedir (Velazquez *et al.* 2006).

Sürdürülebilir Yeşil Kampüs İlkeleri

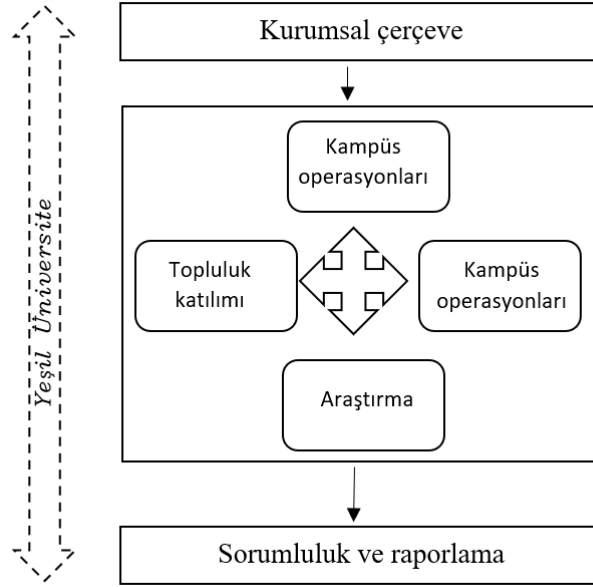
Yeşil Kampüs (YK) kavramı bütünseldir. Yeşil Kampüsler Yükseköğretim Kurumlarının çevresel, ekonomik ve sosyal sorunlarına odaklanan uygulanmasıyla elde edilmektedir. Çevresel sorunlarla ilgili proje ve program portföyünden çok daha fazlası olan YK'ler, üniversite kampüsündeki tüm faaliyetlerin merkezinde yer almaktadırlar (Goodwin and Wright 2013). Sürdürülebilirlik farkındalığı, toplumda diğer sürdürülebilir programları geliştirmek için liderlerin eğitilmesine yönelik öğrenci katılımına odaklanan kampüs tabanlı yeşil girişimlerdir. Bu ortak girişimler, yeşil kampüs'ün yayılmasını teşvik etmektedir. Liderler demokratik, katılımcı ve dürüst olmalı ve toplumda YK'nin tanıtımını teşvik etmek için üniversite yönetim modelleri oluşturmalarıdır.

Yeşil üniversite kavramının temel amacı, üniversite faaliyetlerinin çevre üzerindeki olumsuz etkilerini en aza indirmektir. Bunun nedeni, üniversitelerin elektrik, petrol, gaz, su, kimyasal maddeler ve diğer kaynakları yoğun bir şekilde kullanmasıdır. Geniş bir kampüs alanına ve çok sayıda öğrenciye sahip bir üniversite, yalnızca bir topluluk veya işletmeden daha fazla kaynağa ihtiyaç duymaktadırlar. Üniversitelerde ortaya çıkan atıklar, atık sular, kimyasal maddeler ve toksik atıklar çevre üzerinde ciddi sorunlara yol açabilir ve bu durum hem kampüsü hem de çevresindeki mahalleleri olumsuz etkilemektedir (Tules 2019).

Yeşil Kampüs Girişimleri, Yükseköğretim Kurumlarında Sürdürülebilir Kalkınmayı teşvik etme stratejisi olarak uygulanmaktadır. Sürdürülebilir altyapı uygulamasının çevresel etkileri ekonomik maliyetleri azaltma ve öğrencilerin Sürdürülebilir Kalkınma kavramı hakkındaki farkındalığını artırmaya odaklanmaktadır. Yeşil Kampüs Girişimleri modelleri, Talloires Bildirgesi ve Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri (BM Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri) tarafından belirlenen hedeflere ulaşmaya odaklanan Yükseköğretim Kurumlarının sürdürülebilirlik girişimlerini kapsamaktadır (Riberio *et al.* 2021). Dagiliüté ve ark (2018) tarafından yeşil ve yeşil olmayan üniversitelerdeki öğrencilerin algıları üzerine yapılan karşılaştırmalı bir çalışmada yeşil bir üniversitedeki öğrencilerin daha proaktif olduğunu ve Sürdürülebilir Kalkınma kavramlarını daha iyi anladığını göstermiştir.

Üniversiteler misyon ve vizyonlarına sürdürülebilirlik ilkelerini dahil ederek, kampüslerini yönetmek, müfredatlarını yeniden yapılandırmak, araştırma programlarını

değiştirerek toplum katılımını artırarak ve son olarak bu faaliyetlerini paydaşlara raporlayarak sürdürülebilir kalkınmayı teşvik etmektedirler. Bu nedenle, kapsamlı bir şekilde yeşil bir üniversite toplam altı boyuta dayanan karmaşık bir sistem olarak görülmektedir: Kurumsal çerçeve, kampüs operasyonları, öğretim, araştırma, toplum katılımı, hesap verebilirlik ve raporlama şeklinde sıralanmaktadır (Şekil 3).



Şekil 3. Yeşil Üniversite ilkeleri (Dagiliütė et al. 2018)

Şekil 3 de verilen Yeşil Üniversite İlkeleri yanından Yeşil Kampüs tasarımının temel ilkeleri Tablo 1 de verilmiştir (Qian and Yang 2018)

Tablo 1. Yeşil Kampüs Tasarımının Temel İlkeleri

Terim	Ana Rol	Performans
Olanaklar	Çevre koruma	1) Çocuklar ve öğrencilerin yaşamına faydalı olmak; 2) Bölgesel çevreye katkı sağlamak; 3) Dünya genelindeki ekosistemi iyileştirmeye yardımcı olmak.
İşleyiş	Mantıklılık ve dayanaklılık	1) Binaların hizmet ömrünü uzatmak; 2) Doğal koşullardan tam olarak yararlanmak; 3) Malzemeleri ve enerjiyi etkili bir şekilde kullanmak, atık üretmemek.
Eğitim	Öğrenme teşviki	1) Çocuklar ve öğrenciler çevreden öğrenebilir; 2) Toplumdaki genel halk, sürdürülebilirlik bilincini artırabilir.

Sürdürülebilir Yağmur Suyu Yönetim Sistemleri

Hızlı nüfus artışı, kentleşme ve sanayileşme, dünyadaki birçok şehirde su temininde sıkıntılara neden olmaktadır. Nüfus artışı ve kentleşmenin yanı sıra, iklim koşullarındaki değişiklikler de hem su kaynaklarının bulunabilirliği hem de su talebi üzerinde artışlara neden olmaktadır. Bu mevcut durumdan dolayı kentlerde su sorunlara çözüm olabilmek adına su kaynaklarının yönetimi ile ilgili farklı fikirler ortaya konulmuştur. Bunlardan en yaygın olan fikirlerden biri de yağmur suyu hasadıdır. Yağmur suyu hasad sistemleri (RHS) iklim değişikliğine bağlı olarak artan su temini stresini azaltmak için çeşitli ülkeler tarafından uygulanması benimsenmiştir (Ali vd 2021).

1980'lere kadar kentsel su yönetimi, genellikle ampirik yaklaşımlarla ele alınmış, su temini odaklı ve bireysel sorunlara ayrı ayrı çözümler sunmaya dayalı bir anlayış benimsenmiştir. Ancak, sonraki yıllarda kentlerin hızla büyümesi, nüfus artışı, su temininde karşılaşılan zorluklar ve yoğun yağışlar sırasında drenaj sistemlerinin yetersizliği gibi faktörler, bu alanda bütüncül ve sürdürülebilir yaklaşımların benimsenmesine neden olmuştur. Bu bağlamda, içme ve kullanma suyu kaynağı olarak yağmur suyunun toplanması yeniden gündeme gelmiştir. Farklı ülkelerde başlangıçta lokal ölçekte uygulanan bu yöntem, kent düzeyine taşındığında, yağmur suyunun şehir yaşamına geri kazandırılabilmesi ve mevcut drenaj sistemlerinin aşırı yüklenmesini engelleyerek taşkın riskinin azaltılabileceği anlaşılmıştır. Bu durum, yağmur suyu toplama sistemlerinin yaygınlaştırılmasını önemli bir konu haline getirmiştir (Gülcü 2021).

Kentsel yağmur suyu yönetimi yağmurun kentsel altyapı ve üstyapıya zarar vermeden uzaklaştırılmasını sağlayan, uzaklaştırılan suların tekrar kullanımı için bir dizi önlem ve strateji bütünü olarak tanımlanmaktadır (Müftüoğlu ve Perçin 2015). Yağmur suyu yönetimi prensibiyle yapılan planlamalarda, alanın sahip olduğu mevcut özellikler drenaj ağları, yer altı su kaynakları, toprak, kayaç ve yüzeylerin geçirimsizlik özelliklerinin ele alınması gerekmektedir. Bu özellikler peyzaj mimarlığı ve ilgili diğer bölümler tarafından kullanılarak sürdürülebilir yaşam alanlarının tasarlanmasında etkili olacaktır (Shakouri 2016).

Sürdürülebilir su yönetimi yöntemleri, yüzeysel akışın azalmasını sağlayan, görsel değeri arttıran, kirlетici maddelerin arıtılmasını sağlayan, bitki örtüsü kullanılarak dizayn edilen araziye uyumlu tekniklerin toplanmasıdır. Su yönetimi hususunda yapılan çalışmalar kentsel peyzaj ile birbirini tamamlayan unsur olarak değerlendirilmelidir. Bir sistemin bir alanda uygulanması için o alanın yağış verilerini, toprak etmenlerini, iklimi, yağış etkileri, arazi bilgisi, eğim gibi alan ile ilgili veriler bilinmelidir. Uygulama yapılması düşünülen alanı tanımak ve o alandaki avantaj ve dezavantajları bilmek tasarım için önem arz etmektedir. Bu

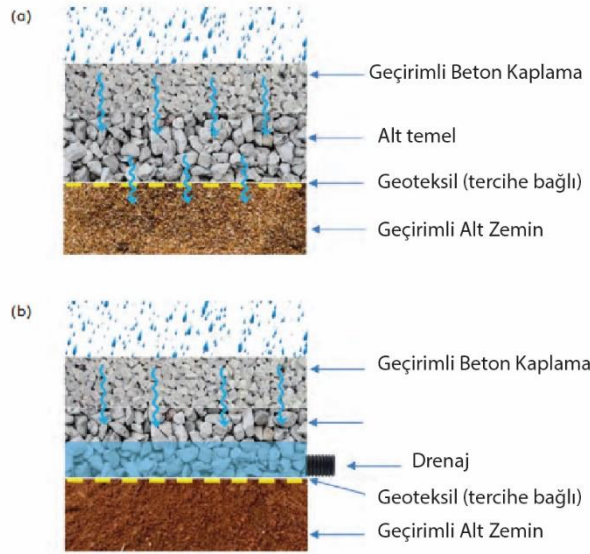
çerçevede alanın özelliklerine ve alanda uygulama yapılmaya uygun sistemlerin seçilmesi gerekmektedir (NSW Government 2017).

Son yıllarda kentlerde geleneksel yağmur suyu yönetimi dışında sürdürülebilir yağmur suyu yönetim sistemleri ön plana çıkmaktadır. Sürdürülebilir yağmur suyu yönetim sistemleri içerisinde modelleme örnekleri dikkati çekmektedir. Avusturalya kökenli su duyarlı kentsel tasarım (Water Sensitive Urban Design (WSUD)), İngiltere kökenli sürdürülebilir kentsel drenaj sistemleri (Sustainable Urban Drainage Systems (SUDS)) ve ABD kökenli düşük etkili gelişim (Low Impact Development (LID)) gibi modelleme örnekleri bu alanda en çok tercih edilen modellemelerden bazılarıdır. Bu modellemelerdeki ana hedef yüzey akışına geçen yağmur suyu miktarının yenilikçi doğal çözümlerle tutularak bekletilmesiyle sızma işlemi arttırmaktır. Bu şekilde yeraltı suyunu besleyerek doğal su döngüsüne olumlu katkılarda bulunmaktır. Bu modellerde yüzey akış suyunu kontrol altına almak için kullanılan çözümler birbirine benzemektedir. Modellemelerde kullanılan ortak çözümler; biyolojik tutma alanı, diğer adıyla yağmur bahçesi, geçirimli döşeme, kuru kuyu, yağmur hendeği, sızma çukuru, çatı bahçesi, yağmur varili ve sarnıç sistemleri olarak sıralanmaktadır (Karakoçak 2011).

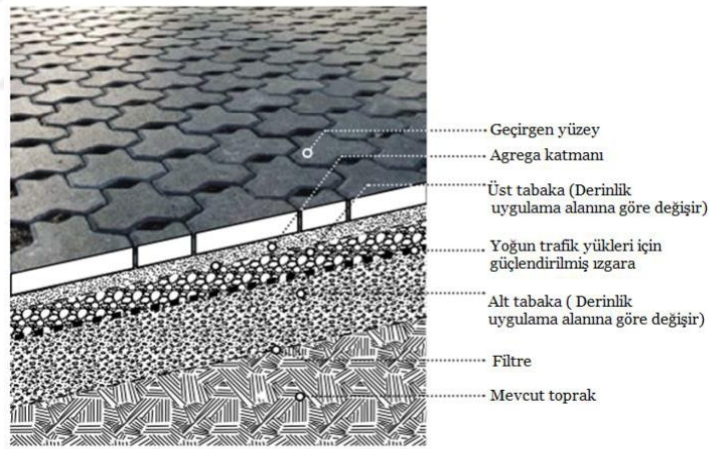
Geçirimli döşemeler

Yağmur sularının toprağa geçirimini kolaylaştıran kentsel alanlarda yüzey akışını minimize eden yüzey kaplamalarıdır. Geçirimli kaplamalar, araç yolları, otoparklar, yürüyüş yolları, kaldırımlar, yağmur bahçeleri, şev stabilizasyonu, kaldırım kenarlarındaki drenaj çözümleri, gürültü bariyeri, spor tesislerinin alt yapısı, peyzaj düzenlemeleri ve estetik görünüm sağladığı düşünüldükçe tercih edilmektedirler (United States , 2010). Geçirimli kaplamalar araç yolları üzerine yapıldığında düşük tane çaplı agrega, uçucu kül ve akışkanlaştırıcı kimyasal malzeme kullanımının geçirimli kaplamaların dayanıklılığını arttırdığını ve araç yollarında kullanılabileceği görülmüştür (Yang and Jiang 2003). Geçirimli yüzey döşemeleri, gözenekli ve geçirgen olmak üzere ikiye ayrılmaktadırlar. Bu iki kaplamanın çalışma prensipleri ve görünüşleri değişiklik göstermektedir. Geçirimli yüzey kaplamalarının sınıflara ayrılması, yüzeyin yapısına ve malzemesine bağlıdır. Gözenekli döşemeler, yüksek sızdırma gücüne sahip iyi oranda sıkıştırılmış kum ve çakıl tabanından oluşan yüzey kısmında çim veya çalı olan geçirimli beton veya asfalttan oluşmaktadır (Şekil 4). Geçirgen kaplamalar ise beton bloklar arasında sızdırma aralıkları olan aracı beton bloklardan oluşmaktadır (Şekil 5). Geçirgen döşemelerin sızdırma düzeyi, beton blok yapısındaki kaba agrega nedeni ile oldukça yüksektir. Geçirimli yüzey döşemelerinin geniş alanlara döşenmesi ve farklı sürdürülebilir sistemlerle

bağdaşması durumunda yağışın olduğu yerlerde sorunun çözülmesini sağlamaktadır (Jayasuriya *et al.* 2007).



Şekil 4. Gözenekli kaplama detayı (url 1)



Şekil 5. Geçirgen kaplama detayı (url 2)

Kuru kuyular

Kuru kuyular, kirli suyun filtrelenerek toprak altına sızdırılmasını sağlayan duvarlı, harçsız kuyulardır. Kuru kuyular, derin sızma yoluyla yeraltı suyu akiferini etkili bir şekilde yenileyebilmektedir (Edwards *et al.* 2016 ; Dandy *et al.* 2019). Düşük yüzey geçirgenliğine sahip ancak geçirgen yeraltına sahip alanlar için kullanımının uygun olacağı ifade edilmektedir. Ancak sızan yağmur suyunun vadoz bölgesinden hareketinin kontrol edilmesiyle oluşan yeraltı suyu kirliliği riskini önlemek için belirli tasarım kriterleri ve ön işlem elde edilir (Edwards *et*

al. 2016). Fırtına suyu kalitesi (Hamilton *et al.* 2004), akış kontrol performansı (Bouwer 2002 ; Gonzalez-Merchan *et al.* 2012) ve yeraltı suyu besleme miktarı ve kalitesi (Snyder *et al.* 1994 ; Beganskas and Fisher 2017) kuru kuyularla ilgili çalışmaların odak noktası olmuştur.

Yağmur hendekleri

Yağmur hendeği basit yöntemle tanımlandığında yağış suyunu toplamak için tasarlanmış uzun, sığ çukurlar ve hendeklerdir. Yağmur hendekleri yağışın yer altına sızma oranını arttırırken geçirimsiz yüzeylerden geçirimini azaltarak suyun kirlenme oranını azaltmakta ve üzerinde bulunan bitki örtüsü sayesinde yağış hızını azaltmaktadır (CASQA 2003; Luell *et al.* 2011; Xie *et al.* 2017). Yağmur hendekleri ile günümüzde kentsel mekanlarda sıkça kullanılan geleneksel yağmur suyu tahliye yöntemlerinin taşkınları kontrol etmesi, su değeri ve yeraltı su kaynaklarını arttırma gibi sürdürülebilirlik açısından eksik yönlerine katkıda bulunulabilir. Bu nedenle yağmur hendeklerinin en çokta kentsel mekanlarda tek başına veya diğer yeşil altyapı sistemleri ile bütünleşik olarak kullanılması kentsel bölgelerin çevresel sürdürülebilirliği yönünden önemli görülmektedir (Akyüz ve Ünal 2017). Yağmur hendeklerine ait genel görünüm Şekil 6 da verilmektedir.



Şekil 6. Yağmur hendekleri genel görünüm (Akyüz 2017)

Sızma çukurları

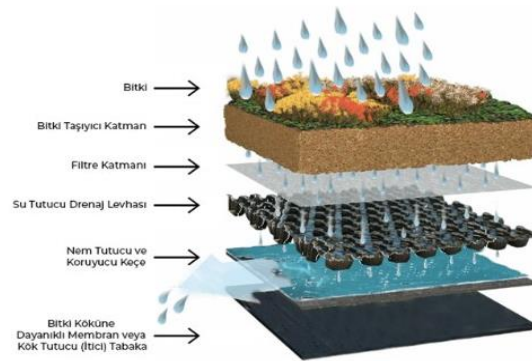
Yeraltı suyunun kendi kendini oluşturması ve yeniden dolumu vakit almaktadır. Bu konuda sızma çukurları yardımcı olmaktadır. Sızma çukurları suyun işlenmesi ve sürdürülebilirliği için kolay ve etki eden bir mekanizma olmaktadır. Sızma Çukurları eşyükselti eğrileri paketleri, yarı dairesel (hilal) setler, küçük çukurlar (zay sistemi), küçük açık havzalar (negarim sistemi), küçük çiftlik göletleri, vadi tabanı sistemi ve teras (jessour) sistemi olmak üzere yedi grupta sınıflandırılmaktadırlar (Çetinkaya 2019). Sızma çukuru Zay Sistemi ve sızma çukuru Negarin Sistemi de Şekil 7 de gösterilmiştir.



Şekil 7. Sızma Çukuru Zay Sistemi /Sızma Çukuru Negarin Sistemi (Çetinkaya 2019)

4.5. Çatı bahçeleri

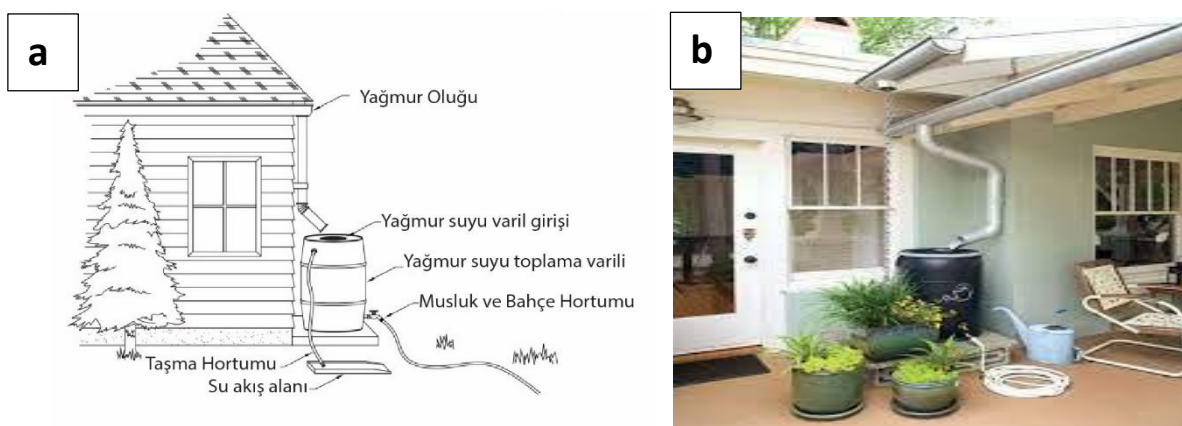
Çatı bahçeleri, yer seviyesinin üzerinde yer alan herhangi bir yapıya ait düz ve eğimli çatılarda özel malzemeler ile yapılan bahçe özelliği taşıyan düzenlemeler olarak tanımlanmaktadır (Ekşi 2014). Çatı bahçeleri görsel zenginlik, ekolojik değer, gelişmiş bina performansı ve yüzey suyu akışının azaltılması gibi çeşitli nedenlerle binaların tepesine yerleştirilen canlı bitki örtüsü alanlarıdır. Çatı bahçelerinin oluşturulmasında çatının yapısal özellikleri yada kullanılacak bitkilerin yetiştirme özellikleri büyük etken oluşturmaktadır. Bu özellikleri sağlaması için çatı bahçeleri katmanlar halinde oluşturulmaktadır. Bu katmanları şu şekilde sıralanmaktadır. En altta çatı konstrüksiyonu, su yalıtım malzemesi, bitkiler için kök tutucu tabaka, çatı malzemesinin sudan etkilenmesini önlemek için nem tutucu tabaka, filtre ve drenaj tabası, bitki yaşam ortamını sağlayan toprak tabakası ve bitkilerden oluşmaktadır (Şekil 8) (Anonim 2016).



Şekil 8. Yeşil çatı kesit görünümü (Url 3)

Yağmur varilleri

Yağmur sularının variller yardımıyla toplanması işlemine yağmur varilleri denir. Yağmur suyu depolama sistemlerinden; depolama tankları ve variller de depolanan yağmur suları farklı amaçlar için kullanılmaktadırlar. Kullanım alanları şu şekilde sıralanabilir, bahçe sulaması, uygun filtrelerin kullanımı ile beraber tuvalet giderleri, çamaşır yıkama, araba yıkama ve soğutma sistemlerinde soğutma suyu olarak kullanılabilir. Ek olarak kuraklığın yaşandığı alanlarda içme suyu olarak kullanılabilir. Fakat depolanan yağmur suyu içmeye uygun su kalitesine uygun değildir bu nedenle gereken arıtılma yapılarak içme suyu uygun değerleri sağlandıktan sonra içme suyu olarak kullanılabilir (Wilson and Navaro 2008). Depolama tankı ve varillerinin boyutlarını yağmur suyu toplama alanının büyüklüğü, yağış miktarları ve kullanım alanlarını belirlemektedir. Yağmur suyu varillerinin kullanımı Şekil 9’da şematik olarak gösterilmiştir.



19

Sarnıçlar

Sarnıçlar bina çatılarından veya zeminden oluklar yardımıyla toplanan suyun depoya iletilerek daha sonra arıtılıp bina içerisinde kullanımını sağlayan sistemlerdir (Tavşan *et al.* 2022). Genel olarak yer altında yer alan sarnıç yapıları, yağmur suyu toplama ve depolama amaçlı kullanılmaktadır. M.Ö. III. bin yılında kullanılmaya başlandığı düşünülen bu sistemler insanlık tarihinin bütün dönemlerinde su sistemleri içinde inşa edilmiştir. Özellikle yakın çevresinde su kaynağı olmayan yaşam alanlarında tercih edilmiş bu yapılara antik kentlerde çokça görülmektedir (Yetkin ve Akman 2021). Sarnıçlar, mevsimsel değişiklikler yoluyla su ihtiyacını karşılamak amacıyla hem yağmur suyu akışını hem de kaynak ve akarsulardan kaynaklanan su kemeri suyunu depolamak için kullanılmıştır. Sarnıçlar basit kil kaplardan büyük yer altı yapılarına kadar çeşitli yapılarda inşa edilmiştir (Şekil 10) (Mays *et al.* 2013).

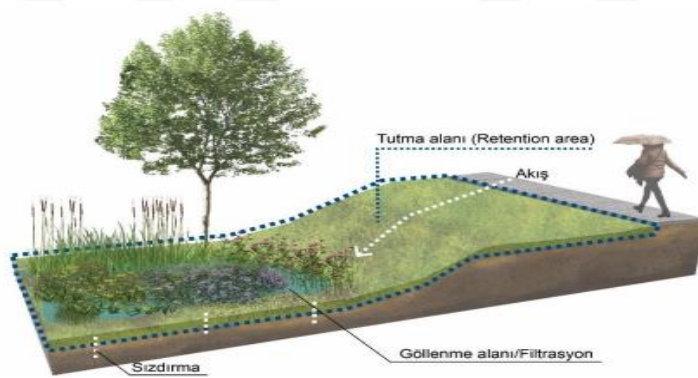


Şekil 10. İstanbul yere batan sarnıcı (Url 6)

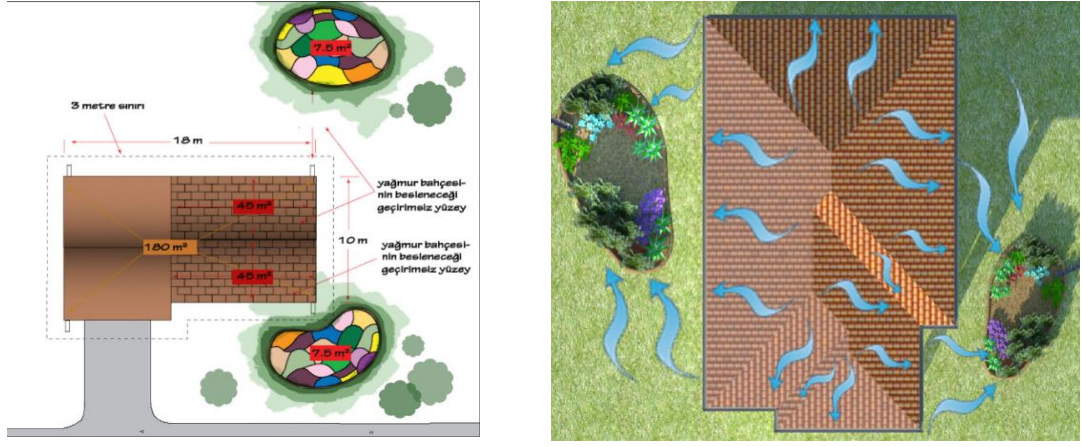
Yağmur bahçesi tanımı

Yağmur suyunun hasadı için kullanılan çözüm önerilerinde yer alan sistemlerden biride yağmur bahçeleridir. Yağmur bahçelerinin birçok tanımı bilimsel literatürde bulunmaktadır. Bazen tanımlar farklılık da gösterebilmektedirler. Yağmur bahçeleri yağmur sularının işlem görmeden doğrudan yönlendirildiği üzerinde doğal suya dayanıklılığı yüksek, alan iklim koşullarına uyum sağlayabilecek ve mevsimlik olarak kullanılabilecek bitkilerin olduğu çukur alanlar olarak tanımlanmaktadır (Demir 2012). Yağmur bahçesi çatı,yol gibi geçirimsiz yüzeylerden toplanan yada oluklar yardımı ile bitkilendirilmiş bir hendeğe aktarılan ve burda tutunarak akış sularının yollar ve benzeri sebeplerle körfezlere karışması önleyen yağmur suyu tutma yöntemine denir (Müftüoğlu ve Perçin 2015). Yağmur bahçelerinin temel fonksiyonu yüzey akışının iyileştirilmesini sağlayarak suyun çevre alanlarda kullanılabilmesi için kalitesinin artmasını sağlamaktır (Jaber *et al.* 2012). Raingardens 2013'e göre yağmur bahçeleri, derin kök salmış yerel bitkiler ve çimenlerle ekilen sık inşa edilmiş çöküntülerdir. Bu bahçelerin

stratejik konumunun amacı araba yolları, otoparklar, kaldırımlar ve sokaklar gibi sert yüzeylerden gelen akışı yakalamaktır. Bir başka tanıma göre yağmur bahçesi, yağmur suyunun tutulmasını artırmak için seçilmiş bitki türlerini kullanan özel olarak oluşturulmuş yeşil bir alan olarak tanımlanmaktadır . Yağmur bahçeleri yoğun yağış sırasında sınırlı tutma ile yollardan, yürüyüş yollarından, çatılardan ve diğer yüzeylerden gelen akışı alarak doğrudan zemine aktarmaktırlar (Anonim 2025c). Yağmur bahçeleri, suyu geçici olarak tutan ve yağmur suyunun yağış yerinde zemine emilmesini sağlayan doğal veya yapay çöküntü alanlarıdır (Wojciechowska *et al.* 2015). Shafique *et al.* (2022)' e göre yağmur bahçeleri birkaç katman filtrasyon ortamı, taşma ve çeşitli bitki örtüsü ile isteğe bağlı alt drenajlardan oluşan peyzaj çöküntüleri olarak tanımlanmaktadır. Zhang *et al.* (2020) ise yağmur bahçelerini bitki örtüsü ile tasarlanmış toprak karışımları ve suyun yeniden kullanımı gereksinimlerini karşılayan kum veya çakıl drenaj yatakları olan çöküntü alanları olduğunu belirtmektedir. Morash *et al.* (2019) e göre yağmur bahçeleri yerleşim alanlarında yağmur suyu akışını yakalamak, sızma yoluyla yeraltı suyunu yeniden doldurmak ve akarsulara aktarılmadan önce sudaki kirleticileri gidermek için kullanılan etkili bir uygulamalarıdır. Başka bir açıklamada ise yağmur sularının herhangi bir işlem görmeden doğrudan kanallar vasıtasıyla aktarıldığı ve üzerinde bitkilerin yetiştirilebildiği derinliği az olan kademelendirilmiş çukur alanlara yağmur bahçesi adı verilmektedir. Yağmur suyunun toplanarak yeniden kullanımının sağlanması olarak nitelendirilen yağmur bahçelerine “mikro biyolojik tutma alanları (micro-biore-tention) da denilmektedir. Yağmur bahçeleri kesit detay görünümü şekil 11’de şematik gösterimi şekil 12’de gösterilmiştir (Anonim, 2024).



Şekil 11. Yağmur bahçesi genel görünüşü (Gülcü 2021)



Şekil 12. Yağmur bahçesi şematik görüntüsü (Anonim 2018)

Yağmur bahçesi tarihçesi

İnsanoğlu geçmişten günümüze kadar ki bütün dönemlerde yağmur suyunu kullanmak için birçok yöntemle başvurmuştur. Yeryüzünde geçmişten günümüze kadar ki bütün süreçlerde pek çok kültür ve medeniyetlerde yağmur suyunu toplayarak kullanılmışlardır. Asya, Antik Roma, Orta Doğu, Meksika ve Hindistan’da yağmur suyu toplama kültürünün izlerine rastlanmaktadır. Hindistan’da bulunan yağmur suyunu tutmak için geliştirilmiş basit sel taşı (stone-rubble) strüktürlerinin izleri M.Ö. 3000’e uzanmaktadır. Tarihi süreçlere bakıldığında yağmur suyu hasat yöntemiyle tekrar kullanılmaya çalışılmıştır. Toplanan sular içme yada tarımsal alanlarda kullanılmak üzere toplanmıştır. Örneğin, Mısırlıların tarihi 2000 yılı aşan ve bugün hala kullanılan alım seviyesi 200 ila 2000 m³ arasında değişen depolama tankları kullanılmaktadır. Roma döneminde çatıdan toplama sistemlerinin kullanıldığı bilinmektedir. Roma evleri tarihi M.Ö 2000 yılından bu yana içme suyu ve temel ihtiyaçlarını gidermek için kullandıkları suyu, çatı havzalarından topladıkları yağmur suyu ile karşılamaktadırlar (Yetik ve Şen 2020). Su sıkıntısının fazla görüldüğü ve artan nüfusla beraber su ihtiyacını karşılamak için İstanbul’ da yapılmış olan sarnıçlar yağmur suyu kullanımının örneklerinden biridir. Yerebatan sarnıcı, Binbirdirek sarnıcı ve Acımusluk sarnıcı bunun en güzel örneklerindendir. Ayrıca eski dönemde nüfus artışıyla beraber özellikle tarihi yarım ada da evlerin bodrumları sarnıç olarak kullanılmaktaymış (Örs vd 2011). Bu örnekler günümüzde kullanılan yağmur suyu yönetim sistemlerinin eski dönemlerde de kullanıldığına işaret etmektedir. Günümüzde Dünyada ve Türkiye de özellikle çatılardan ve sert zemin yüzeylerinden yüzey akışına geçen yağmur suları toplanarak geri dönüşümü sağlanmakta ,peyzaj alanlarında ve tuvaletler de kullanılarak tatlı su kaynaklarının korunmasına destek olmaktadır. Örneğin Diyarbakır Güneş Evin’de çatıdan toplanan su dönüşümü sağlanarak bahçe sulama ve tuvalet rezervuarlarında kullanılmaktadır (Silkin 2014).

Yağmur suyu toplama sistemleri incelendiğinde yağmur bahçelerinin kullanımının tarihi gelişimi 1990 lara dayandığı görülmektedir. Yağmur bahçesi terimi ilk olarak 1990 yılında Maryland'in Prince George's County bölgesinde geliştirici Dick Brinker'in yeni bir alt bölümde geleneksel tutma ve drenaj sistemleri yerine bunları kullanma fikriyle ortaya çıkmıştır (Sert 2013). 2000 li yıllarda yağmur bahçeleri yaygın hale gelmeye başlamıştır. Yerel yönetimler ,okullar ve kişisel alanlarda yağmur bahçelerinin kullanımı yaygınlaşmaya ve çevresel girimşimlerin bir parçası olmaya başlamıştır (Anonim 2025).

Yağmur bahçelerinin önemi

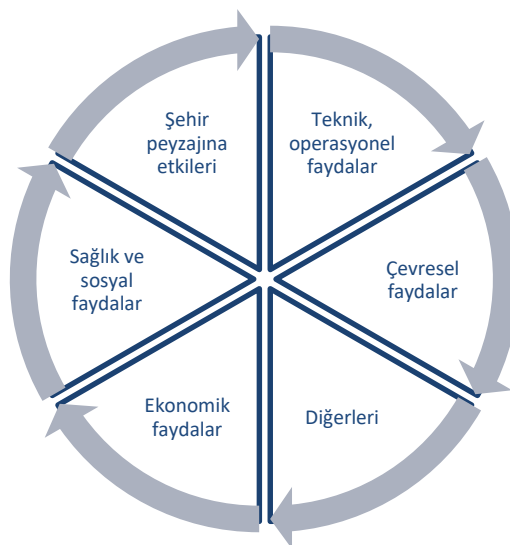
Yağmur bahçeleri yapı arazilerinde, yol kenarı ve refüjlerde yapılması düşünülen yağmur bahçeleri su kaynaklarının az olmasına ve yağmur suyunun yeniden kullanımına olanak vererek suyun kullanım alanlarını arttırmaktadır, yüzey akışıyla gelen yağmur sularının arıtılmasında doğal filtre görevi yaparak kirli suyu temizleyerek ve yeraltı sularının artmasını sağlamaktadır, uygulandığı alana ait olan flora ve fauna için uygun ortam oluşturarak biyolojik çeşitliliği arttırmaktadır ve alanın kuru havadan kurtulmasına yardımcı olmaktadır. Ayrıca yağmur suyunun yüzey akış hızını düşürerek kontrol altına alınarak akmasını sağlayan beraberinde getirdiği toprak kaybını önlemektedir. Araç yolları, yürüyüş yolları ve otoparklar gibi sert zeminlerde istenmeyen su birikimini toplayıp yön vererek doğaya geri kazandıran yağmur bahçeleri aynı zamanda kentlerde estetik bir görünüm de oluşturmaktadır.

Ekosistemin insanlara sağladığı doğrudan ve dolaylı katkılar olarak tanımlanan ekosistem hizmetleri açısından yağmur bahçeleri değerlendirildiğinde yağmur bahçelerinin ölçülebilir açıdan önemli katkıları olduğu görülmektedir. Ekosistem hizmetleri dört başlık altında incelenmektedir. Bu hizmetler,

- Tedarik hizmetleri: Gıda, yem, lif, tatlı su ve diğer kaynaklar dahil olmak üzere bir ekosistemden elde edilen malzeme veya enerji çıktıları
- Düzenleme hizmetleri: yerel iklim, hava veya toprak kalitesinin düzenlenmesi; karbon tutulması; sel, erozyon veya hastalık kontrolü ve tozlaşma dahil olmak üzere ekosistem süreçlerinin düzenlenmesi veya kontrol edilmesiyle elde edilen faydalar
- Destekleyici hizmetler: bitkiler ve yaban hayatı için yaşam alanı veya genetik ve biyolojik çeşitliliğin korunması gibi temel ekosistem süreçlerini sürdüren hizmetler
- Kültürel hizmetler: ekosistemlerin insan toplumlarına ve kültüre sağladığı maddi olmayan faydalar, rekreasyon, turizm, estetik veya sanatsal takdir ve maneviyat fırsatları dahil

Yağmur bahçeleri düzenleme hizmetleri, destekleyici hizmetler ve kültürel hizmetler başlıklarına doğrudan ve dolaylı olarak katkıda bulunmaktadır (Url 9). Yağmur bahçelerinin düzenleme hizmetlerine olan katkıları incelendiğinde yağmur bahçelerinin kullanılan bitkiler vasıtasıyla kirli suyu temizlediği, geçirken yapısı nedeniyle yüzey akışıyla gelen fazla suyun taşmalara sebep olmasını engellediği ve kullanılan bitkiler vasıtasıyla oluşacak erozyonu önlemektedir (Shuster *et al.* 2014). Destekleyici hizmetler açısından yağmur bahçeleri tasarımında kullanılan bitkilerin çiçekleriyle, renkleriyle ve kokularıyla kent içerisinde bir ekosistem oluşturmasını sağlamaktadır, yaban hayatı ve biyolojik çeşitliliğin artmasına ve yaşam döngüsünün sağlanmasına yardımcı olmaktadır (Naumann and Davis 2020). Avrupa Komisyonu tarafından hazırlanan el kitabında (Avrupa komisyonu 2021) yağmur bahçeleri de dahil olmak üzere yağmur suyu yönetim sistemlerinin biyolojik çeşitliliğe fayda sağlaması ve bir dizi ekosistem hizmetinin sunulmasını desteklemesi gerektiği belirtilmiştir. Yağmur bahçesi uygulamalarının kültürel hizmetlere sağladığı katkılar ise şu şekilde sıralanabilir. Şehirlerin estetik değerinin arttırırken aynı zamanda sosyal canlılığına ve ekolojik sürdürülebilirliğine katkıda bulunmaktadır, yeşil alt yapı ile kamusal alan arasındaki boşluğu kapatarak hem ekolojik sağlığı hemde insan refahını önceliklendiren kentsel alanların dönüşümünde önemli rol oynamaktadırlar ve yağmur bahçeleri kent içerisinde oluşturdukları estetik görünüş sayesinde bulundukları ortamın kent karmaşasının ve stresinin azalmasına yardımcı olmaktadır. (Chen *et al.* 2021). Yağmur bahçeleri su yönetimi, estetik, toprak temizleme ve su filtreleme gibi birçok konuda ekosistem hizmetlerini desteklemekte ve kentlerin yağmur suyu yönetimine katkıda bulunmaktadır.

Amerikan Çevre Koruma Ajansı kentsel alanda yağmur bahçelerinin kullanımının sağladığı faydalar Şekil 13’de vermiştir (Anonim 2021).



Şekil 13. Kentsel alanda yağmur bahçelerinin kullanımının faydaları (Bak and Barjenbruch 2021)

Yağmur bahçelerinin kentlerde uygulanmasının avantaj ve dezavantajları Tablo 2 deki gibi sıralanmıştır (Bak and Barjenbruch 2021)

Tablo 2. Kentlerde yağmur bahçelerinin uygulanmasındaki avantaj ve dezavantajlar

Avantaj	Dezavantajları
Yağmur suyu yönetimine katılım (kanalizasyon sistemindeki pik akışların azaltılması, su toplama alanından akan yağmur suyu hacminin azaltılması, yağmur suyu/birleşik kanalizasyon sisteminin aşırı yüklenme olasılığının azaltılması, uygun şekilde konumlandırılması durumunda mülk su baskını riskinin azaltılması)	Tasarım ve yapımda hata olması durumunda oluşabilecek olası sorunlar
Su koruma (yağmur suyundan kirleticilerin uzaklaştırılması, yeraltı suyunun beslenmesi)	Uygunsuz kullanım durumunda olası sorunlar
Doğal çevre için diğer faydalar (yerel ekosistem için bir yaşam alanı sağlarlar, biyolojik çeşitlilik üzerinde olumlu etkileri olabilir)	Yüzey gereksinimi (toprak türüne bağlı olarak drenaj alanının yarısından fazlasına kadar)
Sosyal yön—sosyal bütünleşme	Bazı durumlarda bu tip LID uygulamasının uygulanması mümkün olmayabilir (örneğin, yüksek yeraltı suyu seviyesi, yüksek eğim)
Sağlık yönleri	Bir yer seçerken kısıtlamalar (örneğin, temellerden gerekli mesafe)
Suyun geçici olarak depolanması; daha fazla buharlaşma ve mikro iklimin iyileştirilmesi	Maliyetler
Ekonomik faydalar (yeşil alanların sulanmasında su tasarrufu, yağmur suyu yönetimine ilişkin ücretlerde indirim veya indirim)	İşletme sırasında bakım ve yönetim ihtiyacı
Kentsel ısı adası etkisinin azaltılması	Sosyal yönler: toplum desteğinin eksikliği, mahalle çatışmaları, toplum korkuları
Hava kalitesi üzerindeki etkisi	Yatırımcıların ek yatırım maliyetlerine girme konusunda isteksiz olması
Estetik değer sayesinde peyzajın estetiğinin iyileştirilmesi	
Karardan uygulamaya kadar geçen süre nispeten kısadır (tasarım ve uygulama kolaylığı nedeniyle)	
Çok kriterli bina değerlendirme sistemlerindeki puanlar	
İklim değişikliğinin etkilerinin azaltılması	

Yağmur bahçelerinin dünyadaki gelişimi

Günümüzde yaşanan su sıkıntıları ve gelecekte yaşanması öngörülen su kıtlığını önlemek için suyun geri dönüşümü ve toplanması konusunda dünya üzerinde pekçok bölgede yeni yöntemler geliştirilmektedir. Bunlardan biri olan yağmur bahçeleri yağmur sularının etkili kullanımı ve geri dönüşümü için basit ve etkili bir yöntem olarak görülmektedir. Yağmur bahçeleri ile sınırlı miktarda olan tatlı su kaynaklarının daha tasarruflu kullanımı sağlanmaktadır. Aynı zamanda kurulmuş olduğu çeşitli noktalarda yağmur suyunun ortaya çıkarmış olduğu sorunlara çözüm olurken çevrecede güzel bir etki bırakmaktadırlar. Bahçelerde kullanılan bitki örtüsü renk, koku, gölge ve dinlendirici etkileri ile hayatı güzelleştirmenin yanında bir habitat oluşturmada katkı sunmaktadır (Aydoğdu 2018). Suyun doğada etkili

kullanımına örnek olarak gösterilen yağmur bahçeleri yağmur suyunu toplayarak depolayan yada aktaran sistemler olarak da ifade edilmektedir.

Yağmur bahçeleri ile ilgili dünyanın farklı bölgelerde yapılan çalışmalar bulunmaktadır. Amerikanın portland kenti yağmur suyu yönetimi konusunda oldukça ileri seviyede uygulamalara sahiptir. Portland'ın doğu yakasındaki Lloyd Bölgesi'nde 2003 yılında kurulan Mayer/Reed yağmur bahçesi kongre merkezi binasının çatısından gelen tüm yağmur suyunu toplamak, temizlemek ve tutmak için tasarlanmıştır. Yağmur bahçesi birçok tasarım ödülü kazanmıştır (Şekil 14).



Şekil 14. Mayer/Reed yağmur bahçesi (Aydoğdu 2018)

Yağmur suyu yönetimi konusunda güzel örneklerle sahip olan Portland kenti kamusal alanda Kevin Robert Perry tarafından yapılmış olan ilk yağmur bahçesi olan Mount Tabor Orta Okulu yağmur bahçesi ASLA'nın 2007 yılında onur ödülünü alarak Portland kentinin yağmur bahçesi kavramı ile ünlenmesini sağlamıştır. Yaklaşık 200 m² lik bir alana kurulan yağmur bahçesi 300 m² lik çatı, otopark ve asfalt oyun alanından aktarılan temiz suyu toplamaktadır. Mount Tabor Ortaokulu Yağmur Bahçesi, yağmur suyunu yönlendirerek otopark olarak kullanılan avluyu “gri alandan yeşil alana dönüşmesini sağlamanın dışında iklimi daha da serinleştirerek öğrencilere, personele ve görenlere estetik yönden önemli bir katkı sağlamaktadır (Şekil 15- 16) (ASLA 2016).

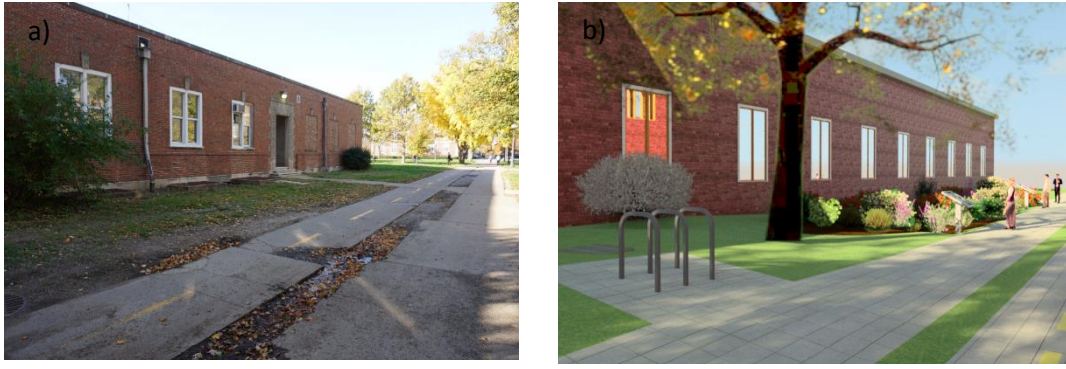


Şekil 15. Portland Oregon’da Mount Tabor Orta Okulu’nda yağmur suyu bahçesinde suyun çatıdan bahçeye taşınması (ASLA 2016).



Şekil 16.a) Mount tabor Ortaokulu Yağmur Bahçesi, **b)** Okulun doğu cephesinde 60 cm genişliğinde çakıl Koridor yapılmıştır(Asla 2016)

Amerika'nın Chicago kentinde bulunan Illinois Üniversitesi Champaign Urbana kampüsünde bir yağmur bahçesi tasarlamak için bir proje yürütülmüştür. Yürütülen projede yağmur bahçesi için kullanılan bitkiler yerel bitkilerden oluşmaktadır. Geleneksel yağmur suyu kanalizasyon sistemlerinden daha sürdürülebilir bir yağmur suyu yönetimi sağlaması planlanmıştır. Bahçe yağmur suyunun doğrudan zemine sızmasını kolaylaştırmaktadır. Yağmur bahçesi ile alanda yağmur suyu yönetimi, erozyon kontrolü, doğal habitat sağlama, estetik katkı ve eğitim ve araştırma konularında destek sağlaması bulunmaktadır (Şekil 17) (Tarpey 2017).



Şekil 17. a) Illinois Üniversitesi yağmur bahçesi yapılması düşünülen alan
b) Illinois Üniversitesi yağmur bahçesi tasarımı 3d görseli.

Elaine Grehl yaptığı çalışmada yağmur bahçelerinin, su istimallerini gidermeye yardımcı olmak için oluşturulmuş yeni bir teknoloji olduğunu savunmaktadır. Bir yağmur bahçesi suyu azaltma, su tasarrufu sağlama, yeraltı suyu dolumu ve su kütlesi kirliliğinin azaltılması gibi çevresel faydaları sağlamaktadır. Grehl araştırmasında Delaware Üniversitesi kampüsünde bir yağmur bahçesinin başlatılmasından tamamlanmasına kadar olan süreci yürütmüştür. Bu proje ile araştırmacı, halkı yağmur bahçeleri kurmaya teşvik için ilham vermiştir. Araştırmanın ilk hedefleri arasında, dört günlük bir süreden sonra bahçede suyun göllenmesini önlemek toprakta değişiklik yapmaktan kaçınmak ve yağmur bahçesi için açılan alandan kazılmış toprağın sahadan çıkarılmasına engel olmak yer alıyordu. Yağmur bahçesine bölgedeki yerel olmayan hiçbir bitki türü dikilmeyecekti. Grehl araştırmasında yağmur bahçesi kurmak isteyenler için öneriler sunmuştur. Bunlar arasında ilk hedeflerin belirlenmesi, paydaşların dahil edilmesi, alternatif taşma çıkışlarının düşünülmesi ve toprakların en az 6 fit (1,83 m) derinliğe kadar incelenmesi yer almaktadır (Şekil 18) (Grehl 2006).



Şekil 18. a) Daleware Üniversitesi kampüsü yağmur bahçesi yapılmadan önceki görseli
b) Daleware üniversitesi kampüsü yağmur bahçesi yapıldıktan sonraki görseli

Kyoto'nun Nakagyo çeşitli yağış dönemlerine sahip bir bölgedir. Bu bölgede yağmur bahçelerinin hidrolojik ve su kalitesi etkilerini değerlendirmek için yağmur bahçesi çalışması yapılmıştır. Sonuçlar yağmur suyunun afet tehlikelerini azaltmaya yardımcı olması, yoğun yağmur akışlarına karşı direnci artırması ile Japonya ile aynı iklime sahip diğer şehirlerde yağmur bahçesi kurulumunda kentsel planlama için bilimsel bir temel sağlaması amaçlanmıştır (Şekil 19) (Zhang *et al.* 2019).



Şekil 19. Kyoto Gakuen Üniversitesi'ndeki yağmur bahçesi

ABD'nin kuzeydoğu bölgesinde bulunan Pensilvanya eyaletinde yer alan Villova Üniversitesinin batı kampüsünde kurulan yağmur bahçesi topraktaki azot, fosfor ve diğer kirleticilerin etkilerini ölçmek için kullanılmıştır. Bu yağmur bahçesi 15 yıldır kullanılmakta ve en sağlam verilerin alındığı yağmur bahçesidir. Yağmur bahçesi için yapılan araştırmalar kirletici maddelerin (yağ, ağır metal vb.) sudan arıtılmasını sağladığı ve su kalitesinin yükselmesine yardımcı olduğu görülmüştür. Ayrıca bahçenin yağış suyunu maksimum düzeyde tuttuğu da görülmüştür (Şekil 20) (Metcalf 2022).



Şekil 20. Villaova Üniversitesi yağmur bahçesi, ABD

Avusturalya yağışın fazla olduğu zamanlarda yağışı kontrol etmek ve yer altı su seviyesini arttırabilmek için kentlerde yağmur bahçesi tasarımlarını desteklenmektedir. Yağmur bahçeleri Avusturalya da bulunan Sidney Limanı ve Botanik Körfezini kirleticilerden koruyan doğal bir temizleme alanı olarak görülmektedir. Bu yağmur bahçesi projeleri aynı zamanda biyoçeşitliliğin arttırılması içinde kullanılmaktadır. Camperdown, Chippendale, Darlinghurst, Erskineville, Glebe ve kent içerisindeki birçok bölgede günümüze kadar 154 adet yağmur bahçesi uygulaması yapılmıştır. Yağmur bahçesi projeleri yardımıyla gelecek yıllarda yağmur suyunun geri dönüştürülmesiyle kirletici maddelerin %50 sini azaltılması hedeflenmektedir Şekil 21 (Gölbey vd 2023).



Şekil 21. Avustralya, Sydney’de yer alan yağmur bahçelerinden görseller (Gölbey vd 2023)

İngiltere’de çoğu kent, yağmur bahçelerini kent parkları, kamusal mekanlar ve halkın kullanımına açık mekanlar olarak tasarlamıştır. Bu tasarımlar ile şehirlerdeki yeşil altyapıyı güçlendirilerek su yönetiminin yenilenmesinde büyük fayda sağlanmıştır. Londra’da bulunan Wetland Centre, yağmur bahçeleri ve sulak alanların su yönetimi hususunda ne kadar önemli olduğunu gösteren bir örnektir . Ek olarak birçok kuş ve vahşi yaşam türünün yaşamını sürdürdüğü bir alanı desteklemektedir .Yağmur bahçesi görseli Şekil 22’ de gösterilmiştir (Gölbey vd 2023).



Şekil 22. London Wetland Centre’de yer alan yağmur bahçesi

Yağmur bahçelerinin türkiyede’ki gelişimi

Tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de kentleşmeyle birlikte sert zeminler ve geçirimsiz yüzeyler artmaya başlamıştır. Bu durum ise kentlerde yeşil alanların azalmasına neden olmaktadır. Bununla beraber kentlerde artan sert zeminler suyun geri dönüşümünü ve toprağa karışmasını engellemektedir. Bu durum Dünyada yağmur suyu yönetim sistemlerinin gelişmesine neden olurken ve Türkiyede benzer şekilde gelişimine sebep olmuştur. Yağmur suyu yönetim sistemlerinden biri olan yağmur bahçeleri Dünyada olduğu gibi Türkiye de son birkaç yılda gelişim göstermeye başlamıştır. Örneğin, İzmir Büyükşehir Belediyesi azalmakta olan su kaynaklarını daha etkili kullanmak ve kuraklıkla savaşmak için imar yönetmeliğinde yapmış olduğu yenilikler uygulanması düşünülen park, rekreasyon ve yaşam alanı projelerinde yağmur bahçelerinin yapılmasını zorunlu hale getirmiştir. İzmir Büyükşehir Belediyesi yaptığı çalışma ile bin metrekarenin üzerinde olan ve yeni yapılan binalarda yağmur suyu hasadını ve 60 bin metrekarenin üstünde olan yapılarda ise yeşil çatı uygulamasını zorunlu kılmıştır. Bununla beraber İzmir ilinin Güzelbahçe, Kahramandere ve Mustafa Kemal Paşa mahallelerinde yapılması düşünülen ekolojik parklarda, Buca’da inşası devam eden Portakal Vadisi’nde ve Uzundere Kentsel Dönüşüm alanında hem su taşmalarının önüne geçecek hem de yağmur suyunun etkili olarak kullanılmasını sağlayacak yağmur bahçelerinin kurulması planlanmaktadır. Şekil 23’ de Kahraman Dere mahallesi için tasarlanmış olan yağmur bahçesi görüntüleri verilmiştir (Gölbey vd 2023).



Şekil 23. İzmir büyük şehir belediyesi Kahraman dere mahallesi için tasarlanan yağmur bahçesi

İTÜ'nün Ayazağa kampüsü içerisinde yeşil kampus araştırmaları çerçevesinde 2013 yılında başlatılan su hasadı projesinde yağmur suyu toplamak için geçirimli beton sistemleri ve yağmur bahçesi sistemleri kullanmışlardır. Yağmur suları, yağmur bahçelerinin alt kısmında bulunan borular vasıtası ile toplanarak yağmur suyu hatlarıyla İstanbul İstinye bölgesindeki yoğun yapılaşmadan ötürü yetersiz suya sahip olan İTÜ göletinin canlandırılması için gölete yönlendirmiştir (Şekil 24) (Anonim 2024).



Şekil 24. İTÜ Ayazağa yerleşkesi yağmur bahçesi

Ankara Çevre ve Şehircilik Bakanlığı yağmur suyu yönetimini sağlamak için Bakanlık bahçesi içerisinde basit yöntemle yağmur bahçesi kurulmuştur. Bahçe klasik yöntem ile kurulmuş ve bahçe içerisinde Ankara doğal bitkileri kullanılmıştır (Şekil 25).



Şekil 25. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı bahçesi içinde uygulanan yağmur bahçesi (Anonim 2018)

Yağmur bahçeleri tasarım kriterleri

Yağmur bahçeleri kuracak kurum, kuruluş veya özerk kişilerin bahçe kurulacak alana gelecek yağmur suyunu sağlayacak çatı alanı büyüklüğüne, yağmur suyu iniş borularına ve bahçe alanına ve alanın eğimine dikkat ederek seçim yapmaları gerekmektedir. Yağmur bahçeleri derin olmayan alanlardır, bundan ötürü güvenlik önlemlerine dikkat edilirse profesyonel yardım almadan yapılması mümkündür. Değerlendirilmesi gereken fakat zorunlu olmayan önemli kriterler şu şekilde sıralanmaktadır (Anonim 2018).

- Toprağın sızma kapasitesinin uygulama alanında test edilerek sızma kalitesinden emin olunması
- Şiddetli iklim koşullarında ve yağmur sırasında yağmur bahçesi suya doyduğunda, suyun güvenli bir şekilde akatılacağı noktanın belirlenmesi
- Yağmur suyu için alana uygun giriş ve çıkış noktalarının belirlenmesi,
- Bir tahliye sistemine aktarılan suyun nereye döküleceğinin belirlenmesi ve uygun şartları karşılamış olduğundan ve gerekli olduğunda izinlerin alındığından emin olunması,
- Suyun kirlilik veya tuz oranlarının da dahil olmak üzere uygulama alanının koşullarını değerlendirilmesi
- Anakayanın yağmur bahçesinin toplam derinliğinden 45 cm'den daha aşağıda olduğu yerler
- Eğim yüzdesinin %10'un üstünde olmadığı alanlar olması,
- Yeraltındaki altyapıdan 150 cm uzakta, bodrumu olan bir yapıdan en az 180 cm veya bodrumu olmayan bir yapıdan 60 cm uzakta olması
- Bina saçak kenarından yaklaşık olarak 300 cm'den daha uzak olması

- Yeraltındaki altyapıdan 150 cm mesafede ,3 metreden yüksek istinat duvarlarının temelinden en az 150 cm, duvar üstünden ise yaklaşık olarak 300 cm uzakta olması
- Yağmur bahçesinin en derin bölgesinin, çevredeki yapılarından en az 300 cm uzakta olması
- Yağmur bahçesinde kullanılması düşünülen bitkiler uygulama alanının florasına uygun ve su isteği yönünden bitkinin ekolojik istekleri göz önüne alınarak tercih edilmelidir.

Alan tespiti

Yağmur bahçesi tasarımı yaparken doğru alanın seçilmesi önemlidir. Çünkü doğru alan seçilmediğinde yağmur suyu doğru yönlendirilmemektedir. Bu durumda farklı sorunların ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Bu amaçla yağmur suyunun etkin bir şekilde yönlendirilmesi için doğru konum ve tasarım önemlidir. Yağmur bahçesi tasarımı yaparken alan tespitinde dikkat edilmesi gereken kurallar şu şekilde sıralanmaktadır.

- Yağmur bahçesi, bina saçaklarının kenarından en az 3 metre kadar uzaklıkta konumlandırılmalıdır (Anonim 2015).
- Yağmur bahçesi, kurulması düşünülen alanda var olabilecek rezervuar sistemlerinin üzerine ya da yakın çevresine uygulanmamalıdır (Anonim 2011).
- Yağmur bahçesi kurulması düşünülen alanın en yüksek noktasının eğimi % 12 ve en düşük noktanın eğimi % 5 olmalıdır (Doğangönül ve Doğangönül 2008).
- Yağmur bahçesi kurulması düşünülen alanların direkt olarak güneş alan açık alanlar seçilmeli, gölgede kalan ağaç altları tercih edilmemelidir. Ek olarak büyük ağaçların köklerinin yağmur bahçesinden zarar görmemesi için ağaç topluluklarının bulunduğu yerlerin altına yağmur bahçesi uygulaması yapılmamalıdır (Anonim 2011).

Toprak durumunun tespit edilmesi

Yağmur bahçesinin görevi suyu emmek ve drene etmek olduğu için toprak yapısının geçirgen ve iri taneli olması istenmektedir. Toprak yapısındaki kil oranının yüksek olması toprağın suyu drene etmesini zorlaştırmaktadır. Bu nedenle yağmur bahçelerinin toprak yapısının kum ve silt oranı yüksek olması gerekmektedir. Bu nedenle alanın organik madde oranı yüksek matertaller ile zenginleştirilmesi gerekmektedir (Anonim 2018). Yağmur bahçesi kurulması düşünülen alanların toprak türü eğer kil içeriği yüksek yapıda ise sızma hızının yavaş olması sebebiyle kumlu veya siltli bir toprak türüne sahip alanlara oranla daha büyük ebatlarda bir yağmur bahçesi alanı bulunması uygun olacaktır. Bu kapsamda yağmur bahçesi uygulanması düşünülen alanın toprak türünün belirlenmesi, toprağın sızma hızının bulunması

ve su geçirme oranının test edilmesi oldukça önemli bir konudur (Anonim 2011). Toprak kolaylıkla parçalanabilir ve yumuşak ise toprağın drenaj seviyesinin yüksek olduğunu ve yağmur bahçesi kurulumu için elverişli olduğunu göstermektedir. Toprağın düz ve kolay şekil alması toprağın kil oranının yüksek olduğunu ve yağmur bahçesi kurulumu için uygun olmadığını göstermektedir (Anonim 2018). Yağmur bahçesi kurulumunda bu toprak özelliklerini dikkate almak gerekmektedir.

Bahçe ebatının belirlenmesi

Toprağın drenaj oranı analiz edildikten sonra yağmur bahçesinin ebatlarının belirlenme sahası işleme koyulmaktadır. Yağmur bahçesi şekli ve alan sınırları kireç tozu ya da spre y boya aracılığı ile çizilmelidir. Uygun görülen alan, akan yüzey akış suyu seviyesini taşıyamayacak ebatlarda ise aşağıdaki ölçütler aracılığı ile yağmur bahçesi kurulmaya uygun hale getirilebilir.

- Yağmur bahçesine toplanan su zemini daraltılabilir
- Farklı yağmur bahçesi şekilleri oluşturulabilir
- Farklı ebatlarda birden fazla bahçe oluşturulabilir
- Yağmur bahçesi kurulması düşünülen alan yeterli değilse başka alan bulunulabilir
- Yağmur bahçesi ebatının belirlenebilmesi için, toplanacak olan yağmur suyu miktarının belirlenmesi gerekmektedir
- Suyun biriktiği alanın derinliğinin 20 cm üstünde olduğu durumlarda suyun geç szlmesi ve 10 cm' den az olduğu durumlarda da suyun alandan taşma durumunun olma ihtimalinden ötürü, yağmur bahçesi için en uygun birikme alanı derinliği 10- 20 cm olarak yapılması tercih edilmektedir.
- Alanın mevcut eğimi %4'ten az ise, yağmur bahçesinin derinliği 7-12 cm arasında olması gerekir
- Alanda mevcut eğim %5-7 arasında ise, yağmur bahçesinin derinliği 15-18 cm arasında olması gerekir.
- Alanda mevcut eğim %8-12 arasında ise, yağmur bahçesinin derinliği 20 cm olması gerekir (Doğangül ve Doğangül 2009).

Yağmur suyu miktarının belirlenmesi

Yağmur bahçesi kurulum aşamaları tasarlanırken ne kadar suyun alana yönlendirileceği ve burda birikeceğini önceden hesaplamak için yüzey akış katsayısının bulunması gerekmektedir. Yüzey akışı; yağmur, kar ve ya diğer su kaynaklarından gelen toprak ve bitkilerce tutulamayan, yer altı sularına karışmayan, çukurlarda birikmeyen, buharlaşmayan, sert zemin yüzeylerinde akışa geçen suyu ifade eder. Yüzey akışından toplanan su toprak

tarafından geçirilmeden yüzeyden eğim yönünde akmaktadır. Yüzey akışı katsayısı; yeryüzüne düşen suyun buharlaşmadan ve emilmeden akışa geçme yüzdesidir. Yüzey akış katsayısını; malzeme geçirim seviyesi, vejetasyon örtüsü ve buharlaşma oranı belirlemektedir. Yüzey akış katsayılarına ait değerler Tablo 3’de verilmiştir (PAD 2017).

Tablo 3. Yüzey akış katsayıları

Yüzey akış katsayıları	
Zemin tipi	Akış katsayısı
Yollar için	%90,
Otlaklar için	% 10-25,
Çatılar için	%80-95 (malzemeye göre değişen emilme ve buharlaşmaya bağlı olarak farklılık gösterir),
Çıplak toprak için	%35-55,
Çakıl için çakılın altındaki toprağın yüzey akışı katsayısına eşittir	(%35-55)

Alan için uygun bitkilerin belirlenmesi

Kurulması düşünülen yağmur bahçelerinde kullanılacak bitkilerin, doğal bitki örtüsünden ve ya o bölgeye uyum sağlamış ekolojik istekleri çok olmayan bitki türleri seçilmesi gerekmektedir. Bu sayede bitkilerin yağmur bahçesine kullanmaya elverişli olması, sağlıklı bir şekilde gelişebilmesi ve yağmur suyunun verimli şekilde yönlendirilmesi sağlanmış olur. Bitkiler yağmur bahçesinde suyun yer altı sularına karışmasına yardımcı olurken çevre için de estetik bir görüntü oluşturmaktadırlar (Müftüoğlu ve Perçin 2015). Yağmur bahçesi tasarımlarında bitki seçiminde şu özellikler dikkate alınmak gerekmektedir;

- Bitki kök yapısının gelişmiş olması gerekmektedir (Bilhassa göllenme alanı için)
- Suyu kirletme özelliği olan maddelere (yağ, ağır metal vb.) dayanımı üst seviyede olan bitki türlerinin seçilmesine önem verilmelidir (Demir 2012).
- Yağmur bahçesi tasarımında bitki düzenlemelerine dikkat edilmelidir. Alanda düzen ağı oluşturularak bitkiler arasında 20 cm mesafe olacak şekilde bitki dikimi yapılması uygun olmaktadır (Doğangönül ve Doğangönül 2008)

Yağmur bahçeleri için uygun bitki seçimi yapıldıktan sonra bitkiler alana uygulanırken bahçe 3 ekim alanından oluşmaktadır (Şekil 26). Bu alanlar sırasıyla;

1. Bölge Yağmur Bahçesinin Göllenme Bölgesi.

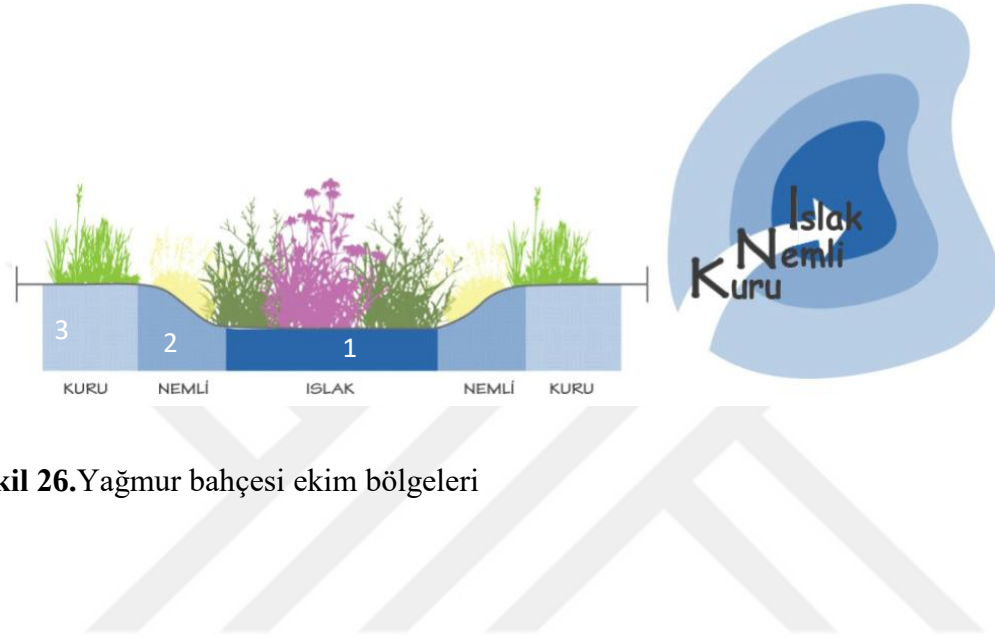
Bahçede su seviyesinin en yüksek alanı olduğu için su toleransı yüksek bitkiler bu alana yerleştirilmelidir.

2. Bölge Yağmur Bahçesinin Nemli Bölgesi

Bu alandaki bitkiler hem susuzluğa hem de nemli ortamda yetişmeye uygun türde olmalıdırlar. Ek olarak bu bitkiler, nemli ortam şartlarında toprağı tutarak erozyonu önlemeye yardımcı olmalıdırlar.

3. Bahçesinin Kuru Bölgesi

Bu alanda kullanılacak bitkiler kuraklığa dayanıklı olmalıdırlar (Anonim 2018)



Şekil 26. Yağmur bahçesi ekim bölgeleri

MATERYAL VE METOT

Materyal

Çalışmanın ana materyalini Atatürk Üniversitesi merkez yerleşkesi içerisinde ye alan Atatürk Üniversitesi Hastanesi Otoparkı ve Mimarlık ve Tasarım Fakültesi bahçesi oluşturmaktadır. Bu çalışmada, araştırma alanının belirlenmesi, öneri projenin tasarlanması ve mekânsal analizlerin hazırlanması için kullanılan materyaller aşağıda belirtilmiştir.

- Çalışma alanında yürütülen gözlem ve incelemeler,
- Çalışma konusu ile ilgili literatür taraması için çok sayıda yerli ve yabancı kitap, kitap bölümü, akademik yayın ve makaleler, tezler, bildiriler, resmi ve güvenilir internet kaynakları kullanılmıştır.
- Çalışma alanlarının yerlerinin tespiti için eğim analizi yapıldı,
- Çalışma alanında ArcGIS programı kullanılarak eğim analizi yapılmıştır,
- Eğim analizine göre çalışma alanları belirlenerek Google Earth Pro görüntülerinin alınmıştır,
- Autocat, Sketchup, Lumion ve Photoshop programları kullanılarak alan görselleri oluşturulmuştur.

Erzurum ilinin coğrafik özellikleri

Erzurum'un Yakutiye ilçesi sınırları içerisinde 39° enlem ve 41° boylamları arasında yer alan Atatürk Üniversitesi Kampüs alanı oluşturmaktadır. Erzurum ili Doğu Anadolu Bölgesinin kuzey doğusunda yer almaktadır. Kuzeyinde Doğu Karadeniz, güneyinde Bingöl ve Muş, batısında Erzincan, doğusunda Ağrı, Kars ve Ardahan'a sınırı vardır. Erzurum, 25.066 km² yüz ölçümüne sahiptir. Türkiye'nin en geniş yüzölçümüne sahip olan dördüncü ili olarak bilinmektedir. Erzurum genel topografik yapısı nedeniyle yüksek yayla özelliği göstermektedir. Rakımın en fazla olduğu ilçe Karayazı (2350 m.) iken en düşük kotu olan ilçe ise Uzundere (1000 m.) dir. Güney kısmında Palandöken, kuzey tarafında Kargapazarı dağları ile çevrilidir. İlimizdeki yer alan diğer dağlar ise Dumlu Dağları, Güvercin Dağları ve Mescit Dağlarıdır. Türkiye'nin en yüksek rakımda bulunan (1900 m) ilidir. Dünya çapında yaşanan kentlere bakıldığında, Orta Kuşakta yer alan ve bu rakımda yaşanan ender illerden biridir (Anonim 2024). Erzurum ili ve Atatürk üniversitesi konum haritası Şekil 27'de verilmiştir.



Şekil 27. Erzurum Konum Haritası (Fatma Kazanç tarafından hazırlanmıştır, 2025)

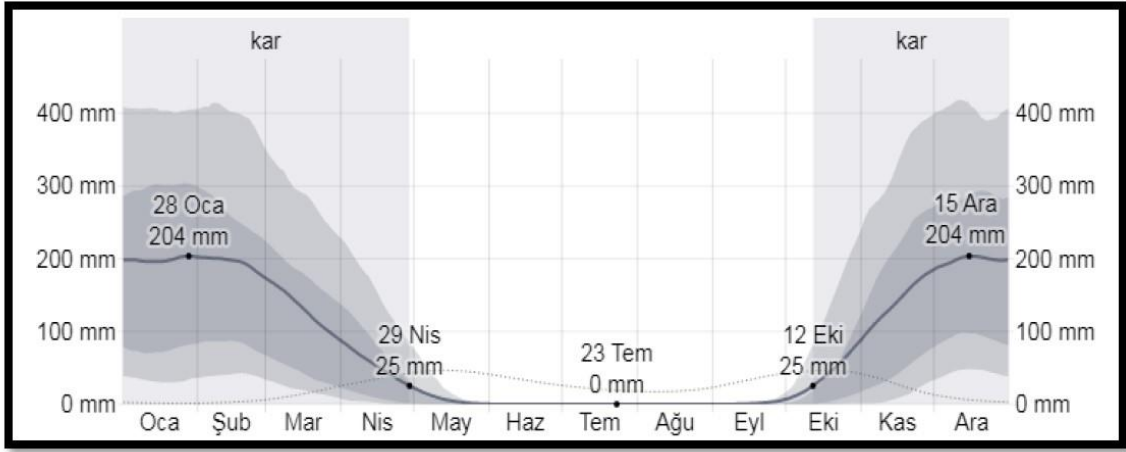
İklimsel özellikler

Erzurum ili yükseltisinden dolayı,sert iklim koşullarına sahip olan ilde yazları sıcak ve kurak,kışları soğuk geçmektedir. Kentte yaşanan sıcaklık farklarında dolayı fiziksel (mekanik) çözülme fazladır. Erzurum'un en çok yağış aldığı mevsimi ilkbahar sonu yaz başıdır. Yağışların çoğunluğu yükselerek yoğunlaşan veya kırk ikindi yağışları şeklinde görülmektedir. Yağışın en az olduğu mevsimi ise kıştır.Yılın yaklaşık olarak 150 günü kar görülmektedir. Yağış düzeni yoktur. Erzurum'un yıllık yağış miktarı ortalama olarak 431,5 mm' dir. Güneşlenme süresi 1700 saatin üzerinde olduğu görülmüştür. Yıllık ortalama 71 günden fazla ve günlük 8 saate olarak hesaplanmaktadır. Bundan dolayı Erzurum gelecek zamanlarda güneş enerjisi santrali olmaya aday bir kent olarak görülmektedir. Senenin yağmurlu geçen dönemlerinde en az 10 mm³ miktarında hareketli 31 günlük yağış miktarı ile 8 ay kadar 14 Mart tarihinden 25 Kasım tarihine kadar devam etmektedir. Erzurum bölgesinde en yağmurlu ay Mayıs ayı olup ortalama yağış 72.9 mm³ düzeyindedir. Yılın yağışsız dönemi 25 Kasım tarihinden 14 Mart tarihine kadar 3 ay kadar devam etmektedir. Erzurum da yağışın en az olduğu ay Ocak ayı olup ortalama yağış 21.6 mm³ seviyesindedir. Erzurum'un uzun yıllara (1929-2023) ait sıcaklık ve yağış verileri Şekil 28'de verilmiştir (MGM 2025).

ERZURUM	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Ölçüm Periyodu (1929 - 2023)													
Ortalama Sıcaklık (°C)	-9,1	-7,7	-2,4	5,4	10,7	14,9	19,2	19,5	14,8	8,2	1,2	-5,7	5,8
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	-3,9	-2,3	2,6	11,0	16,9	21,8	26,6	27,3	22,7	15,2	6,9	-0,9	12,0
Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	-13,9	-12,6	-7,0	0,0	4,3	7,3	11,1	11,2	6,4	1,7	-3,8	-10,2	-0,5
Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	3,4	4,4	5,2	6,3	7,9	10,2	11,3	10,7	9,1	6,9	4,9	3,2	7,0
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	11,16	11,11	12,60	13,79	16,05	11,03	6,65	5,22	5,12	9,56	9,20	10,59	122,1
Aylık Toplam Yağış Miktarı Ortalaması (mm)	21,6	25,7	35,8	55,1	72,9	48,9	27,1	17,8	24,0	47,0	33,5	22,1	431,5
Ölçüm Periyodu (1929 - 2023)													
En Yüksek Sıcaklık (°C)	10,4	10,6	21,4	26,5	29,6	32,3	35,6	36,5	33,3	27,0	20,7	14,0	36,5
En Düşük Sıcaklık (°C)	-36,0	-37,0	-33,2	-22,4	-7,1	-5,6	-1,8	-1,1	-6,8	-14,1	-34,3	-37,2	-37,2

Şekil 28. Erzurum iline ait İklim verileri(MGM 2025)

Erzurum Yaz ortalama sıcaklığı en düşük illerimizdendir. Ocak ayı ortalama sıcaklığı - 36 °C ile yine en soğuk illerimizden biridir. Yıllık sıcaklık ortalaması 5 °C civarındadır. Çalışmaya konu coğrafyada gün uzunluğu yıl içerisinde farklı derecelerde farklılık göstermektedir. 2022 senesi içerisinde en kısa gün 22 Aralık'ta 9 saat 18 dakika gün ışığı ile meydana gelirken en uzun gün ise 21 Haziran günü 15 saat 3 dakika gün ışığı olarak gerçekleşmiştir (Akçay 2011). Rüzgârın yerel topografya ve diğer faktörlere bağlılığı bulunmaktadır. Anlık rüzgâr hızı, yönü saatlik ortalamalarından daha fazla farklılık olmaktadır. Ortalama olarak saatlik rüzgâr hızı yıl içerisinde hafif mevsimsel varyasyonlar göstermektedir. Yıl içerisinde rüzgârı fazla olan zaman dilimi 10.4 km/saatin üzerinde ortalama olarak 14 Aralık – 5 Mayıs tarihleri arasında gerçekleşmektedir. Yıl içerisinde en rüzgârlı ay Mart'tır ve bu ay içerisinde ortalama saatlik olarak rüzgâr hızı 11.9 km/saat olarak gerçekleşmektedir. 5 Mayıs ile 17 Aralık tarihleri arasında en sakin zaman olarak görülmektedir. Bu zaman dilimi içerisinde ise en sakin ay olarak Eylül görünmektedir. Erzurum iline ait ortalama aylık sıcaklık grafiği Şekil 29 da verilmiştir.



Şekil 29. Erzurum iline ait ortalama aylık sıcaklık grafiği (Şimşek 2023)

Bitki örtüsü

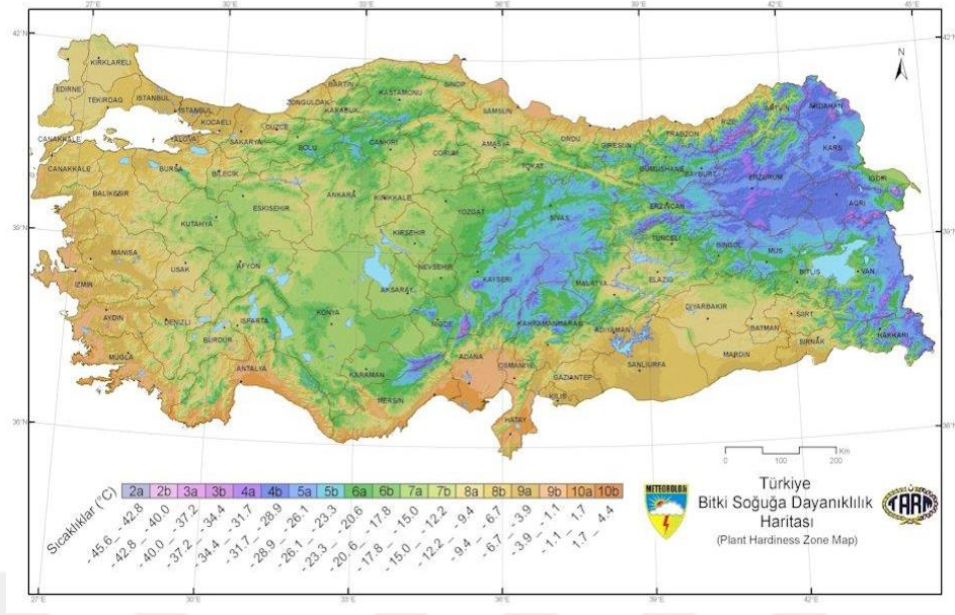
Erzurum ilinde orman örtüsü yaygın olmayıp, ilde hakim olan doğal bitki örtüsü step formasyonudur. Bu örtünün alt sınırları 1900-2000 metrelerde başlar ve üst sınırı da 2400 metrelerde sonlanır. İspir, Oltu, Olur ve Şenkaya ilçelerinde sarıçam ve meşe, Erzincan- Aşkale sınırında da meşe orman örtüleri yer alır. İlin %60 tan fazlası steplerle kaplıdır. Bu doğal bitki örtüsü yer yer keven topluluklarıyla verimsiz hale gelse de geniş alanlarda meralar hayvancılık için verimli çayırılıklardır. Yılmaz ve Irmak (2012) Atatürk Üniversitesi Yerleşkesi konulu çalışmalarında üniversite yerleşkesi içerisindeki yeşil alanları; koruluklar, açık-yeşil alanlar, yol ve refüj plantasyonları ve binalara ait yeşil alanlar olarak 4 grupta toplamışlardır (Bulut vd 2017). Koruluklar; yerleşkenin en önemli kitlesel dokusunu oluşturmakta olup, özellikle yerleşkenin kuzeyinde, batısında ve güneyinde ağırlıklı olarak sarıçam (*Pinus sylvestris*) ve huş ağacı (*Betula verrucosa*) kullanılmıştır. Üniversitenin tamamında yaklaşık 2 milyon ağaç ve çalı kullanıldığı tahmin edilmektedir.

Bu kapsamda Yılmaz ve Irmak (2004) tarafından yapılan ve 1999-2003 yılları arasında Atatürk Üniversitesi yerleşkesi içerisinde bulunan ağaç ve çalı türleri tespit edilmiştir. Yerleşkede 30'u ağaç, 16'sı çalı olmak üzere 46 bitki türü tespit edilmiş olup, bu ağaçların peyzaj özelliklerine yer verilmiştir. Tespiti yapılan bitkiler, üniversite arazisi içerisinde yoğun olarak kullanılan ve günümüze kadar ulaşarak iyi sonuçlar alınan ağaç ve çalıların bir listesi Tablo 4 de verilmiştir.

Tablo 4. Atatürk Üniversitesi Yerleşkesinde Yoğun Olarak Kullanılmış Ağaç ve Çalılar

Sayı	Latince İsmi	Türkçe ismi	Ağaç-Çalı
1	<i>Acer negundo</i>	Akçaağaç	Ağaç
2	<i>Betula verrucosa</i>	Huş	Ağaç
3	<i>Fraxinus americana</i>	Amerika Dişbudağı	Ağaç
4	<i>Fraxinus exelsior</i>	Adi Dişbudak	Ağaç
5	<i>Malus hybrida</i>	Süs Elmaları	Ağaç
6	<i>Eleagnus angustifolia</i>	İğde	Ağaç
7	<i>Populus alba</i>	Akkavak	Ağaç
8	<i>Populus nigra</i> “İtalica”	Karakavak	Ağaç
9	<i>Pinus sylvestris</i>	Sarı Çam	Ağaç
10	<i>Robinia pseudo-acacia</i>	Yalancı Akasya	Ağaç
11	<i>Salix babylonica</i>	Salkım söğüt	Ağaç
12	<i>Ulmus glabra</i>	Karaağaç	Ağaç
13	<i>Cornus alba Sibirica</i>	Süs Kızılcığı	Çalı
14	<i>Lonicera tatarica</i>	Hanımeli	Çalı
15	<i>Ribes aureum</i>	Frenk Üzümlü	Çalı
16	<i>Rosa canina</i>	Kuşburnu	Çalı
17	<i>Spiraea x vanhouttei</i>	Keçisakalı	Çalı
18	<i>Symphoricarpos albus</i>	İnci çalısı	Çalı
19	<i>Syringa vulgaris</i>	Leylak	Çalı
20	<i>Thuja (Biota) orientalis</i>	Doğu Mazısı	Çalı

Ekstrem iklim şartlarının görülmesi ile birlikte, kentte karın yerde kalma süresi 113 gündür. Çalışmada Bitki Soğuğa Dayanıklılık Zonları (Plant Hardiness Zones) göz önünde bulundurularak 4b zonunda yer alan Erzurum merkezde yetişebilecek bitkilerden oluşan bir liste çıkarılmıştır. Bitki Soğuğa Dayanıklılık Zonları bitkilerin soğüğün zararlı etkilerinden korunmaları için yardımcı bir rehber özelliği taşımaktadır. Bu zonlar ilk olarak 1965 yılında ABD Tarım Bakanlığı (USDA) tarafından bugün kullanılan haliyle hazırlanmış, sonraki zamanlarda tüm dünyada kabul görmüş ve birçok ülke tarafından kendi iklim şartlarına uyarlanmıştır. Bölgeler kendi içinde a ve b şeklinde 5°F'lık (2.8°C) iki alt bölgeye ayrılmıştır. 1a bölgesi sıcaklığın en düşük olduğu kuşağı temsil ederken (-55,-60°F veya -48.3 -51.1°C) en sıcak kuşağı ise 13b bölgesi temsil etmektedir (65-70 °F veya 18.3°C – 21.1°C). Türkiye için ilk defa 1975–2006 verileriyle 2009 yılında hazırlanmış olan bitki soğuğa dayanıklılık haritası, 2022 yılından sonra 1981-2020 bilgileri ile tekrar hazırlanmıştır. Haritada Ağrı İli ortalama en düşük sıcaklık verileri olan -32°C ile 4a bölgesinde bulunmaktadır. Antalya İli Kaş İlçesi ise ortalama en yüksek sıcaklık verilerinin bulunduğu (3.1°C) sahip ölçüm yapılan yerleşim merkezi olup, 10b bölgesinde yer almaktadır (MGM, 2023; Uzun vd 2016). Bitki Soğuğa Dayanıklılık Zonları (Plant Hardiness Zones) çerçevesinde 4b zonunda yer alan Erzurum için bitki seçimi yapılırken bu zonun özellikleri dikkate alınarak türler belirlenmiştir. Bu çerçevede T.C. Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Meteoroloji Genel Müdürlüğü Tarafından belirlenmiş olan Türkiye Bitki Soğuğa Dayanıklılık Haritası (Şekil 30) ve Türkiye İl Merkezleri Bitki Soğuğa Dayanıklılık Tablosundan (Tablo 5) yararlanılmıştır. Erzurum İlinde yağmur bahçelerinde kullanılabilecek bitki listesi Tablo 6’da verilmiştir.



Şekil 30. Türkiye Bitki Soğuğa Dayanıklılık Haritası (MGM, 2025)

Tablo 5. Türkiye İl Merkezleri Bitki Soğuğa Dayanıklılık Tablosu (MGM, 2025)

TÜRKİYE İL MERKEZLERİ BİTKİ SOĞUĞA DAYANIKLILIK TABLOSU			
BÖLGE	SICAKLIKLAR		İLLER
	(°C)	(°F)	
4a	-31.7_-34.4	-25_-30	Ağrı
4b	-28.9_-31.7	-20_-25	Ardahan, Erzurum
5a	-26.1_-28.9	-15_-20	Kars, Muş
5b	-23.3_-26.1	-10_-15	
6a	-20.6_-23.3	-5_-10	Bayburt, Kayseri, Sivas
6b	-17.8_-20.6	0_-5	Erzincan, Gümüşhane, Karaman
7a	-15.0_-17.8	5_0	Afyonkarahisar, Aksaray, Bingöl, Bitlis, Bolu, Çorum, Eskişehir, Hakkari, Iğdır, Kastamonu, Kırşehir, Konya, Nevşehir, Niğde, Tunceli, Van, Yozgat
7b	-12.2_-15.0	10_5	Ankara, Çankırı, Diyarbakır, Elazığ, Kırıkkale, Kütahya, Tokat, Isparta,
8a	-9.4_-12.2	15_10	Amasya, Bartın, Batman, Burdur, Düzce, Edirne, Karabük, Kırklareli, Malatya, Uşak,
8b	-6.7_-9.4	20_15	Artvin, Balıkesir, Bilecik, Bursa, Gaziantep, Mardin, Siirt, Şirnak, Tekirdağ
9a	-3.9_-6.7	25_20	Adıyaman, Çanakkale, Denizli, Kocaeli, Kilis, Manisa, K. Maraş, Muğla, Osmaniye, Sakarya, Şanlıurfa, Yalova
9b	-1.1_-3.9	30_25	Adana, Aydın, Giresun, Hatay, İstanbul, İzmir, Ordu, Rize, Samsun, Sinop, Trabzon, Zonguldak
10a	1.7_-1.1	35_30	Antalya, Mersin

Erzurum kenti ekstrem iklim koşullarına sahip bir şehir olduğu için şehrin soğuk iklimine uyum sağlayan yağmur bahçelerinde kullanıma uygun bitki türleri seçilerek Tablo 6’ da gösterilmiştir (Irmak ve Yılmaz 2016; Yılmaz 2019; Turgut 2023)

Tablo 6. Erzurum İlinde Yağmur Bahçelerinde Kullanıma Uygun Bitki Türleri (Irmak ve Yılmaz 2016; Yılmaz 2019; Turgut 2009)

Göllenme Bölgesi	<i>Aquilegia Olympica Boiss</i> , <i>Butomus. Umbellatus</i> , <i>Bidens Sp</i> <i>Geranium Collinum Steph. Ex Wuld</i> , <i>Iris Versicolor</i> <i>Mentha Longifolia (L.) Hudson</i> , <i>Myosotis Scorpioides</i> , <i>Ranunculus Aquatilis</i> , <i>Sagittaria Sagittifolia</i>
Nemli Bölge	<i>Ajuga Reptans</i> , <i>Campanula Betulifolia C. Koch</i> , <i>Gladiolus Kotschyanus Boiss.</i> , <i>İris Enstata</i> , <i>Iris Spuria L. Subsp. Musulmanica</i> , <i>Primula Vulgaris</i> ,
Kuru Bölge	<i>Achillea Millefolium L.</i> , <i>Ajuga Orientalis L</i> , <i>Androsace Villosa L.</i> , <i>Alyssum Tortuosum Willd</i> , <i>Anthemis Cretica L</i> , <i>Cerastium Spp.</i> , <i>Saxifraga Paniculata Miller</i> Mevsimlikler <i>Begonia Semperflorens</i> ,

Hidrolojik yapı özellikleri

Erzurum ovası nehir ve yer altı suyu olan şehrin iç kesimi bataklık ekosistemidir. Yağışlı mevsimlerde yeraltı su seviyesi yüksek oluşu nedeniyle su tablası kaynakları ve yüzey suları ile beslenmektedir. Tabanın killi olması alüvyon bazalt sınırından pek çok kaynağı bulunmasından gelen sular çöküntüde tutularak sağlanmaktadır. Kış mevsiminden yaz mevsimine geçişteki kar erimeleri ve olan yağışlarla taban suyunun yükselmesine neden olmaktadır (Bulut vd 2017).

Toprak Yapısı Özellikleri

Erzurum Ovası 1757-2000 m seviyeleri arasında uzanmaktadır. Toprak niteliği olarak kuvaterner yaşlı alüvyon gözlenmektedir (Eski Alüvyon: ovaların kenar bölümlerinde önceden oluşan alüvyonlardır). Ayrıca genel olarak yer yer irili ufaklı çakıllı, kumlu, siltli kil ve yer yer siltli kum yapıları gözlenmektedir.

Havza alanı Zonal (Kestane renkli bozkır toprağı, Kahverengi bozkır toprağı) toprak, Azonal (Alüvyal toprak, Kolüvyal toprak, Litosolik toprak) toprak, İntrazonal (Çorak toprak, Hidromorfik toprak, Organik toprak, Redzina toprak, Dağ-çayır toprağı, Çıplak kaya, Kumul)

toprak türlerinden oluşmaktadır. Atatürk Üniversitesi kampüs alanı bu toprak türlerinden kahverengi bozkır toprağı ve kolüvyal topraktan oluşmaktadır. Kahverengi bozkır toprağı kuvaterner killi, kireçli, kumlu depoları ve eski birikinti yelpazeleri üzerine gelişmiştir. Kolüvyal toprak soluk kahverengi, kumlu balçık, granuler, çok çakıllı, kök yayılışı iyi derecede ,organik madde miktarı iyi, ince blok yapılı, kumlu killi, küçük çakıl karışımı tespit edilmiştir (Atalay 1983).

Jeolojik yapı

Erzurum'un ve Atatürk Üniversitesinin kurulduğu ovaya "Erzurum Ovası" denilmektedir. Bu alan içerisinde belirlenmiş olan sahada yapılan inceleme sonucunda sakıncalı alanlar ve afete maruz bölgeler bulunmadığı görülmüştür. Çalışma alanında 7269 sayılı Afet Yasası kapsamında yasaklayıcı bir karar da bulunmamaktadır. İnceleme alanının topoğrafik eğimi 0° – 10° ve 10° – 20° (düşük-orta eğimli alanlar) alanlar arasında değişmektedir. Jeolojik yapıya ilişkin önemli analizlerden birisi de sıvılaşma analizi ve değerlendirmesidir. Alanda yapılan analizlerde Birleştirilmiş Zemin Sınıflamasına göre hakim zeminin CH (plastisitesi yüksek inorganik kil), CL (inorganik killer düşük veya orta plastisiteli), SC (killi kum, kum-kil karışımı), SM (siltli kum, kum-silt karışımı), ML (inorganik silt ve çok ince kum, plastisitesi düşük killi silt), GM (siltli çakıl, çakıl-kum-silt karışımı), GC (killi çakıl, çakıl-kum-silt karışımı) olduğu ortaya çıkmıştır. Sıvılaşma, ince tane oranı az, suya doymuş zeminlerde özellikle deprem sırasında gelişen ani bir gerilim artışına bağlı olarak boşluk suyu basıncının yükselip, tane üzerindeki efektif gerilimin sıfıra eşit veya negatif olması ve zeminin makaslama dayanımını kaybetmesi olarak tanımlanır. Kısaca sıvılaşma için gerekli ortam koşulları şöyle sıralanmaktadır; I- Sığ yeraltı su seviyesi, II- Kumlu-siltli gevşek zemin (ince tane oranı (0.074 mm) %35'ten az), III- Yeterli büyüklükte bir deprem.

Sıvılaşmaya karşı en duyarlı çökeller; Holosen yaşlı delta, akarsu, taşkın ovası, taraça ve kıyı ortamlardaki çökme süreçleri sonucunda birikmiş sedimanlardır. Ülkemizdeki depremler sırasında meydana gelen sıvılaşmaların Holosen yaşlı çok genç alüvyal çökellerin bulunduğu alanlarda gözlenmesi de bu olguyu desteklemektedir. Yeraltı su seviyesinin yüzeye çok yakın olması nedeniyle gevşek yapılı kumlu ve siltli alüvyon birimlerinin bulunduğu seviye ve/veya bölgelerde sıvılaşma potansiyelinin olabileceği tahmin edilmektedir. Erzurum ovasının orta kesimlerinde, genel olarak yeni alüvyal ve akarsu taşkın ovası bataklık çökelleri yer alması, yanal-düşey yönde çok sık geçişler göstermesi, yeraltı su seviyesinin yüzeye çok yakın olması ve alanda taşıma gücü sorunu olduğu için, yapılaşma olacağı zaman alan bazında bazı zemin etütlerinde taşıma gücü, oturma, şişme, sıvılaşma analizleri ayrıntılı olarak yapılmalı ve gerekli önlem ve zemin iyileştirme yöntemleri belirlenerek risk minimuma

indirilmelidir. Kampüs alanında şu ana kadar heyelan, akma, gibi doğal afetlere rastlanılmamıştır. İnceleme alanı sınırları içerisinde 7269 sayılı yasa kapsamında alınmış herhangi bir afete maruz bölge kararı ve sakıncalı alan bulunmamaktadır. Ayrıca inceleme alanı içerisinde tsunami, çökme, tasmani, karstlaşma, tıbbi jeoloji..vb gibi 7269 sayılı yasa kapsamında olan Afet riski de bulunmamaktadır (Bulut vd 2017).

Çalışma Alanı

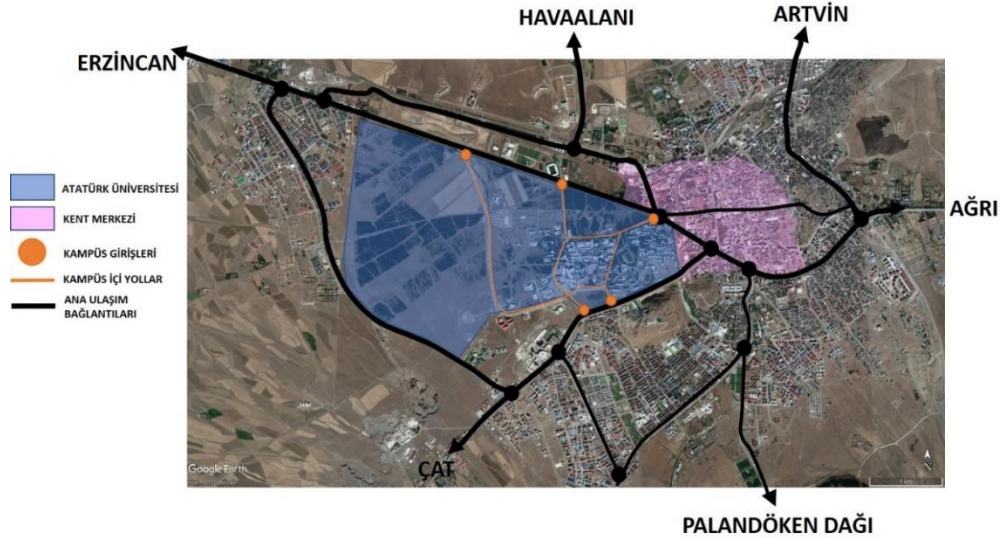
Çalışma kapsamında Erzurum ili Atatürk Üniversitesi Yerleşkesi içerisinde yer alan 2 farklı alan üzerinde yağmur bahçesi için gerekli olan analizler yapılarak tasarım önerisinde bulunulmuştur. Çalışma alanlarını Mimarlık ve Tasarım Fakültesi bahçe alanı ve Atatürk Üniversitesi Araştırma Hastanesi otopark'ı oluşturmaktadır. Çalışma alanlarına ait konum haritası Şekil 31'de verilmiştir.



Şekil 31. Atatürk üniversitesi yerleşkesi içinde belirlenen çalışma alanları

Çalışma Alanının Çevre Analizi

Atatürk Üniversitesi kampüsü Erzurum kentinin batı koridorunda Erzincan ve Çat Yolları arasındaki alanda gelişim göstermiş bir yerleşkedir. Kentin batı yönünde gelişimini sınırlayan yerleşke, içerisinde lojman, spor alanı, yurtlar, cami, ticaret alanı, mesire alanı ve hastane gibi birçok faaliyeti barındıran kapalı kampüs modelindedir. Kampüsün çevreyle ilişkisi Şekil 32' de gösterilmiştir .



Şekil 32. Atatürk Üniversitesi Kampüsünün konumu ve Erzurum kenti ile ilişkileri (Bulut vd 2017)

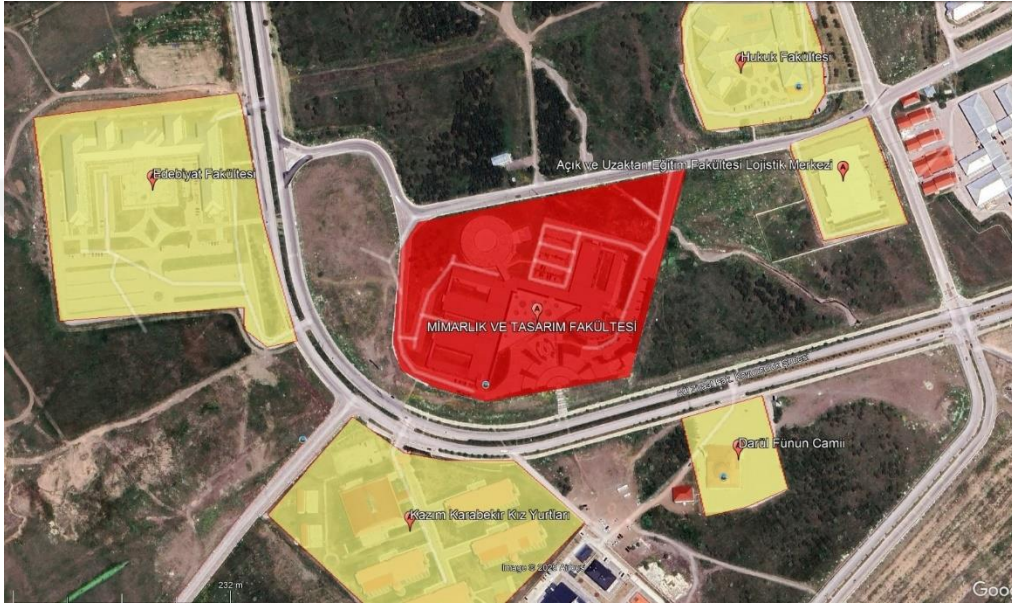
Kendi içine kapalı üniversite yerleşkeleri için önemli konulardan biri kampüsün dış bağlantılarıdır. Kapalı kampüs modellerinde her bir girişten hem yaya hem de araçlar için nizamiyeli olarak kontrollü giriş yapılmaktadır. Atatürk Üniversitesinin, Kartal Heykelinin bulunduğu ana kapıya (Kartallı Nizamiye) ek olarak Kazım Karabekir Stadyumu Girişi, Çat Yolu - Yıldızkent Bağlantısı ve Dadaşkent Bağlantısı olmak üzere dört adet girişi bulunmaktadır. Üniversite dışından araç girişinin sınırlı olduğu kampüse yaya girişi ise serbesttir. Kent merkezinden yaya olarak 15 dakikalık bir yürüyüş mesafesinde olan kampüs, merkeze toplu taşıma (dolmuş ve otobüs) araçları ile de bağlanmaktadır. Üniversite yerleşkesinin batı 1, batı 2 ve merkez yerleşkelerinin şematik gösterimi Şekil 33’ de gösterilmiştir (Bulut vd 2017).



Şekil 33. Üniversite yerleşkesi şematik gösterimi

Mimarlık ve Tasarım Fakültesi

Yağmur bahçesi tasarım önerisi geliştirilen alanlardan birincisini Mimarlık ve Tasarım Fakültesi bahçesi oluşturmaktadır. Mimarlık ve Tasarım Fakültesi Atatürk Üniversitesi Batı 1 kampüsünde olan alan 39° enlem ve 41° boylamları arasında yer almaktadır. Kazım Karabekir Kız Yurtları ve Darül Fünun camii karşısında yer almaktadır. Batısında Atatürk üniversitesi Açık ve Uzaktan Eğitim Fakültesi lojistik merkezi yer alırken Kuzeyinde Atatürk Üniversitesi Hukuk Fakültesi yer almaktadır. Şekil 34’de Mimarlık ve tasarım Fakültesi’ne ait uydu görüntüsü ve Şekil 35’ de alana ait görseller verilmiştir.



Şekil 34. Mimarlık ve Tasarım Fakültesi uydu görüntüsü (Fatma kazanç tarafından hazırlanmıştır 2025)



Şekil 35. Mimarlık ve Tasarım Fakültesi alan görselleri (Url 7)

Atatürk Üniversitesi Araştırma Hastanesi

Yağmur bahçesi tasarım önerisi geliştirilen alanlardan ikincisini Araştırma Hastanesi otopark alanı .oluşturmaktadır. Araştırma Hastanesi Atatürk Üniversitesi Merkez kampüsünde olan alan 39° enlem ve 41° boylamları arasında yer almaktadır. Hastanenin doğusunda Atatürk Üniversitesi uygulama oteli, batısında güzel sanatlar fakültesi ve eczacılık fakültesi ,kuzey bitişiğinde Diş Hekimliği Fakültesi yer almaktadır. Şekil 36’de Araştırma Hastanesi uydu görüntüleri ve Şekil 37’ da alana ait görseller verilmiştir.



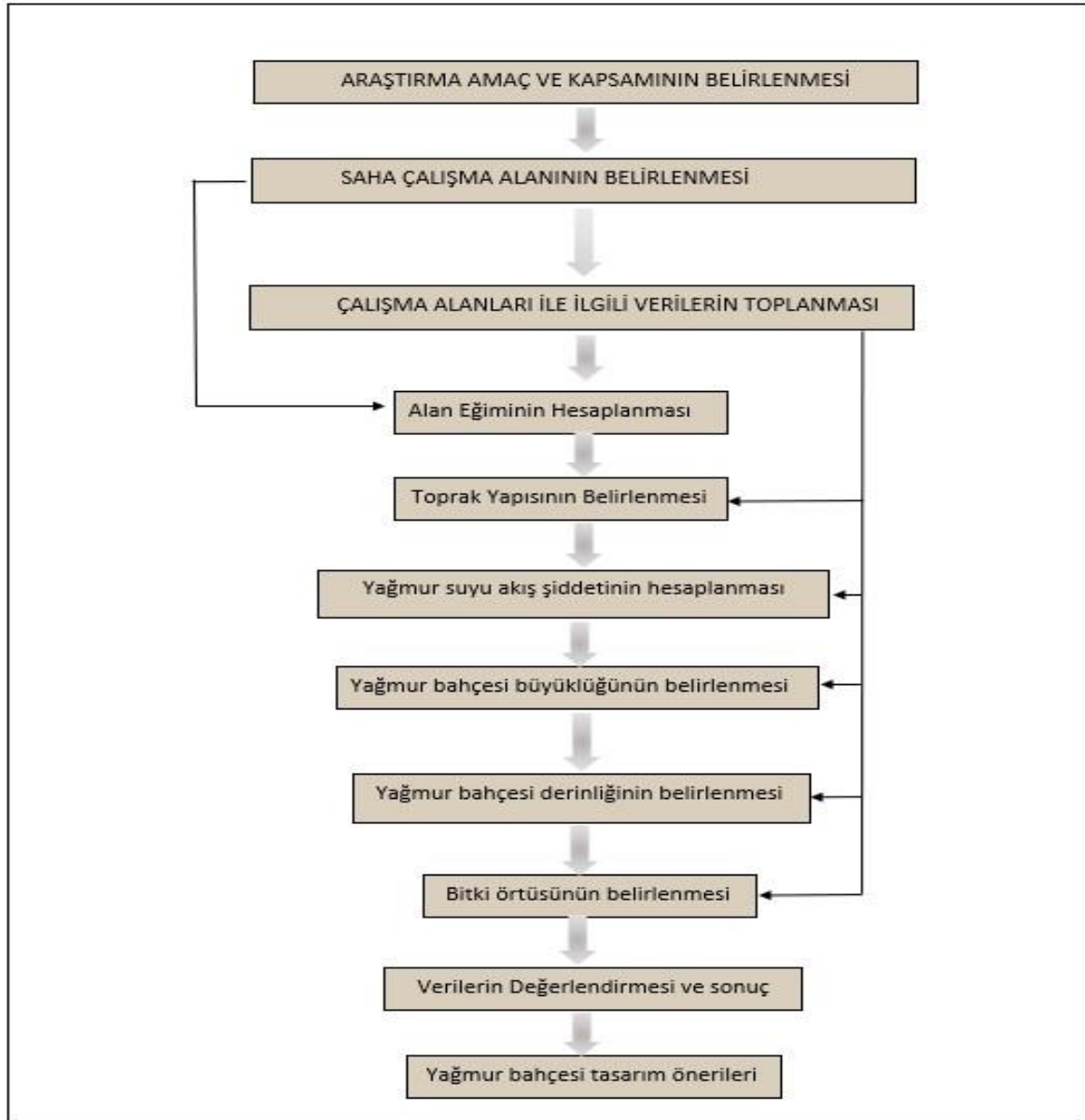
Şekil 36. Araştırma Hastanesi uydu görüntüsü (Fatma kazanç tarafından oluşturulmuştur 2025)



Şekil 37. Araştırma Hastanesi alan görselleri (Url 8)

Yöntem

Araştırma Erzurum il sınırları içerisinde yer alan Atatürk Üniversitesi Kampüs alanı içerisinde gerçekleştirilmiştir. Kampüs alanı içerisinde coğrafi konum, eğim, iklim, hidroloji ve toprak yapısı özellikleri dikkate alınarak alan seçimi yapılarak elde edilen verilerin ışığında farklı yağmur bahçesi senaryo tasarım önerileri geliştirilmiştir. Bu kapsamda izlenen yol ve uygulama aşamalarına ait akış şeması Şekil 38’de yer almaktadır.



Şekil 38. Çalışmanın akış şeması

Saha çalışma alanının belirlenmesi

Yağmur bahçesi yapılacak alan analizi

Yağmur bahçesi kurulurken dikkat edilmesi gereken başlıca hususlar şunlardır:

- Bahçenin, yapı saçak kenarından en az 3 metre uzaklıkta konumlanması önemlidir. Böylece oluktan gelen suyun yapının temeline zarar vermesi önlenir.
- Kanalizasyon sistemlerinin üzerine ya da çok yakınına yerleştirilmemelidir.
- Önceden su birikintilerinin olduğu düşük kotlu alanlar veya su sızma hızının düşük olduğu bölgeler tercih edilmemelidir.
- Doğrudan güneş alan açık alanlar seçilmeli, ağaç altı gölgeli bölgelerden kaçınılmalıdır. Ayrıca, ağaç köklerinin zarar görmemesi için yağmur bahçesi, ağaç kanopilerinin (taç alanlarının) altında oluşturulmamalıdır.
- Hafif eğimli veya az eğimli alanlar tercih edilmeli, kazı sırasında çıkan toprak ise alt kısımdaki tampon sedde (pabuç) yapımında kullanılmalıdır.
- Yeraltı su seviyesinin yüksek olduğu alanlara yağmur bahçesi yapılmamalıdır (Uçkan ve Nemutlu, 2016).

Çalışma bu hususlar göz önünde bulundurularak ilerletilmiş ve yağmur bahçelerinin tasarımları oluşturulmuştur.

Toprak yapısı belirleme

Yağmur bahçesi tasarlanırken toprak yapısı laboratuvar ortamında kimyasal işlemler vasıtasıyla analiz edilerek toprak türü öğrenilebilir (Anonim 2018). Çalışma da alanların toprak özellikleri mevcut literatürden faydalanılarak kullanılmıştır.

Alan eğiminin hesaplanması

Uygun alan seçiminde en büyük etken alan eğimidir. Çalışmada alanın eğim analizi için coğrafi bilgi sistemlerinden (CBS) yararlanılmıştır. Eart Explorer usgs web sitesi üzerinden alana ait dem verileri elde edilmiştir. Elde edilen dem veriler ile ARCGIS programı üzerinde eğim haritası oluşturulmuştur.

Yağmur suyu akış şiddeti belirleme

Yağmur bahçesi tasarımı oluşturulurken alandan elde edilecek suyun miktarını önceden hesaplayabilmek için yüzey akış katsayısının bulunması önem arz etmektedir. Yüzey akış katsayısı yeryüzüne düşen suyun buharlaşmadan ve emilmeden akışa geçme yüzdesidir. Yüzey akış katsayısını yüzey geçirimsizliği, kullanılan bitki örtüsü ve buharlaşma oranı belirlemektedir.

(PAD 2017).Yağmur suyunu hesaplamak için en basit ve en çok kullanılan yöntem rasyonel eşitlik yöntemidir. Çalışmamızda bu yöntemi kullanılmıştır. Yöntem aşağıdaki şekilde formüle edilmiştir.

- $Q = C \times i \times A$
- Q : Havzaya gelen su (m³/süre yada lt/süre)
- C : Akış katsayısı (birimsiz). Yağışın yüzeyin yapısına bağlı olarak suya dönüştürülme katsayısı.
- i : m²'ye düşen yağışın miktarı (mm/saat)
- A : Havza alanı

Yukarda verilen formül ile çalışma alanlarında bulunan sert zemin yüzeylerinden toplanacak yağmur suyu miktarı hesaplanmaktadır.

Tablo 3. Yüzey akış kat sayıları

Yüzey akış katsayıları	
Zemin tipi	Akış katsayısı
Yollar için	%90
Otlaklar için	% 10-25
Çatılar için	%80-95 (malzemeye göre değişen emilme ve buharlaşmaya bağlı olarak farklılık gösterir),
Çıplak toprak için	%35-55
Çakıl için çakılın altındaki toprağın yüzey akışı katsayısına eşittir	(%35-55)

Yağmur bahçesinin büyüklüğünün belirlenmesi

Yağmur bahçesinin büyüklüğünü havza alanının büyüklüğü belirlemektedir. Literatüre göre ideal bir yağmur bahçesinin büyüklüğü toplam alanın yaklaşık % 3-10 büyüklüğünde olacak şekilde tasarlanmalıdır (Küp 2022). Çalışmada literatür dikkate alınarak

yağmur bahçelerinin büyüklükleri belirlenmiştir.

Yağmur bahçesinin derinliğinin belirlenmesi

- Yağmur bahçesinin derinliğinin belirlenmesinde ise alanın eğimi önemli rol almaktadır. Alanda mevcut eğim %4'ten az ise, yağmur bahçesinin derinliği 7-12 cm arasında olması gerekir.
- Alanda mevcut eğim %5-7 arasında ise, yağmur bahçesinin derinliği 15-18 cm arasında olması gerekir.
- Alanda mevcut eğim %8-12 arasında ise, yağmur bahçesinin derinliği 20 cm olması gerekir (Doğangül ve Doğangül 2009).

Çalışmada tasarlanan yağmur bahçesinin derinliği literatür dikkate alınarak belirlenmiştir.

Bitki örtüsü belirleme

Erzurum kenti ekstrem iklim koşullarına sahip bir şehir olduğu için şehrin soğuk iklimine uyum sağlayan yağmur bahçelerinde kullanıma uygun bitki türleri seçilerek literatür taramasından yararlanarak bitki listesi oluşturulmuştur.

Yağmur Bahçeleri tasarım önerilerinin oluşturulması

Çalışma alanından tasarım önerileri oluşturulurken alanın dijital ortamda 2 boyut çizimleri yapılması için Google eart programı üzerinden alan sınırları belirlenerek alan görüntüleri alınmıştır. Alınan görüntüler Autocad programı üzerinden çizime dönüştürülmüştür. Alan 2 boyut çizimleri kaydedilip Sketchup programı üzerinden boyutlandırma ve detayları verildikten sonra Lumion programında alan gerçekçi efektlerinin verilmesi sağlanmıştır.

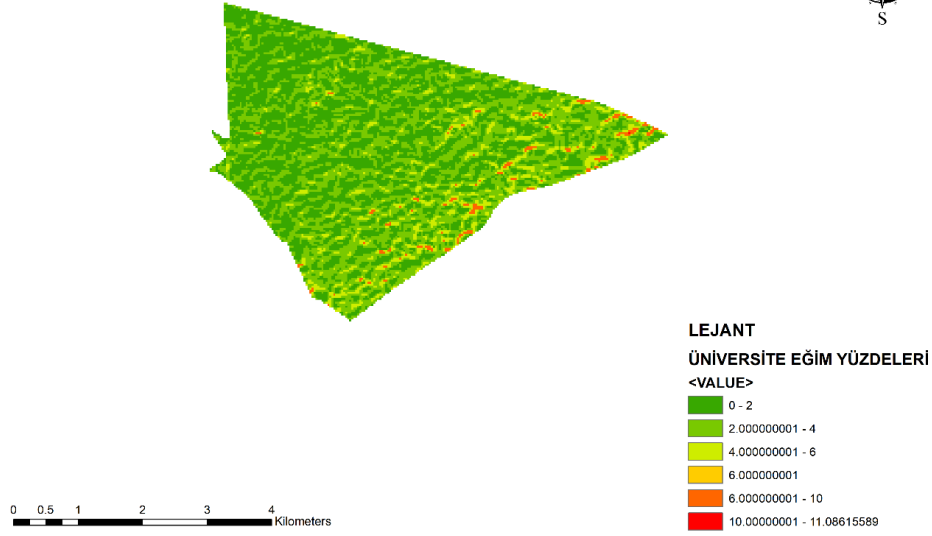


almaktadır.En düşük kotta veterinerlik binası ve alt tarafında kampüs arazileri yer almaktadır (Şekil 40).



Şekil 40. Alanda ki en yüksek ve en düşük kot (Fatma KAZANÇ tarafından oluşturulmuştur 2025)

Bu alanların belirlenmesinin nedeni yağmur bahçesi tasarım kriterleri açısından elverişli eğim aralığına sahip olmalarıdır. Bu alanların eğimli alan bitişinde yer alması yüzeysel akışla gelen suyun toplanmasını kolaylaştırmaktadır. Alan eğimi hesaplanırken Usgs verilerinden yararlanılarak Dem verisi ile Arcgis programı üzerinde eğim haritası çıkarılmıştır (Şekil 41). Çıkarılan eğim haritası doğrultusunda eğimin %5 ve % 12 arasında olduğu yerler yağmur bahçesi kurulumu için uygun görülmektedir. Alanların eğim yüzdeleri dışında kapsadıkları sert zemin miktarıda alanı belirlemede göz önüne alınmıştır. Sert zemin bitişinde bulunan yeşil alanlar yağmur bahçesi oluşturulmada kullanılmıştır.



Şekil 41. Atatürk Üniversitesi eğim yüzdeleri gösteren harita (Fatma kazanç tarafından oluşturulmuştur 2025)

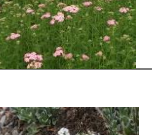
Tasarım Önerisinde Kullanılan Bitkiler

Çalışma alanı ekstrem iklim koşullarına sahip bir kent olan Erzurum ilinde yer almaktadır. Kışları soğuk ve karlı, yazları ise sıcak ve kurak geçmektedir. Alanda kullanılan bitkiler iklim koşullarına uyum sağlayan ve kent coğrafyasında doğal olarak yetişen bitkiler seçilmiştir. Çalışmada kullanılan bitkiler üç bölge olarak sınıflandırılmıştır. Gölleme bölgesi, su birikmesinin olduğu ve bitkinin suya en dayanıklı olduğu; nemli bölge, hem su ihtiyacı az olan hem de nemli ortamlara uyum sağlayabilecek türde bitkilerin dikildiği; kuru bölge ise daha kuru su ihtiyacı az olan toprakta yaşayabilecek bitkilerin dikildiği bölümdür (Anonim 2018). Tablo 7’de yağmur bahçelerinde bölgelere göre kullanılan bitkiler gösterilmektedir.

Tablo 7. Yağmur bahçelerinde kullanılan bitkiler (Irmak ve Yılmaz 2016; Yılmaz 2019; Turgut 2009’dan alınan veriler Fatma kazanç tarafından düzenlenmiştir 2025)

Latince adı	Türkçe adı	Bitki Boyu(cm)	Bitki Yetiştigi Rakım(m)	Bitki çapı	Su isteği	Dikim yeri	Bitki ömrü	Fotoğraf
a) <i>Butomus Umbellatus</i> ,	Bataklık gülü	90-150	1000-1900	20-40 cm	Suyu sever	Gölleme bölgesi	Çok yıllık	
b) <i>Iris sibirica</i> L,	Çayır süseni	50-120	1000-2000	—	Suyu sever	Gölleme bölgesi	Çok yıllık	

Tablo 7. (Devamı)

c) <i>Mentha longifolia</i> (L.) HUDSON,	Dere nanesi	50-100	1000-2100	20-40cm	Suyu sever	Göllenme bölgesi	Çok yıllık	
d) <i>Sagittaria sagittifolia</i>	Su oku	80-100	1700-2000	—	Suyu sever	Göllenme bölgesi	Çok yıllık	
e) <i>Ajuga orientalis</i> L.	Dağ mayasıl otu	15-20	1500-2000	—	Normal	Nemli bölge	Çok yıllık	
f) <i>Campanula betulifolia</i> C. KOCH	Çingirak otu	10	300-2000	50 cm	Normal	Nemli Bölge	Çok yıllık	
g) <i>Cornus alba sibirica</i>	Süs kıızılcığı	200-300	700-1500	100 cm	Normal	Nemli bölge	Çok yıllık	
h) <i>İris enstata</i>	Nevruz çiçeği	30-60	1000-1900	20 cm	Normal	Nemli bölge	Çok yıllık	
İ) <i>Iris spuria</i> L. subsp. Musulmanica	Yayla süseni	60-100	800-2000	20 cm	Normal	Nemli bölge	Çok yıllık	
i) <i>Gladiolus kotschyanus</i> BOISS.	Kılıç otu	20 cm	400-2900	20-50 cm	Normal	Nemli bölge	Çok yıllık	
j) <i>Achillea millefolium</i> L.,	Civan perçemi	60-100	1000-1900	—	Az	Kuru bölge	Çok yıllık	
k) <i>Androsace villosa</i> L.	Tavuk kursağı	15-20	2200-2300	20 cm	Az	Kuru bölge	Çok yıllık	
İ) <i>Anthemis cretica</i> L.,	Dağ papatyası	50-100	2000-2500	20 cm	Az	Kuru bölge	Çok yıllık	

Tablo 7. (Devamı)

m) <i>Alyssum tortuosum</i> WILLD,	Nezaket kevkesi	5-10	1000-1900	15-20 cm	Az	Kuru bölge	Çok yıllık	
n) <i>Cerastium</i> spp.,	Ak boynuz otu	15-20	1000-1900	30-40 cm	Az	Kuru bölge	Çok yıllık	
o) <i>Senecio vernalis</i> WALDST. ET KIT.	Kanarya otu	40-70	1000-2000	5-10 cm	Az	Kuru bölge	Çok yıllık	

Yağmur bahçesi tasarımında kullanılan bitkiler

Tasarım önerisi yapılan yağmur bahçesinde birinci, ikinci ve üçüncü bölgenin su tutma seviyeleri dikkate alınarak bitki seçimleri yapılmıştır. Göllenme bölgesi (1. Bölge) su birikmesinin olduğu ve bitkinin suya en dayanıklı olduğu bölgedir. Nemli bölge (2. Bölge) hem su ihtiyacı az olan hem de nemli ortamlara uyum sağlayabilecek türde bitkilerin dikildiği bölgedir. Son olarak kuru bölge (3.Bölge) ise daha kuru su ihtiyacı az olan toprakta yaşayabilecek bitkilerin dikildiği bölgedir (Anonim 2018). Bölgelere göre kullanılan bitki türleri aşağıda verilmiştir.

Göllenme bölgesi (1.Bölge) bitkileri

Yağmur bahçesi tasarım önerisinde 1.bölge için kullanılan bitkiler ve özellikleri aşağıda sıralanmıştır.

Butomus umbellatus

Akarsuların durgun ve sığ kesimlerinde ve göllerde, bulunur. Uzun saplar üzerinde şemsiye şeklinde genellikle pembe renkli çiçekleri ile oldukça dikkat çekicidir. Çiçekleri kokuludur. Çiçeklenme dönemi Mayıs ayından başlar Eylül ayına kadar devam eder. Peyzaj tasarımında su kenarlarında saf büyük gruplar halinde kullanılmaları etkili sonuçlar verir. Ayrıca *Juncus* sp. türleri ile kompozisyonlar oluşturulabilir. Su kenarında oluşan erozyonu önlerler. İyi güneş alan ortamları severler (Turgut 2009).

Iris Sibirica

Çayırılık alanlar, su kenarları, dere kenarlarında yetişir, dikine büyüyen, geofit, otsu bir bitkidir. Uzun saplar üzerinde mavi-mor canlı renklenmeye sahip dikkat çekici bitkilerdir.

Bahar sonlarında çiçeklenen çok yıllık ekstrem iklim koşullarına adapte olabilen bir bitkidir. Yaz aylarında kuraklığa ve kış aylarında donlara karşı dayanıklıdır. Sulak alanlarda yetişebilen ve nemi seven bu bitki çiçek rengiyle dikkat çekmektedir. Peyzaj alanlarında sulak alanlarda ve kaya bahçelerinde saf grup halinde kullanımları ile etkileyici görüntüler oluşturmaktadır. Fazla bakım istemeyen bitkilerdir (Irmak ve Yılmaz 2016; Anonim 2024d).

Mentha longifolia (L.) HUDSON

Çayırılık ve su kenarlarında yetişmektedirler. Soğuk iklime dayanıklı bitkilerdir. Uzun sap üzerinde mor çiçekleri ve griye çalan yeşil yaprakları ile dikkan çeken bitki peyzaj alanlarında kokusu ve çiçek rengi ile kullanılmaktadır. Kümeler halinde kullanımı etkili olmaktadır.Bitki tıbbi aromatik amaçlar için kullanılabilmektedir. Güneşli ve yarı gölge alanları sever (Turgut 2009)

Sagittaria sagittifolia

Sulak alanlarda yetişen bitki kökleri su altında kalmaktadır. Çok yıllık dikine büyüyen otsu bitkilerdir. Bitki soğuk iklim koşullarına dayanıklıdır. Uzun yeşil sap üzerinde beyaz çiçekleri ve mızrak biçimli yeşil yaprakları vardır. Temmuz ve ağustos aylarında çiçeklenmektedirler. Durgun ve yavaş akan sularda yetişen bitkinin kirli suyu temizleme özelliği bulunmaktadır (Turgut 2009).

Nemli bölge (2.bölge)

Yağmur bahçesi tasarım önerisinde 2.bölge için kullanılan bitkiler ve özellikleri aşağıda sıralanmıştır.

Ajuga orientalis L.

Çayırılık eğimli step alanlarda yetişir. Yapraklar dikdörtgen spatula şeklinde, tüysüz, kenarları küçük tırtıklı yapıdadır. Nisan ve temmuz aylarında çiçek açar. Çok güzel bir yer örtücüdür.Soğuğa karşı dayanıklıdır. Bu özelliklerinden dolayı kaya bahçelerinde ve mezarlıklarda kullanılırlar (Irmak ve yılmaz 2016).

Campanula betulifolia C. KOCH

Eğimli, taşlık akıntı alanlarda yetişen bitki alpin alanlarda yetişmektedir. Öbekler halinde büyüyen otsu bitkidir. Öbek halinde olan bitkinin yaz boyunca etkili beyaz renkli çan şeklinde olan çiçekleri vardır. Peyzaj alanlarında eğimli akıntı olan ve kaya bahçelerinde kullanılabılırler (Irmak ve Yılmaz 2016 ; Anonim 2024e).

Cornus alba sibirica

Yarı güneş ve güneşli alanları sever. Kış soğuklarına -40C dereceye kadar dayanır. Dikine büyüyen ve çalı formudur. Kışın yaprağını döker. 4-8 cm boyunda oval, canlı yeşil, ters yüzleri mavimsi yapraklar sonbaharda sarı ve ya kırmızı güzel bir renge bürünürler. Dallarının kabuğu mercan kırmızısıdır. İlkbahar başı ve ortasında çiçeklenirler. Çiçekleri kokuludur. Peyzaj alanlarında ikili üçlü gruplar halinde kullanımı ile özellikle kış aylarında kırmızı renkli gövde yapısı ile dikkat çekmektedir. (Uzun vd 2016 ; Tubives 2024)

Iris enstata

Nemli toprakları seven çayırılık alanlarda yetişmektedir. Yaprtağını döken ve dikine büyüyen otsu bir bitkidir. Su kenarları, nemli toprakları seven bitki çok iri, çapı 20 cm'e varan ve gösterişli çiçekleri ile meşhur. Tutunduktan sonra neredeyse hiç bakım istemeyen, arsız ve dayanıklı çeşit hastalık ve böcek yapmaz. Soğuklara karşı dayanıklı olan bitki mayıs sonu ve haziran ayında çiçeklenen bitki peyzaj alanlarına nemli, yarı gölge ve güneşli alanlarda kullanılabilmektedir (Yılmaz 2019).

Iris spuria L. subsp. Musulmanica

Çayırılık alanlar, su kenarları ve dere kenarlarında yetişmektedir. Nemi seven, otsu, geofit ve dikine büyüyen bitki Peyzaj alanlarında canlı ve mor renkte olan çiçekleri ile ön plana çıkmaktadır. Mayıs ve temmuz aylarında çiçeklenmektedir. Bitki soğuklara karşı dayanıklıdır (Irmak ve Yılmaz 2016 ; Anonim 2024f).

Gladiolus kotschyanus BOISS.

Çayırılık alanlarda, su kenarlarında ve tarla kenarlarında yetişirler. İlkbahar ve yaz boyunca etkili mor çiçekleri vardır. Dikine büyüyen otsu bitkilerdir. Yastık form ile büyüyen otsu bitkilerdir. Peyzaj alanlarında çiçek rengi ile ön plana çıkan bitki gruplar halinde kullanımı ile etkilidir (Irmak ve Yılmaz 2016; Karadağ 2022).

Kuru bölge (3.bölge)

Yağmur bahçesi tasarım önerisinde 3.bölge için kullanılan bitkiler ve özellikleri aşağıda sıralanmıştır.

Achillea millefolium L.

Kuru, kıraç ve kayalık alanlarda yetişirler. Dikine büyüyen bitki otsu formdadır. Çok yıllık olan bitkiler yaz boyunca etkili beyaz çiçekleri vardır. Tıbbi aromatik bitki statüsünde olan bitkiler toprak üstü ve toprak altı tüm aksamalarında bulundurdıkları maddeler ile tıbbi alanlarda kullanılmaktadır. Peyzaj alanlarında çiçek renk ve kokusu ile öne çıkan bitki kurak şartlara ve soğuğa oldukça dayanıklıdır (Irmak ve yılmaz 2016; Zöngür 2023).

Androsace villosa L.

Kuru ,taşlık, akıntı ve alpin alanlarda yetişmektedir. Otsu formda olan bitki öbekler halinde yayılarak yetişir. Çok yıllık olan bitki 2200-2300 rakımlarında yetişmektedirler. İlk baharda başlayan çiçeklenmeleri yaz sonuna kadar yoğun bir şekilde devam eder. Kuraklığa ve soğuğa dayanıklıdır. Peyzaj alanlarında etkili beyaz çiçekleri ve öbek formu ile ön plana çıkmaktadır.(Irmak ve Yılmaz 2016; Arslan vd 2011).

Anthemis cretica L

Taşlık, kayalık ve eğimli alanlarda yetişmektedir. Öbekler halinde olan bitki yaz boyunca etkili beyaz çiçekleri bulunmaktadır.Kuraklığa ve donlara karşı dayanıklıdır. Tıbbi aromatik bitkiler sınıfına giren bitkinin tıp alanında çok etkisi olduğu araştırmalarda yer almıştır. Peyzaj alanlarında kokusu ve rengi ile ön plana çıkan bitki ekolojik dengenin sağlanmasında yardımcı olabilecek bitki türleri arasında yer almaktadır (Irmak ve Yılmaz 2016; Orlando *et al.* 2019).

Alyssum tortuosum WILLD

Kuru, taşlık, eğimli ve çayırılık alanlarda yetişirler. Çok yıllık ve öbekler halinde olan bitkinin yaz boyunca etkili olan sarı çiçekleri vardır. Tıbbi alanda kullanılan bitkilerdir. Kuraklığa ve donlara karşı dayanıklı olan bitki peyzaj alanlarında öbek halinde sarı renkli çiçekleri ile ön plana çıkmaktadır (Irmak ve Yılmaz 2016).

Cerastium spp.

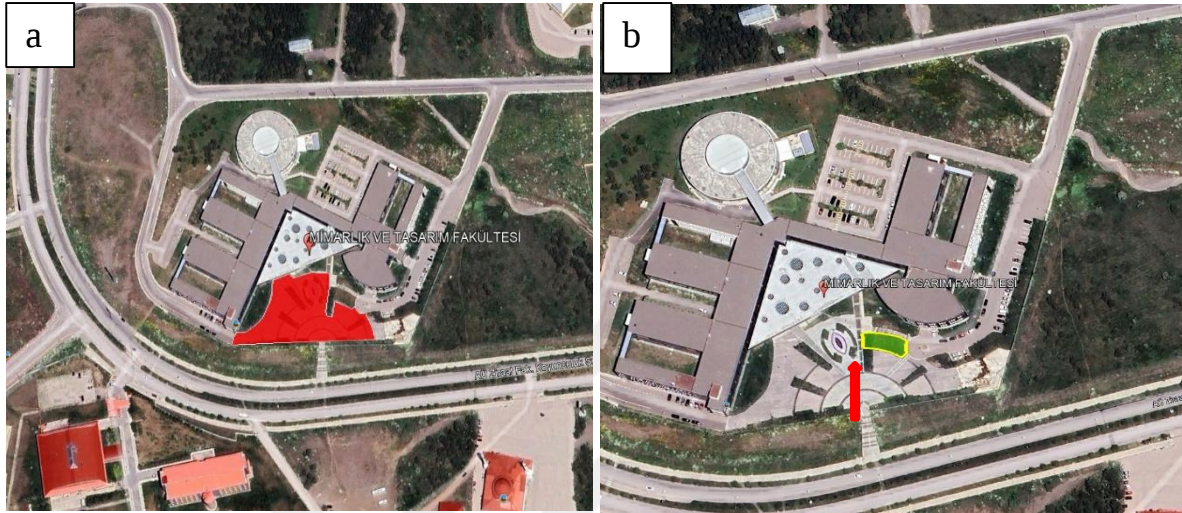
Çayırılık ,taşlık, eğimli alanlarda yetişmektedir. Öbekler halinde yetişen bu bitkilerin kısa süreli açan beyaz çiçekleri vardır. Kuraklığa ve donlara karşı dayanıklıdır. Peyzaj alanlarında öbekler halindeki beyaz çiçekleri ile ön plana çıkmaktadır (Irmak ve Yılmaz 2016).

Senecio vernalis Waldst. Et Kut.

Eğimli, taşlık alanlar ve tarla kenarlarında yetişmektedirler. Dikine büyüyen, otsu formundadır. Nisan-Temmuz aylarında etkili sarı çiçekler ve grimsi yaprakları ile dikkat çekmektedir.Tıbbi aromatik bitki olarak kullanılmaktadır. Bitki kuraklığa ve donlara karşı dayanıklıdır.Peyzaj alanlarında sarı renk çiçekleri, gri yaprakları ve kokusu ile dikkat çekmektedir.Ekolojik dengenin sağlanmasında yardımcı etkisi bulunmaktadır (Irmak ve Yılmaz 2016; Bağcı ve Kılıç 2012).

Atatürk Üniversitesi Mimarlık ve Tasarım Fakültesi

Atatürk Üniversitesi Batı kampüsünde yer alan çalışma alanı içerisinde bulunan 2.811 m² olan sert zemin yüzeyinden toplanan yağmur suyu alanda yer alan ve 253 m² olan yeşil alana kurulması planlanan yağmur bahçesine yönlendirilmiştir. Fakülte arazisi %6 eğimli arazi üzerinde yer almaktadır. Yağmur bahçesi kurulacak alan yeşil renk ile yağmur suyu toplanan sert zemin yüzeyler kırmızı ile Şekil 42 üzerinde gösterilmiştir.



Şekil 42. a) Yağmur suyunun toplandığı sert zemin yüzeyi b) Yağmur bahçesi kurulması planlanan alan (Fatma kazanç tarafından oluşturulmuştur 2025)

Üniversite yerleşkesi içerisinde genel olarak toprak niteliği olarak kuvaterner yaşlı alüvyon toprak gözlenmektedir (Eski Alüvyon: ovaların kenar bölümlerinde önceden oluşan alüvyonlardır). Ayrıca alüvyon birimine ait genel olarak yer yer irili ufaklı çakıllı, kumlu, siltli kil ve yer yer siltli kum gözlenmektedir (Atalay 1983). Üniversite yerleşkesi gelişen ve hala gelişmeye devam etmekte olan bir alan olması ,alanda sert zemin yüzeylerin artmasıyla yüzey akış miktarının arttığı göz önüne alındığında, topraktaki sıkılaşma oranını artması ihtimalide göz önüne alınmaktadır. Alan için toprak iyileştirme işlemi gerekeceği göz önünde bulundurularak toprak karışımı yapılması önerilmektedir. Yağmurlu bir bahçede, zemin genellikle toplanan su için rezervuar görevi görmektedir. Yağmur bahçesi kurulumu için en uygun toprak suyu içinde tutmayan,sızdıran ve kil miktarı az olan topraklardır. Yağmur bahçesinde kullanılan toprağın türüne bakılarak kazı derinlikleri belirlenmektedir. Su geçirimi az olan bir toprakta uygulama yapılacak ise suyun biriktiği alanın yüzeyi genişletilmelidir. Bu durumda, alandaki mevcut toprak yağmur bahçeleri için elverişli olan yeni toprak karışımı ile değiştirmelidir. Yağmur bahçeleri oluşturulurken en uygun kazı derinliği 30-60 cm arasında olması önerilmektedir. Toprak niteliği ile kazı derinliği arasında ters orantı olduğu göz önüne alındığına, su geçirimi düşük olan toprağın daha derin kazılması önerilmektedir. Yağmur bahçesi için en uygun toprak karışımı, yaklaşık olarak %60 elenmiş kum ve %40 gübre

içermelidir (Anonim 2013). Alanda % 6 ‘lık eğim olduğu göz önüne alındığında alan için kurulacak bahçenin göllenme alanı için ideal derinlik 17 cm olarak belirlenmiştir. Alanın eğim yüzdesi gösteren görsel Şekil 43’ de verilmiştir.



Şekil 43. Fakülte alanının eğim yüzdesi (Fatma Kızılcık tarafından oluşturulmuştur 2025)

Mimarlık ve tasarım fakültesi öğrenci girişi kısmında bulunan sert zemin alanı için yağmur suyu akış miktarı hesaplanmıştır. Yağışın akışa çevrilme formülü baz alınarak sert zeminin su tutma yüzey tipine göre %90 olan yüzey 0.9 olarak alınmıştır. Çalışma alanının bulunduğu kent yıllık yağış miktarı mgm verilerinden 431.5 mm olduğu belirlenmiştir.

Çalışma alanından toplanan yağmur suyu miktarı;

Çalışma alanı 2811 m² olan bir havzaya düşen yıllık yağış miktarı 431,5 mm dir. Bu yağışın meydana getireceği yağış katsayısı aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanmıştır.

$$\text{➤ } Q = C \times \dot{I} \times A$$

Q : Havza gelen toplam yağış miktarı (m³/süre yada lt/süre)

A=Havza alanı

$\dot{I}$ =Yıllık yağış miktarı(lt/m)

C=Akış katsayısı

Toplanabilir su miktarı= 0,9x 0,432 m x 2811 m²= 1092 m³/yıl yağmur suyu çalışma alanımızdan toplanabilmektedir

Yapılan hesaplamalar neticesinde çalışma alanından yıllık 1.092 m³ yağmur suyu toplanabilmektedir.

Çalışma alanı için tasarlanan yağmur bahçesinin büyüklüğü aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanmıştır.

Yağmur bahçesi büyüklüğü

Çalışma alanının büyüklüğü x %9 olarak alınmış ve buna göre belirlenmiştir.

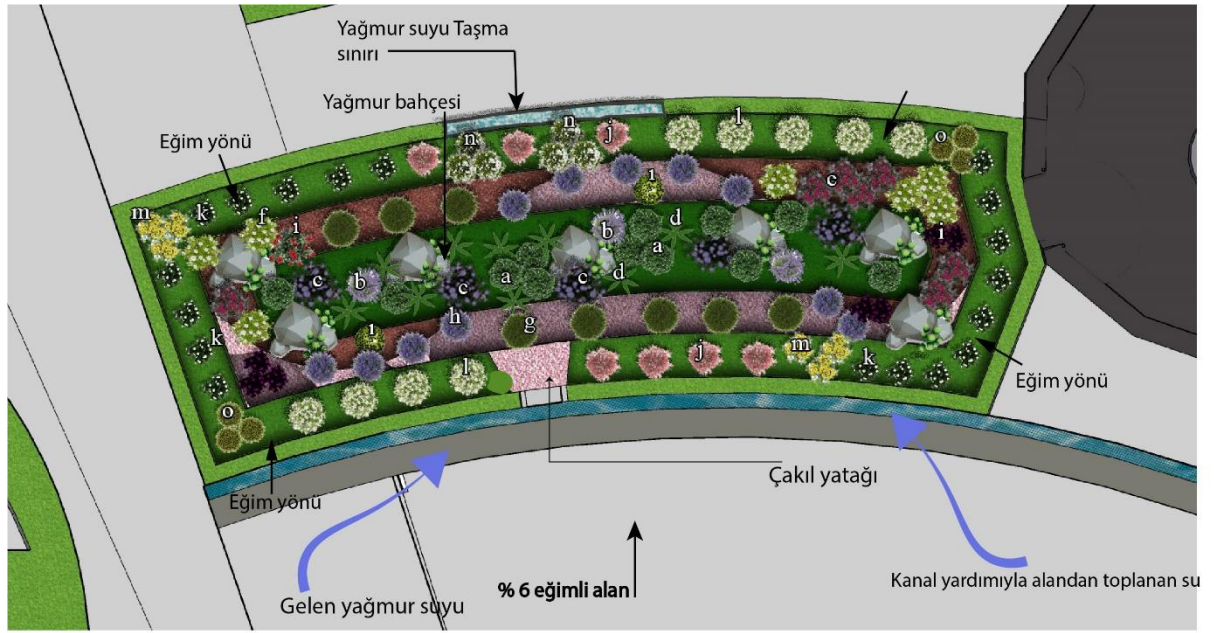
Yağmur suyunun toplandığı alanın büyüklüğü 2.811 m² olduğu için yağmur bahçesinin büyüklüğü bu alanın %9 u olacak şekilde hesaplanarak 253 m² olarak tasarlanmıştır.

Çalışma alanının derinliği alan eğimine göre belirlenmiştir. Alan eğimi %6 olduğu için göllenme bölgesinin derinliği 17cm olarak toplam derinlik 40 cm olarak alınmıştır. Meteoroloji Genel Müdürlüğünün web sitesinden alınan uzun yıllara ait yağış değerleri dikkate alınarak dönemsel ve yıllık olarak toplanan su miktarı tablo 8’ de verilmiştir.

Tablo 8. Yağmur bahçesi yıllık ve dönemsel toplanan su miktarı

Yağmur bahçesi toplanan su miktarı			
Dönemler	Ortalama Yağış Miktarı (mm)	Alan (m ²)	Yağmur Bahçesi Toplanan su miktarı(m ³)
İlk bahar	54.6 mm	2811	138.1 m ³
Yaz	31.2 mm	2811	79 m ³
Son bahar	34.6 mm	2811	87.5 m ³
Kış	23.1 mm	2811	58.4 m ³
Yıllık	431.5 mm	2811	1092 m ³

Çalışma alanına kurulması önerilen yağmur bahçesi kuş bakışı görünümü Şekil 44’ de ve detayları Tablo 9’da , yağmur bahçesi kesit detayı Şekil 45’de verilmiştir.

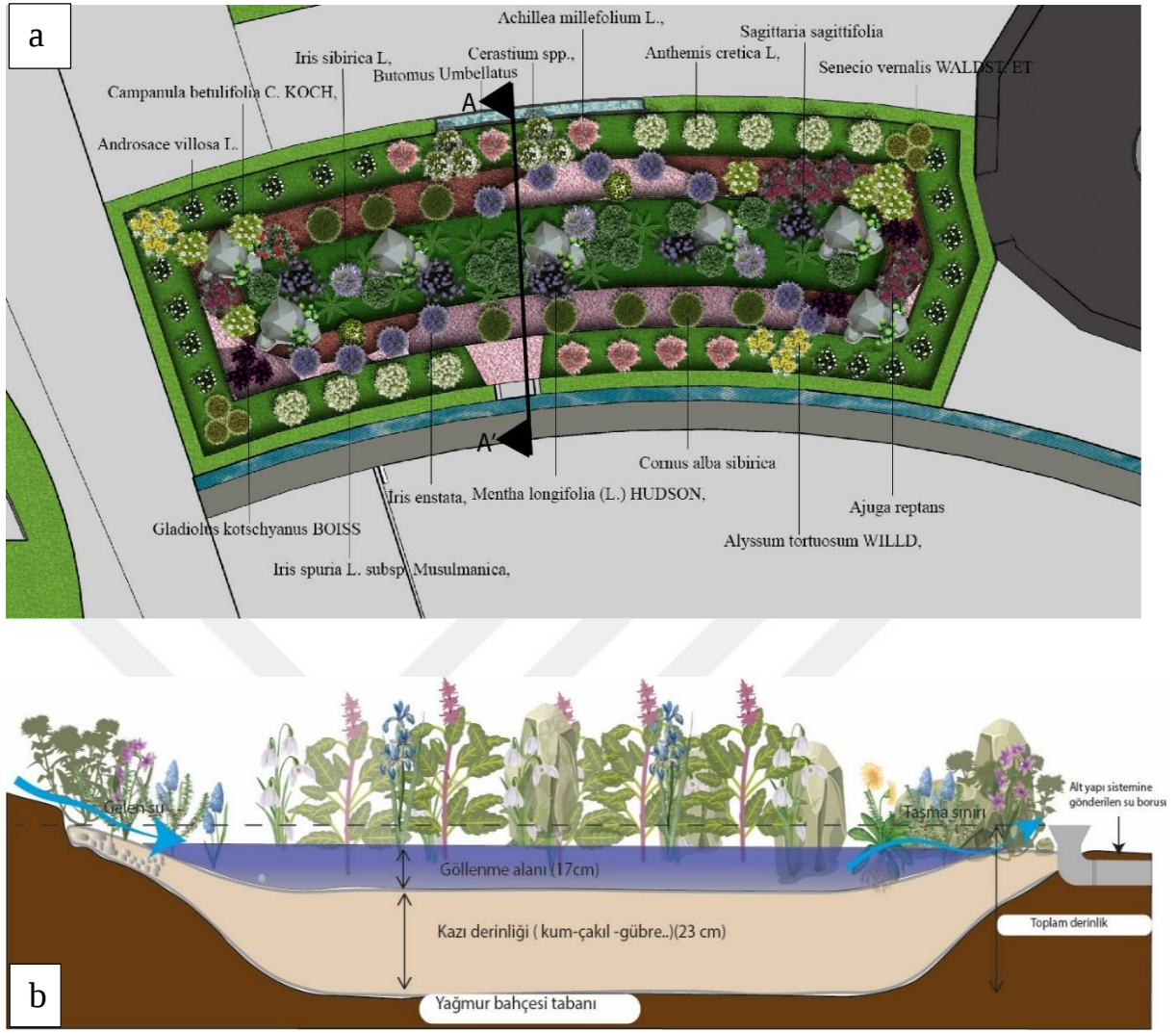


Şekil 44. Yağmur bahçesi kuş bakışı görünüm (Fatma KAZANÇ tarafından oluşturulmuştur 2025)

Yağmur bahçesi tasarımında kullanılan bitkiler iklim koşullarına uyum sağlayabilecek olacak şekilde belirlenmiştir. Belirlenen bitkiler su isteklerine göre 3 bölgede kullanılmak üzere gruplara ayrılmıştır. Bitkiler kullanılırken yağmur sularında bulunan kirletici maddeleri temizleyecek formda olmalarına dikkat edilmiştir. Kullanılan bitki listesi ve bitkilerin biyolojik istekleri Tablo 9’da verilmiştir.

Tablo 9. Yağmur bahçesi yapısal ve bitkisel detaylar

Konum	Mimarlık ve Tasarım Fakültesi Bahçe Alanı
Yüzel Alanı	253m ²
Toprak Özellikleri (Derinlik ve Karışım Miktarı)	40 cm derinlik %50 kum %20 torf %10 silt %10 gübre
Bitkiler	a) <i>Butomus Umbellatus</i> (30 adet) b) <i>Iris sibirica L.</i> (20 öbek) c) <i>Mentha longifolia L. HUDSON</i> (30 öbek) d) <i>Sagittaria sagittifolia</i> (30 adet) e) <i>Ajuga reptans</i> (%5) f) <i>Campanula betulifolia C. KOCH</i> (20 adet) g) <i>Cornus alba sibirica</i> h) <i>Iris enstata</i> (10) ı) <i>Iris spuria L. subsp. Musulmanica</i> (2 adet) i) <i>Gladiolus kotschyanus BOISS</i> j) <i>Achillea millefolium L.</i> (7 öbek) k) <i>Androsace villosa L.</i> (20 adet) l) <i>Anthemis cretica L</i> (9 öbek) m) <i>Alyssum tortuosum WILLD</i> (6 öbek) n) <i>Cerastium spp.</i> (6 öbek) o) <i>Senecio vernalis WALDST. ET KIT.</i> (6 öbek)



Şekil 45. a) Yağmur bahçesi A-A' üst görünüşü b) Yağmur bahçesi A-A' kesit detayı (Fatma Kazanç tarafından oluşturulmuştur 2025)

2.4. Yağmur bahçesi tasarım önerilerine ait görseller

Planlanan yağmur bahçesi tasarım önerilerine ait görsellere ait kuş bakışı 3d görünüşleri, yağmur bahçesi önden ve yağmur bahçesi yandan 3d görünümü Şekil 46'da verilmiştir.





Şekil 46. a) Yağmur bahçesi kuş bakışı 3d görünümü b) Yağmur bahçesi önden 3d görünümü c,d) Yağmur bahçesi Yandan 3d grnümü e) Yağmur bahçesi kış görünümü (Fatma KAZANÇ tarafından oluşturulmuştur 2025)

Atatürk Üniversitesi Araştırma Hastanesi Otoparkı

Atatürk Üniversitesi Araştırma Hastanesi Atatürk Üniversitesi Merkez kampüsünde yer almaktadır. Hastane arazisi içerisinde yer alan 12.000 m² olan otopark alnından toplanan yağmur suyu, alan içinde yer alan ve 360 m² olan yeşil alana kurulması planlanan yağmur bahçesine yönlendirilmiştir. Fakülte arazisi % 8 eğimli arazi üzerinde yer almaktadır.Yağmur bahçesi kurulması planlanan alan yeşil renk ile yağmur suyu toplanan alan kırmızı renk ile şekil 47' de gösterilmiştir.



Şekil 48. Araştırma hastanesi eğim yüzdesi (Fatma KAZANÇ tarafından oluşturulmuştur)

Araştırma Hastanesi otopark kısmında bulunan sert zemin alanı için yağmur suyu akış miktarı hesaplanmıştır. Yağışın akışa çevrilme formülü baz alınarak sert zeminin su tutma yüzey tipine göre %90 olan yüzey 0.9 olarak alınmıştır. Çalışma alanının bulunduğu kent yıllık yağış miktarı mgm verilerinden 431.5 m³ olduğu belirlenmiştir. Çalışma alanında yağmur suyunun toplandığı alanın büyüklüğü 12.000 m² olduğu için, yağmur bahçesinin büyüklüğü bu alanın %3 ü olacak şekilde hesaplanarak 360 m² olarak tasarlanmıştır. Çalışma alanında mevcut olan yeşil alanın yağmur bahçesi için yeterli olmadığı saptanmıştır. Tasarım önerisinde mevcut yeşil alan genişletilmesi önerilmiştir.

Çalışma alanından toplanan yağmur suyu miktarı;

Alanı 12000 m² olan bir havzaya düşen 431,5 mm yağışın meydana getireceği maksimum yıllık yağış miktarı (m³/s) aşağıdaki formülle hesaplanır:

$$\text{➤ } Q = C \times i \times A$$

Q : Oluğa gelen su (m³/süre yada lt/süre)

A=Havza alanı

İ=Yıllık yağış miktarı(lt/m)

C=Akış katsayısı

$Q = 0,9 \times 0,4315 \text{ m} \times 12.000 \text{ m}^2 = 4660 \text{ m}^3/\text{yıl}$ yağmur suyu çalışma alanımızdan toplanabilmektedir.

Yağmur bahçesi büyüklüğü= Çalışma alanının büyüklüğü x 0.3

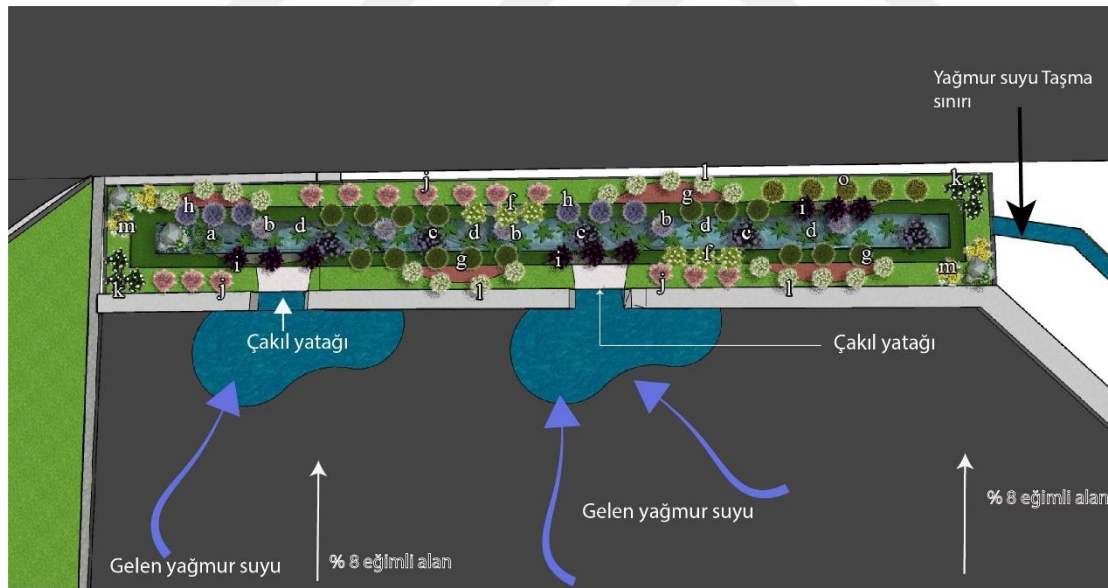
Yağmur suyunun toplandığı alanın büyüklüğü 12000 m² olduğu için yağmur bahçesinin büyüklüğü bu alanın %3'ü olacak şekilde hesaplanarak 360 m² olarak tasarlanmıştır. Yağmur

bahçesinin derinliği hesaplanırken eğimi göz önünde bulundurulmuştur. Alanın yüzey eğimi %8 olduğu için yağmur bahçesinin göllenme bölgesi 20 cm ve toplam derinlik 50 cm olacak şekilde tasarlanmıştır. Alanda dönemsel ve yıllık toplanan su miktarı tablo 10’ da verilmiştir.

Tablo 10. Yağmur bahçesi yıllık ve dönemsel toplanan su miktarı

Yağmur bahçesi toplanan su miktarı			
Dönemler	Ortalama Yağış Miktarı (mm)	Alan (m ²)	Yağmur Bahçesi Toplanan su miktarı(m ³)
İlk bahar	54.6 mm	12000	589.6 m ³
Yaz	31.2 mm	12000	336.9 m ³
Son bahar	34.6 mm	12000	373.6 m ³
Kış	23.1 mm	12000	249.4 m ³
Yıllık	431.5 mm	12000	4660 m ³

Çalışma alanına kurulması önerilen yağmur bahçesi kuş bakışı görünümü Şekil 49’ da ,detayları Tablo 11 ve kesit detayı Şekil 50’de verilmiştir.

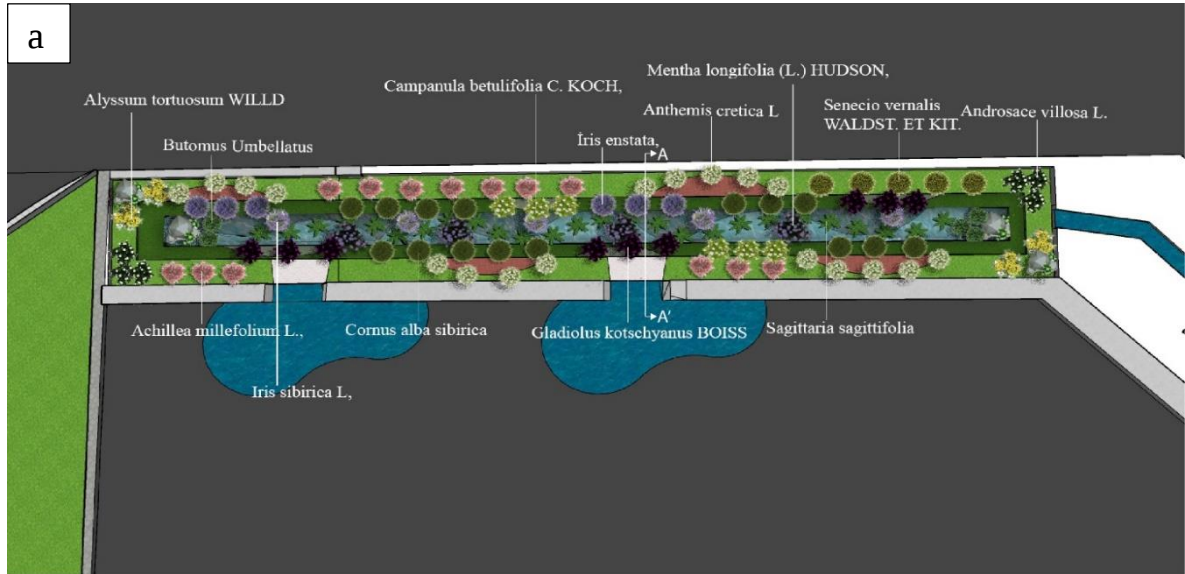


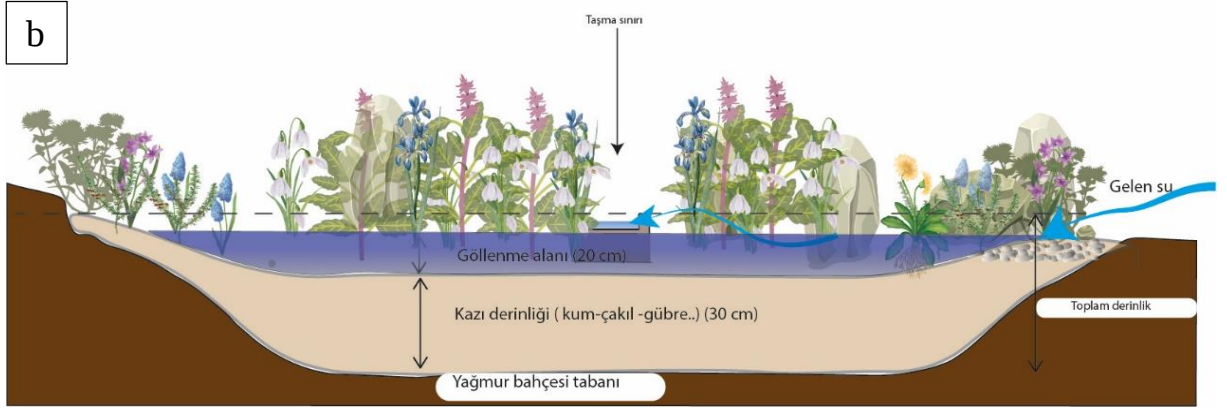
Şekil 49. Yağmur bahçesi kuş bakışı görünümü (Fatma Kazanç tarafından oluşturulmuştur 2025)

Tablo 11. Yağmur bahçesi yapısal ve bitkisel detaylar

Konum	Araştırma Hastanesi Otopark
Yüzel Alanı	360 m ²
Toprak Özellikleri (Derinlik ve Karışım Miktarı)	50 cm derinlik %57 kum %18 torf %15 silt %10 gübre
Bitkiler	a) <i>Butomus Umbellatus</i> (10 adet), b) <i>Iris sibirica</i> L. (4 öbek), c) <i>Mentha longifolia</i> L. HUDSON (5 öbek), d) <i>Sagittaria sagittifolia</i> (40 adet), f) <i>Campanula betulifolia</i> C. KOCH (6 öbek), g) <i>Cornus alba sibirica</i> (15 adet) h) <i>Iris enstata</i> (20 adet), i) <i>Gladiolus kotschyanus</i> BOISS (9 öbek) j) <i>Achillea millefolium</i> L. (13 öbek), k) <i>Androsace villosa</i> L.(18 öbek), l) <i>Anthemis cretica</i> L (16 öbek), m) <i>Alyssum tortuosum</i> WILLD(4 öbek), o) <i>Senecio vernalis</i> WALDST. ET KIT.(5 öbek)

Yağmur bahçesi tasarımları Autocad programı üzerinde yapılarak temel ana çizimler çıkarılmıştır.Çizim üzerinde kullanılan bitkilerin yeri alan tasarımı modellemesi yapılarak alan kesit noktaları belirlenmiştir. Belirlenen kesitler Adobe illustrator programı üzerinde kesit çizimi, boyama, bitki şekilleri ve yağmur suyu geliş ve çıkış noktaları gösterilmiştir.Kesit detayı Şekil 50 'de gösterilmiştir.





Şekil 50. a)Yağmur bahçesi A-A' kesiti üst görünüşü **b)** Yağmur bahçesi A-A' kesit detayı (Fatma KAZANÇ tarafından oluşturulmuştur 2025)

Çalışma alanı için tasarlanan yağmur bahçesi taşma suyu sağ üst taraftan diğer yeşil alanları besleyecek şekilde konumlandırılmıştır. Bu şekilde yağmur bahçesinde biriken fazla su ile diğer yeşil alanların su ihtiyacı giderilmiştir. Kanallarla diğer yeşil alanlara yönlendirilen su şekil 51'de gösterilmiştir.



Şekil 51. Yağmur bahçesi taşma suyu ile beslenen alanlar

Yağmur bahçesi tasarım önerilerine ait görseller

Çalışma alanı için tasarlanan yağmur bahçesinde toplanan su miktarı kurulacak olan yağmur bahçesinin ihtiyacının giderirken depolanarak çevre alanlardaki yeşil alanların sulaması için kullanılabilir. Alan için önerilen yağmur bahçesi 3d görseli Şekil 52 de gösterilmiştir.





Şekil 52. a) Yağmur bahçesi kuş bakışı görünümü b,c) Yağmur bahçesi yandan görünüşleri d) Yağmur bahçesi kış görünümü(Fatma KAZANÇ tarafından önerilmiştir)

SONUÇ VE ÖNERİLER

Sürdürülebilir kampüsler incelendiğinde kampüs yerleşkelerinin sürdürülebilirlik adına yapması gerekenlerden biri de su kullanımının azaltılması ile tasarrufun sağlanmasıdır. Bu hedefe ulaşabilmek için birçok meslek disiplinine farklı görevler düşmektedir. Peyzaj Mimarlığı meslek disiplini sahipleri de yapacakları peyzaj uygulamaları ile günümüzün en önemli sorunlarından biri olan su kıtlığına çözüm önerileri sunabileceklerdir. Yapacakları projeler ile su tasarruflu peyzaj uygulamaları geliştirilmelidir. Bu amaç doğrultusunda yağmur suyu ve gri suların bu alanlar için tekrar kullanımı sağlanmalıdır. İnovatif atık su teknolojileri kullanılmalıdır. Ayrıca bina içindeki su tüketiminin azaltılması için yeşil bina teknolojilerinin kullanımı en üst seviyeye getirilmelidir.

Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri (SDG'ler) doğrultusunda çevre koruma bilinci, toplumda giderek artmaktadır. Çevresel sürdürülebilirlik bu hedeflerden önemli bir boyut olarak çevre koruma çalışmalarına verilen desteğin artmasıyla kendini göstermektedir. Yükseköğretim kurumları, insan kaynaklarını geliştirme misyonları doğrultusunda çevre koruma çabalarına katkıda bulunmaktadır. Sürdürülebilir Kampüs uygulamaları üniversitelerin çevreyi koruma çabalarının bir sonucu olarak ortaya çıkmıştır. Farklı ülkelerdeki üniversitelerin sürdürülebilir kampüs oluşturma yönündeki çabaları, araştırmalar ve yayınlarla belgelenmiştir. Sürdürülebilir kampüsler konusundaki uluslararası dergilerde yayımlanan makaleleri sistematik bir şekilde incelendiğinde bu tür kampüslerin geliştirilmesinin üç ana alanda toplandığını göstermektedir. Bunlar sırasıyla davranışsal, öğrenme ve eğitim araçları, fiziksel olanaklar şeklinde sıralanmaktadır. Her bir alan, üniversitelerin sürdürülebilir kampüsler oluşturmak için kullandığı farklı stratejilerle ilişkilidir. Ayrıca, her strateji, sürdürülebilir kampüslerin gerçekleştirilmesine yönelik çeşitli programlar ve eylemlerle bağlantılıdır. Davranışsal boyutta, liderlik taahhüdünün güçlendirilmesi ve yeşil katılım sağlanması gibi iki ana strateji bulunmaktadır. Öğrenme araçları boyutunda ise sürdürülebilir müfredat geliştirme, çevre dostu teknolojilerin kullanımı ve kağıtsız ofisler kurma gibi üç strateji belirlenmiştir. Fiziksel olanaklar boyutunda ise çevre temelli kampüs planlarının gözden geçirilmesi, su verimliliği artırılması, enerji kullanımının iyileştirilmesi, entegre atık yönetimi ve çevre dostu ulaşım sistemlerinin geliştirilmesi gibi stratejiler öne çıkmaktadır.

Sürdürülebilir kampüslerde su yönetimi çerçevesinde su tasarruf programı, su geri dönüşüm programı, su verimliliğine sahip cihazların kullanılması ve kirli maddelerden arıtılan su tüketimi gibi farklı uygulamaların kullanımı önerilmektedir. Türkiye'deki üniversitelerin

çoğunun yeşil vizyon konusunda çok çalışmadıkları görülmektedir. Ülkemizde GreenMetric sıralamalarında Türkiye'deki en üst düzeyde performans sergileyen üniversite en önemlisi İstanbul Teknik Üniversitesi'dir. Marmara ve Çağ üniversitelerinin ise kısmen; Boğaziçi, Çorum Hitit, Süleyman Demirel, Kırıkkale, Ortadoğu Teknik ve Ankara Yıldırım Beyazıt üniversitelerinin ise düşük düzeyde yeşil vizyona sahip oldukları görülmektedir. Üniversitelerin kampüslerde su yönetimi konusu incelendiğinde İstanbul Teknik Üniversitesi, Çağ Üniversitesi, Çorum Hitit Üniversiteleri ile Marmara Üniversitesi su kategorisinde oldukça iyi seviyede yeşil vizyona sahibi oldukları belirlenmiştir. Buna ilaveten Sivas Cumhuriyet, Van Yüzüncü Yıl, Süleyman Demirel ve Kırıkkale üniversitelerinin su alanında kısmen bir yeşil vizyona sahip olduğu görülmektedir. Burada dikkat çeken husus, su yönetimi konusunda bazı üniversitelerin oldukça iyi bir vizyona sahip iken, çoğu üniversitenin bu vizyondan uzak olmasıdır (Çelik ve Öztürk 2022)

Sürdürülebilirlik bilinci, toplumda diğer sürdürülebilir programlar geliştirmek için liderlerin eğitimine öğrencilerin katılımına odaklanan kampüs temelli yeşil girişimlerden doğmaktadır. Bu ortak girişimler, sürdürülebilir kalkınma (SD) 'nin yükseköğretim kampüslerinin ötesine yayılmasını teşvik edebilir. Liderler demokratik, katılımcı ve dürüst olmalı ve SD'nin toplumda tanıtımını teşvik etmek için üniversite yönetim modellerini yansıtmalıdır.

Su, kentsel alanlarda çeşitli üretim süreçlerinde girdi olarak veya kamu hizmetlerinde bir meta olarak kullanılmaktadır. Sonuç olarak, artan su talebini karşılamak için suyla ilgili riski yönetme veya azaltma ile karşı karşıya kalındığında bu bölgelerde temel sorunlar haline gelmektedir. Suyun önemini anlamak, değerini artırmak, verimli ve etkili kullanımını düzenlemek için uygun politikaların izlenmesi zorunludur. Suyun yeterli olduğu ülkelerde suyun değeri ve kıtlığı bilinmemektedir. Bazı ülkelerde de son derece düşük su kullanım standartları belirlemiştir ve bu da tüketiciler tarafından verimsiz su kullanımına yol açmıştır. Suyun önemi açısından ve sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmak için suyun değerinin daha etkili bir şekilde anlatılması için sürdürülebilir çözümleri dahil etmek üzere olası stratejilerin belirlenmesi gerekmektedir (Irfeey et al. 2023).

Yağmur bahçeleri, yeşil yağmur suyu altyapısının bir parçası olarak, yalnızca kentsel su yönetiminin teknik zorluklarını ele almakla kalmaz, aynı zamanda kentsel alanların görsel ve sosyal yönlerini de geliştirmektedir. Çevresel, sosyal ve ekolojik işlevlerin bu birleşimi, yağmur bahçelerini sürdürülebilir kentsel kalkınma stratejilerinin kritik bir bileşeni olarak konumlandırır. Ancak, çeşitli iklimler için tasarımlarını optimize etme ve uzun vadeli performans sağlama konusunda zorluklar devam etmektedir. Temel sorunlar arasında toprak

geçirgenliğindeki farklılıklar ve bitki türlerinin farklı çevre koşullarına uyum sağlama yeteneği yer almaktadır. Örneğin, yüksek yağış alan bölgeler, su basmasını önlemek için hızlı drenajlı toprak ortamına ihtiyaç duyabilirken, kurak bölgeler kuraklığa dayanıklı bitkilere ve daha derin sızma bölgelerine ihtiyaç duyabilir. Bitki türlerinin, toprak ortamının ve çevre koşullarının rollerine ilişkin daha fazla araştırma yapılması çok önemlidir. Yağmur bahçelerinin kentsel biyoçeşitliliğe ve dayanıklılığa katkıları gibi daha geniş ekolojik faydalarını keşfetmeye yönelik artan bir ihtiyaç vardır. Çevresel etkilerin ötesinde, gelecekteki araştırmalarda yağmur bahçelerinin toplumsal faydaları değerlendirilerek kentsel alanların estetik ve rekreasyonel değerini iyileştirme potansiyellerinin de dahil edilmesi gerekmektedir (Bak and Barjenbruch 2022).

Üniversitelerin sürdürülebilir yeşil kampüs bağlamında yeşil uygulamaları hayata geçirmeye çalıştıklarında karşılaştıkları bazı engeller vardır. Birincisi, sürdürülebilirlik söz konusu olduğunda birçok kurum misyon, vizyon ve politikalarını açıkça belirtmemiştir; bu nedenle, sürdürülebilirliğe doğru ilerlemelerini büyük ölçüde engelleyen uygun bir kurumsal çerçeveden yoksundurlar. Buna ek olarak, hem finansal hem de insan kaynağı eksikliği hemen hemen tüm üniversiteler için önemli bir engel teşkil etmektedir. Çoğu kurum, sürdürülebilirliği müfredatlarına ve araştırma programlarına entegre etmekte kısmen veya tamamen başarısız olmaktadır çünkü özellikle yıllık performans değerlendirmelerine ilişkin insan kaynakları politikaları genellikle sürdürülebilirlik uygulamalarını ödüllendirmemektedir. Ayrıca, birçok üniversite henüz iç ve dış paydaşlarla etkili ilişkiler geliştirmemiştir. bu kanıt ve sürdürülebilirlik açıklamasına ilişkin zorunlu düzenlemelerin eksikliği, sürdürülebilirlik raporlamasının üniversite sektörü içindeki sınırlı yayılımını açıklamaktadır (Fissi et al. 2021).

Tez kapsamında, dünyada ve ülkemizde yağmur bahçeleri örnekleri incelenerek Sürdürülebilir Yeşil Kampüs kapsamında Atatürk Üniversitesi merkez yerleşkesi alanında yapılan analizler neticesinde eğitim haritasına göre uygun alanlar içerisinde öğrenci ve vatandaş yoğunluğunun fazla olduğu 2 farklı alan seçilerek bu alanlar üzerinde yağmur bahçesi tasarım önerileri geliştirilmiştir. Ayrıca sürdürülebilir yeşil kampüslerde etkin bir yağmur suyu yönetiminin sağlanabilmesi için kentsel yeşil alt yapı elemanlarından biri olan yağmur bahçelerinin planlanması, kurulması ve yönetilmesi konusunda bilgilendirmeler yapılmıştır. Günümüzde ve ilerleyen yıllarda yaşanan ve yaşanabilecek su kıtlığına yönelik yağmur suyu yönetimi günümüzde ilgilenilmesi gereken önemli başlıklardan biridir.

Yapmış olduğumuz çalışma sonucunda yağmur bahçesi tasarım ve uygulamaları için önerileri şu şekilde sıralayabiliriz;

- Çalışmada kampüs içerisinde yağmur bahçesi tasarım alanı seçilirken eğim düzeyleri %5 ile %12 arasında olan 2 farklı alan seçilmiştir fakat kampüs yerleşkesi içerisinde eğim düzeyleri dikkate alındığında yağmur bahçesi yapılmaya uygun birçok alanın var olduğu tespit edilmiştir. Kampüs yerleşkesi içerisinde gerekli diğer analizler yapılarak daha fazla yağmur bahçesi tasarım ve uygulaması yapılarak yağmur suyu hasadı ile kents suyu yönetimine destek sağlanmış olacaktır.
- Yağmur bahçesi yapılması planlanan alan belirlendikten sonra alandan alınan toprak örnekleri ile analizleri yapılarak toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri belirlenmelidir. Çıkan analiz sonuçlarına göre toprak yapısını iyileştirici uygulamalar yapılmalıdır. Örneğin; Toprak analizi sonucunda kil oranının yüksek çıkması durumunda farklı toprak düzenleyiciler ilave edilerek toprak yapısının daha geçirgen bir yapıya getirilmesi yağmur bahçesinin işlevini istenilen düzeyde gerçekleştirilmesi için uygulanabilir.
- Yağmur bahçesinin büyüklüğü belirlenirken yapılması planlanan bölgeye ait uzun dönem iklim verilerine göre yağış miktarları dikkate alınarak yapılan hesaplamalar ile belirlenecektir.
- Yağmur bahçesi tasarımında kullanılacak bitkiler belirlenirken bölgede doğal olarak yetişen ve bölgenin iklim koşullarına dayanıklılık gösteren bitki türleri seçilmesi gerekmektedir.
- Sürdürülebilir bir yağmur bahçesi tasarımı için seçilecek bitki türleri su istekleri, renkleri ve çiçeklenme sürelerine göre gruplandırılarak yağmur bahçesinin 1., 2. ve 3. bölgesinin toprak su seviyeleri dikkate alınarak yıl boyunca etkisini kaybetmeyen, estetik ve işlevsel bahçe tasarımı önerisi yapılmalıdır.
- Yağmur bahçesi için bitki seçiminde bahçede oluşabilecek böcek ve haşeratların oluşabileceği dikkate alınarak bu gibi sorunlar ile başa çıkmak için böcek ve haşeratları bahçeden uzaklaştıracak keskin kokulu lavanta, nane, kekik...vb bitkilerin planlamada kullanılması gerekmektedir.
- Yağmur bahçesi tasarımlarında drenajın düzenli olarak kontrol edilerek fazla suyun alanın üst noktasına yerleştirilen gider yardımıyla alt yapı sistemlerine ve kullanılmak üzere diğer yeşil alanlara aktarılacak şekilde planlaması gerekmektedir. Şayet iyi bir drenaj planlaması yapılmaz ise suyun fazla birikmesi nedeniyle bitki köklerinin çürümesine yol açabilir.
- Yağmur bahçeleri kuruldukları yıl ve sonraki birkaç yıl özellikle yaz aylarında bitkilerin kurumaması için sulama yapılması gerekmektedir.

- Yağmur bahçesi uygulamalarını sert zemin yüzeyinin fazla olduğu alanlarda planlayıp uygulamanın kentlerde su yönetimine ve ekosistem hizmetlerine destek olarak global bir problem olan iklim değişikliğinin neden olduğu sorunlara çözüm önerileri getireceği gözönünde bulundurulmalıdır.

Unutulmamalıdır ki su hayattır, suyun korunması ve etkin kullanımı için peyzaj mimarlığı meslek disiplini ve konu ile ilgili tüm disiplinlerin gerekli özen ve hassasiyeti göstererek çalışması ve uygulamaları yapmasının bir gereklilik değil zorunluk olduğunun bilinmesi gerekmektedir.



KAYNAKÇA

- Anonim (2011): Rutgers Cooperative Extension Water Resources Program and Native Plant Society of New Jersey 2011. Rain Garden Manual of New Jersey. Rutgers New Jersey Agricultural Experiment Station, Water Resources Program, The Native Plant Society of New Jersey, Northeast States&Caribbean Islands Regional Water Center and New Jersey Sea Grant Consortium, USA, p. 68.
- Anonim (2013): Rain Garden Handbook for Western Washington, , Washington State University (WSU), 2013.
- Anonim (2015): Ashworth Environmental Design 2015. Rain Gardens for Nashville-Make the most of the rain that falls on your property. The Nashville District of the US Army Corps of Engineers and the Metropolitan Government of Nashville and Davidson County's Department of Water and Sewerage Services, USA, p. 18.
- Anonim (2016); T.C Milli eğitim bakanlığı. Teras Bahçeleri. Ankara, 2016.
- Anonim (2017); Şehircilik Şurası, Komisyon Raporu, 2017),<https://webdosya.csb.gov.tr/db/sehirciliksurasi/editordosya/Sura2017komisyon%20raporu.pdf>
- Anonim (2018): Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Mekansal Planlama Genel Müdürlüğü Kentsel Tasarım Dairesi Başkanlığı, Yağmur bahçesi uygulama klavuzu ANKARA, Nisan 2018
- Anonim (2021); The Fact Sheet, CLASIC Tool Overview, The Water Research Foundation, April . Available online: <https://www.waterrf.org>
- Anonim (2023): Yüzey Akışların Hesaplanması. https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/122313/mod_resource/content/0/Konu10.2.YuzeyAkisHesaplari.pdf (22.12.2023)
- Anonim (2024): The Ieee website. [Online]. Available: <https://hetpeyzaj.com/tr/itu-green-campus-project/>
- Anonim (2024a):Araştırma Hastanesi. <https://hastane.atauni.edu.tr/muze/muze-hakkinda/#>
- Anonim (2024b): The Ieee website. [Online]. Available: <https://hetpeyzaj.com/tr/itu-green-campus-project/>
- Anonim (2024c): The IEEE website. [Online]. Available: <https://www.trakya.edu.tr/haber/trakya-universitesi-yerleskelerine-kurulan-yagmur-bahceleri-projesi-sona-erdi>
- Anonim (2024d):___https://www.zengardentr.com/urun/iris-sibirica-caesars-brother-susen-sogani-iris-siberian?srsId=AfmBOorClZDG4f_wa_qf0jXxu1nfbvM34eJnnDqV2Hc9FrhFj6XGC1Mk
- Anonim (2024 e):___<https://powo.science.kew.org/taxon/urn:lsid:ipni.org:names:139988-1/general-information>
- Anonim (2024 f): <https://turkiyeflorasi.org.tr/view.html?taxon=TR0000004511>
- Anonim (2024 g): <https://www.balkep.org/tulipa-spp.html>
- Anonim (2024 h): www.SürdürülebilirKampusNeDemek? - Yeşil Büyüme 2024
- Anonim (2025) ; <https://www.chesapeakequarterly.net/V15N1/main1/>

- Anonim (2025 a); <https://chatgpt.com/>
- Anonim(2025b);http://www.lowimpactdevelopment.org/raingarden_design/whatisaraingarden.htm Erişim tarihi: 13.01.2025
- Anonim (2025c); . Raingardens–Factsheet 2014, Natural Resources Conservation Service–Caribbean Area, United States Department of Agriculture, NRCS USDA. 2014. Available online: www.nrcs.usda.gov (accessed on 30 September 2021)
- Akçay, M.E. ve Tosun, İ. 2011. Bazı Geç Çiçek Açan Yabancı Badem Çeşitlerinin Yalova Ekolojik Koşullarındaki Gelişme ve Verim Davranışları. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 36.
- Akyüz, D. ve Ünal, U. 2017. Sürdürülebilir Kentsel Drenaj Sistemlerinde Yağmur Hendeklerinin Değerlendirilmesi. Uluslararası Sürdürülebilir Mühendislik ve Teknoloji Dergisi, 1(1), 15-24.
- Allen, C., Metternicht, G., Wiedmann, T. 2018. Initial progress in implementing the sustainable development goals (SDGs): A review of evidence from countries. Sustainability Science, 13(5), 1453–1467.
- Amr, A.I.; Kamel, S., El Gohary, G., Hamhaber, J. 2016. Water as an Ecological Factor for a Sustainable Campus Landscape. Procedia Soc. Behav. Sci. 216, 181–193.
- Atalay, İ. 1983. Erzurum Ovası ve çevresinin Toprakları. Ege Coğrafya Dergisi, 8-19.
- Atanasova, N., Castellar, J.A.C., Pineda-Martos, R., Nika, C.E., Katsou, E., Istenič, D., Pucher, B., Andreucci, M.B., Langergraber, G., 2021. Nature-based solutions and circularity in cities. Circ. Econ. Sustain. 1, 319–332. <https://doi.org/10.1007/s43615-021-00024-1>.
- Atici, K. B., Yasayacak, G., Yildiz, Y., & Ulucan, A. (2021). Green University and academic performance: An empirical study on UI GreenMetric and World University Rankings. Journal of Cleaner Production, 291, 125289.
- Arslan, F. (2014). Türkiye’de Sürdürülebilir Doğal Kaynak Kullanımı Arayışlarına Bir Örnek: Yeşil Binalar. ASOS Journal Akademik Sosyal Araştırmalar Dergisi, 2(2/1):288-304.
- Arslan, H.vd. (2011). "Androsace villosa L.'nin (Primulaceae) çimlenme gereksinimleri". Acta Biologica Cracoviensia Botanik Serisi, 53(2), 32-36.
- ASLA, 2016. “<https://www.asla.org/sustainablelandscapes/raingarden>”. html Erişim tarihi: 26.05.2016.
- Avrupa Çevre Ajansı, 2015. EEA Technical Report No 12/2015. Exploring Naturebased Solutions: The Role of Green Infrastructure in Mitigating the Impacts of Weatherand Climate Change-related Natural Hazards.
- Avrupa Komisyonu, 2021
- Komisyonundan Avrupa Ekonomik ve Sosyal Komitesi ve Bölgeler Komitesine Bildiri. Herkes İçin Sağlıklı Bir Gezegen Giden Yol. AB Eylem Planı: 'Hava, Su ve Toprak İçin Sıfır Kirliliğe Doğru'(2021)
- Aydoğdu H. 2018. Kentsel Yağmur Suyu Yönetimi Yaklaşımları Ve Yağmur Bahçeleri Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı. s 29, Konya.
- Ballard, B.W., Wilson, S., Udale-Clarke, H., Illman, S., Scott, T., Ashley, R., Kellagher, R., 2015. The SuDS Manual C753. Ciria, Griffin Court, 15 Long Lane, London, EC1A 9PN, UK.
- Bagci, E., & Kilic, O. (2012). Chemical composition of essential oil of Senecio vernalis Waldst. Et Kit.(Asteraceae) from Turkey. Journal of Essential Oil Bearing Plants, 15(3), 399-

- Bak, J., & Barjenbruch, M. (2022). Benefits, inconveniences, and facilities of the application of rain gardens in urban spaces from the perspective of climate change—A review. *Water*, 14(7), 1153.
- Beganskas S, Fisher AT (2017) Dağıtılmış yağmur suyu toplama ve yönetilen akifer beslemesinin birleştirilmesi: saha uygulaması ve etkileri. *J Environ Manag* 200:366–379
- Bouwer., H (2002) Yeraltı suyunun yapay olarak yeniden doldurulması: hidrojeoloji ve mühendislik. *Hydrogeol J* 10:121–142
- Bulut, Y., Toy, S., Dursun D., Demir, M., Irmak, M.A., Dursun, D., Kazaz, E., Joachım, M., 2017. Atatürk Üniversitesi Sürdürülebilir Kampüs Master Planı Raporu. Vizyon: “3. Nesil Üniversite” olma özülküsü, Erzurum
- Buana, R. P., Wimala, M., & Evelina, R. (2018). Pengembangan indikator peran serta pihak manajemen perguruan tinggi dalam penerapan konsep green campus. *RekaRacana: Jurnal Teknil Sipil*, 4(2), 82.
- California Stormwater Quality Association (CASQA), 2003. Stormwater Best Management Practice (BMP) Handbook: New Development and Redevelopment, Section Vegetated Swale.
- Chen, SY; van de Ven, FHM; Zevenbergen, C.; Verbeeck, S.; Evet, QH; Zhang, WJ; Wei, L. Çin'in Sünger Şehir Planlama Yaklaşımını Yeniden İncelemek: Nanjing, Qinhuai Bölgesi Üzerine Bir Örnek Olay İncelemesinden Dersler. *Ön. Çevre. Bilim.* **2021** , 9 , 17.
- Choi, Y.J., Oh, M., Kang, J., Lutzenhiser, L. Plans. (2017). Living Practices for the Green Campus of Portland State University. *Sustainability* 9, 252.
- Çaylı, A. (2021). Investigation of the meeting poultry house water requirement from rainwater harvesting: the case of Kahramanmaraş.
- Çelik, Z., Öztürk, M. (2022). Sürdürülebilir ve Yeşil Kampüsler: Türkiye'deki Üniversitelerin Yeşil Vizyonu. *İdealkent, Bölgesel Çalışmalar Özel Sayısı, Cilt Volume 14, Year* 315-346, DOI:10.31198/idealkent.1166470
- Çetinkaya, A. (2019). Sürdürülebilir Yağmur Suyu Depolama Yöntemleri: Muğla Yöresi Kırsal Sarnıçlarının Araştırılması ve Mskü Merkez Yerleşkesi İçin Alternatif Çözüm Önerilerinin Geliştirilmesi, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Çevre Bilimleri Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 162 sayfa, Muğla.
- Çorbacı, Ö., L., Ertekin, M. (2020). The Most Recent Studies In Science And Art 901 Chapter Sustainable Green Campuses 69
- Dagiliutė, R., Liobikiene, G., Minelgaite, A., 2018. Sustainability at universities: students' perceptions from green and non-green universities. *J. Clean. Prod.* 181, 473–482.
- Death, C. ve Gabay, C. (2015). Doing biopolitics differently? Radical potential in the post-2015 MDG and SDG debates. *Globalizations*.
- Dickie, S., McKay, G., Ions, L., Shaffe, P., 2010. Planning for SuDS – Making It Happen. CIRIA C687
- Dinçer, T ve Yılmaz, S., 2022. Yeşil Altyapı Sistemleri Kapsamında Yağmur Suyu Yönetimi: Malatya Kent Örneği .*Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, s.1088

- Demir, D. 2012. Konvansiyonel Yağmursuyu Yönetim Sistemleri ile Sürdürülebilir Yağmursuyu Yönetim Sistemlerinin Karşılaştırılması: İTÜ Ayazağa Yerleşkesi Örneği. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Çevre Bilimleri ve Mühendisliği Programı, İstanbul, 191 s.
- Doğangönül, Ö. ve Doğangönül, C. 2008. Küçük ve Orta Ölçekli Yağmursuyu Kullanımı. 2. Baskı, Teknik Yayınevi, Ankara, s. 499.
- Düzenli T, Tarakçı, Eren, E., Akyol, D. (2017). Peyzaj mimarlığında sürdürülebilirlik ve biyofilik tasarım kavramı. Akademik Sosyal Araştırmalar Dergisi, Yıl: 5, Sayı: 48, Haziran 2017, s. 43-49
- Echols, S. ve Pennypacker, E. (2015). Artful Rainwater Design. Washington
- Edwards EC, Harter T, Fogg GE, Washburn B, Hamad H (2016) Kuru kuyuların yağmur suyu yönetimi ve akifer beslemesi için araç olarak etkinliğinin ve yeraltı suyu kirlenme potansiyellerinin değerlendirilmesi. J Hydrol 539:539–553DC: Island Press.
- Eisenmenger, N., Pichler, M., Krenmayr, N., Noll, D., Plank, N., Schalmann, E., Wandl, M.-T., & Gingrich, S. (2020). The sustainable development goals prioritize economic growth over sustainable resource use: A critical reflection on the SDGs from a socio-ecological perspective. *Sustainability Science*, 15(4), 1101–1110.
- Ekşi, M. (2014). Çatı bahçesi kavramı ve terim kullanımı üzerine bir değerlendirme. *Avrasya Terim Dergisi*, 2(2), 26-35.
- Ekşi, M., & Uzun, A. (2016). Yeşil çatı sistemlerinin su ve enerji dengesi açısından değerlendirilmesi. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 66(1), 119-138.
- Ertop, H., Kociğcka, J., Atılgan, A., Liberacki, D., Niemiec, M., & Rolbiecki, R. (2023). Yağmur suyu hasadının önemi ve kullanım olanakları: Antalya örneği (Türkiye). *Su*, 15 (12), 2194.
- Fachrudin H T., Fachrudin,K,A. (2021). The relationship between green behaviour and green campus principles: A literature review. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering* 1122 (2021) 012028
- Fissi,S., Romolini,A., Gori,E., Contri,M. (2021). The path toward a sustainable green university: The case of the University of Florence Author links open overlay panel. *Journal of Cleaner Production*. Volume 279, 10 January 2021, 123655
- Glass, L. M., & Newig, J. (2019). Governance for achieving the sustainable development goals: how important are participation, policy coherence, reflexivity, adaptation and democratic institutions? *Earth System Governance*, 2, 100031.
- Goodwin, P., Wright, G., 2013. Decision analysis for management Judgement, green campus Ireland. The Green-Campus Programme: Green Campus Guide Book. www.greencampusireland.org. Accessed on 20 oct 2015
- Gonzalez-Merchan C, Barraud S, Le Coustumer S, Fletcher T (2012) Yağmursuyu sızma sisteminde tıkanıklık gelişiminin izlenmesi ve belirleyici faktörler. *Eur J Environ Civ Eng* 16(sup1):s34–s47
- Gölbey, A. G., Gülgün.B., Malkoç True.E. Kentleşme Perspektifinden Peyzaj Mimarlığına Bakış. Ankara, 2023.
- Gürbüz, R., & Arıdağ, L. (2015). Sürdürülebilir Peyzaj Tasarımı İçin Asla Ve Leed Kriterlerinin Karşılaştırılması. *Beykent Üniversitesi Fen Ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 6(2), 77-92.

- Güner ,U.,2020. Sürdürülebilirlik. Çevresel sürdürülebilirlik, Trakya Üniversitesi Fen Fakültesi,Trakya,6-8
- Graham, A., Day, J., Bray, B., Mackenzie, S., 2012. Sustainable Drainage Systems: Maximising the Potential for People and Wildlife. – A Guide for Local Authorities and Developers.
- Grehl E, The Design And Implementation Of A Rain Garden At The University Of Delaware: A Case Study, Master of Science in Public Horticulture , University of Delaware,2006
- Gülcü G, (2021). Kentsel alanlarda yağmur suyu yönetiminin mekânsal bileşenlerinin Üsküdar meydanı havzası üzerinden değerlendirilmesi. İstanbul Teknik Üniversitesi.,Kentsel tasarım ana bilim dalı.,Tezli yüksek lisans ,İstanbul
- Hamilton PA, Miller TL, Myers DN (2004) Ülkenin akarsularında ve yeraltı sularında su kalitesi: Seçilmiş bulguların genel görünümü, 1991–2001. ABD Geol Surv Circ 1265
- Hava durumu, 2024 (<https://tr.weatherspark.com/y/102045/Erzurum-T%C3%BCrkiye-Ortalama-Hava-Durumu-Y%C4%B1l-Boyunca>)
- Hiremath, R. B., Balachandra, P., Kumar, B., Bansode, S. S., Murali, J. (2013). Indicatorbased urban sustainability – A review. Energy for Sustainable Development, 17; 555–563.
- Höger,K , 2010 .Sustaniable Campus Master Planning. German
- Huang, K.T., Huang, W.P., Lin, T.P., Hwang, R.L., 2015. Implementation of green building specification credits for better thermal conditions in naturally ventilated school buildings. Build. Environ. 86, 141–150.
- Irfeey,A:M.M., Alotaibi, B.A., Najim, M.M.M., Shah,A.A. 2023. Water Valuation in Urban Settings for Sustainable Water Management. Water 2023, 15, 3105.
- Irmak, A., Yılmaz,H. (2016). Soğuk iklim bölgelerinde mevsimlik bitkilerin yeterlilikleri. Atatürk Üniv., Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, 25240, Erzurum, Türkiye.
- Jaber, F., Woodson, D., LaChance, C. and York, C. 2012. Stormwater Management: Rain Gardens, The Department of Soil and Crop Sciences and Texas A&M AgriLife Communications, The Texas A&M System, USA, p. 20.
- Jayasuriya, L. N. N., Kadurupokune, N., Othman, M., & Jesse, K. (2007). Contributing to the sustainable use of stormwater: the role of pervious pavements. Water Science and Technology, 56(12), 69-75
- Joao ~ Marcelo Pereira Ribeiro a , Lenoir Hoeckesfeld b , Cristian Baú Dal Magro c , Jacir Favretto d , Rodrigo Barichello e , Fernando Cesar Lenzi f , Leonardo Secchi g , Carlos Rogério Montenegro de Lima h , Jos'e Baltazar Salgueirinho Osorio ' de Andrade Guerra. Green Campus Initiatives as sustainable development dissemination at higher education institutions: Students' perceptions. Journal of Cleaner Production 312 (2021) 127671
- J.M.P.Ribeiro,A.AutranS.L.B.Santa,A.V.Jonck,M.Magtoto,R.Á.Faraco,J.B.S.O.AndradeIdentifying and overcoming communication obstacles to the implementation of green actions at universities: a case study of sustainable energy initiatives in south Brazil Universities as Living Labs for Sustainable Development, Springer, Cham (2020), pp. 103-119, 1
- Karadaş,M (2021). Sürdürülebilir kalkınma çerçevesinde türkiye'de çevre politikaları. İstanbul Gelişim Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi
- Karadağ, Y(2022). Muş Ovası Mera Bitki Türleri. Tarım ve Orman Bakanlığı Bitkisel Üretim Genel Müdürlüğü,(s 154). Muş

- Karakoçak, B. B. 2011. An Integrated Approach to Water Management in Kayseri: Rain Water Collection and Storage Design for Kayseri Harikalar Diyarı Water-Ski Park. Master of Science, Boğaziçi University Institute of Environmental Sciences, Environmental Technology, İstanbul, p. 88.
- Kasprzyk, M., Szpakowski, W., Poznańska, E., Boogaard, F. C., Bobkowska, K., & Gajewska, M. (2022). Technical solutions and benefits of introducing rain gardens—Gdańsk case study. *Science of The Total Environment*, 835, 155487.
- Kazanç, F., A. E. (2024). Sürdürülebilir kampüs tasarımı : Yeşil alt yapı sistemleri bağlamında yağmur bahçelerini incelenmesi. *Uluslararası mimarlık Planlama , Tasarım ve inovasyon Sempozyumu*, (s. 86-92). Ankara.
- K.T. Huang, W.P. Huang, T.P. Lin, R.L. Hwang Implementation of green building specification credits for better thermal conditions in naturally ventilated school buildings *Build. Environ.*, 86 (2015), pp. 141-150, 10.1016/j.buildenv.2015.01.006
- Küp, C. (2022). Üniversite yerleşkesinde biyotutma sistemlerinin kirletici giderimi için saha performansının incelenmesi.
- Losch, A. (2018). The need of an ethics of planetary sustainability. *International Journal of Astrobiology*, 1–8 <https://doi.org/10.1017/S1473550417000490> Google Scholar
- Lucke, T., Mohamed, M.A.K. and Tindale, N., 2014. Pollutant Removal and Hydraulic Reduction Performance of Field Grassed Swales during Runoff Simulation Experiments. *Water Journal*, 6, 1887-1904, DOI:10.3390/w6071887.
- Luell, S. K., Hunt, W. F. and Winston, R. J., 2011. Treating Highway Bridge Deck Runoff Using Bioretention And A Swale. *World Environmental And Water Resources Congress 2011: Bearing Knowledge for Sustainability*
- Müftüoğlu, V., & Perçin, H. (2015). Sürdürülebilir kentsel yağmur suyu yönetimi kapsamında yağmur bahçesi. *İnönü Üniversitesi Sanat ve Tasarım Dergisi*, 5(11), 27-37
- Martinez-Buján, R.; Santiago-Gómez, E.; Diz, C.; Cortes-Vazquez, J.A.; Golías, M. Campus Greening from Social Sciences: Emerging Formulas on Social Responsibility and Teaching Innovation. *Int. J. Sustain. High. Educ.* 2020, 21, 1545–1561. [CrossRef]
- Mays, L., Antoniou, G.P., and Angelakis, A.N. (2013). History of water cisterns: legacies and lessons. *Water* 5 <https://doi.org/10.3390/w5041916>.
- Metcalf J. D., Monitored Rain Garden Case Study Comparison to Continuous Simulation and Design Storm Methodology for Water Quality and Quantity, Submitted to the Department of Civil and Environmental Engineering Villanova University College of Engineering ,2022
- MGM, 2025. Meteoroloji Genel Müdürlüğü Verileri. (<https://mgm.gov.tr/>)
- Mishra, M., Desul, S., Santos, C.A.G., Mishra, S.K., Kamal, A.H.M, Goswami, S., Kalumba, A.M., Biswal, R., Silva, R.M., Santos, C.A.C., Baral, K. (2023). A bibliometric analysis of sustainable development goals (SDGs): a review of progress, challenges, and opportunities *Environment, Development and Sustainability* (2024) 26:11101–11143 <https://doi.org/10.1007/s10668-023-03225-w>
- Morash, J.; Wright, A.; LeBleu, C.; Meder, A.; Kessler, R.; Brantley, E.; Howe, J. Increasing sustainability of residential areas using rain gardens to improve pollutant capture, biodiversity and ecosystem resilience. *Sustainability* 2019, 11, 3269.
- Naumann, S., & Davis, M. (2020). Biodiversity and Nature-Based Solutions: Analysis of EU Funded Projects. Independent Expert Report.

- Nocco, M. A., Rouse, S. E., & Balster, N. J. (2016). Vegetation type alters water and nitrogen budgets in a controlled, replicated experiment on residential-sized rain gardens planted with prairie, shrub, and turfgrass. *Urban Ecosystems*, 19, 1665-1691.
- NSW Government (2017). Water sensitive urban design guideline, Applying water sensitive urban design principles to NSW transport projects. Roads and Maritime Services, May 2017.
- Nuryanta, N. (2018). The Implementation of Strategic Management on Competitive Advantage in Islamic University of Indonesia (Uii) Yogyakarta. *Indonesian Journal of Interdisciplinary Islamic Studies (IJIIS)*, 1-30.
- Okaikue-Woodi, F.E.K., Cherukumilli, K., Ray, J.R., 2020. A critical review of contaminant removal by conventional and emerging media for urban stormwater treatment in the United States. *Water Res.* 187, 116434.
- Oktay, D.(2001). Planning Housing Environments For Sustainability: Assessments In Cypriot Settlements. Building and Industry Center (YEM) Publications, Istanbul
- Orlando, G., Zengin, G., Ferrante, C., Ronci, M., Recinella, L., Senkardes, I., ... & Menghini, L. (2019). Comprehensive chemical profiling and multidirectional biological investigation of two wild Anthemis species (*Anthemis tinctoria* var. *pallida* and *A. cretica* subsp. *tenuiloba*): focus on neuroprotective effects. *Molecules*, 24(14), 2582.
- Öktem ve Aksoy Türkiye'nin Su Riskleri Raporu (Bilgi Üniversitesi, Çevre, Enerji ve Sürdürülebilirlik Uygulama ve Araştırma Merkezi) (WWF-Türkiye) 2014
- Örs, İ., Safi, S., Ünlükara, A. L. İ., & Yürekli, K. (2011). Su hasadı teknikleri, yapıları ve etkileri. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, 4(2).
- Özeren Alkan, M. (2019). Sürdürülebilir Yağış Suyu Yönetimine İlişkin Peyzaj Planlama Önerileri: Bornova Çayı Havzası Örneği. Yayımlanmamış Doktora Tezi. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı, İzmir.
- PAD (2017). Yağmur Hasadı Uygulamalarına Giriş Rehberi: İklim Değişikliğine Uyum Kapsamında Bir Çözüm Önerisi. AB-Türkiye sivil toplum diyalogu programı. PAD YAYIN NO: 3 1. Basım Ankara, 2017.
- Pardal, A.; Romeira, T.; Durão, A. Eco Green Campus: Challenges and Opportunities. The Study Case of Polytechnic Institute of Beja. *Proc. E3S Web Conf.* 2020, 171, 1010. [CrossRef]
- Peng, S.; Cui, H.; Ji, M. Sustainable Rainwater Utilization and Water Circulation Model for Green Campus Design at Tianjin University. *J. Sustain. Water Built Environ.* 2018, 4, 4017015.
- Polonsky, M.J. Transformative Green Marketing: Impediments and Opportunities. *J. Bus. Res.* 2011, 64, 1311–1319.
- Qian, F., Green, Y. 2018. Campus Environmental Design Based on Sustainable Theory . *Journal of Clean Energy Technologies*, Vol. 6, No. 2, March 2018
- Qian, F., Yang, L. 2018. Green Campus Environmental Design Based on Sustainable Theory. *Journal of Clean Energy Technologies*, Vol. 6, No. 2.
- Ribeiro, JMP, Barbosa, S.B., Casagrande, J.L., Sehnem, S., Berçin, II; da Silva, C.G.; da Silveira, A.C.M.; Zimmer, G.A.; Faraco, R.A.; de Andrade, JBSO. Promoting Sustainable Development in Universities: Adoption of Green Campus Strategies at the University of Southern Santa Catarina, Brazil. In *Handbook of Sustainable*

- Development Theory and Practice in Higher Education; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 2017; pp. 471–486.
- Sarıkoç, C., Engin, N., (2024). UI Green Metric Sıralamasındaki Türkiye Üniversitelerinin Enerji ve İklim Değişikliği Stratejileri. *Çevre, İklim ve Sürdürülebilirlik*, 25(2), 111-122.
- Saygın, N., & Ulusoy, P. (2011). Sürdürülebilir Kampüs Tasarımı için Yağmursuyu Yönetimi ve Yeşil Altyapı Teknikleri. *Politeknik Dergisi*, 14(3), 223-231.
- Salas-Zapata, W., Rios-Osorio, L., & Cardona-Arias, J. (2017). Methodological characteristics of sustainability science: A systematic review. *Environment, Development and Sustainability*, 19(4), 1127–1140.
- Sert, E.. Enerji Etkin Kentsel Peyzaj Tasarımında Yağmur Suyu Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi, 2013.
- Sevimli A., Sürdürülebilir Yağmur Suyu Yönetimi Uygulamaları: Bursa Uludağ Üniversitesi Görükle Kampüsü Örneği , Bursa Uludağ Üniversitesi,Bursa,2021
- Shakouri, N., 2016. Kentlerde yağmursuyu yönetimi kapsamında yeşil altyapı peyzaj planlama ve tasarım yaklaşımı sakarya-hendek örneği. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı, Doktora Tezi. 214 s.
- Shafique, M.; Kim, R. Retrofitting the Low Impact Development practices into developed urban areas including barriers and potential solution. *Open Geosci.* 2017, 9, 240–254. [CrossRef] *Water* 2022, 14, 1153 17 of 19
- Shmelev, S. E., Shmeleva, I. A. (2009). Sustainable cities: Problems of integrated interdisciplinary research. *International Journal of Sustainable Development*, 12, 4–23
- Shuster WD, Dadio S, Drohan P, Losco R, Shaffer J (2014) Konut yıkımı ve boş arsa hidrolojisi üzerindeki etkisi: yağmur suyu ve kanalizasyon sistemi taşmalarının yönetimi için çıkarımlar. *Landsc Urban Plan* 125:48–56
- Silkin, H. (2014). İklim değişikliğine uyum özelinde bazı uygulamaların Türkiye açısından değerlendirilmesi. *Orman ve Su İşleri Uzmanlık Tezi, TC Orman ve Su İşleri Bakanlığı,Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, Ankara.*
- Snyder DT, Morgan DS, McGrath TS (1994) Portland Havzası, Oregon ve Washington'daki yağıştan, kuru kuyulara akan sudan ve yerinde atık bertaraf sistemlerinden yeraltı suyu beslemesinin tahmini. *US Geol Surv Water Resour Invest Rep* 92-4010
- Szpakowski, W., Rayss, J., Lademann, D., 2018. Ogród deszczowy w 5 krokach. Gdańskie Wody (in Polish)
- Sugiarto,A., Wen Lee ,C., Dolfriandra Huruta,A. (2022). A Systematic Review of the Sustainable Campus Concept. *Behav. Sci.* 2022, 12, 130.
- Suwartha, N., & Sari, R. F. (2013). Evaluating UI GreenMetric as a tool to support green universities development: assessment of the year 2011 ranking. *Journal of Cleaner Production*, 61, 46-53.
- Şimşek, Ö. F. (2023). Yağmur suyu hasadı ile kendi kendine yetebilen peyzaj alanlarının oluşturulması (M.S. thesis).
- Tanç, Güngör, Ş., Tanç, A., Çardak,D., Yağlı, İ. (2022). Türkiye'deki üniversitelerin sürdürülebilirlik çalışmalarının incelenmesi. *Muhasebe ve Denetime BAKIŞ* Nisan 2022, Sayı: 66, Sayfa: 83-100

- Tarpey E., Su S., Svenson P., Ye Y. Implementing and Raising Awareness of Sustainable Stormwater Runoff Management Techniques, Designing a Rain Garden on Campus at the University of Illinois, CEE 398 Project Based Learning Final Report ,2017
- Tavşan, F., Bahar, Z., & Tavşan, C. (2022). Sürdürülebilirlik Kapsamında Yağmur Suyu Toplama Sistemli Pavilyonlar. Kent Akademisi, 15(2), 896-915.
- Tiyarattanachai, R., Hollmann, N. M. 2016. The Green Campus Initiative and Its Effects on the Quality of Life of Stakeholders in Green and Non-Green Campus Universities. Springer Plus 5 , 84.
- Too, L., Bajracharya, B. 2015.Sürdürülebilir kampüs: Toplumu sürdürülebilirliğe dahil etmek . Uluslararası Yükseköğretimde Sürdürülebilirlik Dergisi , 16 (1), 57-71.
- Tosun, M., 2022. Üniversite Yerleşkeleri İçin Çevresel Sürdürülebilirlik Dizinlerinin (Green Metrics) Değerlendirilmesi: Atatürk Üniversitesi Örneği. Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Erzurum, 137s
- Tules,C. (2019). Yeşil üniversite rehberi ve Ege Üniversitesi Çevre Yönetimi Bilgi Sisteminin oluşturulması (Master's thesis, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Turgut, H. 2009. Erzurum Sulak Alan Bitkileri ve Peyzaj Mimarlığında Kullanımı. Atatürk Üniv., Ziraat fakültesi Peyzaj Mimarlığı Bölümü Yüksek lisans tezi. Erzurum
- Turner, E. T., & McDaniel, C. E. (1990). Designing a Teaching/Learning Center. Journal of Physical Education, Recreation & Dance, 61(7), 20-22.
- Tubives 2024. http://194.27.225.161/yasin/tubives/index.php?sayfa=1&tax_id=127
- Uçkan, T., Nemutlu,Erduran,F. 2016. Kentsel Alanda Su Sorununa Çözümsel Yaklaşım: Yağmur Bahçesi. 2. Uluslararası Mimarlık ve Tasarım Kongresi, İstanbul.
- Uçar ,O.K., Özdemir, O. 2022. Üniversitelerde Sürdürülebilirlik Faaliyetleri ve Raporlama Örnekleri. İda Academia Muhasebe ve Maliye Dergisi, Ocak 2022, 5(1), 13-30
- Uzun, Ö. F., Gül, A., Türker, H. B., & Keleş, E. (2016). Soğuk iklim koşullarında kent peyzajında kullanılabilecek bitki türleri ve bitkisel tasarım yaklaşımları. Proceedings Book (Electronic Book), ISBN, (978-975), 442-811.
- Velazquez, L., Munguia, N., Platt, A., & Taddei, J. (2006). Sustainable university: what can be the matter?. Journal of cleaner production, 14(9-11), 810-819.
- Vogt,M., Weber,C. (2019). Current challenges to the concept of sustainability. Global Sustainability 2, e4, 1–6.
- Walsh, C.J., Fletcher, T.D., Ladson, A.R., 2005. Stream restoration in urban catchments through redesigning stormwater systems: looking to the catchment to save the stream. J. North Am. Benthol. Soc. 24, 690–705.
- Wee, B.; Mason, H.; Abdilla, J.; Lupardus, R. Nationwide Perceptions of U.S. Green School Practices: Implications for Reform and Research. Int. Res. Geogr. Environ. Education 2018 , 27 , 283–294. [Google Scholar] [CrossRef]
- Wimala, M.; Zirads, B.; Evelina, R. Water Security in Green Campus Assessment Standard. In Proceedings of the E3S Web of Conferences; EDP Sciences: Les Ulis, France, 2019; Volume 93, p. 2003
- Wilson, A., & Navaro, R. (2008). Alternative water sources: Supply-side solutions for green buildings. Environmental Building News.
- Woods Ballard, B., Wilson, S., Udale-Clarke, H., Illman, S., Scott, T., Ashley, R., & Kellagher, R. (2015). The SuDS Manual; CIRIA: London, UK, 2015. Google Scholar.

- Wojciechowska, E.; Gajewska, M.; Zurkowska, N.; Surówka, M.; Obarska-Pempkowiak, H. *Zrównoważone Systemy Gospodarowania Wodą i Deszczówką*; Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej: Gdańsk, Poland, 2015.
- Xie, J., Wu, C., Li, H. and Chen, G., 2017. Study on Storm-Water Management of Grassed Swales and Permeable Pavement Based on SWMM. *Water Journal*. 9(840), DOI: 10.3390/w9110840.
- Xue, C., Shahbaz, M., Ahmad, Z., Ahmad, M., Sinha, A. (2022). Clean energy consumption, economic growth, and environmental sustainability: What is the role of economic policy uncertainty?. *Renewable Energy*. Volume 184, January 2022, Pages 899-907
- Yang, J., & Jiang, G. (2003). Experimental study on properties of pervious concrete pavement materials. *Cement and concrete research*, 33(3), 381-386.
- Yaşar, Y., Düzgüneş, E., (2013). peyzaj tasarımına sürdürülebilirlik kavramının entegrasyonu: bir stüdyo çalışması. *İnönü University Journal of Art and Design* ISSN: 1309-9876 E-ISSN: 1309-9884 Cilt/Vol. 3 Sayı/No.7 (2013): 31-43
- Yazar, K. H. (2006). *Sürdürülebilir Kentsel Gelişme Çerçevesinde Orta Ölçekli Kentlere Dönük Kent Planlama Yöntem Önerisi*, (Phd Dissertation). Ankara Üniversitesi, Ankara, Turkey.
- Yawalkar, R.; Ingole, S.; Derkar, S.; Gaurkar, M.; Kawle, S.; Hingwe, G. Rainwater Harvesting by Rooftop Method. *Int. Res. J. Eng. Technol. (IRJET)* 2021, 8, 1988–1991.
- Yetik, A. K., & Şen, B. (2020). Su Hasadı Sistemlerinin Önemi ve Teknikleri. *Türk Tarım-Gıda Bilim ve Teknoloji dergisi*, 8(SP1), 46-53.
- Yetkin, E. G., & Akman, N. (2021). Geleneksel Sürdürülebilir Yağmur Suyu Depolama Yöntemleri; Emine-Murat Cimrin Koçak Evi Sarnıcının İncelenmesi ve Yeniden Kullanımının Değerlendirilmesi. *Mimarlık Ve Yaşam*, 6(3), 1003-1016.
- Yılmaz, H., & Irmak, M. A. (2004). Atatürk Üniversitesi merkez yerleşimi oduncu bitkileri. *Research in Agricultural Sciences*, 35(1-2).
- Yılmaz H, Irmak MA, 2012. Yerleşke planlamasında Bitkisel Tasarım İlkeleri; Atatürk Üniversitesi Yerleşkesi Örneği. Atatürk Üniv. Yayın No:1011, Erzurum, Türkiye. 192s.
- Yılmaz, D. (2019). *Su Bahçelerinde Kullanıma Uygun Bahçe Çiçekleri 2019*, Büyükşehir Belediyesi Çevre Koruma ve Kontrol Dairesi Başkanlığı, Ankara
- Zeybek, B., & Doğu Öztürk, İ. (2023). Üniversitelerin Sürdürülebilirliği: UI GreenMetric ve Türkiye'deki Üniversitelerin Değerlendirilmesi, İstanbul Üniversitesi Öğretim Üyesi, Doğu Üniversitesi Öğretim Üyesi
- Zhang, L., Oyake, Y., Morimoto, Y. ve diğerleri. Japonya'da kentsel fırtına akışının yönetimi için yağmur bahçelerinin yağmur suyu depolama/sızma işlevi. *Landscape Ecol Eng* 15, 421–435 (2019).
- Zhu, B., Dewancker, B. (2021). A case study on the suitability of STARS for green campus in China. *Evaluation and Program Planning* 84 (2021) 101893
- Zöngür, A. (2023). *Achillea millefolium* (Civanperçemi) Bitkisinin Uçucu Yağlarının Antimikrobiyal ve Antifungal Etkinliğinin Değerlendirilmesi. Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 13(2), 906-913.

Web sayfaları

Url 1: https://www.thbb.org/media/281170/gecirimli_beton_uygulama_k%C4%B1lavuzu

Url 2: https://infraestructuraverdesantiago.cl/wp-content/uploads/2024/06/GUIA-02_SbN-Agua-y-Vegetacion-Urbana.pdf

Url 3: <https://catider.org.tr/surdurulebilir-bir-cevre-icin-yesil-catilarin-onemi/>

Url 4: https://cchrc.org/wp-content/uploads/media/Rain_Barrel.pdf

Url 5: https://www.ankara.bel.tr/files/3815/7302/9689/YAMUR_SUYU.pdf

Url 6: <https://blog.piriguide.com/turkiye/yerebatan-sarnici/>

Url 7: <https://images.app.goo.gl/TTw1S5Wai3yYzNnQA>

Url 8: <https://images.app.goo.gl/fDV2QPDVo4RbvG7g8>

Url 9= <https://www.climatehubs.usda.gov/ecosystem-services>



ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı:	Fatma Kazanç
Doğum tarihi:	
Doğum Yeri:	
Uyruğu: T.C:	
Adres:	
Tel:	
E-mail:	
Eğitim	
Lise:	Palandöken Kız Anadolu İmam Hatip Lisesi
Lisans:	Atatürk Üniversitesi Mimarlık ve Tasarım Fakültesi Peyzaj Mimarlığı Bölümü
Yüksek lisans:	Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü/ Peyzaj Mimarlığı Ana Bilim Dalı
Yabancı Dil Bilgisi	
İngilizce:	Orta
Arapça:	Başlangıç
Rusça:	
Diğer	
Çalıştığı Kurumlar	
2021-2022/ERZURUM : Çinikentli Peyzaj / Home Office Tasarımcı	