



**TRAKYA YÖRESİNDEKİ REKREASYON ALANLARINDA KARŞILAŞILAN
SULAMA SORUNLARI VE ÇÖZÜM YOLLARI**

Burçin AKKOR

Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Prof. Dr. A.Halim ORTA

2024

T.C.
TEKİRDAĞ NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



TRAKYA YÖRESİNDEKİ REKREASYON ALANLARINDA KARŞILAŞILAN
SULAMA SORUNLARI VE ÇÖZÜM YOLLARI

BURÇİN AKKOR

ORCID: 0009-0005-3814-9374

BİYOSİSTEM MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

Danışman: Prof. Dr. A.Halim ORTA

ŞUBAT-2024

Her hakkı saklıdır.

ÖZET

TRAKYA YÖRESİNDEKİ REKREASYON ALANLARINDA KARŞILAŞILAN SULAMA SORUNLARI VE ÇÖZÜM YOLLARI

Burçin AKKOR

Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Prof. Dr. A.Halim ORTA

Bu çalışmada, Trakya yöresinde üç farklı ilde dikkate alınan 9 adet rekreasyon alanında mevcut sulama sistemleri, proje, aplikasyon ve işletme açısından incelenmiştir. Bu alanlarda mevcut iklim, bitki, su kaynağı, toprak ve topografya özellikleri belirlenmiştir. Daha sonra, her bir alan için mevcut koşullar dikkate alınarak ön projelendirme faktörleri hesaplanmış, sistem tertibi yapılmış ve boyutlandırılmıştır. Elde edilen çözümler, mevcut koşullarda kullanılan sulama sistemleri ile kıyaslanarak farklar belirlenmiştir. Sonuçta, mevcut sulama sistemlerinin çoğunun bilimsel ilkelere göre projelendirilmediği, malzeme seçimi ve uygulamanın sağlıklı biçimde yapılmadığı, işletme safhasının hiçbir veriye dayandırılmadığı belirlenmiştir. Belirlenen hataların tekrarlanmaması için; sulama sistemlerinin uzman kişiler tarafından bitki desenine uygun olarak planlanması, bu süreçte detaylı kaynak araştırması yapılarak ön projelendirme faktörlerinin belirlenmesi, projelendirme aşamasında sistem tertibinin doğru yapılarak unsurların doğru boyutlandırılması, aplikasyonun projeye uygun olması ve işletmenin doğru yapılarak alanın sürekli izlenmesi ve değerlendirilmesi gereklidir. Bu amaçlara çok fazla su ve enerji harcamaksızın ulaşabilmek için, peyzaj mimarları ve sulama mühendislerinin birlikte çalışmasının kritik öneme sahip olduğu vurgulanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Damla Sulama Sistemi, Peyzaj Sulama Sistemleri, Toprak Altı Damla Sulama Sistemi, Yağmurlama Sulama Sistemi

ABSTRACT

EVALUATION OF SOME LANDSCAPE IRRIGATION SYSTEMS IN THRACE-TURKEY

Burçin AKKOR

Department of Biosystems Engineering

MSc. Thesis

Supervisor: Prof. Dr. A. Halim ORTA

In this study, existing irrigation systems in 9 recreation areas considered in three different provinces of Thrace region were analysed in terms of project, application and operation. The existing climate, plant, water source, soil and topography characteristics of these areas were determined. Then, taking into account these values collected for each area, preliminary design factors were calculated, the system layout was arranged and dimensioned. The results were compared with the current irrigation systems and the differences between them were tried to be revealed. As a result, it was determined that most of the current irrigation systems were not designed according to scientific principles, material selection and application were not made properly, and the operation of system was not based on any data. In order to prevent the repetition of the identified mistakes; irrigation systems should be planned by experts in accordance with the plant pattern, pre-projecting factors should be determined by making detailed resource search in this process, system layout should be done correctly in the projecting phase, correct sizing of the irrigation components could be managed, application should be in accordance with the project, operation should be done correctly and the area should be continuously monitored and evaluated. In order to achieve these objectives without spending too much water and energy, it is emphasised that for landscape architects and irrigation engineers working together has critical importance.

Keywords: Drip Irrigation System, Landscape Irrigation System, Subdrip Irrigation System, Sprinkler Irrigation System

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER.....	iii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xiii
SİMGELER DİZİNİ	xv
KISALTMALAR DİZİNİ.....	xvi
TEŞEKKÜR.....	xvii
1. GİRİŞ	1
1.1 Literatür Özeti	4
1.2 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı.....	8
2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ARAŞTIRMASI	10
2.1 Bitki-Toprak-Su İlişkisi	10
2.2 Bitki Su Tüketimi.....	13
2.3 Rekreasyon Alanlarında Kullanılan Sulama Yöntemleri.....	14
2.3.1 Yağmurlama Sulama Yöntemi.....	14
2.3.2 Damla Sulama Yöntemi	15
2.3.3 Toprak Altı Damla Sulama Yöntemi	16
2.4 Sulama Yöntemi Seçimi ve Kaynak Araştırması.....	17
2.4.1 Yağmurlama Sulama Sistemi Planlama İlkeleri ve Sistemin Tasarımı	17
2.4.1.1 Yağmurlama Sulama Sistemi Bileşenleri	18
2.4.1.2 Yağmurlama Sulama Sisteminin Tertibi ve Tasarımı.....	21
2.4.2 Damla Sulama Sistemi Planlama İlkeleri ve Sistemin Tasarımı	23
2.4.2.1 Damla Sulama Sistemi Bileşenleri	23
2.4.2.2 Damla Sulama Sisteminin Tasarımı ve Lateral Tertibi.....	25
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	30
3.1 Materyal	30
3.1.1 Araştırma Alanı.....	30
3.1.1.1 Edirne İli ve Çalışılan Alanlara İlişkin Bilgiler	31
3.1.1.2 Kırklareli İli ve Çalışılan Alanlara İlişkin Bilgiler	36
3.1.1.3 Tekirdağ İli ve Çalışılan Alanlara İlişkin Bilgiler	39
3.2 Yöntem.....	42
3.2.1 Arazi çalışmalarında kullanılan yöntemler	43

3.2.1.1 Toprak ve Su Örneklerinin Alınması.....	43
3.2.1.2 Toprağın Su Alma Hızının Ölçülmesi	43
3.2.2 Laboratuvar çalışmalarında kullanılan yöntemler	44
3.2.3 Büro çalışmalarında kullanılan yöntemler	44
3.2.3.1 Yararlanılan Topografik Haritalar	44
3.2.3.2 Toprağın İnfiltrasyon Hızının Belirlenmesi.....	45
3.2.3.3 Bitki Su Tüketiminin Belirlenmesi	45
3.2.3.4 Mevcut Sulama Koşullarının Değerlendirilmesi	45
3.2.3.5 Önerilen Sulama Projeleri İçin Ön Projelendirme Faktörleri ve Sistemin Boyutlandırılması	48
3.2.3.6 Mevcut Sistemlerle Önerilen Sistemlerin Karşılaştırılması.....	56
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA.....	57
4.1 Toprak ve Su Örnekleri Analiz Sonuçları.....	57
4.2 Toprağın Su Alma Hızı Sonuçları.....	58
4.3 Bitki Su Tüketimi Sonuçları	58
4.4 Mevcut ve Önerilen Sulama Sistemi Unsurları ve İşletme Biçimi	59
4.4.1 Alan No 1.....	59
4.4.1.1 Mevcut Durum	59
4.4.1.2 Önerilen Sulama Sistemi	61
4.4.1.3 Değerlendirme	70
4.4.2 Alan No 2.....	72
4.4.2.1 Mevcut Durum	72
4.4.2.2 Önerilen Sulama Sistemi	74
4.4.2.3 Değerlendirme	81
4.4.3 Alan No 3.....	82
4.4.3.1 Mevcut Durum	82
4.4.3.2 Önerilen Sulama Sistemi	84
4.4.3.3 Değerlendirme	92
4.4.4 Alan No 4.....	93
4.4.4.1 Mevcut Durum	93
4.4.4.2 Önerilen Sulama Sistemi	95
4.4.4.3 Değerlendirme	101
4.4.5 Alan No 5.....	103
4.4.5.1 Mevcut Durum	103
4.4.5.2 Önerilen Sulama Sistemi	104

4.4.5.3 Değerlendirme	109
4.4.6 Alan No 6.....	109
4.4.6.1 Mevcut Durum	109
4.4.6.2 Önerilen Sulama Sistemi	111
4.4.6.3 Değerlendirme	115
4.4.7 Alan No 7.....	115
4.4.7.1 Mevcut Durum	115
4.4.7.2 Önerilen Sulama Sistemi	116
4.4.7.3 Değerlendirme	120
4.4.8 Alan No 8.....	121
4.4.8.1 Mevcut Durum	121
4.4.8.2 Önerilen Sulama Sistemi	123
4.4.8.3 Değerlendirme	132
4.4.9 Alan No 9.....	133
4.4.9.1 Mevcut Durum	133
4.4.9.2 Önerilen Sulama Sistemi	134
4.4.9.3 Değerlendirme	140
4.4.10 Sonuç ve Değerlendirme	141
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	146
KAYNAKLAR.....	150
EK-1.ALAN NO 1 KOT VE PEYZAJ PLANI	154
EK-2.ALAN NO 1 YAĞMURLAMA BAŞLIK YERLERİ VE ÖTME DESENİ (MEVCUT).....	155
EK-3.ALAN NO 1 SU İLETİM VE DAĞITIM PLANI (MEVCUT)	156
EK-4.ALAN NO 1 YAĞMURLAMA BAŞLIK YERLERİ VE ÖRTME DESENİ (ÖNERİLEN).....	157
EK-5.ALAN NO 1 SU İLETİM VE DAĞITIM HATLARI (ÖNERİLEN).....	158
EK-6.ALAN NO 2 KOT VE PEYZAJ PLANI	159
EK-7.ALAN NO 2 YAĞMURLAMA BAŞLIK YERLERİ VE ÖRTME DESENİ (MEVCUT).....	160
EK-8.ALAN NO 2 SU İLETİM VE DAĞITIM HATLARI (MEVCUT).....	161
EK-9.ALAN NO 2 YAĞMURLAMA BAŞLIK YERLERİ VE ÖRTME DESENİ (ÖNERİLEN).....	162
EK-10.ALAN NO 2 SU İLETİM VE DAĞITIM HATLARI (ÖNERİLEN)	163
EK-11.ALAN NO 3 KOT VE PEYZAJ PLANI	164

EK-12.ALAN NO 3 YAĞMURLAMA BAŞLIK YERLERİ VE ÖRTME DESENİ VE SU İLETİM VE DAĞITIM HATLARI (MEVCUT)	165
EK-13.ALAN NO 3 YAĞMURLAMA BAŞLIK YERLERİ VE ÖRTME DESENİ (ÖNERİLEN)	166
EK-14.ALAN NO 3 SU İLETİM VE DAĞITIM HATLARI (ÖNERİLEN)	167
EK-15.ALAN NO 4 KOT VE PEYZAJ PLANI	168
EK-16.ALAN NO 4 YAĞMURLAMA BAŞLIK YERLERİ VE ÖRTME DESENİ (MEVCUT).....	169
EK-17.ALAN NO 4 SU İLETİM VE DAĞITIM HATLARI (MEVCUT).....	170
EK-18.ALAN NO 4 YAĞMURLAMA BAŞLIK YERLERİ VE ÖRTME DESENİ (ÖNERİLEN)	171
EK-19.ALAN NO 4 SU İLETİM VE DAĞITIM HATLARI (ÖNERİLEN)	172
EK-20.ALAN NO 5 KOT VE PEYZAJ PLANI	173
EK-21.ALAN NO 5 YAĞMURLAMA BAŞLIK YERLERİ VE ÖRTME DESENİ (MEVCUT).....	174
EK-22.ALAN NO 5 SU İLETİM VE DAĞITIM HATLARI (MEVCUT).....	175
EK-23.ALAN NO 5 YAĞMURLAMA BAŞLIK YERLERİ VE ÖRTME DESENİ (ÖNERİLEN)	176
EK-24.ALAN NO 5 SU İLETİM VE DAĞITIM HATLARI (ÖNERİLEN)	177
EK-25.ALAN NO 6 KOT VE PEYZAJ PLANI	178
EK-26.ALAN NO 6 YAĞMURLAMA BAŞLIK YERLERİ VE ÖRTME DESENİ (MEVCUT).....	179
EK-27.ALAN NO 6 SU İLETİM VE DAĞITIM HATLARI (MEVCUT).....	180
EK-28. ALAN NO 6 YAĞMURLAMA BAŞLIK YERLERİ VE ÖRTME DESENİ (ÖNERİLEN)	181
EK-29.ALAN NO 6 SU İLETİM VE DAĞITIM HATLARI (ÖNERİLEN)	182
EK-30.ALAN NO 7 KOT VE PEYZAJ PLANI	183
EK-31.ALAN NO 7 YAĞMURLAMA BAŞLIK YERLERİ ÖRTME DESENİ (MEVCUT).....	184
EK-32.ALAN NO 7 SU İLETİM VE DAĞITIM HATLARI (MEVCUT).....	185
EK-33.ALAN NO 7 YAĞMURLAMA BAŞLIK YERLERİ ÖRTME DESENİ (ÖNERİLEN)	186
EK-34.ALAN NO 7 SU İLETİM VE DAĞITIM HATLARI (ÖNERİLEN)	187
EK-35.ALAN NO 8 KOT VE PEYZAJ PLANI	188
EK-36.ALAN NO 8 YAĞMURLAMA BAŞLIK YERLERİ ÖRTME DESENİ VE SU İLETİM VE DAĞITIM HATLARI (MEVCUT)	189
EK-37.ALAN NO 8 YAĞMURLAMA BAŞLIK YERLERİ ÖRTME DESENİ VE SU İLETİM VE DAĞITIM HATLARI (ÖNERİLEN).....	190

EK-38.ALAN NO 9 KOT VE PEYZAJ PLANI	191
EK-39.ALAN NO 9 SU İLETİM VE DAĞITIM HATLARI (MEVCUT).....	192
EK-40.ALAN NO 9 SU İLETİM VE DAĞITIM HATLARI (ÖNERİLEN)	193
ÖZGEÇMİŞ	194



ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Çalışma alanına ilişkin anket formu (Alan no 1)	45
Çizelge 4.1. Toprak örneklerine ilişkin analiz sonuçları	57
Çizelge 4.2. Su örneklerine ilişkin analiz sonuçları	58
Çizelge 4.3. Toprağın su alma hızı sonuçları	58
Çizelge 4.4. Araştırma alanlarının maksimum günlük su tüketim değerleri	59
Çizelge 4.5. Ön projelendirme faktörlerinde kullanılacak veriler (Alan no 1)	61
Çizelge 4.6. Kullanılacak başlığın teknik özellikleri (İşletme basıncı 2,0 bar) (Alan no 1)	62
Çizelge 4.7. A1 işletme birimi başlık sayısı ve debileri (Alan no1).....	63
Çizelge 4.8. A1 işletme birimi lateral boru seçimi (Alan no 1)	63
Çizelge 4.9. Yağmurlama sulama işletme birimleri ve lateral giriş basıncı (Alan no 1).....	64
Çizelge 4.10. Seçilen ana boru çapı ve yük kayıpları (Alan no 1)	65
Çizelge 4.11. Selenoid vana seçimi ve ana boru hattında istenen basınç (Alan no1)	65
Çizelge 4.12. Ana boru girişinde istenen basınç (Alan no1)	65
Çizelge 4.13. Lateral boru çapı seçimi ve giriş basıncı (Alan no 1).....	68
Çizelge 4.14. Damla sulama laterallerinde debi, boru çapı ve giriş basıncı (Alan no 1)	69
Çizelge 4.15. Damla sulama manifold boru çapı seçimi ve giriş basıncı (Alan no 1)	70
Çizelge 4.16. Damla sulama işletme birimleri debi, manifold çapı ve giriş basıncı (Alan no 1)	70
Çizelge 4.17. Ön projelendirme faktörlerinde kullanılacak veriler (Alan no 2)	74
Çizelge 4.18. Yağmurlama sulama için ön projelendirme faktörleri (Alan no 2)	75
Çizelge 4.19. Kullanılacak başlığın teknik özellikleri (İşletme basıncı 2,1 bar) (Alan no 2) ..	75
Çizelge 4.20. A1 İşletme birimi başlık sayısı ve debileri (Alan no 2)	75
Çizelge 4.21. A1 işletme birimi lateral boru seçimi (Alan no 2)	76
Çizelge 4.22. Yağmurlama sulama işletme birimleri ve lateral giriş basıncı (Alan no 2).....	76
Çizelge 4.23. Seçilen ana boru çapı ve yük kayıpları (Alan no 2)	77
Çizelge 4.24. Selenoid vana seçimi ve ana boru hattında istenen basınç (Alan no 2)	77

Çizelge 4.25. Ana boru girişinde istenen basınç (Alan no 2)	77
Çizelge 4.26. Damla sulama için ön projelendirme faktörleri (Alan no 2).....	79
Çizelge 4.27. Lateral boru çapı seçimi ve giriş basıncı (Alan no 2).....	79
Çizelge 4.28. Damla sulama laterallerindeki debi, boru çapı ve giriş basıncı (Alan no 2)	80
Çizelge 4.29. Damla sulama manifold boru çapı seçimi ve giriş basıncı (Alan no 2)	80
Çizelge 4.30. Damla sulama işletme birimleri debi, manifold çapı ve giriş basıncı (Alan no 2)	81
Çizelge 4.31. Ön projelendirme faktörlerinde kullanılacak veriler (Alan no 3)	85
Çizelge 4.32. Yağmurlama sulama için ön projelendirme faktörleri (Alan no 3)	85
Çizelge 4.33. Kullanılacak başlığın teknik özellikleri (İşletme basıncı 2,8 bar) (Alan no 3) ..	85
Çizelge 4.34. A1 İşletme birimi başlık sayısı ve debileri (Alan no 3)	86
Çizelge 4.35. A1 işletme birimi lateral boru çapı seçimi (Alan no 3).....	87
Çizelge 4.36. Yağmurlama işletme birimleri ve lateral giriş basıncı (Alan no 3).....	87
Çizelge 4.37. Seçilen ana boru çapı ve yük kayıpları (Alan no 3)	88
Çizelge 4.38. Selenoid vana seçimi ve ana boru hattında istenen basınç (Alan no 3)	88
Çizelge 4.39. Ana boru girişinde istenen basınç (Alan no3)	88
Çizelge 4.40. Damla sulama için ön projelendirme faktörleri (Alan no 3).....	89
Çizelge 4.41. Lateral boru çapı seçimi ve giriş basıncı (Alan no 3).....	90
Çizelge 4.42. Damla sulama laterallerindeki debi, boru çapı ve giriş basıncı (Alan no 3)	90
Çizelge 4.43. Damla sulama manifold boru çapı seçimi ve giriş basıncı (Alan no 3)	91
Çizelge 4.44. Damla sulama işletme birimleri debi, manifold çapı ve giriş basıncı (Alan no 3)	92
Çizelge 4.45. Ön projelendirme faktörlerinde kullanılacak veriler (Alan no 4)	95
Çizelge 4.46. Yağmurlama sulama için ön projelendirme faktörleri (Alan no 4)	95
Çizelge 4.47. Kullanılacak başlığın teknik özellikleri (İşletme basıncı 2,8 bar) (Alan no 4) ..	95
Çizelge 4.48. A1 İşletme birimi başlık sayısı ve debileri (Alan no 4)	96
Çizelge 4.49. A1 işletme birimi lateral boru çapı seçimi (Alan no 4)	96
Çizelge 4.50. Yağmurlama işletme birimleri ve lateral giriş basıncı (Alan no 4).....	97

Çizelge 4.51. Seçilen ana boru çapı seçimi ve yük kayıpları (Alan no 4).....	98
Çizelge 4.52. Selenoid vana seçimi ve ana boru hattında istenen basınç (Alan no 4)	98
Çizelge 4.53. Ana boru girişinde istenen basınç (Alan no 4).....	98
Çizelge 4.54. Damla sulama için ön projelendirme faktörleri (Alan no 4).....	100
Çizelge 4.55. Lateral boru çapı seçimi ve giriş basıncı (Alan no 4).....	100
Çizelge 4.56. Damla sulama laterallerinde debi, boru çapı ve giriş basıncı (Alan no 4)	100
Çizelge 4.57. Damla sulama manifold boru çapı seçimi ve giriş basıncı (Alan no 4)	101
Çizelge 4.58. Ön projelendirme faktörlerinde kullanılacak veriler (Alan no 5).....	105
Çizelge 4.59. Yağmurlama sulama için ön projelendirme faktörleri (Alan no 5)	105
Çizelge 4.60. Kullanılacak başlığın teknik özellikleri (İşletme basıncı 2,8 bar) (Alan no 5)	105
Çizelge 4.61. A1 İşletme birimi başlık sayısı ve debileri (Alan no 5)	106
Çizelge 4.62. A1 işletme birimi lateral boru çapı seçimi (Alan no 5).....	106
Çizelge 4.63. Yağmurlama işletme birimleri ve lateral giriş basıncı (Alan no 5).....	107
Çizelge 4.64. Seçilen ana boru çapı ve yük kayıpları (Alan no 5)	107
Çizelge 4.65. Selenoid vana seçimi ve ana boru hattında istenen basınç (Alan no 5)	108
Çizelge 4.66. Ana boru girişinde istenen basınç (Alan no 5).....	108
Çizelge 4.67. Ön projelendirme faktörlerinde kullanılacak veriler (Alan no 6).....	111
Çizelge 4.68. Yağmurlama sulama için ön projelendirme faktörleri (Alan no 6)	111
Çizelge 4.69. Kullanılacak başlığın teknik özellikleri (İşletme basıncı 2,8 bar) (Alan no 6)	111
Çizelge 4.70. A1 İşletme birimi başlık sayısı ve debileri (Alan no 6)	112
Çizelge 4.71. A1 işletme birimi lateral boru çapı seçimi (Alan no 6)	112
Çizelge 4.72. Yağmurlama işletme birimleri ve lateral giriş basıncı (Alan no 6).....	113
Çizelge 4.73. Seçilen ana boru çapı ve yük kayıpları (Alan no 6)	114
Çizelge 4.74. Selenoid vana seçimi ve ana boru hattında istenen basınç (Alan no 6)	114
Çizelge 4.75. Ana boru girişinde istenen basınç (Alan no 6).....	114
Çizelge 4.76. Ön projelendirme faktörlerinde kullanılacak veriler (Alan no 7).....	116
Çizelge 4.77. Yağmurlama sulama için ön projelendirme faktörleri (Alan no 7)	117

Çizelge 4.78. Kullanılacak başlığın teknik özellikleri (İşletme basıncı 2,1 bar) (Alan no 7)	117
Çizelge 4.79. A1 İşletme birimi başlık sayısı ve debileri (Alan no 7)	118
Çizelge 4.80. A1 işletme birimi lateral boru seçimi (Alan no 7)	118
Çizelge 4.81. Yağmurlama sulama işletme birimleri ve lateral giriş basıncı (Alan no 7)	118
Çizelge 4.82. Seçilen ana boru çapı ve yük kayıpları (Alan no 7)	119
Çizelge 4.83. Selenoid vana seçimi ve ana boru hattında istenen basınç (Alan no 7)	119
Çizelge 4.84. Ana boru girişinde istenen basınç (Alan no 7)	120
Çizelge 4.85. Ön projelendirme faktörlerinde kullanılacak veriler (Alan no 8)	123
Çizelge 4.86. Yağmurlama sulama için ön projelendirme faktörleri (Alan no 8)	123
Çizelge 4.87. Kullanılacak başlığın teknik özellikleri (İşletme basıncı 2,8 bar) (Alan no 8)	124
Çizelge 4.88. A4 İşletme birimi başlık sayısı ve debileri (Alan no 8)	124
Çizelge 4.89. A4 işletme birimi lateral boru seçimi (Alan no 8)	125
Çizelge 4.90. Yağmurlama işletme birimleri ve lateral giriş basıncı (Alan no 8)	125
Çizelge 4.91. Seçilen ana boru çapı ve yük kayıpları (Alan no 8)	126
Çizelge 4.92. Selenoid vana seçimi ve ana boru hattında istenen basınç (Alan no 8)	126
Çizelge 4.93. Ana boru girişinde istenen basınç (Alan no 8)	127
Çizelge 4.94. Damla sulama için ön projelendirme faktörleri (Alan no 2)	128
Çizelge 4.95. Lateral boru çapı seçimi ve giriş basıncı (Alan no 8)	128
Çizelge 4.96. Damla sulama laterallerindeki debi, boru çapı ve giriş basıncı (Alan no 8)	129
Çizelge 4.97. Damla sulama manifold boru çapı seçimi ve giriş basıncı (Alan no 8)	132
Çizelge 4.98. Damla sulama işletme birimleri debi, manifold çapı ve giriş basıncı (Alan no 8)	132
Çizelge 4.99. Ön projelendirme faktörlerinde kullanılacak veriler (Alan no 9)	135
Çizelge 4.100. Damla sulama için ön projelendirme faktörleri (Alan no 9)	135
Çizelge 4.101. Lateral boru çapı seçimi ve giriş basıncı (Alan no 9)	136
Çizelge 4.102. Damla sulama işletme birimlerinde debi, boru çapı ve giriş basıncı (Alan no 9)	136
Çizelge 4.103. Damla sulama manifold boru çapı seçimi ve giriş basıncı (Alan no 9)	137

Çizelge 4.104. Damla sulama işletme birimleri debi, manifold çapı ve giriş basıncı (Alan no 9).....	137
Çizelge 4.105. Seçilen ana boru çapı ve yük kayıpları (Alan no 9)	138
Çizelge 4.106. Selenoid vana seçimi ve ana boru hattında istenen basınç (Alan no 9)	138
Çizelge 4.107. Ana boru girişinde istenen basınç (Alan no 9).....	139
Çizelge 4.108. İncelenen sulama sistemlerinin yeterlilik durumu.....	144



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Rekreasyon alanlarında kullanılan pop-up rotor (a) ve sprej başlıklar (b).....	19
Şekil 2.2. Yağmurlama başlıklarında ıslatma alanı (a) ve örtme deseni ile ıslatılan toprak derinliği (b).....	19
Şekil 2.3. Yağmurlama başlıklarının tertip biçimleri	21
Şekil 2.4. Damla sulama sistemlerinde kullanılan damlatıcı çeşitleri, a ve b.....	23
Şekil 2.5. Bir damlatıcının ıslatma alanı ve nem dağılımı.....	26
Şekil 2.6. Damlatıcı aralığının bitki sıra aralığından küçük olduğu koşulda lateral tertibi	27
Şekil 2.7. Bitki sıra aralığı damlatıcı aralığından küçük olduğu koşulda lateral tertibi	27
Şekil 2.8. Sık ekilen veya dikilen bitkiler için lateral tertibi	27
Şekil 2.9. Sıra halinde dikilen ağaç ve ağaççıklarda tekil lateral tertibi.....	28
Şekil 2.10. Dikim aralığı geniş olan ağaç ve ağaççıklar için lateral tertibi	28
Şekil 2.11. Dikim aralığı düzensiz ağaçlarda çok çıkışlı damlatıcılı lateral tertibi	28
Şekil 2.12. Dikim aralığı düzensiz ağaçlarda salkım tertip biçimi.....	29
Şekil 3.1.Trakya haritası.....	30
Şekil 3.2. Edirne Merkez ilçesinde çalışılan alanlar.....	32
Şekil 3.3. Edirne Selimiye Cami ve çevresi	33
Şekil 3.4. TED Edirne Koleji yapı ve yeşil alanlarının kuşbakışı görünüşü	34
Şekil 3.5. Edirne Çocuk Trafik Eğitim Parkı yapı ve yeşil alanların kuşbakışı görünüşü	35
Şekil 3.6. T.C. Edirne Valiliği İl Tarım ve Orman Müdürlüğü yapı ve bahçesi karşıdan görünüşü	36
Şekil 3.7. Kırklareli il merkezinde çalışılan alanlar	37
Şekil 3.8. Halil İbrahim Aktaş Çocuk Hakları Parkı ve Çocuk Oyun Alanı içeriden görünüş, a ve b	37
Şekil 3.9. Şehit Uzman Çavuş Anıl Yalap Çocuk Parkı içeriden görünüş, a ve b	38
Şekil 3.10. Şehit Gökten Özüpek Çocuk Parkı içeriden görünüş, a ve b	39
Şekil 3.11. Çorlu ilçesinde çalışılan alanlar	40
Şekil 3.12. Çorlu Belediyesi Masal Parkı içeriden görünüş, a ve b	40

Şekil 3.13. Çorlu Belediyesi Nefes Park içeriden görünüş, a ve b	41
Şekil 3.14. Yöntem akış şeması.....	42
Şekil 3.15. Bozulmamış toprak örneği alma kabı ve çakma plakası	43
Şekil 3.16. Çift silindir infiltrometre (Alan no 6).....	44
Şekil 4.1. Alan no 1 su kaynağına inen kontrol odası ve kontrol üniteleri, a, b ve c	60
Şekil 4.2. Alan no 5 otomasyonda kullanılan kontrol ünitesi, a, b ve c	104
Şekil 4.3. Alan no 6 mevcut sulama sistemi kaynaklı karşılaşılan problemler a, b ve c	110
Şekil 4.4. Alan no 8 mevcut sulama sisteminde karşılaşılan sorunlar a, b ve c	123



SİMGELER DİZİNİ

bar	Basınç Birimi
‘	Dakika
°	Derece
"	İnç
pH	Potansiyel Hidrojen
°C	Santigrat Derece
%	Yüzde



KISALTMALAR DİZİNİ

atü	Atmosfer Basıncı
km ²	Kilometrekare
L/s	Litre Saniye
m	Metre
m ²	Metrekare
m ³	Metreküp
m ³ /h	Metreküp Saat
mm	Milimetre
m/s	Metre Saniye
mm/h	Milimetre Saat
cm	Santimetre

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın gerçekleştirilmesi sürecinde büyük destek sağlayan danışmanım Prof. Dr. A. Halim Orta'ya ve katkılarından dolayı saygı değer Prof. Dr. Yeşim Ahi, Doç. Dr. R. Duygu Çay ile Doç. Dr. Beste Karakaya Aytin'e teşekkür ederim. Her koşulda sevgisini ve sabrını esirgemeyen değerli annem Zehra Akkor ve ağabeyim A. Yekta Akkor'a, arazi çalışmalarında elinden gelen her türlü yardımı gösteren iş arkadaşım Bilgehan Demircioğlu'na ve yardımlarından dolayı Biyosistem Mühendisi Nurdan Yaren ve Ömer Burhan Arslan'a teşekkür etmek isterim.

Her şeyin ötesinde, eğitim yolculuğumun başarılı bir şekilde sürmesini sağlayan, azimli ve ahlaklı bir duruşun önemini öğreten, bilimsel merakımı pekiştiren ve bu merakımı takip edebilmem için gerekli şartları sağlayarak mümkün kılan Mustafa Kemal Atatürk'e minnettarlığımı sunarım.

Burçin AKKOR

Peyzaj Mimarı

1. GİRİŞ

Çevre planlaması ve peyzaj kavramları, insanlığın yerleşik hayata geçmesinden bu yana gelişip değişen alanlardır. Yerleşik alanlar, başlangıçta yaşamsal gereksinimleri karşılamaktan öteye gitmese de insanların çevreyi kullanım amaçlarına göre şekillendirmesi, doğada olumlu ya da olumsuz sonuçlara yol açmaktadır (Korkut, Şişman ve Özyavuz, 2010).

Sanayi ve teknolojinin ilerlemesiyle birlikte kırsal alanlarda yaşamını sürdüren nüfusun, sanayileşmenin olduğu alanlarda yoğunlaşması şehirleşmeye neden olmuştur. Bu durum, şehirlerde ekolojik dengeyi bozmuş ve şehir sakinlerinin iş dışındaki zamanlarını geçirebilecekleri yeni alanlara olan ihtiyacı artırmıştır. Bu ihtiyacı karşılamak amacıyla, şehirlerde yeşil alanların oluşturulması fikri ortaya çıkmış ve bu doğrultuda kentsel peyzaj kavramı geliştirilmiştir (Polat ve Önder, 2012).

Açık ve yeşil alanlar; yapılarla çevrelenmiş, şehirdeki tüm insanların yararlanmasına olanak tanıyan alanlardır. Bu alanlara, Fransızca kökenli 'recreation' (eğlence, istirahat) ve Latince kökenli 'recreate' (canlandırmak, taze hayat vermek) kelimelerinden türetilen 'rekreasyon' adı verilmiştir. Rekreasyon alanları, kentsel peyzaj kavramı altında değerlendirilir ve kent imajını şekillendiren alanlardır (Hepcan, Kaplan, Küçükerbaş ve Özkan, 2001).

Rekreasyon alanları, fonksiyonlarına göre çeşitli donatı ve materyallerden oluşmaktadır. Bu materyaller, canlı ve cansız olmak üzere ikiye ayrılır ve canlı materyal olarak bitkisel materyaller, dinamik ve değişken özelliklere sahip olduğundan en önemli bileşenlerdir (Eroğlu ve Acar, 2009). Bitkisel materyaller, rekreasyon alanlarının tasarımında kullanılırken genellikle tek yıllık ve çok yıllık olmak üzere iki grupta incelenmektedir. Tek yıllık bitkiler; bir yıl içinde vejetatif ve generatif gelişimlerini tamamlayan, genellikle otsu yapıda olan, peyzajda alan doldurucu ve tasarımda destek amaçlı kullanılan, mevsime göre yenilenen bitki türleridir. Çok yıllık bitkiler ise tüm bu gelişimlerini üç veya daha fazla sürede tamamlarlar. Peyzaj tasarımında iskelet görevi gören çok yıllık bitki grupları ağaç/ağaççık, çalı ve yer örtücü bitkileri içermektedir (Vardar, 1975).

Rekreasyon alanlarında kullanılan bitkisel materyaller, doğada bulundukları ilk formda değildir. Bu bitkiler, kültüre alınmış ve doğal formlarının üzerine, peyzaj alanlarında daha uygun olacak şekilde geliştirilmişlerdir. Bu geliştirmeler, daha uzun çiçeklenme süresi, farklı yaprak renkleri ve yapıları, kirli hava koşullarına dayanıklılık vb. özellikleri kapsamaktadır. Ülkemizde, peyzaj alanlarında yabancı kökenli bitkilerin kullanımı

oldukça yaygındır. Bu sebeple, rekreasyon alanlarında kullanılan bitkiler, doğadaki orijinal ortamlarında olduğu gibi bakımsız bir şekilde yaşamlarını sürdürememektedir (Söğüt, 2018).

Su, tüm canlılar için olduğu gibi bitkiler için de hayati önem taşıyan bir unsurdur. Günümüz koşullarında su kaynakları giderek azalmakta, plansız kentleşme ve sanayileşme ise iklim özelliklerini tamamen değiştirmektedir. Bu durum, bitkilerin yaşamsal faaliyetlerini sürdürebilmeleri için gerekli olan suyun, yağış gibi doğal yollarla karşılanamadığını göstermektedir. Bunun sonucunda, rekreasyon alanlarında sulama gerekliliğini ortaya çıkarmaktadır. Günümüzde, kısıtlı su kaynaklarının kullanımı giderek artmakta ve insan etkisiyle kirlenmektedir (Pamukçu, 2000). Devlet Planlama Teşkilatı'nın Dokuzuncu Kalkınma Planı'nda, dünya genelindeki su kıtlığının nedenleri olarak yenilenebilir kaynakların azlığı ve suyun kullanımındaki yanlışlar ve eksikler belirtilmiştir. Onuncu Kalkınma Planı'nda da bu soruna yeniden değinilmiş ve suyun etkin kullanımı konusunda yeni çözümler arayışının zorunlu olduğu vurgulanmıştır (Bayramoğlu, Demirel ve Özdemir, 2012).

Ülkemizde su kaynaklarının kullanımında en büyük pay tarım sektörüne aittir. Artan nüfusun gıda ihtiyacını karşılamak amacıyla birim alandan daha yüksek verim elde edebilmek için sulu tarımın önemi artmaktadır. Bu bağlamda, suyun etkin kullanılması amacıyla sulama teknolojileri geliştirilmekte ve yaygınlaştırılmaktadır. Sulama teknolojilerinin geliştirilip yaygınlaştırılması, Türkiye'de 1953 yılında kurulan ve 2018 yılında Tarım ve Orman Bakanlığı'na bağlanan Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü tarafından yürütülmektedir. Ancak, su kullanım haklarına ilişkin yasalardaki karmaşıklık ve farklı kurumların varlığı, koordinasyonun eksik kalmasına neden olmaktadır (Çakmak, Yıldırım ve Aküzüm, 2006).

Sulama kısaca, bitki gelişimi için gerekli olan ancak, doğal yollarla karşılanamayan suyun toprağa verilmesi olarak tanımlanabilir (Orta, 2017). Rekreasyon alanlarının artmasına bağlı olarak sulanan yeşil alan miktarı artmakta ve bu alanlar da su kullanan sektörlerin rekabetine katılmaktadır. Yeşil alanların elle sulanması 1980'li yıllarda oldukça yaygındır. Günümüzde bu durum azalmış olsa da konut gibi bireysel alanlarda hala sürdürülmektedir. Ancak bu tür sulama yöntemleri, homojen su dağılımı sağlamaktan oldukça uzaktır (Öztürk, 2006).

Bitki için gerekli olan suyun toprağa verilme şekli sulama yöntemi olarak adlandırılmaktadır. Sulama yönteminin gerektirdiği biçimde suyun kaynaktan alınması, alana taşınması ve dağıtılması sürecinde kullanılan unsurların bütünü ise sulama sistemini

oluşturmaktadır. Sulama yöntemleri genellikle yüzey sulama ve basınçlı sulama yöntemleri olarak iki ana grupta incelenmektedir. Rekreasyon alanlarında genellikle basınçlı sulama yöntemleri tercih edilmektedir. Bu yöntemler arasında yağmurlama, damla ve toprak altı damla sulama yöntemleri bulunmaktadır. Rekreasyon alanlarında bitki yoğunluğunu çim bitkisi oluşturduğundan daha çok yağmurlama sulama yöntemi tercih edilse de yağmurlama sulamanın yeterli olmadığı ya da kullanılamadığı durumlarda damla sulama yöntemi ile birlikte kullanılmaktadır (Orta, 2017). Büyük yatırım ve altyapı masraflarıyla oluşturulan rekreasyon alanlarında sulama, tamamlayıcı bir faktördür ve sürdürülebilir yeşil alanlar için sulama yönteminin belirlenmesi, projelendirilmesi, tesis edilmesi ve işletilmesi gerekmektedir (Yazar, 2013). Büyük rekreasyon alanlarının yanı sıra şehirlerimizde giderek daha önemli hale gelen ve bakımı bireysel olarak yapılan konut ve site bahçeleri, yeşil alanlar kategorisine dahil edilmekte ve dolayısıyla bu alanların da sulanması gerekmektedir. Otomatik sulama teknolojilerinin gelişimi, bu tür sistemlere halkın erişimini artırmış ve uzman olmayan kişiler tarafından kurulum ve tasarımı yaygınlaştırmıştır. Ancak sulama sistemlerinin tasarımı bitki, toprak, iklim vb. değişkenler dikkate alınarak sulama mühendisleri ve peyzaj mimarları tarafından gerçekleştirilmesi gereken bir işlemdir (İşbilir ve Erdem, 2012).

Bitkilerin optimum gelişimi için, bitki büyüme mevsimi boyunca toprakta yeterli miktarda nem bulunmalıdır (Yıldırım, 2013). Bitki kök bölgesinde gereğinden az veya fazla nem bulunması, topraktaki hava-nem dengesini etkilemektedir. Bu durum, kök gelişiminin yavaşlamasına, topraktaki mikroorganizma faaliyetinin azalmasına, hastalık ve zararlıların çoğalmasına ve sonuç olarak bitki gelişimi için olumsuz koşullar oluşmasına neden olmaktadır (Orta, 2017).

Yoğun emek ve para harcanarak oluşturulan rekreasyon alanlarından beklenen faydanın sağlanması ancak, etkin bir bakım ve sulama ile olasıdır. Ne var ki, bu alanlarda kurulan ve işletilen sulama sistemlerinin, mevcut koşulları yansıtacak şekilde tasarlanmadığı, bitki sağlığı yanında su ve enerjiyi etkin kullanmadığı gözlemlenmektedir.

Rekreasyon alanlarının sulanması, disiplinler arası koordinasyon gerektiren oldukça karmaşık bir konudur. Bu alanda yapılan çalışmaların yaygınlaşması, gelecekte insan varlığı ve konforu için büyük önem taşımaktadır.

1.1 Literatür Özeti

Su kaynaklarının etkin kullanımı ve yeşil alanların sulanması gibi konularda, birçok araştırma yapılmıştır. Bu çalışmalar, sulama teknolojilerinin gelişimi ve sürdürülebilir su kullanımı açısından önemlidir.

Bargar, Culbert ve Holzworth (2004) tarafından yürütülen çalışmada, 2001 yılında Indian River County'deki Orchid Island Golf and Beach Resort'ta sulama suyu kullanımının izin verilen miktarı aşması nedeniyle fazla su kullanımının potansiyel nedenleri incelenmiştir. Araştırma, tesisin ilk kurulduğu peyzaj koşullarına dayanan sulama programlaması ile birkaç yıl boyunca işletildiğini ortaya koymuştur. Çalışma kapsamında, sulama ekipmanlarının mevcut koşullara uygun olarak kalibre edilmesi, su iletimi ve dağıtım sorunlarının giderilmesi, yağmurlama başlıklarının temizlenmesi ve doğru bir şekilde ayarlanması, mevcut sensör ve kontrol cihazlarının kurulumu ve onarımı gibi öneriler sunulmuştur. Önerilen uygulamalar sulama sezonunun kritik olduğu dönemde hayata geçirilmiş, aylık raporlamalar sonucunda yıllık su tüketiminde %57'lik bir tasarruf sağlandığı gözlemlenmiştir. Mülk sahipleri ve peyzaj bakımından sorumlu kişilere yapılan sunumlar aracılığıyla, önerilen uygulamaların benimsenmesi ve su tüketim oranlarının düzenli olarak takip edilmesi gerekliliği vurgulanmıştır. Araştırmada, su kullanım miktarındaki artışı fark eden sulama teknisyenlerinin yönetimi bilgilendirdiği, ancak yetkililerin gerekli önlemleri alma konusunda yavaş kaldığı belirlenmiştir. Bu bağlamda, sulama uygulamalarının bireysel takibinde düzenli raporlamanın, kentsel peyzaj alanlarında su uygulamalarının işletilme şeklindeki değişiklikler için mülk sahiplerini motive etmede etkili bir araç olabileceği belirtilmiştir.

Pittenger, Shaw ve Richie (2004), tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada, hava durumunu algılayarak sulama programlaması yapabilen dört farklı cihazın performansı incelenmiştir. Araştırma, kontrolörlerin kullandığı iklim verileri, kurulum kolaylığı, işletme biçimi ve otomatik sulama rejimlerinin rekreasyon alanlarında sulama ihtiyaçlarına ne kadar uygun olduğunu değerlendirmeyi amaçlamıştır. Bu cihazlar, mevcut bir referans sulama sistemi sanal olarak kontrol edilerek bir yıl boyunca takip edilmiştir. Çalışmanın sonuçlarına göre, takip edilen kontrolörlerin mevsimsel değişikliklere bağlı olarak belirgin bir su tasarrufu sağladığı, ancak bu tasarrufun boyutlandırılmadığı gözlemlenmiştir. Ayrıca, kontrolörlerin belirlediği ve gerçek zamanlı ET_0 (referans bitki su tüketimi) değişikliklerinin orantılı olmadığı belirlenmiştir. Bu cihazların doğru bir sulama programı oluşturabilmesi için yağmur sensörü veya yerel yağış miktarını ölçebilen diğer araçlara ihtiyaç duyduğu ortaya çıkmıştır.

İnsan faktörünün sulama programlamalarında henüz devre dışı bırakılmadığı ve bu tür sistemlerin uzun vadede uzmanlar tarafından takip edilmesi gerektiği vurgulanmıştır. Özellikle sulama sistemlerinin doğru bir şekilde tasarlanması, uygulanması ve programlanması, bu tür cihazların beklenen sonuca ulaşmasında kritik öneme sahip olduğu sonucuna varılmıştır.

Demirel, Yıldırım ve Çamoğlu (2006), Çanakkale ilindeki peyzaj alanlarının incelenmesi üzerine bir çalışma yürütmüşlerdir. Bu kapsamda seçilen bir halk bahçesinin belirli bir bölümünde mevcut sulama sistemlerini yeniden projelendirerek mevcut durumu değerlendirmişlerdir. Yapılan inceleme sonucunda, etkin bir sulama yapılmadığı ve doğru bir uygulama ile %50 oranında su tasarrufu sağlanabileceği sonucuna varmışlardır.

Sarı (2007)'nin Konya kent merkezindeki peyzaj alanlarında kullanılan yeraltı kuyu sularının kalitesini incelediği araştırma kapsamında, 17 park ve yeşil alan incelenmiş, bu alanların 15'inde sulama suyunun tuzluluk seviyesinin yüksek olduğu ve dolayısıyla sulamaya uygun olmadığı belirlenmiştir. Yapılan toprak analizlerinde tuz birikimi gözlenmemiş, bunun sebebi olarak toprağın aşırı sulama nedeniyle yıkanması sonucu tuz birikiminin oluşmadığı tespit edilmiştir.

Sarıkoç (2007), Türkiye'nin farklı iklim bölgelerinde bitki su tüketim modellerini belirleme çalışmasına odaklanmıştır. Bu çalışmada, sulamanın temel ölçütünün iklim, toprak ve bitki unsurları olduğunu vurgulamıştır. Bölgenin iklim koşullarının ve arazinin topografyasının detaylı bir şekilde anlaşılmasının gerekliliğini belirterek, su kaynağı, toprak yapısı, bitki örtüsü, yer altı su seviyesi gibi faktörlerin analiz edilmesi gerektiğini ifade etmiştir. Ayrıca, sulanacak alan içinde ıslatılmaması gereken bölgelerin tespiti, donatı elemanları, yapılar ve yollar gibi unsurların belirlenmesinin, bitki su tüketimi verilerinin doğru şekilde belirlenmesinde büyük önem taşıdığını vurgulamıştır.

Manav (2009) rekreasyon alanlarının sulanmasına yönelik çalışmada, sulama teknolojileri, sulama yöntemleri ve bu alanların projelendirilmesi üzerine odaklanmıştır. Özellikle homojen yeşil alanların istenen ölçüde oluşturulmasının önemine vurgu yapmıştır. Ayrıca, bitkinin su tüketimi, sulama suyu miktarı, sulama süresi ve zamanlamasının doğru biçimde belirlenmesinin, sistemin başarısı açısından kaçınılmaz olduğunu ifade etmiştir.

Çakmak ve Gökalp (2011) suyun sınırlı bir kaynak olduğunu öne çıkarmış, sulama yapılan alanlarda damla sulamanın su tasarrufundaki rolünü incelemişlerdir. Etkin su

kullanımı için sulama yapan şirketlerin ve bireylerin bu konuda bilinçlendirilmesi ve sulama teknolojilerinin daha yaygın bir şekilde benimsenmesi gerektiğine vurgu yapmışlardır. Bu tür bir odaklanma, suyun daha verimli kullanımı için sulama yöntemlerinin önemini ve damla sulama gibi tekniklerin su tasarrufunda ne kadar etkili olduğunun anlaşılmasını sağlamaktadır.

Küçüksayan, Gülez ve Cengiz (2011) Ankara Yenimahalle Belediyesi'ne ait üç farklı bölgede yaptıkları çalışmada, minimum su kullanımı ile optimum sulama yapmayı amaçlamışlardır. Yaptıkları çalışma sonucunda, her peyzaj alanının kullanımı, tasarımı ve planlamasında sulama tekniğinin farklılık gösterdiğini belirlemişlerdir. Peyzaj alanlarındaki öğelerin ve coğrafi özelliklerin sulama sistemi seçiminde belirleyici faktörler olduğunu tespit etmişlerdir.

Glenn, Endter-Wada, Kjelgren ve Neale (2015)'ın yürüttükleri çalışma kapsamında, Amerika'nın Utah eyaletinde su koruma programlarının, tasarruf potansiyeli yüksek bölgelerde daha etkili bir şekilde yönlendirilebilmesi amacıyla su kullanımını değerlendirmenin yollarını araştırmışlardır. Çalışma kapsamında, peyzaj sulama oranı (Landscape Irrigation Ratio) ve kullanıcı sonuç değerlendirme ile sulama programı değerlendirme araçları gibi izleme ve değerlendirme yöntemlerinin geliştirilmesi hedeflenmiştir. Bu sayede, araçların kullanımından önceki ve sonraki durumlar karşılaştırılarak su uygulama etkinliğinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Araştırma sonuçları, katılımcıların su kullanımındaki değişikliklerin analizinde, peyzaj su kullanımını etkileyen faktörlerin incelendiğini, ancak asıl müdahalenin kendisinin analiz edilmesi gerektiğini göstermiştir. Araştırmada, su kontrol programlarında sağlanan bilgilerin (LIR analizi, kullanıcı sonuç değerlendirme ve sulama programı değerlendirme), kentsel yerleşim alanlarında kullanıcıların bilgi ve beceri düzeylerine göre özelleştirilmesinin su tasarrufunu teşvik etmede etkili bir yol olduğu tespit edilmiştir. Her su uygulama önerisinin göreceli etkinliğinin değerlendirilerek öncelikle hangi maddelerin ele alınacağı belirlenmesi için daha fazla araştırma yapılması gerektiği belirtilmiştir. İyi tasarlanmış, uygulanmış ve takip edilmiş sulama sistemlerinin, kullanıcılara uygun miktarda su uygulaması, sistem bakımı için gerekli bilgi ve problem çözme becerilerini sağlama potansiyeline sahip olduğu sonucuna varılmıştır.

Dikbaş (2018), Konya yöresinde yağmurlama sulama yöntemi kullanılan üç farklı peyzaj alanında yaptığı çalışmada, mevcut sulama sistemlerini inceleyerek alanın koşullarını değerlendirmiştir. Bu değerlendirme sonucunda, mevcut sulama sistemlerinin projelendirme

kriterlerine uygun boyutlandırılmadığını, gerekli kontrol birimlerine sahip olmadığını ve fazla su tüketimi gerçekleştirdiğini ortaya koymuştur. Ayrıca, mevcut sistemin maliyet açısından daha yüksek olduğunu ve etkin bir yönetim yapılmadığını belirlemiştir. Bu durumun uygulayıcının yeterli bilgiye sahip olmamasından kaynaklandığı sonucuna varmıştır.

Cabrera, Altland ve Niu (2018), yaptıkları çalışmada azalan temiz su kaynaklarının korunması amacıyla atık suların sulama amacıyla kullanılmasının bitki ve toprak üzerindeki etkilerini incelemiştir. Araştırmada, peyzaj uygulamalarında tercih edilen bitki türlerinin, bölgenin iklim ve toprak özelliklerine uygun olması gerektiğine vurgu yapılarak ek sulama ihtiyacının minimumda tutulması gerektiği belirtilmiştir. Sulama gerektiren durumlar için ise arıtılmış atık su, toplanan yağmur suları ve evsel kullanımdan dönüştürülmüş gri sulardan elde edilen alternatif su kaynaklarının araştırılması önerilmiştir. Araştırmadan elde edilen sonuçlara göre, bu tür alternatif suların etkili bir şekilde kullanılabilmesi için kimyasal özelliklerinin ve zaman içinde bitki ve toprak üzerinde olası etkilerinin bilinmesi gerektiği vurgulanmıştır. Ayrıca, bu su kaynaklarının uygulandığı alanlara komşu çevre ekosistemleri üzerinde olası etkilerin değerlendirilmesi, insan sağlığına ve bitki-toprak sistemine olası olumsuz etkilerin önlenmesi adına önemli bir husus olarak öne çıkmıştır.

Çelik (2020), İstanbul gibi nüfusu yoğun bölgelerde yaşanan su sıkıntısının tarihçesine değinmiş ve buna karşın kamusal yeşil alanlarda su tüketimi yüksek olan çim bitkisinin sıkça kullanıldığına dikkat çekmiştir. Yeşil alanlardaki bitki seçiminin su kaynaklarının korunması açısından önemli olduğunu vurgulayarak, az su tüketen bitkilerin tercih edilmesinin ve bu seçimin yaygınlaştırılmasının gerekliliğini ifade etmiştir.

Gu, Qi, Burghate ve Jiao (2020)'nın yürüttüğü çalışmada, sulama zamanı programlaması için kullanılan dört farklı yöntemi (bitki su tüketimi (ET_o), toprak nemi takibi, bitki izleme, regresyon modelleri) incelemişlerdir. Her bir yöntemin kendi içinde etkili veya etkisiz olduğu konuları vurgulayarak, yeni yaklaşımlar için araştırmaların artması gerektiğini belirtmişlerdir. Ayrıca, topraktaki nem miktarının incelenerek sulama yönetiminin iyileştirilmesi için gelecekteki teknolojilerin entegrasyonunun önemli olduğunu vurgulamışlardır.

Karaman (2020), kamusal alanlarda sürdürülebilir yeşil alanlar için sulama sistemlerinin kurulum, işletme ve bakım süreçlerini değerlendirerek, kurulan sistemlerin su tüketimi üzerindeki etkilerini incelemiştir. Peyzaj tasarımı ile sulama sistemi arasındaki

ilişkiye odaklanarak, su tasarrufu için ekonomik çözümlerin ve olası sorunların tasarım aşamasında engellenmesinin önemini vurgulamıştır. Bu bağlamda, kullanılabilir su miktarının, sulama zamanı ve süresini belirleyen faktörlerin önceden bilinmesinin su tüketimini önemli ölçüde azalttığını gözlemlemiştir. Ayrıca, her alanın özgün özelliklerine uygun sulama sistemlerinin planlanması, uygun sistem unsurları ve malzemelerin seçilmesi gerekliliği üzerinde durmuş ve insan müdahalesinin minimize edilmesi ile mevsimsel değişikliklere uyumlu sulama sistemlerinin su tüketiminde azalmaya yardımcı olduğunu belirtmiştir.

Öztürk ve Şentürk (2020), kentsel doku içerisinde yer alan yeşil alanlarda sürdürülebilirlik açısından sulamanın önemine dair yaptıkları çalışmada sulama sistemlerinin kurulumunda malzeme seçiminin kritik önemine değinmişlerdir. Hatalı veya sistem gereksinimlerini tam olarak karşılamayan malzemelerin kullanımının, ekonomik kayıplara ve gelecekte ek masraflara yol açabileceğini vurgulamışlardır. Bu sorunların önüne geçebilmek için işletme sahiplerinin bilgilendirilmesi gerektiğini ve projelendirme ile uygulama aşamasında uzmanlardan destek alınmasının önemine dikkat çekmişlerdir.

Aydın, Yeler ve Elipek (2022), tarafından Edirne ilinde yapılan çalışmada, mevsimlik peyzaj bitkilerine uygulanan sulama suyu kalitesi incelenmiştir. Üç farklı kaynaktan alınan sulama suyu örnekleri, fizikokimyasal ölçümlerle değerlendirilmiştir. Sulama sularının kullanıldığı bölgeleri temsil eden toprak örnekleri de incelenerek bitki sağlığı üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Çalışmanın sonuçlarına göre, sulama suyu örnekleri genel olarak Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği'ne uygun pH değerlerine ve tatlı su karakteriyle uyumlu iletkenlik değerlerine sahip bulunmuştur. Bu sular, T2 (orta tuzlu sular) kategorisine girmektedir. Sonuçlar, incelenen bölgede mevcut su kalitesinin bitki sağlığı üzerinde olumsuz bir etkiye sahip olmadığını göstermiştir. Ancak, uzun vadede bitki-toprak sağlığı ve verimliliği açısından benzer çalışmaların sürdürülmesinin gerekliliği vurgulanmıştır. Sulanacak bitki türlerinin ihtiyaçları ve hassasiyetlerinin bilinmesinin önemine de dikkat çekilmiştir.

1.2 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Rekreasyon alanlarının sulanmasında görülen uygulama ve işletme sorunları oldukça yaygındır. Bu nedenle, bu alanda daha fazla araştırma yapılması ve karşılaşılan sorunlara çözüm bulunması büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmada, suyun daha etkin kullanılması için

yapılması gerekenlerin tespiti böylece gelecek nesillere sürdürülebilir bir çevre bırakılması hedeflenmektedir. Sonuçların, su kaynaklarının korunması ve yeşil alanların sürdürülebilirliği için farkındalık yaratması yanında konuyla ilgili bilim insanlarına, sistem bileşenlerini üreten firmalara, sulama ve peyzaj mimarlığı alanında eğitim gören öğrencilere katkı sağlaması beklenmektedir.

Çalışma kapsamında, Trakya yöresinde seçilen dokuz farklı rekreasyon alanındaki mevcut sulama sistemleri, proje, aplikasyon ve işletme açısından incelenmiş ve bu alanlara ilişkin toprak, topografya, su kaynağı, iklim ve bitki özellikleri göz önüne alınarak uygun sulama sistemleri yeniden tasarlanmıştır. Mevcut uygulamalar ile önerilen projeler karşılaştırılarak eksiklikler belirlenmiş ve bu eksikliklerin giderilmesi veya yeni projelerde tekrarlanmaması için öneriler sunulmuştur.

2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1 Bitki-Toprak-Su İlişkisi

Bitkiler yaşamlarını ışık, ısı, hava, besin ve su gibi faktörlerin varlığına bağlı olarak sürdürmektedir. Bu faktörlerden birindeki eksiklik bitki gelişiminde aksaklıklara neden olmaktadır. Ekolojik dengenin bir parçası olan su, canlılığın vazgeçilemez bir unsurudur. Bitki gelişimi için ideal koşulların sağlanması, toprakta bulunan hava ve nem dengesine bağlıdır. Bu nedenle, bitki, su ve toprak arasındaki ilişkilerin anlaşılması ve doğru bir şekilde yorumlanması önemlidir. Bu doğru anlayışla, bitkilerin sağlıklı büyümesi ve gelişimi için gerekli olan uygun şartlar sağlanabilmektedir (Yıldırım, 2013).

Toprak, yeryüzünü oluşturan organik ve organik olmayan maddelerin fiziksel, kimyasal ve biyolojik etkilerle parçalanarak oluşturduğu, geniş bir canlı çeşitliliğine ev sahipliği yapan, belli oranda hava ve su içeren bir ortamdır (Akalan, 1983). Toprağı oluşturan bileşenler; mineral, organik madde, hava ve sudur. Toprak, bitkiler için yaşamsal faaliyetlerin sürdürüldüğü bir ortamdır. Toprağın bu işlevini sürdürebilmesi, toprak bünyesine ve yapısına, toprağın kimyasal ve topografik özelliklerine bağlıdır (Erpul, 2014).

Toprak tanelerinin büyüklük dağılımı, toprak bünyesi kavramıyla ifade edilmektedir. Kabaca toprak bünye sınıfları, hafif (kumlu), orta (siltli), ağır (killi) olarak üç ana gruba ayrılmaktadır. Toprak bünyesi belirlenirken tekstür üçgeninden yararlanılmaktadır. Toprak yapısı, toprağı oluşturan tanelerin bir araya gelme veya dizilme şeklidir. Toprak taneleri genellikle kümelenmiş veya agregalı olmak üzere iki kategori altında değerlendirilmektedir. Sulama açısından bakıldığında, toprak yapısının kümelenmiş olması, toprağın geçirgenliğini etkilemektedir. Dolayısıyla, agregalı toprak yapısı bitki kök gelişimi için daha uygun olmaktadır (Erpul, 2014).

Sulama planlamalarında, uygulanacak su miktarının belirlenmesi birçok değişkene bağlıdır. Bu değişkenlerden biri toprağın ıslatılacağı derinliğin bilinmesidir. Bitkiler topraktaki suyu kökleri aracılığıyla aldığından, bu derinlik bitki köklerinin yayıldığı alanla bağlantılıdır. Bitkilerin ihtiyaç duydukları suyun ve besin maddelerinin %80'ini aldıkları derinlik olan etkili kök derinliği ve toprakta yüzeyden, geçirimsiz tabaka ya da taban suyuna kadar olan derinlik (ekili toprak derinliği) sulama uygulamalarında suyun uygulanacağı derinliğin belirlenmesinde etkili olmaktadır. Bitkiler su ihtiyaçlarını, genellikle kök bölgelerinin üst katmanlarından karşılamaktadır. Sulama uygulamalarında, etkili kök derinliği

dikkate alındığında hem bitki gelişimi için gerekli suyun karşılanması hem de suyun etkin kullanımı sağlanmaktadır. Ancak, ekili toprak derinliğinin etkili kök derinliğinden az olduğu durumlarda sulama uygulanacak derinlik olarak etkili toprak derinliği dikkate alınmaktadır (Orta, 2017).

Sulamanın temel amacı, bitkinin ihtiyaç duyduğu suyu, gereksinim duyduğu zamanda sağlamaktır. Bu nedenle, etkili kök derinliğindeki toprak nemi kontrol altında tutulmalıdır. Sulama planlamasında ne kadar suyun uygulanacağı kadar, suyun ne zaman uygulanacağı konusu da önemlidir. Topraktaki nem azaldıkça, toprak tanelerinin suyu tutma kapasitesi artmaktadır. Dolayısıyla bitkilerin kökleriyle ihtiyaç duydukları suya ulaşmaları zorlaşmaktadır. Toprakta hangi durumda ne kadar su bulunduğunun belirlenmesinde toprak nemi sabitelerine başvurulmaktadır. Bunlar; doyma noktası, tarla kapasitesi, solma noktası ve fırın kuru olarak ifade edilmektedir (Orta, 2017).

Doyma noktasında, toprak tanelerinin nemi tutmak için uyguladıkları kuvvet 0 atm olarak kabul edilmektedir. Teoride doyma noktasında, toprak taneleri arasındaki gözeneklerin tümünün su ile dolu olduğu ifade edilse de arazi koşullarında gözenek hacminin en çok %85-90'ı su ile doldurulabilmektedir. Tarla kapasitesi, serbest drenaj koşullarında toprak tanelerinin yerçekimi kuvvetine karşı tuttuğu nem miktarıdır. Tarla kapasitesi koşullarında, toprak tanelerinin suyu tutmak için uyguladıkları kuvvet toprak yapısı, bünye sınıfı ve gözenek hacmine göre değişmektedir. Uygulamada bu kuvvet ortalama 1/3 atm olarak kabul edilmektedir. Solma noktası, toprak tanelerinin topraktaki nemi tutmak için uyguladıkları kuvvetin, bitkilerin suyu almak için kökleriyle uyguladıkları kuvvetten büyük olduğu koşullarda bulunan nem miktarıdır. Solma noktasında bitkiler topraktaki nemi bünyelerine alamamakta ve gerekli su verilse bile geri dönüşsüz olarak zarar görmektedir. Bu koşullarda toprak tanelerinin nemi tutmak için uyguladıkları kuvvet ortalama 15 atm olarak kabul edilmektedir. Fırın kuru, toprak örneğinin 105 °C'de 24 saat kurutulmasıyla elde edilen toprak nemi sabitesidir. Arazi koşullarında fırın kuru şartları mümkün değildir ve sulama planlamasında uygulanacak sulama suyu miktarı belirlenirken toprağın hacim ağırlığı değerini elde etmek için kullanılmaktadır (Orta, 2017).

Toprak nem sınıfları, toprak nemi sabiteleri kullanılarak belirlenmektedir. Serbest drenaj koşullarında, su yerçekimi etkisiyle tarla kapasitesi ile doyma noktası arasındaki su, sızarak daha alt katmanlara hareket etmektedir. Sızan su, bitkiler tarafından kullanılamamaktadır ve bu yarayışsız su olarak ifade edilmektedir. Bitkilerin faydalanabildiği

su miktarı, tarla kapasitesi ile solma noktası arasında kalan alanda bulunur ve bu alandaki su, kullanılabilir su tutma kapasitesini oluşturmaktadır. Kullanılabilir su tutma kapasitesi, sulama planlamasında sulamaya başlanacak zamanın belirlenmesinde önemli bir parametredir. Rekreasyon alanlarında, bitkilerin görsel tatmini önceliklidir, bu sebeple bitkilerin su stresi yaşamadan sulanmaya başlanması gerekmektedir. Bu alanlarda, kullanılabilir su tutma kapasitesinin %30 ila %40'ının tüketildiği durumda sulamaya başlanması önerilmektedir (Orta, 2017).

Toprakta suyun hareketi ile ilgili bir başka önemli faktör, toprağın suyu emme hızı olan infiltrasyon hızıdır. Bu, toprağın yüzeyinden giren suyun belli bir süre içinde dikey olarak aldığı mesafedir. İnfiltrasyon hızı, sulama yöntemlerinin seçiminde etkili bir parametredir. Yağmurlama sulama yönteminde başlık debisi ve tertip aralığı, damla sulama yönteminde damlatıcı debisi ve aralığı, infiltrasyon hızına bağlı olarak belirlenmektedir. Toprak yapısı, bünyesi, topraktaki organik madde, su miktarı ve yüksekliği toprağın işlenme durumu, bitki örtüsü, toprak tuzlarının özelliği ve miktarı gibi faktörlere bağlı olarak infiltrasyon hızı değişmektedir (Orta, 2017).

Sulama suyunun kalitesi, sulama sisteminin performansı, bitki sağlığı ve sistem bileşenlerinin uzun ömürlü olması açısından önemlidir. Suyun içeriğinde bulunan klor, nitrojen, ağır metaller, çözülmüş ve askıda katı maddeler, pH değeri; sulama sistemi elemanlarının belirlenmesi, bitki ve toprak üzerinde oluşabilecek etkilerin önceden tahmin edilmesi için bilinmelidir. Rekreasyon alanlarında kullanılan sulama suyunun kalitesi, su içindeki eriyik tuzların toplam yoğunluğu (elektriksel iletkenlik, EC) ve sodyum adsorbsiyon oranı (SAR) olarak adlandırılan, sodyum iyonlarının toprakta değişken aktivitesi ile belirlenir. Her iki parametre için dört kalite sınıfı bulunmaktadır. Bu sınıflandırmada sulama suyunun kalitesi, Birleşik Amerika Tuzluluk Laboratuvarı tarafından oluşturulan bir grafikten yararlanılarak belirlenmektedir (Orta, 2017).

Sulama sürecinde kullanılan sular genellikle birinci veya ikinci sınıf su kalitesine sahip olmalıdır. Daha yüksek tuzluluk ya da sodyum miktarına sahip sular, özel uygulamalar ve belirli koşullar altında sulama suyu olarak kullanılabilir. Rekreasyon alanlarında sulama suyu olarak, istenilen kalite sınıflarına uygun olduğu sürece her türlü yer üstü veya yer altı suyundan yararlanılabilmektedir. Ancak, su kaynakları giderek azalan şehirlerde, rekreasyon alanlarının sulanmasında alternatif su kaynakları arayışı gündeme gelmektedir. Bu kapsamda, atık suların sulamada kullanılması fikri düşünülmüş ve bazı yerlerde uygulanmaya

başlanmıştır. Rekreatyon alanlarında, özellikle çim bitkisi, bu tür atık suların içinde bulunan azot, fosfor, potasyum ve bor elementlerini tolere edebilmektedir. Atık suların sulamada kullanılmasında, suyun pH, klor, askıda ve çözünmüş katı madde, ağır metaller (mangan, krom vb.) ve dışkısal atıklar içeriği düzenli olarak takip edilmelidir. Bu tür maddelerin etkilerini ortadan kaldırabilmek için filtreleme, kimyasal temizlik ve havalandırma koşulları oldukça önemlidir ve sulama uygulamalarında kokunun çevreye vereceği etkinin planlanması gerekmektedir (Orta, 2017).

2.2 Bitki Su Tüketimi

Yeryüzündeki sıvı haldeki suyun atmosfere buharlaşarak hareket etmesi, evaporasyon olarak adlandırılmaktadır. Bu buharlaşma süreci, toprak, barajlar, göller, denizler ve diğer açık yüzeyli su kaynakları gibi birçok alanda gerçekleşmektedir. Buharlaşma, güneş ışınları, hava sıcaklığı, atmosferdeki nem seviyesi ve rüzgâr hızı gibi iklimsel faktörlere bağlıdır. Buharlaşma miktarı, toprak yüzeyinin gölgelenmesi ve toprak derinliğindeki su seviyesi gibi faktörlere göre değişiklik gösterebilmektedir (Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü [TAGEM], 2017).

Bitkiler, topraktan aldıkları suyun bir kısmını dokularında kullandıktan sonra terleme yoluyla atmosfere geri vermektedir. Bu süreç transpirasyon olarak adlandırılmaktadır. Evaporasyonda olduğu gibi, terleme ve terleme miktarı da iklimsel verilere dayanmaktadır. Ayrıca bitkinin fizyolojisi, toprak özellikleri, bakım uygulamaları ve çevresel etkiler de transpirasyon miktarını etkilemektedir. Bitki örtüsünün bulunduğu açık alanlarda evaporasyon ve transpirasyon birlikte gerçekleşmektedir. Su kaybı hesaplamalarında ikisinin ayrıştırılmasının oldukça zor olduğundan bu süreç “evapotranspirasyon” (ET) olarak adlandırılır ve belirli bir zaman dilimi için milimetre cinsinden ifade edilmektedir (Allen, Pereira, Raes ve Smith, 1998).

Evapotranspirasyonu açıklayan birçok kavram mevcuttur. Ancak, rekreatyon alanlarında, standart koşullarda bir bitkinin herhangi bir hastalık ve zararlı etkisinin bulunmadığı, bitki besin maddeleri bakımından eksiklik çekmediği ve su stresinin olmadığı varsayılan koşullardaki su tüketimi (ET_c) dikkate alınmaktadır. Evapotranspirasyonun doğru tahmin edilmesi için en etkili yöntem doğrudan ölçümlerdir, ancak bu yöntem zaman alıcı ve pahalı olmaktadır. Bu nedenle günümüzde, bu ölçümlerden elde edilen veriler, bitki su tüketim tahmin eşitliklerinin yerel koşullara uygun hale getirilmesi ve bitki katsayısı (k_c)

değerlerinin belirlenmesi için kullanılmaktadır. Bitki su tüketimi tahmini amacıyla geliştirilmiş çok sayıda eşitlik mevcuttur. Bu eşitliklerden günümüzde en yaygın kullanılan FAO-Penman Monteith yaklaşımıdır. Bu yaklaşım sonucu elde edilen değer, bir bitkinin ele alınan dönemde standart koşullardaki su tüketimidir ve referans bitki su tüketimi (ET_0), olarak adlandırılmaktadır. Sulama uygulamalarında referans bitki su tüketimi değeri bitki katsayısı ile düzeltilerek standart koşullardaki bitki su tüketimi (ET_c) elde edilmektedir. Bitki kay sayısı (k_c), standart koşuldaki bitki su tüketiminin, referans bitki su tüketimine oranı olarak açıklanmaktadır (TAGEM, 2017). Bitki su tüketimi, sulama suyu ihtiyacının belirlenmesi, sistem unsurlarının boyutlandırılması ve planlanması için en önemli parametredir (Dikbaş, 2018).

2.3 Rekreasyon Alanlarında Kullanılan Sulama Yöntemleri

Sulama, bitkilerin yaşamsal faaliyetlerini sürdürebilmeleri için gerekli olan, ancak doğal yollarla yeterince karşılanamayan suyun bitki kök bölgesine verilmesi işlemidir (Yıldırım, 2013). Bitkilerin ihtiyaç duyduğu suyun toprağa ulaştırılma şekli sulama yöntemini tanımlamaktadır. Sulama sistemi ise, belirli bir sulama yönteminin gerektirdiği bileşenlerin, suyun kaynaktan alınarak alana taşınması ve burada dağıtılmasını sağlayan yapıları içermektedir (Orta, 2017).

Rekreasyon alanlarında, yağmurlama ve damla sulama gibi basınçlı sulama yöntemleri sıkça tercih edilmektedir. Su kaynaklarının değeri ve etkin kullanımının önem kazanmasıyla birlikte, son zamanlarda toprak altı damla sulama yöntemi de rekreasyon alanlarında suyun verimli kullanımı için benimsenmiştir. Bu sayede, bitkilerin ihtiyacı olan suyun daha hassas ve optimize edilmiş bir şekilde sağlanması amaçlanmaktadır.

2.3.1 Yağmurlama Sulama Yöntemi

Rekreasyon alanlarında çoğunlukla sulanacak bitki geniş çim alanlardır ve sulama süreci bu alanlardaki bitkilerin sağlıklı büyümesi ve bakımı için kritik öneme sahiptir. Bu alanların sulanmasında yaygın olarak yağmurlama sulama yöntemi kullanılmaktadır. Bu yöntem, suyun toprağa ulaştırılması için belli unsurları içeren bir sistem gerektirir. Bu sistem, su kaynağından alınan suyun yeraltı boruları aracılığıyla alana taşınmasını, burada basınç altında yağmurlama başlıklarından püskürtülerek bitkilerin sulanmasını sağlamaktadır (Orta, 2017).

Yağmurlama sulama sistemleri, su kaynağı, pompa birimi, kontrol birimi, kontrol ünitesi, ana boru ve lateral boru hatları, vanalar, basınç düzenleyici ve yağmurlama başlıkları gibi birçok unsuru içerir. Bu unsurlar, suyun doğru miktarda ve basınçta dağıtılmasını, bitkilerin kök bölgelerine ulaştırılmasını ve sulama sürecinin etkin bir şekilde yönetilmesini sağlamaktadır (Orta, 2017).

Yağmurlama sulama yönteminde, suyun gömülü borular aracılığıyla taşınması hem yeraltı hem de yerüstü su kaynaklarının etkin kullanımını sağlamaktadır. Yağmurlama sulama yöntemi, farklı toprak tipleri ve tesviyesi zor bölgelerde erozyona yol açmadan sulama yapılmasını mümkün kılmakta ve bitkinin ihtiyacından fazla su verilmemesi, derine sızma ve su kaybının önlenmesine katkıda bulunarak drenaj problemlerini engellemektedir (Öztürk, 2006). Yağmurlama sulama yöntemi, bazı dezavantajlar da içermektedir. Öncelikle, sistem unsurları nedeniyle ilk yatırım maliyetleri ve sistemi çalıştırmak için gereken enerji masrafları yüksektir. İklimsel faktörler, özellikle rüzgâr hızı gibi etkenler, sulama homojenliğini olumsuz etkilemektedir. Ayrıca, bitkinin yaprakları ve gövdesi gibi toprak üstü yapıların ıslanması, hassas bitki türlerinde hastalık ve zararlıların gelişimine zemin hazırlamaktadır. Yüksek tuz yoğunluğuna sahip veya klor içeren sular, bitkilerin gelişimini olumsuz etkilemektedir. Bu nedenle, yağmurlama sulama yöntemi kullanılırken sulama suyunun kalitesine dikkat edilmesi gerekmektedir (Küçüksayan, 2010).

2.3.2 Damla Sulama Yöntemi

Damla sulama yönteminde, sulama suyu kaynaktan alınarak gömülü borular aracılığıyla sulanacak alana taşınarak buradan manifold borulara ve daha sonra toprak yüzeyinde yer alan lateral borulara ulaştırılmaktadır. Lateral borularda bulunan damlaticılar, sulama suyunu bitki kök bölgesine damlalar halinde ileterek sulama işlemini gerçekleştirmektedir (Orta, 2017). Damla sulama yöntemi genellikle, su kaynağı, ana ve manifold boru hatları, damlaticılar ve kontrol birimi gibi sistem unsurlarını içermektedir. Bu unsurlar, sulama suyunun toprak altında belirli bir düzen ve düzeyde bitkilerin kök bölgelerine ulaşmasını sağlamaktadır (Manav, 2009).

Damla sulama yöntemi, çim alanlar gibi geniş yüzeyli bitkilerin sulanmasında tercih edilmemektedir. Ancak, ağaçlar, çalılar ve benzeri daha odaklanmış sulama gerektiren bitkiler için damla sulama yöntemi, yağmurlama sistemiyle kombine edilerek kullanılabilir (Küçüksayan, 2010).

Damla sulama yöntemi, suyun damlaticılar aracılığıyla sadece bitkinin kök bölgesine verilerek yüksek bir sulama randımanı sağlamaktadır. Bu yöntemle, bitkinin toprak üstü kısımları ıslatılmadığından, hastalık ve zararlıların oluşumu kontrol altına alınmakta, yabancı ot gelişimi engellenmekte ve bitkinin gelişimi için uygun bir ortam oluşturulmaktadır. Ayrıca, gübre uygulamaları su ile birlikte doğru doz ve sabit miktarlarda yapılabilmektedir. Alanın kullanımı sulama sırasında kısıtlanmamaktadır. Sınırlı su kaynaklarının bulunduğu alanlarda, ince tekstürlü topraklarda, eğimli arazilerde ve yüksek taban suyuna sahip arazilerde sulama imkanı sağlayan damla sulama yöntemi, yağmurlama yönteminin etkilendiği rüzgâr hızı gibi iklimsel faktörlerden etkilenmemektedir (Küçüksayan, 2010).

Damla sulama yönteminin başlıca dezavantajı, suyun damlaticılar aracılığıyla toprağa verilirken damlaticıların tıkanmasıdır. Bu durum, kullanılan suyun kalitesiyle doğrudan ilişkilidir ve tıkanmış damlaticıların tespiti ve onarımı ek maliyet ve iş gücü gerektirmektedir. Bu nedenle, damla sulama sistemlerinde filtreleme sistemi iyi planlanmalıdır. Ayrıca, damla sulama yönteminin temel prensibi olan sık ve hafif sulamalar, bazı bitkilerin kök gelişimini sınırlayabilir ve şiddetli rüzgârlar nedeniyle ağaçların devrilmesine yol açabilmektedir. Lateral boruların toprak yüzeyine serilmesi, insan ve hayvan kaynaklı hasar riskini artırmaktadır (Aras, 2006).

2.3.3 Toprak Altı Damla Sulama Yöntemi

Sulama teknolojisindeki son gelişmelerle birlikte, rekreasyon alanlarında toprak üstü damla sulama yönteminin yanı sıra toprak altı damla sulama yöntemi de kullanılmaya başlanmıştır. Toprak altı damla sulama yöntemi, damlaticıların yer aldığı lateral boruların, ana ve manifold boru hatları gibi gömülü olarak planlandığı bir sistemdir. Toprak altı damla sulama, toprak üstü damla sulama ile benzer sistem unsurlarına sahiptir, ancak toprak altı damla sulama için özel olarak tasarlanmış lateral borular ve damlaticılar kullanılarak sulamanın toprak altında gerçekleştirilmesine olanak tanınmaktadır (Orhangazi, 2017).

Toprak altı damla sulama yöntemi, suyun direkt olarak bitki köklerine uygulanmasıyla topraktan buharlaşma kayıplarını önlemektedir. Bu yöntem, süs bitkilerindeki kök boğazı hassasiyeti olan bitkilerin sulanmasında idealdir bir yöntemdir. Ayrıca, belirli bir düzeyde düşük kaliteli sulama suları bu yöntemle sulamada değerlendirilebilmektedir. Lateral boruların gömülü olması, sokak hayvanları veya kullanıcılar tarafından tahribat riskini azaltmaktadır. Ancak, toprak altı damla sulama yönteminin bazı dezavantajları

bulunmaktadır. Özellikle rekreasyon alanlarında, sistemdeki arızaların tespiti ve onarımı oldukça zor olabilir. Gömülü sistem unsurları nedeniyle, sulama sistemindeki olası sorunlar ve aksaklıkların belirlenmesi gecikebilir. Bunlar, toprak altı damlatıcıların tıkanması, bitki kökleri veya kemirgenlerin lateral borulara zarar vermesi gibi durumları içermektedir. Ayrıca, ilk yatırım maliyeti diğer sistemlere göre daha yüksek olduğundan, sistem düzenlemesi, bakımı ve onarımları sırasında uzman kişilerden destek almak önemlidir (Orhangazi, 2017).

2.4 Sulama Yöntemi Seçimi ve Kaynak Araştırması

Sulama projesi oluşturulacak alanda, en uygun sulama yönteminin seçimi, sulamadan beklenen faydaya ulaşabilme noktasında kritik bir adımdır. Seçilen yöntemle göre sistemin planlanması, bileşenlerin boyutlandırılması, sistemin alana uygulanması ve işletme ilkelerinin belirlenmesi gerekmektedir. Bu bağlamda, yapılan araştırma ve bu araştırma sürecinde toplanan bilgilerin değerlendirilmesi aşamasına kaynak araştırması denir. Kaynak araştırmasında, sulanacak alana dair planlama haritaları, yapı ve mülkiyet durumu, toprak yapısı, bitki özellikleri, su kaynakları ve iklim şartları incelenerek sulama planlaması yapılmaktadır (Yıldırım, 2013).

Planlama haritaları, alanın topografik özelliklerini yansıtan ve sistem bileşenlerinin boyutlandırılması ile sistemin kurulumunda gerekli olan verileri içeren haritalardır. Bu haritalarda, mevcut yapılar, yeşil alanlar, su kaynağının yeri ve yüksekliği, sabit yapılar gibi planlamayı etkileyen unsurlar işlenmektedir. Tasarlanacak projenin yapısal sınırları, sulama tasarımını şekillendirirken dikkate alınmaktadır. Mülkiyet durumu ise gelecekte sulama sisteminin işletilmesi ile ilgili kriterlerin belirlenmesinde göz önünde bulundurulmaktadır. Toprak, iklim ve bitki özellikleri, bitki su tüketimi, sulama suyu ihtiyacı, sistem bileşenleri, ıslatılacak toprak derinliği, sulama başlangıcındaki toprak nemi düzeyi, her sulamada kullanılacak su miktarı ve su uygulama sıklığı gibi konuları içermektedir. Su kaynağının türü, konumu, yüksekliği, debisi ve su kalitesi gibi unsurlar, su kaynağı özelliklerini belirlemektedir. Son olarak, sistem kurulumunda kullanılacak malzemelerin teknik özellikleri, maliyeti, günlük sulama süresi ve kısıtlayıcı faktörler, sulama yöntemi ve sistemin bileşenlerinin boyutlandırılmasında belirleyici bir rol oynamaktadır (Yıldırım, 2013).

2.4.1 Yağmurlama Sulama Sistemi Planlama İlkeleri ve Sistemin Tasarımı

Sulama sistemleri, suyun toprağa iletilmesi aşamasından başlayarak, suyun kaynağa olan yolculuğunu planlamayı içermektedir. Bu planlama sürecinde, sistem unsurlarının

boyutlandırılması, sistem kapasitesi ve bu kapasiteyi karşılayacak malzemelerin belirlenmesi yer almaktadır. Sulama planlaması, sadece sulanacak alanın bitki örtüsü ve toprak özelliklerinin değil, aynı zamanda sistem bileşenlerinin ve çalışma prensiplerinin de bilinmesine dayanmaktadır (Orta, 2017).

2.4.1.1 Yağmurlama Sulama Sistemi Bileşenleri

Yağmurlama sulama sistemlerinde, suyun toprağa verildiği eleman olan yağmurlama başlıkları, suyun taşındığı boru hatları, bunları birbirine bağlayan bağlantı elemanları (fittings), sistemin kontrolünü sağlayan vana ve kontrol üniteleri, sistemin işleyişini düzenleyen basınç regülatörü, gübreleme üniteleri, filtreler ve suyun kaynaktan alınmasını ve sistemin basınçlanmasını sağlayan pompa birimi sistemin bileşenlerini oluşturmaktadır (Orta, 2017).

Yağmurlama başlıkları (sprink), rekreasyon alanlarında zemin seviyesine yerleştirilen ve basınç etkisiyle yukarı çıkarak suyun püskürtüldüğü sistem elemanlarıdır. Dönmelessizin (pop up sprej) ve dönerek (pop up rotor) sulayan olmak üzere iki tip yağmurlama başlığı bulunmaktadır (Şekil 2.1). Suyun püskürtülmesi, başlıkta yer alan nozul ya da meme vasıtasıyla gerçekleşir. Sprej başlıkları, sabit bir dairesel sulama alanı oluştururken, rotor başlıklarda bu dairesel alan başlığın dönme mekanizması ile sağlanmaktadır. Bu başlıkların ıslattığı dairesel alanın açısı genellikle 40° ila 360° arasında ayarlanabilir. Sprej başlıklarda bu açı 25°'ye kadar azaltılabilir. Ayrıca, sprej başlıkların dar alanlar için dikdörtgen veya kare sulama alanına sahip modelleri de bulunmaktadır. Yağmurlama başlıklarının ıslattığı dairesel alanın yarıçapı, ıslatma mesafesi veya ıslatma yarıçapı olarak adlandırılmaktadır. Bu mesafe, başlık türüne, nozul yapısına ve kullanılan işletme basıncına göre değişmektedir. İşletme basıncı, başlık nozulundan suyun çıkış yaptığı noktada ölçülen basıncı ifade etmektedir. Başlık tarafından saatte verilen su miktarı ise yağmurlama hızı olarak bilinmektedir. Nozul, işletme basıncı, ıslatma açısı, mesafesi ve başlığın debisi gibi veriler, üretici firmaların teknik özellik kataloglarında detaylı olarak sunulmaktadır. Yağmurlama başlıkları, alana yerleştirilirken tüm bu özellikler doğrultusunda tercih edilen başlığın ıslatma mesafesi dikkate alınarak, ıslatma alanlarının belli oranda birbiri üstüne gelmesi sağlanmaktadır. Böylece ıslatma alanlarının bir örtme deseni oluşturması ve homojen bir su dağılımı sağlanmaktadır (Şekil 2.2). Oluşturulması beklenen örtme deseninin ölçütü olarak Christiansen eş su dağılım katsayısı (CU), rekreasyon alanlarındaki sulama sistemlerinin planlanmasında sıklıkla tercih edilmektedir (Orta, 2017).

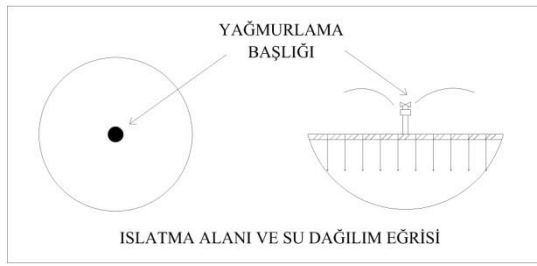


(a)

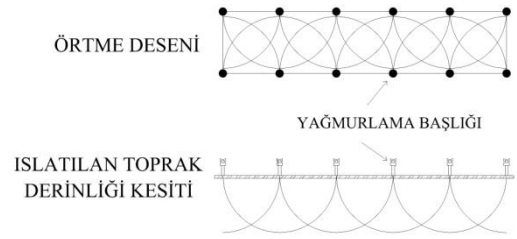


(b)

Şekil 2.1. Rekreasyon alanlarında kullanılan pop-up rotor (a) ve sprej başlıklar (b)



(a)



(b)

Şekil 2.2. Yağmurlama başlıklarında ıslatma alanı (a) ve örtme deseni ile ıslatılan toprak derinliği (b)

Yağmurlama sulama sistemlerinde, su kaynağından ana borularla gelen sulama suyu, lateral borular aracılığıyla alana iletilir ve buradan kılcal borulara ulaşır. Bu kılcal borular bağlantı elemanlarıyla başlıklara bağlanır. Rekreasyon alanlarında boru hatları genellikle toprak altına gömülmektedir. Bu alanlarda, 8-10 atmosfer basınç dayanımına sahip polietilen borular tercih edilmektedir. Polietilen borular, uzun ömürlü olmaları, kolay uygulanabilirlikleri ve düşük işçilik masrafları nedeniyle sistemin kurulmasında sıklıkla kullanılmaktadır (Orta, 2017).

Yağmurlama sulama sistemleri, basınçlı sulama yöntemlerinden biri olduğundan gereken işletme basıncını pompa birimi ile karşılamaktadır. Pompa birimleri, genellikle su kaynağının özelliklerine göre seçilmektedir. Eğer su kaynağındaki statik emme yüksekliği düşükse, santrifüj pompalar tercih edilirken, yüksekse dikey milli derin kuyu veya dalgıç pompalar kullanılmaktadır. Ayrıca, pompaların enerji türü de pompa seçiminde etkilidir. Sulama alanında elektrik varsa, elektrikli pompalar tercih edilirken, yoksa genellikle içten

yanmalı (çoğunlukla dizel) pompalar tercih edilmektedir. Ancak içten yanmalı motorlar, enerji ve işçilik maliyetleri nedeniyle elektrikli pompalara göre daha masraflı olmaktadır. Şehir şebekesinden su alındığı durumlarda genellikle işletme basıncı sağlanır, ancak yetersiz olduğu durumlarda basınç yükseltici cihazlar kullanılmaktadır. Eğer su kaynağı bir depo ise, gereken basıncın sağlanması hidrofor sistemleriyle sağlanmaktadır (Yıldırım, 2013).

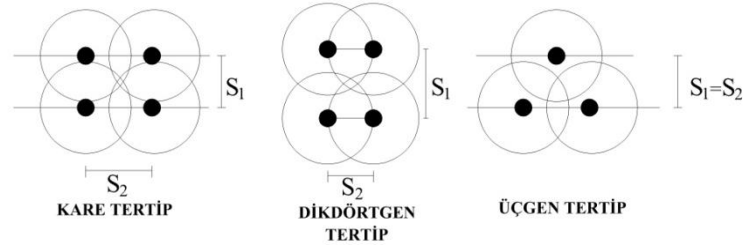
Basıncılı sulama sistemlerinde, sulanacak alan, sistemin kapasitesine göre alt birimlere bölünmektedir. Bu birimler, işletme birimi (hat/zon) olarak ifade edilmektedir. Otomatik bir sulama sisteminde, işletme birimlerini kontrol eden vanalar ve bu vanaların bağlı olduğu kontrol üniteleri bulunmaktadır. Kontrol üniteleri, sistemin işletilmesine dair belirlenen veriler doğrultusunda programlanmakta ve bu programlar doğrultusunda vana üzerindeki bobinlere sinyal göndererek vanaların açılıp kapanmasını sağlamaktadır. Elektrik akımı ile çalışan bu vanalara selenoid vana veya otomatik kontrol vanası adı verilmektedir. Selenoid vanalar, ana boru ve işletme birimlerini besleyen lateral borular arasında bağlantı sağlayan elemanlardır. Ana boru ve lateral boruların birbirlerine göre konumları selenoid vananın açılı ve ya düz bağlanmasını gerektirmektedir ve yer seviyesindeki yük kayıplarını etkilemektedir. Selenoid vanaların kontrolü elektrikli bir kontrol ünitesinden yapılıyorsa, selenoid vana bobini 24 volt akım ile çalışmaktadır. Kontrol ünitesine bağlantısı ise sulanacak alan içerisinde gömülü olarak döşenen sinyal kablolarıyla sağlanmaktadır. Elektrikli kontrol üniteleri 220 volt priz adaptörü ile üretildiğinden alan içerisinde uygun bir panoda ve ya iç mekanlara yerleştirilmektedir. Elektrik enerjisinin olmadığı ve sinyal kablosu döşenmesinin güç olduğu koşullarda pilli kontrol üniteleri tercih edilmektedir ve kontrol ettikleri selenoid vana ile birlikte vana kutusu içine yerleştirilmektedir. Pilli kontrol ünitesine bağlanan selenoid vana bobinleri 9 volt akımla çalışmaktadır. Kontrol üniteleri alandaki her işletme birimi için ayrı istasyon sayısına sahiptir. Sulanacak alana göre piyasada bulunan çeşitlere dair kataloglardan bu özellikler takip edilerek kontrol ünitesi seçilmektedir (Orta, 2017).

Yağmurlama sulama sisteminde bulunan bir diğer unsur kontrol birimidir. Su kaynağının cinsine göre kullanılması gereken filtreler, bitki bakımı için gerekli gübrenin sağlandığı gübreleme üniteleri, manometre, sayaç vb. elemanları kapsamaktadır. Filtreler, su kaynağında bulunan yüzen ya da çözünmüş parçacıkların, sulama sistemi unsurlarına potansiyel zararlarını engellemek için kullanılmaktadır. Disk veya elek biçiminde üretilen filtreler genellikle, delik çapını belirten mikron değeri ve delik sayısını temsil eden "mesh" ölçüsüyle karakterize edilmektedir. Filtrelerin tıkanma derecesini izlemek ve gerektiğinde

manuel ya da otomatik temizlik işlemlerini gerçekleştirmek için giriş ve çıkışına manometreler konumlandırılmaktadır. Gübreleme üniteleri, suda çözünen gübrenin sulama yoluyla bitkilere ulaşmasını sağlamaktadır. Bu ünitelerin çeşitleri arasında hassasiyeti nedeniyle en yaygın olarak tercih edilen enjeksiyon pompalarıdır. Bununla birlikte, suda çözünen gübrenin zamanla tortulaşarak sistem elemanlarına zarar vermesi ve rekreasyon alanlarında farklı bitki türleri arasındaki gübre ihtiyacının değişkenliği, gübreleme ünitelerinin sisteme entegrasyonunda dikkatle planlanmasını gerektirmektedir (Orta, 2017).

2.4.1.2 Yağmurlama Sulama Sisteminin Tertibi ve Tasarımı

Rekreasyon alanlarında yağmurlama sulama sistemlerinin amacı, bitkilerin su ihtiyacını homojen bir şekilde karşılayarak suyun toprakta eşit şekilde dağılmasını sağlamaktır. Ancak, her başlık her arazi koşulunda istenilen düzeyde homojen su dağılımı oluşturmayabilir. Bu nedenle, sulama projelerinde seçilen başlıkların uygun işletme basıncında çalıştırılması ve başlığın ıslatma mesafesine göre alana doğru şekilde yerleştirilmesi önemlidir. Başlıkların alandaki yerleşimine “tertip aralığı” adı verilmektedir. Başlıkların yerleştirilme düzeni tertip biçimini ifade etmektedir (Şekil 2.3). Arazinin konumu, başlıkların ıslatma mesafesi ve çalışma açılarına göre dikdörtgen, kare ve üçgen tertip biçimleri ayrı olarak ve ya hepsi bir arada uygulanabilmektedir (Orta, 2017).



Şekil 2.3. Yağmurlama başlıklarının tertip biçimleri

Birlikte düzenlenen başlıkların homojen bir su dağılımı sağlayabilmesi için yağmurlama hızlarının birbiriyle uyumlu olması gerekmektedir. Bu nedenle aynı başlığın kullanıldığı ancak farklı ıslatma açılarına sahip bir tertip planlandığında, söz konusu başlığın nozul setindeki farklı alternatifler farklı açılar için seçilerek yağmurlama hızının dengelenmesi sağlanmaktadır. Aynı nedenle işletme birimleri oluşturulurken rotor ve sprej başlıklar ayrı olarak planlanmalıdır. Rüzgâr hızı, tertip aralığının belirlenmesinde oldukça kritik bir faktördür. Rüzgâr, başlıklardan püskürtülen su damlacıklarının hareketini etkileyerek toprak yüzeyine düşüşünü değiştirmekte ve beklenenden farklı bir ıslatma düzeni

oluşturmaktadır. Rüzgârsız koşullarda, tertip aralığı, ıslatma mesafesinin %60 ila %65'ine kadar olabilirken, 1,8 m/s rüzgâr hızında bu değer %55'e, 3,6 m/s rüzgâr hızında ise %50'ye kadar düşmektedir (Orta, 2017).

Başlıkların yağmurlama hızı, debisi ve tertip aralığı, sulamanın etkinliği üzerinde büyük bir etkiye sahiptir. Bununla birlikte, yağmurlama hızı, toprağın suyu absorbe etme hızının altında olduğunda, suyun emilmesi uzar ve sulama verimliliği olumsuz yönde etkilenmektedir. Yağmurlama hızının, infiltrasyondan yüksek olduğu koşullarda su, toprak tarafından emilmeden yüzeyde birikme ve yüzey akışı gibi sorunlara neden olmaktadır. Bu sebeple, seçilen başlığın yağmurlama hızı, toprağın emme hızına eşit veya yakın olmalıdır (Orta, 2017).

Etkin ve ekonomik bir sulama sistemi oluşturmak için sistemin hidrolik yapısı ve maliyetleri dikkatle planlanmalıdır. Benzer yağmurlama hızlarına sahip ve yakın konumdaki başlıkların bir arada çalıştırılması sulama randımanını arttırmaktadır. İşletme basıncının optimum düzeyde sağlanması için lateral borulardaki yük kayıpları, sistem tasarımında göz önünde bulundurulmalıdır. Örneğin, lateral borularda su girişinin ortadan olması, hidrolik avantaj sağlasa da bu durum, boru uzunluğunu artırarak kurulum maliyetlerini yükseltebilmektedir. Bu nedenle, istenen basınç değerlerini karşılamak için gerekli olan masraflar dengeli bir şekilde değerlendirilmeli ve sistem tasarımı optimum düzeyde sulama sağlarken aynı oranda ekonomik olmalıdır (Orta, 2017).

Kaynak araştırması, yağmurlama sulama sistemi tasarımının başlangıç adımını oluşturmaktadır. Sulanacak alana ilişkin kapsamlı verilerin sınıflandırılması, sistemin temel faktörlerini belirlemede oldukça önemlidir. Bu aşama, sulama projesinin öncüsüdür ve derlenen bilgiler, sistemin ihtiyaçlarını, yapısını ve gereksinimlerini belirleme konusunda kilit bir rol oynamaktadır. Arazi büyüklüğü, peyzaj planı, su kaynağı türü ve konumu, rüzgâr hızı ve yönü gibi faktörler, sistem tertibinin oluşturulmasında göz önünde bulundurulmalıdır. Tasarımda ilk aşama olarak alanın dış kenarlarından başlanarak yağmurlama başlıkları tertiplenmektedir. Lateral borular alan içerisinde olanaklar ölçüsünde tesviye eğrilerine paralel olarak döşenmelidir. Böylece sistem tasarımında ön projeleme faktörlerine geçilmektedir (Orta, 2017).

2.4.2 Damla Sulama Sistemi Planlama İlkeleri ve Sistemin Tasarımı

Damla sulama, az miktarda suyun düşük basınç ve debi ile sık aralıklarla bitki kök bölgesine ulaştırılması esasına dayanan bir sulama yöntemidir. Bu yöntem, geniş çim alanların sulanmasında uygun olmayabilir ancak peyzajdaki çalılar, ağaçlar ve mevsimlik bitkiler gibi çim dışındaki bitkilerin sulanmasında veya mevcut sulama sistemlerine destek olmak amacıyla tercih edilmektedir. Bu nedenle, rekreasyon alanlarında damla sulama yöntemi, özellikle çim dışındaki bitkilerin sulama ihtiyaçlarını karşılamak üzere planlanmaktadır (Orta, 2017).

2.4.2.1 Damla Sulama Sistemi Bileşenleri

Damla sulamanın temel unsuru, suyun toprağa ulaştırıldığı damlatıcılardır. Sulanacak alanda çok sayıda bulunmaları nedeniyle sulama etkinliğini belirlemekte ve hem sistem maliyetini hem de sistem kapasitesini etkilemektedir. Lateral borudaki basınçlı su, damlatıcıya geldiğinde akış yolundaki sürtünme nedeniyle enerjisini kaybederek damlalar halinde toprağa verilmektedir. Genel olarak iki tip damlatıcı çeşidi bulunmaktadır (Şekil 2.4). Bunlar lateral boyuna geçik (in line) ve lateral üzerine geçik (on line) damlatıcılardır (Yıldırım, 2013).



a. Lateral boyuna geçik (in line) damlatıcı

b. Lateral üzerine geçik (on line) damlatıcı

Şekil 2.4. Damla sulama sistemlerinde kullanılan damlatıcı çeşitleri, a ve b

Damla sulamada işletme basıncı, lateral boru içinde damlatıcı girişinde istenen basınç seviyesidir. Basınçlı sulama sistemlerinde istenen işletme basıncı genellikle 1 atmosfer (atm) olarak ayarlanmaktadır. Daha düşük bir işletme basıncında, lateral boruda suyun yavaş ilerlemesi nedeniyle damlatıcı içinde kimyasal birikim ve organik madde oluşumu hızlanabilir; bu durum, damlatıcının tıkanmasına yol açarak sulama verimliliğini olumsuz

etkilemektedir. Öte yandan, 1 atmosferden yüksek basınç durumlarında, enerji maliyetleri artar ve boru içindeki akış hızlanarak lateral borularda hasara yol açabilmektedir. On line damlatıcıların kullanımı sırasında, damlatıcıların lateral borudan fırlaması gibi sorunlar ortaya çıkabilmektedir. Yüksek basınç koşullarında, suyun homojen bir şekilde dağıtılması ve belirli debi koşullarının sağlanması zorlaşmaktadır (Yıldırım, 2013).

Damlatıcılar çeşitli debi aralıklarında üretilmektedir. Ancak, düşük işletme basıncında olduğu gibi, düşük debili damlatıcılar tıkanmaya daha yatkın olmaktadır. Aynı şekilde, yüksek debili damlatıcılar düşük infiltrasyon hızına sahip topraklarda yüzey akışına sebep olmaktadır. Bu nedenle, uygulamada genellikle 2 ila 8 L/h arasındaki debilere sahip damlatıcılar tercih edilmektedir. Damlatıcı debisi ile işletme basıncı arasındaki ilişki laboratuvar koşullarında farklı basınçlar altında ölçülen debi değerlerinden yararlanılarak elde edilen aşağıdaki (2.1) numaralı eşitlikle belirlenmektedir (Orta, 2017).

$$q=K_d \times h^x \quad (2.1)$$

Eşitlikte; q, damlatıcı debisi (L/h); K_d , damlatıcı yapım biçimi ve akış yolu kesit alanına bağlı katsayı; h, işletme basıncı; x ise damlatıcıda akış rejimine bağlı katsayıdır.

Damlatıcıların içindeki akış yolu dar olduğunda, aynı üretici tarafından yapılan ve aynı tip olan damlatıcılarda bile sabit bir işletme basıncında farklı debi değerleri görülebilmektedir. Bu farklılık, üretici farklılığı olarak adlandırılmaktadır. Bu farkın derecesi, değişim (varyasyon) katsayısı (CV) ile belirtilmektedir. Su uygulama verimliliğini korumak için CV değerinin %95'ten büyük olması tercih edilmektedir (Yıldırım, 2013). Yukarıda verilen eşitlikte x değeri, damlatıcı akış yolundaki akış rejimine göre 0,5 ila 1,0 arasında değişmektedir ve bu değer azaldıkça damlatıcının basınca göre değişimi azalmaktadır (Orta, 2017).

Damlatıcı debisi toprak bünyesi ve toprağın infiltrasyon hızına bağlı olarak belirlenmektedir. Ağır bünyeli topraklarda genellikle 2 ila 4 L/h arasında, orta bünyeli topraklarda 4 ila 8 L/h arasında, hafif bünyeli topraklarda ise 8 ila 16 L/h arasında damlatıcılar tercih edilmektedir. Seçim aşamasında damlatıcının, debi-basınç değişiminin minimize edilmesi, tıkanma riskini azaltmak için akış yolunun kesit alanının geniş, akış yolunun ise kısa olmasına dikkat edilmelidir (Orta, 2017).

Damlaticıların yer aldığı lateral borular, bitki sıraları boyunca toprak yüzeyine serilen boru hatlarıdır. Rekreasyon alanlarında genellikle güneş ışınlarına dayanıklı, 2,5 ila 4 atmosfer işletme basıncına sahip, dış çapları 16-20 mm olan polietilen borular tercih edilmektedir ve uygulamada daha çok in line damlaticılı lateral borular kullanılmaktadır. Damlaticılar, lateral boru içinde sabit aralıklarla boylamasına yerleştirilmektedir. On line damlaticılar için üzerinde delik olmayan lateral borular, belirlenen aralıkta özel bir aparatla delinerek, on line damlaticının (katif) bir kısmının bu delikten geçirilerek sabitleştirilmesiyle hazırlanmaktadır. Bu tip lateral ve damlaticıların özellikle rekreasyon alanlarında kullanımı, uygulayıcı hataları (damlaticı için açılan delik boyutunun az ya da çok olması nedeniyle katiflerin tam olarak yerleştirilememesi, gerekli damlaticı aralığının gözden kaçırılması vb) ve işçilik masraflarının fazla olması nedeniyle zorunlu olmadıkça tercih edilmemektedir (Orta, 2017).

Manifold boru hatları, bir işletme birimindeki belirli sayıda laterale hizmet eden boru hatlarını ifade etmektedir. Bu boru hatları, ana boru hatlarında olduğu gibi toprak altına döşendiğinden genellikle 6 ila 8 atmosfer işletme basıncına sahip polietilen borulardan seçilmektedir. Dış çapları, hizmet ettiği lateral adedi ve toplam debiye göre değişmektedir (Yıldırım, 2013).

Damla sulama yönteminin diğer sistem bileşenleri, yağmurlama sulama yönteminde olduğu gibi oluşturulmaktadır. Ancak burada damlaticılar söz konusu olduğundan kontrol birimi elemanlarının seçimi, su kaynağı cinsine göre çok daha fazla irdelenmelidir.

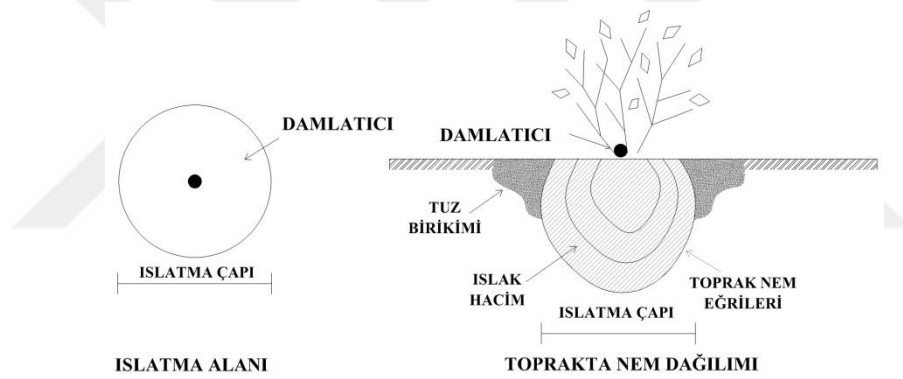
2.4.2.2 Damla Sulama Sisteminin Tasarımı ve Lateral Tertibi

Damla sulama sisteminde, bitki sıralarına döşenen lateral boru hattı boyunca toprakta homojen bir su dağılımı sağlamak önemlidir. Bu da, damlaticılardan verilen suyun toprakta oluşturduğu ıslak alanın bilinmesiyle sağlanmaktadır. Tek bir damlaticıdan toprak yüzeyine verilen su, infiltrasyonla toprağa sızar, yer çekimi ve kapılar kuvvetlerle hareket eder ve genellikle daire biçiminde bir ıslak alan oluşturmaktadır (Şekil 2.5). Bu daire biçimli alan, toprak yapısına göre farklı şekiller alabilir. Islatılan bölgede farklı nem seviyeleri bulunur; en nemli alan, damlaticının doğrudan altındadır ve bu bölgeden uzaklaştıkça nem seviyesi azalmaktadır. Suyun yayılması sırasında, toprak içindeki tuzlar da ıslak bölgenin dışına doğru itilmektedir. Damlaticının oluşturduğu ıslatma alanının yatay düzlemdeki maksimum genişliği, ıslatma çapı olarak adlandırılmaktadır. Islatma çapı, toprak özellikleri, damlaticı

debisi, sulama süresi, başlangıçtaki nem seviyesi ve bitkinin su ihtiyacına göre değişiklik göstermektedir. İdeal olarak, lateral boyunca homojen bir ıslaklık elde edilebilmesi için damlatıcılar, ıslatma çapının %80'ini kapsayacak şekilde aralıklarla yerleştirilir. Ancak rekreasyon alanlarında, bu homojen ıslatma şeridini sağlamak her zaman mümkün olmayabilir (Orta, 2017). Damlatıcının oluşturduğu ıslatma çapının bilinmediği durumlarda damlatıcı aralığı (2.2) numaralı eşitlikle hesaplanmaktadır. Eşitlikte; S_d , damlatıcı aralığı (m); q , damlatıcı debisi (L/h); I , toprağın su alma hızı (mm/h)'dır.

$$S_d = 0,9 \times \sqrt{\frac{q}{I}} \quad (2.2)$$

Hesaplamadan çıkan sonuç damlatıcı aralığını verdiğinden on line damlatıcı kullanılan uygulamalarda bu değer doğrudan kullanılabilir. İn line damlatıcı kullanılacaksa bu değere en yakın damlatıcı aralığına sahip lateral boru tercih edilmektedir.

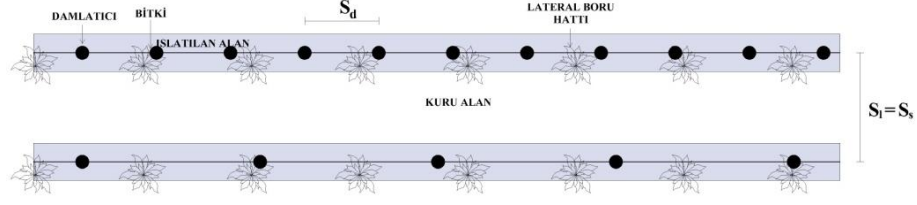


Şekil 2.5. Bir damlatıcının ıslatma alanı ve nem dağılımı

Damlatıcı aralıkları belirlendikten sonra lateral tertibi bitki dikim desenleri ve sıklıklarına göre düzenlenmektedir. Bunun için rekreasyon alanlarında damla sulama sisteminin kullanım koşullarına göre belli tertip biçimleri söz konusudur (Orta, 2017).

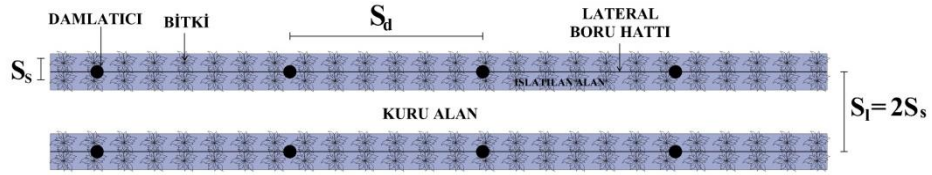
Sık dikilen peyzaj bitkilerinin sulanmasında sıra boyunca eş su dağılımı istenmektedir. Orta (2017)'ya göre bu koşulda üç tip lateral tertip biçimi bulunmaktadır.

- Damlatıcı aralığı, bitki sıra aralığından küçük olduğu koşulda her bitki sırasına bir lateral döşenmektedir (Şekil 2.6). Başka bir deyişle bitki sıra arası ve lateral aralığı eşit olmaktadır ($S_d < S_s$ ise $S_l = S_s$).



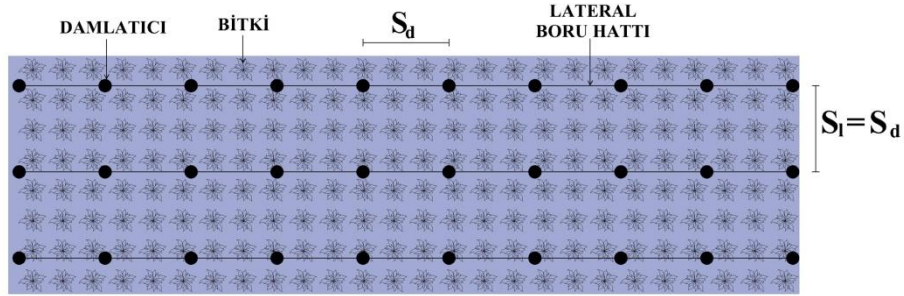
Şekil 2.6. Damlatıcı aralığının bitki sıra aralığından küçük olduğu koşula lateral tertibi

- Damlatıcı aralığı, bitki sıra aralığından büyük ise ancak sıra aralığının iki katından küçük ise, her iki bitki sıra aralığına bir lateral boru döşenerek, lateral aralığının bitki sıra aralığının iki katı olması sağlanmaktadır (Şekil 2.7). ($S_s \leq S_d \leq 2S_s$ ise $S_l = 2S_s$)



Şekil 2.7. Bitki sıra aralığı damlatıcı aralığından küçük olduğu koşula lateral tertibi

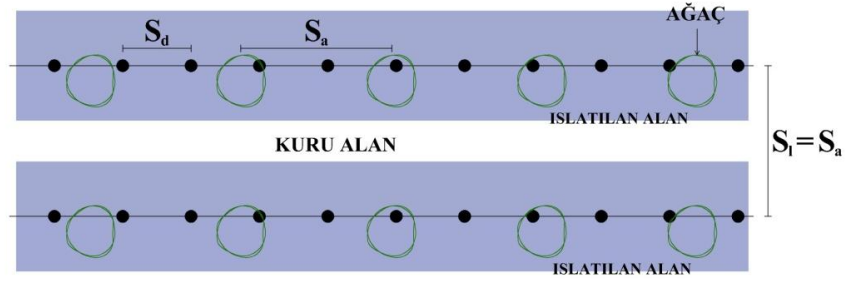
- Sık aralıkla dikilen/ekilen bitkiler veya tamamı ıslatılmak istenen bir alan söz konusu olduğunda lateraller damlatıcı aralığına eşit aralıklarla döşenmektedir (Şekil 2.8). ($S_l = S_d$)



Şekil 2.8. Sık ekilen veya dikilen bitkiler için lateral tertibi

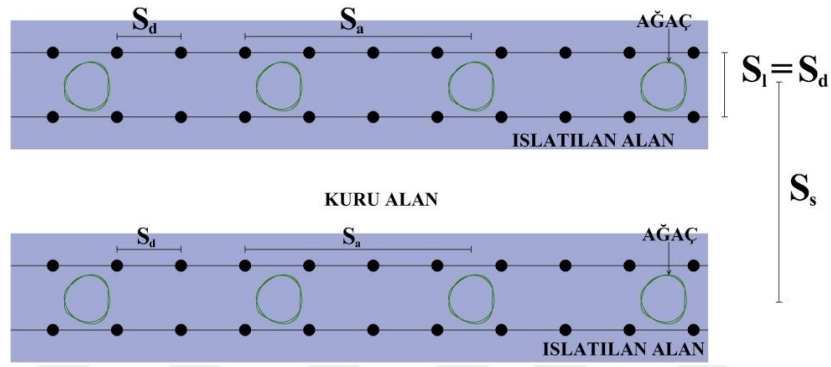
Damla sulama ile sulanacak bitki ağaç ve ağaççık olduğunda dikim aralığı göz önünde bulundurularak tertip aralığı belirlenmektedir:

- Sıra halinde sık dikilen ağaç ve ağaççıklar için her sıraya bir lateral döşenmektedir. Bu sayede tüm ağaç sıra üzeri tamamen ıslatılmaktadır (Şekil 2.9). ($S_l = S_s$)



Şekil 2.9. Sıra halinde dikilen ağaç ve ağaççıklarda tekil lateral tertibi

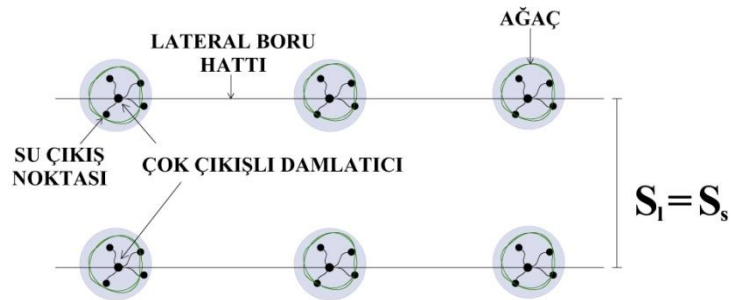
- Dikim aralığı daha geniş olan ağaç ve ağaççıklar için her sıraya iki lateral döşenmektedir (Şekil 2.10).



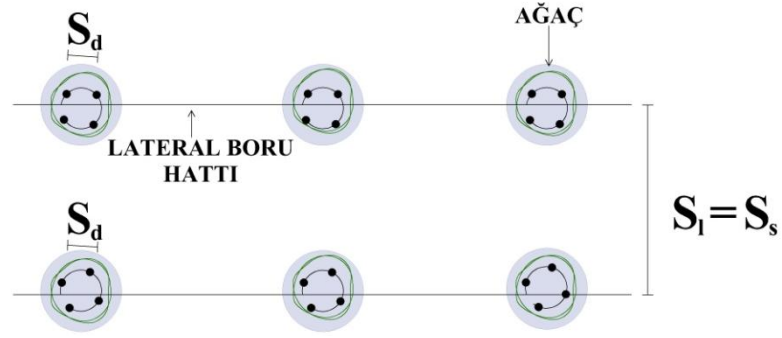
Şekil 2.10. Dikim aralığı geniş olan ağaç ve ağaççıklar için lateral tertibi

- Düzensiz dikim aralığına sahip ağaç ve ağaççıklar için bir sıra söz konusu olmadığından çok çıkışlı damlaticılar ya da salkım tertip biçimi kullanılmaktadır.

Çok çıkışlı damlaticıların kullanıldığı durumda, her ağaç için 4, 6 ve ya 8 adet damlaticı bitki tacı altına eşit olacak şekilde yerleştirilmektedir (Şekil 2.11). Salkım tertip biçimi uygulandığında, laterale bağlanan daha küçük çaplı bir boru hattı bitki gövdesi etrafına daire şeklinde serilmektedir (Şekil 2.12). Salkım tertip biçiminde yeterli kök gelişiminin sağlanması için, boru hattının serildiği alanın en az %30'unun ıslatılması gerekmektedir. Bu ıslatılan alana ıslatma oranı denilmektedir (Orta, 2017).



Şekil 2.11. Dikim aralığı düzensiz ağaçlarda çok çıkışlı damlaticılı lateral tertibi



Şekil 2.12. Dikim aralığı düzensiz ağaçlarda salkım tertip biçimi

Sıraya dikilen süs bitkilerinde ıslatma oranı, ıslak şerit genişliğinin lateral aralığına bölünmesiyle hesaplanmaktadır. Ancak damlatıcı aralığının (2.2) nolu eşitlikle belirlendiği koşullarda, her bir sıraya veya iki sıraya bir lateral döşenmişse ıslatma oranı (2.3) numaralı eşitlikle; her bir sıraya iki lateral döşendiği koşulda ise (2.4) numaralı eşitlikle hesaplanmaktadır. Düzenli dikilen ağaçlarda ıslatma oranı, ağaç başına düşen ıslak alanın dikim aralığına bölünmesiyle belirlenmektedir. Çok çıkışlı damlatıcılar veya salkım tertip biçimi için ıslatma oranı (2.5) numaralı eşitlikle hesaplanmaktadır. Verilen eşitliklerde, P, ıslatılan alan yüzdesi (%); n, bir ağaca düşen damlatıcı sayısı (adet); S_d , damlatıcı aralığı (m); S_a , sıra üzerindeki ağaç aralığı (m); S_s , ağaç sıra aralığı (m); S_l , lateral aralığı (m)'dir.

$$P=100 \times \frac{S_d}{S_l} \quad (2.3)$$

$$P=100 \times \frac{2S_d}{S_s} \quad (2.4)$$

$$P=100 \times \frac{n \times S_d^2}{S_a \times S_s} \quad (2.5)$$

Damlatıcı aralığı ve lateral tertibinden sonra ön projelendirme faktörlerine sistemin boyutlandırılması aşamalarına geçilmektedir.

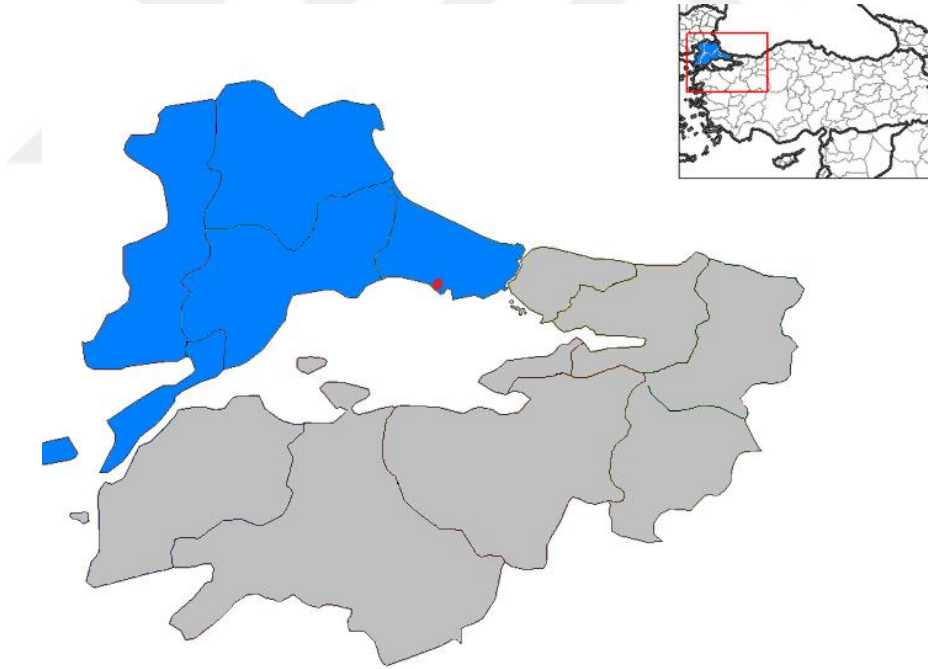
3. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu bölümde araştırmada kullanılan materyal ile uygulanan yöntemler açıklanmıştır.

3.1 Materyal

3.1.1 Araştırma Alanı

Trakya yöresi, Türkiye'nin Yunanistan ve Bulgaristan sınırından başlayarak Edirne, Kırklareli, Tekirdağ illerinin tamamını, Çanakkale ve İstanbul illerinin Avrupa yakası ilçelerini içine alan bir bölgedir (Şekil 3.1). Toprak varlığı 23.764 km² ile Türkiye'nin yaklaşık % 3'ünü oluşturmasına karşın üzerinde yaşayan nüfus 11.611.235 kişi ile Türkiye nüfusunun yaklaşık % 15'idir. Verilerden anlaşıldığı üzere yörede doğal kaynaklar, özellikle su kaynakları, sınırlıdır. İklim özellikleri, genel olarak karasal bir yapıya sahip olmakla birlikte Anadolu'daki karasal iklimden daha fazla yağış almaktadır. Kıyı kesimlerinde ise daha ılıman bir iklim görülmektedir.



Şekil 3.1.Trakya haritası

Trakya Bölgesi, genel olarak verimli topraklara ve su kaynaklarına sahip bir coğrafyadır. Bölgenin toprak özellikleri tarım için uygun bir zemin oluşturur. Verimli ve derin topraklarıyla bilinir ve tarımsal üretim için elverişli bir ortam sunmaktadır (Bellitürk, 2019).

Su kaynakları bakımından, Trakya'nın büyük nehirleri (Meriç Nehri gibi) ve gölleri bulunmaktadır ve yer altı suları bakımından oldukça zengindir. Bu su kaynakları hem tarım sulaması için kullanılmakta hem de endüstriyel faaliyetlerde ve yerel nüfusun su ihtiyacını karşılamak için kullanılmaktadır. Sulama amaçlı kullanılan su kaynakları, bölgedeki tarımsal üretimin verimliliğine katkı sağlamaktadır. Ancak, su kaynaklarının sürdürülebilirliği ve yönetimi, bölgede önemli bir konudur. Özellikle kuraklık dönemlerinde su kaynaklarının etkin kullanımı ve korunması önemlidir. Trakya'nın toprak ve su kaynakları, tarımsal potansiyeliyle dikkat çekerken, doğru yönetim ve sürdürülebilirlik gerektiren bir kaynak olarak da önem taşımaktadır.

Trakya'da ekonomi tarım, hayvancılık, sanayi ve ticarete dayalıdır. Bölge, tarımsal üretimde önemli bir rol oynamaktadır ve buğday, ayçiçeği, mısır, şekerpancarı gibi ürünlerin yetiştirilmesinde önemli bir potansiyele sahiptir. Sanayi açısından Trakya Bölgesi, özellikle tekstil, gıda, otomotiv ve kimya gibi sektörlerde faaliyet gösteren fabrikalarıyla dikkat çekmektedir. Büyük sanayi bölgeleri ve serbest ticaret alanlarıyla birlikte, bölgedeki sanayi altyapısı oldukça gelişmiştir. Bölgedeki sanayi işletmelerinin %68'i Tekirdağ, %16,4'ü Kırklareli, %15,6'sı ise Edirne ilinde bulunmaktadır (Kubaş, 2012).

Sosyoekonomik olarak Trakya, tarım ve sanayi alanlarındaki faaliyetlerin yanı sıra, kırsal ve kentsel nüfusun dengeli bir şekilde dağıldığı bir yapıya sahiptir. Bölge, tarımsal üretimiyle Türkiye'nin gıda ihtiyacının önemli bir bölümünü karşılarken, sanayi tesisleri de istihdamın önemli bir kaynağını oluşturmaktadır.

Araştırma, Trakya bölgesinde bulunan Edirne, Kırklareli ve Tekirdağ illerinde yer alan başlıca sulama yöntemleriyle sulanan 9 adet rekreasyon alanında gerçekleştirilmiştir. Çalışma alanlarının seçimi alanın büyüklüğü, ziyaretçi sayısı, karakteristik özellikleri, coğrafi konumu ve sulanan bitki çeşitliliği gibi faktörlere dayanarak yapılmıştır. Bu kapsamda, Edirne ilinde 4, Kırklareli ilinde 3 ve Tekirdağ ilinde 2 alan incelenmiştir.

3.1.1.1 Edirne İli ve Çalışılan Alanlara İlişkin Bilgiler

Edirne ili, 41° 40' kuzey enlemi ve 26° 34' doğu boylamları arasında konumlanmıştır. Bu il, güneyde Ege Denizi, kuzeyde Bulgaristan, batıda Yunanistan, doğuda ise Tekirdağ, Kırklareli ve Çanakkale illeriyle komşudur. Toplam yüzölçümü 6.098 km² olan Edirne, deniz seviyesinden 41 metre yüksektir. İklim açısından, Edirne geçiş bölgesinde yer almakta olup karasal ve Akdeniz iklimleri belirgin şekilde görülebilmektedir (T.C. Edirne İl Özel İdaresi,

2013). Ortalama yıllık yağış miktarı 625,2 mm ve nispi nem oranı %70'tir. Yıllık ortalama sıcaklık değeri ise 14,2 °C olarak kaydedilmiştir (Meteoroloji Genel Müdürlüğü [MGM], 2020).

Çalışmada Edirne ilinde yer alan Edirne Selimiye Cami, TED Edirne Koleji, Edirne Çocuk Trafik Eğitim Parkı ve T.C. Edirne Valiliği İl Tarım ve Orman Müdürlüğü yeşil alanları dikkate alınmıştır. Alanların yerleri Şekil 3.2'de verilmiştir. Alanların seçilmesinde, şehri temsil etmesi ve kullanım yoğunluğu gibi faktörler dikkate alınmıştır.



Şekil 3.2. Edirne Merkez ilçesinde çalışılan alanlar

- Edirne Selimiye Cami (Alan no 1);

Selimiye Cami, Osmanlı padişahı II. Selim döneminde ünlü mimar Mimar Sinan tarafından inşa edilmiştir. Osmanlı İmparatorluğu'nun eski başkentlerinden biri olan Edirne'de bulunan bu yapı kompleksi, Sultan Selim Vakfı'na aittir ve 2011 yılında Paris'te gerçekleştirilen UNESCO Dünya Mirası Komitesi toplantısında oy birliğiyle Dünya Mirası Listesi'ne alınmıştır. Selimiye Cami, 1.620 m²'lik bir iç alan ve bunun yanında çevresiyle birlikte 2.475 m²'lik bir açık alana sahiptir. Kompleks, külliye ve arasta dahil olmak üzere yaklaşık 22.202 m²'lik bir alana yayılmıştır ve iç bahçesinde 6.100 m²'lik bir yeşil alan bulunmaktadır (Mimar Sinan Vakfı, 2020). Selimiye Cami, yıllık olarak binlerce ziyaretçi ağırlayarak, turistlerin yanı sıra Edirnelilerin de ibadet ve günlük ziyaretleri için önemli bir merkezdir. Şehrin mimari dokusunda büyük bir öneme sahiptir ve Edirne'nin sembol yapılarından biridir (Şekil 3.3).

Araştırma Selimiye Cami'nin iç bahçesinde 6.100 m²'lik bir alanda 2021 yılında, restorasyon çalışmalarından önce gerçekleştirilmiştir. Peyzaj tasarımında gölge ağaçları, süs bitkileri ve çim alanlar bulunmaktadır. Yeşil alanlar birbirinden ana ve tali yollarla ayrılmaktadır. Daha çok geniş yapraklı neredeyse anıt ağaç niteliğindeki gölge ağaçlarıyla dikkat çekmektedir. Bahçede estetik görünümü ve çeşitli renkleriyle peyzajı zenginleştiren süs bitkileri de sıkça kullanılmaktadır. Ayrıca çim alanları, ziyaretçilere dinlenme ve rahatlama fırsatı sunmaktadır.



Şekil 3.3. Edirne Selimiye Cami ve çevresi

Selimiye Cami'nin iç bahçesi, otomatik yağmurlama sulama sistemiyle sulanmaktadır. Alanın peyzajı için 45 cm'lik dolgu toprak kullanılmıştır. Bahçenin en alçak ve en yüksek kotları sırasıyla 75,00 m ve 77,00 m arasında değişiklik göstermektedir, bu da çeşitli eğimlerin ve alanın topografik yapısının farklılık gösterdiğini işaret etmektedir. Sulama kaynağı olarak, şehir şebekesinden gelen suyun depolandığı yer altı sarnıcı kullanılmaktadır.

- TED Edirne Koleji (Alan no 2);

Türk Eğitim Derneği bünyesinde 2018 yılında inşaatına başlanan TED Edirne Koleji, 2019-2020 eğitim-öğretim yılında faaliyete geçmiştir. Okul; anaokulu, ilkokul, ortaokul ve lise kademelerinde farklı eğitim blokları içinde planlanmıştır (Türk Eğitim Derneği [TED], 2020). Okul 18.850 m² alana sahiptir ve bunun 2.110 m²'si yeşil alandır (Şekil 3.4).

TED Edirne Koleji'nin bahçeleri, farklı yaş gruplarındaki öğrencilere yönelik farklı işlevlere ve özelliklere sahip peyzaj bitkileriyle düzenlenmiştir. Bu bahçeler, çeşitli yaş gruplarına hitap etmek amacıyla özel olarak seçilmiş bitkilerle şekillendirilmiştir. Alanın etrafı yeşil duvar etkisi yaratan çit bitkileriyle çevrilmiş ve dışarıdan gelen görüşleri

kısıtlamak ve bahçeyi özel kılmak için estetik bir perde oluşturulmuştur. Dinlenme alanlarında, görsel güzellik ve estetik değerleri öne çıkarmak adına süs bitkileri kullanılmıştır. Ayrıca, duyuları harekete geçirmek ve zengin bir deneyim sunmak amacıyla farklı ağaçlar ve çalılar seçilmiştir. Bu seçim, kokuları ve dokularıyla öğrencilerin duyularını etkilemeyi amaçlayarak çim alanlarla birlikte dengeli bir bahçe peyzajı oluşturulmuştur.



Şekil 3.4. TED Edirne Koleji yapı ve yeşil alanlarının kuşbakışı görünüşü

TED Edirne Koleji'nin bahçeleri, farklı yaş gruplarındaki öğrencilere yönelik farklı işlevlere ve özelliklere sahip peyzaj bitkileriyle düzenlenmiştir. Bu bahçeler, çeşitli yaş gruplarına hitap etmek amacıyla özel olarak seçilmiş bitkilerle şekillendirilmiştir. Alanın etrafı yeşil duvar etkisi yaratan çit bitkileriyle çevrilmiş ve dışarıdan gelen görüşleri kısıtlamak ve bahçeyi özel kılmak için estetik bir perde oluşturulmuştur. Dinlenme alanlarında, görsel güzellik ve estetik değerleri öne çıkarmak adına süs bitkileri kullanılmıştır. Ayrıca, duyuları harekete geçirmek ve zengin bir deneyim sunmak amacıyla farklı ağaçlar ve çalılar seçilmiştir. Bu seçim, kokuları ve dokularıyla öğrencilerin duyularını etkilemeyi amaçlayarak çim alanlarla birlikte dengeli bir bahçe peyzajı oluşturulmuştur.

Alanın bitki örtüsüne yönelik sulama sistemleri, hem otomatik yağmurlama hem de damla sulama sistemlerinin bir arada kullanılması üzerine planlanmıştır. İnşaat sonrası döşenen 40 cm'lik dolgu toprağı, dört farklı giriş kotunda yer alan alanları düzleştirmek üzere planlanmıştır. Her seviyede, eğimsiz yeşil alanlar ve sert zeminler oluşturularak teraslar şekillendirilmiştir. Alanın en düşük seviyesi 90,24 m, en yüksek seviyesi ise 97,84 m'dir. Sulama işlemleri için 80 m³ kapasiteli bir depo, şehir şebekesi suyu kullanılarak doldurulmaktadır.

- Edirne Çocuk Trafik Eğitim Parkı (Alan no 3);

Çocuk Trafik Eğitim Parkı, toplam 7.500 m² alanda 1.750 m² yeşil alana sahip, Edirne ilinde temel eğitim seviyesindeki okullarda öğrenim gören çocukları hedefleyen bir parktır (Şekil 3.5). Park, çocuklara trafikte yaya, bisiklet ve araç güvenliği bilincini oluşturarak ülkemizde meydana gelen trafik kazalarının azaltılmasına yönelik teorik ve uygulamalı eğitimlerin verildiği tematik özelliklere sahiptir (Milli Eğitim Bakanlığı , 2020).

2019-2020 eğitim-öğretim yılında hizmete başlayan parkta, trafik eğitimlerinin yanı sıra yangın güvenliği, çevre güvenliği ve sıfır atık, acil durum güvenliği, sağlıklı yaşam ve 112 Acil Çağrı arama konuları da işlenmektedir.

Parkın peyzaj tasarımında, çim alanlar ve estetik bir görünüm sağlamak amacıyla sıkça tercih edilen süs bitkileri bulunmaktadır. Park içinde, görsel engel oluşturmayacak şekilde düşünülen doğal bir trafik parkuru oluşturulması için genellikle kısa boylu çalılar tercih edilmiştir.



Şekil 3.5. Edirne Çocuk Trafik Eğitim Parkı yapı ve yeşil alanların kuşbakışı görünüşü

Park, otomatik yağmurlama ve damla sulama sistemleri kullanılarak sulanmaktadır. Peyzaj için 40 cm derinliğinde dolum toprağı kullanılmış olup, 36,00 m kotunda eğimsiz sert zemin ve yeşil alanlar bulunmaktadır. Sulama için şehir şebekesi ile doldurulan 3,5 m³ hacminde bir depo kullanılmaktadır.

- T.C. Edirne Valiliği İl Tarım ve Orman Müdürlüğü (Alan no 4);

Edirne İstasyon Mahallesi'nde bulunan Edirne Valiliği Gıda Tarım ve Hayvancılık İl Müdürlüğü binası ve çevresi, 2016 yılında hizmete açılmıştır. Toplam 13.500 m² alanın 2.140 m² kısmı yeşil alan olarak düzenlenmiştir (Şekil 3.6).

Tarım ve Orman Müdürlüğü'nde ziyaretçi ve çalışanlar için düzenlenmiş çim alanlar ve alanın duvar sınırları boyunca süs bitkilerinden oluşan bitki kompozisyonu peyzaj planını oluşturmaktadır.

Alan, otomatik yağmurlama sistemiyle sulanmaktadır. Yeşil alanlarda 40 cm dolgu toprağı kullanılmış olup, bu derinlik bazı alanlarda azalmaktadır. En yüksek kot 42,00 m, en düşük kot ise 40,00 m'dir. Sulamada kullanılan su kaynağı, alanın bitişiğinde bulunan ve ortak kullanıma açık olan 30 metre derinliğindeki kuyudur.



Şekil 3.6. T.C. Edirne Valiliği İl Tarım ve Orman Müdürlüğü yapı ve bahçesi karşıdan görünüşü

3.1.1.2 Kırklareli İli ve Çalışılan Alanlara İlişkin Bilgiler

Kırklareli, coğrafi koordinatları 41°44'-42°00' kuzey enlemleri ile 26°53'-41°44' doğu boylamları arasında yer almakta olup, deniz seviyesinden yüksekliği 203 m'dir. İlin yüzölçümü 6.555 km²'dir ve kuzeyde Bulgaristan, doğuda Karadeniz, batıda Edirne, güneydoğuda İstanbul ve güneyde Tekirdağ komşu sınırlarıdır. İç kesimlerinde genellikle karasal iklim etkisi görülürken, kıyı kesimleri Karadeniz iklimiyle karakterize olmaktadır. Kırklareli ilinin uzun yıllar ortalama sıcaklık değeri 13,8°C, yıllık ortalama yağış miktarı ise 585,6 mm olarak kaydedilmektedir (MGM, 2020).

Çalışma kapsamında Kırklareli ilinde üç farklı mahalle parkı incelenmiştir. Bunlar, Halil İbrahim Aktaş Çocuk Hakları Parkı ve Çocuk Oyun Alanı, Şehit Uzman Çavuş Anıl Yalap Çocuk Parkı ve Şehit Gökten Özüpek Çocuk Parkı'dır (Şekil 3.7). İlgili alanlar, sırasıyla Kırklareli merkezine bağlı olan Karakaş, İstasyon ve Karacaibrahim mahallelerinde yer almaktadır. Araştırma alanları Kırklareli Belediyesi'nin yönlendirmesiyle seçilmiştir.



Şekil 3.7. Kırklareli il merkezinde çalışılan alanlar

- Halil İbrahim Aktaş Çocuk Hakları Parkı ve Çocuk Oyun Alanı (Alan no 5);

Karakas Mahallesi'nde bulunan Halil İbrahim Aktaş Çocuk Hakları Parkı ve Oyun Alanı, Kırklareli Belediyesi tarafından 2014 yılında Sırtbağlar Mevkii'nde faaliyete geçirilmiştir. Park, oyun alanları, spor aletleri, oturma grupları ve Halil İbrahim Aktaş anıtı ile birlikte çocuk hakları bildiri metnini içermektedir (Arslan ve Ekici, 2023). Kırklareli Belediyesi'ne ait olan 2.800 m² alana sahip parkın, toplam 1.450 m²'si yeşil alandır (Şekil 3.8).



a. 5 yaş üstü çocuk oyun alanı ve dinlenme alanı



b. 0-5 Yaş çocuk oyun alanı ve spor aletleri

Şekil 3.8. Halil İbrahim Aktaş Çocuk Hakları Parkı ve Çocuk Oyun Alanı içeriden görünüş, a ve b

Park, uzun boylu ve yaprak döken gölge ağaçlarıyla birlikte farklı çalı gruplarıyla tasarlanmış peyzaj düzenine sahiptir. Bitki kompozisyonları, çim alanlarla birleştirilerek

oluşturulmuştur. Bitkilerin sulaması, otomatik yağmurlama sulama sistemiyle gerçekleştirilmektedir. İnşaat sırasında 30-40 cm derinliğindeki dolgu toprak, 205,00-207,00 m kotları arasında düzenlenmiştir. Alan, biri yüksek diğeri alçak olmak üzere iki ayrı parsel şeklinde rampa ve merdivenle ayrılmıştır. Üst kot eğimsiz, alt kot %2,50 eğimlidir. Su kaynağı olarak şehir şebekesi kullanılmaktadır.

- Şehit Uzman Çavuş Anıl Yalap Çocuk Parkı (Alan no 6);

İstasyon Mahallesi'nde yer alan Şehit Uzman Çavuş Anıl Yalap Çocuk Parkı, Kırklareli Belediyesi tarafından hizmet veren diğeri bir mahalle parkıdır. Park 2.000 m² toplam alanda 1.340 m² yeşil alana sahiptir. Ayrıca oturma birimleri ve çocuk oyun grubu gibi peyzaj öğeleri içermektedir (Şekil 3.9).

Peyzaj tasarımında, çalı grubu bitkilerle birlikte orta büyüklükte yaprak döken ağaçları içeren çim alanlar bulunmaktadır. İki ayrı kullanım amacına hizmet eden bölgeler bulunmaktadır. Çocuk oyun alanını içeren bölüm, daha açık bir düzenleme ve daha az bitkiyle tasarlanmıştır. Öte yandan, dinlenme ve oturma gruplarının yer aldığı alan ise daha zengin bir bitki örtüsüne sahiptir. Bu düzenleme, farklı kullanıcı gruplarının ihtiyaçlarına ve beklentilerine hitap etmek üzere yapılmıştır.



a. Parkın içinden donatı elemanları

b. Park meydanında bulunan anıt heykel

Şekil 3.9. Şehit Uzman Çavuş Anıl Yalap Çocuk Parkı içeriden görünüş, a ve b

Alandaki bitkiler, otomatik yağmurlama sulama sistemiyle sulanmaktadır. Peyzajın oluşturulmasında 30 ila 40 cm derinliğinde dolgu toprak kullanılmıştır. Alanın ortasından geçen 199,00 m kotu, her iki yana doğru eğimli olarak 198,00 m kotuna düzeltilmiştir. Yeşil alanlarda eğim %2,14 ile %1,60 arasında değişmektedir. Sulama için şehir şebekesi su kaynağı olarak kullanılmaktadır.

- Şehit Gökten Özüpek Çocuk Parkı (Alan no 7);

Karacaibrahim Mahallesi'nde bulunan parkın inşaatına 2017 yılında başlanmış ve 2018 yılında hizmete açılmıştır. 1.260 m² toplam alanın 640 m²'si yeşil alandır. Park, çeşitli yaş gruplarına yönelik çocuk oyun alanları, açık hava spor aletleri ve oturma birimleri bulunmaktadır (Şekil 3.10).

Park alanında, bodur çalı grupları ve vurgu amaçlı kullanılan iğne yapraklı ve geniş yapraklı ağaçlar, çim alanlarla birlikte peyzaj tasarımını oluşturmaktadır. Bitkiler, otomatik yağmurlama sulama sistemiyle sulanmaktadır. Yeşil alanlar için 30-40 cm derinliğinde dolgu toprak kullanılmış olup, en düşük kot 208,20 m ve en yüksek kot 208,70 m'dir. Eğim %1,40 ile %1,50 arasında değişkenlik göstermektedir.



a. Parkın içinden donatı elemanları



b. Çocuk oyun grubu

Şekil 3.10. Şehit Gökten Özüpek Çocuk Parkı içeriden görünüş, a ve b

3.1.1.3 Tekirdağ İli ve Çalışılan Alanlara İlişkin Bilgiler

Tekirdağ ili, 26°43'-28°08' doğu boylamı ve 40°36'- 41°31' kuzey enlemleri arasında yer alırken, denizden yüksekliği 0-200 metre arasında değişmektedir. İl, doğuda İstanbul ve kuzeyde Kırklareli ile komşudur. Karadeniz'e kuzeyde, Marmara Denizi'ne ise güneyde kıyısı bulunmaktadır ve yüzölçümü 6.313 km²'dir. Tekirdağ ilinde, kıyı bölgelerinde Akdeniz iklimi gözlemlenirken, iç kısımlarda karasal iklim etkindir. Çalışma yapılan alanlar, Tekirdağ iline bağlı Çorlu ilçesinde bulunmaktadır. Bu ilçe, yıllık ortalama yağış miktarı açısından Tekirdağ ilinin en az yağış alan bölgelerinden biridir ve bu değer 545 mm seviyesindedir. Ayrıca ilçede yıllık ortalama sıcaklık 12,6°C ve rakım ise 193 metre olarak kaydedilmiştir. Çorlu ilçesinde çalışılan alanların yerleri Şekil 3.11'de verilmiştir.



Şekil 3.11. Çorlu ilçesinde çalışılan alanlar

- Çorlu Masal Parkı (Alan no 8);

Çorlu Belediyesi Masal Parkı, Çorlu Belediyesi Park ve Bahçeler Müdürlüğü tarafından Önerler Mahallesinde 2022 yılında 23 Nisan Ulusal Egemenlik ve Çocuk Bayramı kutlamaları ile hizmete açılmıştır (Çorlu Belediyesi, 2022). 21.000 m² alanda kurulan ve 11.500 m² yeşil alana sahip parkta, farklı temalarda masal kahramanlarının maket alanları, gezinti ve dinlenme alanları, yapay gölet ve kafeterya gibi çeşitli olanakları ziyaretçilere sunmaktadır (Şekil 3.12). Alanın kullanım yoğunluğu ve bitki çeşitliliği araştırma için seçilmesinde etkili olmuştur.



a. Çorlu Belediyesi Masal Parkı yapay gölet



b. Çorlu Belediyesi Masal Parkı kafeterya alanı

Şekil 3.12. Çorlu Belediyesi Masal Parkı içeriden görünüş, a ve b

Alanın peyzajında kullanılan bitkiler oldukça çeşitlidir. İbrelili ve geniş yapraklı ağaçlar, mevsimlik çiçekler ve çim alanlar gibi çok çeşitli bitki türleri mevcuttur. Bu bitki çeşitliliği görsel olarak zengin ve çeşitli bir görüntü sunmaktadır.

Sulama otomatik yağmurlama ve damla sulama sistemi ile gerçekleştirilmektedir. Tüm alan yapılan kazı dolgu çalışmalarıyla en düşük kot 190,28 m ve en yüksek kot 193,04 m arasında tesviye edilmiştir. Alan, uzun kenarı boyunca %0,615, kısa kenarı boyunca %1,44 eğimlidir. Sulamada şehir şebekesiyle doldurulan depodan yararlanılmaktadır.

- Çorlu Nefes Park (Alan no 9);

Nefes Park, 2020'de inşaatına başlanan ve 2021'de Nusratiye Mahallesi'nde açılan bir parktır. Park 8.630 m² yeşil alan, 800 m² labirent olmak üzere toplam 13.000 m² alana sahiptir (Şekil 3.13). Alan Trakya bölgesinde toprak altı damla sulama ile sulanan ilk ve tek rekreasyon alanı olduğundan araştırma için seçilmiştir.



a. Çorlu Belediyesi Nefes Park



b. Çorlu Belediyesi Nefes Park yaya yolları

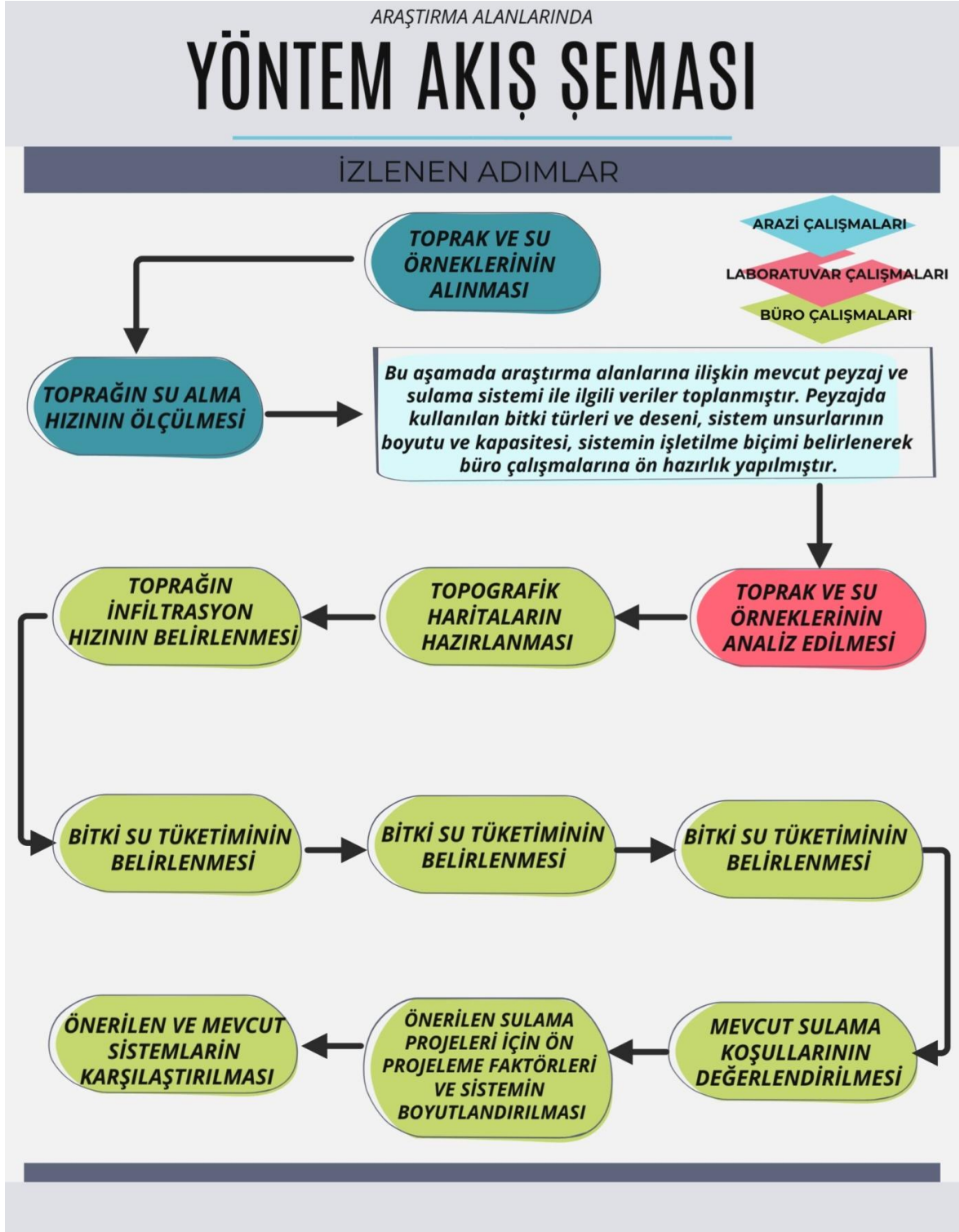
Şekil 3.13. Çorlu Belediyesi Nefes Park içeriden görünüşü, a ve b

Parkta çim alanlar içerisinde oluşturulmuş bitki yastıklarında çalı ve ağaççık türü bitkilerle oluşturulan peyzaj kompozisyonları, uzun boylu ve geniş yapraklı ağaçlar, ibrelili bitki türleriyle oluşturulmuş labirent peyzaj planını oluşturmaktadır.

Alanın sulaması otomatik toprak altı damla sulamayla gerçekleştirilmektedir. Çim alanlar yaklaşık 30 cm, bitki yastıkları 50 cm dolgu toprakla doldurulmuştur. Alandaki en düşük kot 181,00 m, en yüksek kot 186,00 m'dir. Yeşil alan ve yürüyüş yolları arazi boyunca kendi içinde tesviye edilmiştir. Eğim, uzun kenar boyunca soldan sağa doğru %3,10, kısa kenar boyunca yukarıdan aşağı %0,97 ve sağ köşeden sola doğru %1,98'dir. Su kaynağı olarak şehir şebekesi kullanılmaktadır.

3.2 Yöntem

Araştırma alanlarında kullanılan yöntem akış şeması aşağıda verilmiş (Şekil 3.14), ve detayları açıklanmıştır.



Şekil 3.14. Yöntem akış şeması

3.2.1 Arazi çalışmalarında kullanılan yöntemler

3.2.1.1 Toprak ve Su Örneklerinin Alınması

Araştırma alanlarındaki toprak özelliklerini belirlemek amacıyla seçilen noktalarda toprak profili açılarak 0-30 cm, 30-60 cm ve 60-90 cm derinliklerinden bozulmuş ve bozulmamış toprak örnekleri alınmıştır (Benami ve Diskin, 1965; Blake, 1965). Bozulmamış toprak örneklerinden hacim ağırlığı ve tarla kapasitesi değerleri belirlenirken, bozulmuş toprak örneklerinden solma noktası ve bünye sınıfı belirlenmiştir. Bozulmamış toprak örneklerinin alınmasında iç hacmi 100 cm³ olan örnek alma kabı ve çakma plakası kullanılmıştır (Şekil 3.15).



Şekil 3.15. Bozulmamış toprak örneği alma kabı ve çakma plakası

Araştırma alanlarında sulama için kullanılan su kaynakları, saha çalışmaları neticesinde tespit edilmiştir. Örnek almak için 2 litrelik cam kaplar kullanılmıştır. Kaplar, örnek alınacak suyla üç kez çalkalandıktan sonra tamamıyla doldurulmuştur. Plastik kapaklarla ağızları sıkıca kapatılarak en yakındaki laboratuvarında analiz edilmesi için etiketlenmiştir (Ayyıldız, 1990).

3.2.1.2 Toprağın Su Alma Hızının Ölçülmesi

Toprağın su alma (infiltrasyon) hızının belirlenmesinde, çift silindir infiltrometre kullanılmıştır (Doorenbos ve Pruitt, 1977). Ölçümler, açılan her bir toprak profili yanında iki tekerrürlü olarak yapılmış ve ortalamaları alınmıştır.

Çift silindir infiltrometre, birbirine iç içe geçebilen 2 mm kalınlığındaki metal silindirlerden oluşmaktadır. Dış silindirin çapı 40 cm, iç silindirin çapı ise 20 cm'dir. Her iki silindirin yüksekliği 40 cm'dir. İnfiltrasyon, toprak örneklerinin alındığı profil yanında, araziye yakın düz bir zemin üzerine 15-20 cm çakılarak sabitlenmiştir (Şekil 3.16). Her iki silindir eşit miktarda su ile doldurulmuş ve iç silindirden her seferinde aynı noktadan olacak biçimde belirli aralıklarla (10 dakika ara ile üç, 15 dakika ve 30 dakika ara ile ikişer, 60 dakika ara ile bir, 120 dakika ara ile bir kez) su seviyesi eşitlenene veya yakınsayana kadar ölçümler yapılmıştır (Orta, 2017).



Şekil 3.16. Çift silindir infiltrometre (Alan no 6)

3.2.2 Laboratuvar çalışmalarında kullanılan yöntemler

Arazi çalışmalarında alınan toprak ve su örnekleri Kırklareli Atatürk Toprak ve Su Araştırma Enstitüsü'nde analiz edilmiştir. Toprak örnekleri, Benami ve Diskin (1965) ve Blake (1965)'te, su örnekleri ise elektriksel iletkenlik, pH, anyon ve katyon açısından Ayyıldız (1990)'da belirtilen esaslarına göre analiz edilerek kalite sınıfı belirlenmiştir.

3.2.3 Büro çalışmalarında kullanılan yöntemler

3.2.3.1 Yararlanılan Topografik Haritalar

Topografik veriler, farklı kurum ve kişilerden temin edilmiştir. Edirne'deki Selimiye Cami ve Edirne Valiliği İl Tarım ve Orman Müdürlüğü'ne ait haritalar, Edirne Belediyesi İmar ve Şehircilik Müdürlüğü'nden sağlanmıştır. TED Edirne Koleji ve Çocuk Trafik Eğitim Parkı'na ait topografik haritalar ise bir mimari ofisten temin edilmiştir. Kırklareli ve Tekirdağ

illerindeki araştırma alanlarının topografik haritaları ise Kırklareli Belediyesi Park ve Bahçeler Müdürlüğü ile Çorlu Belediyesi Park ve Bahçeler Müdürlüğü'nden alınmıştır.

3.2.3.2 Toprağın İnfiltrasyon Hızının Belirlenmesi

Arazi çalışmalarında yapılan çift silindir infiltrometre ölçümlerinde edinilen veriler kullanılarak eklemeli su alma hızı grafiği EXCEL programı ile oluşturulmuştur. Laboratuvar çalışmalarıyla belirlenmiş olan toprak yapılarına göre yapılan işlemler aracılığıyla toprağın gerçek infiltrasyon hızı hesaplanmıştır (Orta, 2017).

3.2.3.3 Bitki Su Tüketiminin Belirlenmesi

Araştırma alanlarında referans bitki su tüketimi (ET_o) ve bitki katsayısının (k_c) belirlenmesinde, CROPWAT ve CLIMWAT bilgisayar programı kullanılmıştır. Hesaplamalar, kısa dönem için çok sayıda iklim verisinin değerlendirildiği Penman Monteith yöntemine göre yapılmıştır. Bitki su tüketiminin pik olduğu Temmuz ayı için belirlenen referans bitki su tüketimi değerleri dikkate alınmıştır.

3.2.3.4 Mevcut Sulama Koşullarının Değerlendirilmesi

Araştırma alanlarının mevcut sulama koşulları değerlendirilmek üzere AutoCAD bilgisayar programı kullanılarak üç farklı planlama paftası hazırlanmıştır. Bu paftalar, araştırma alanlarının topografik yapısını, su kaynağı konumunu, infiltrasyon testi noktalarını ve bitki örtüsünü gösteren kot ve peyzaj planını içermektedir. Ayrıca, mevcut sulama yöntemini ve sistem unsurlarını detaylandıran yağmurlama başlık yerleri ve örtme deseni ile su iletim ve dağıtım hatlarını içeren planlar da bulunmaktadır.

Arazi çalışmalarıyla edinilen bilgilerin derlendiği bir anket formu oluşturularak her alan için doldurulmuştur. Hazırlanan 1 numaralı araştırma alanına ilişkin anket formu örnek olarak Çizelge 3.1'de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Çalışma alanına ilişkin anket formu (Alan no 1)

Çalışma Alanına İlişkin Anket Formu	
Çalışma alanının adres bilgileri	
Alan no	1
Adı	Edirne Selimiye Cami
Adresi	Meydan, Mimar Sinan Caddesi, Edirne/Merkez

Çizelge 3.1. Çalışma alanına ilişkin anket formu (Alan no 1) (devamı)

Mülkiyet durumu	Sultan Selim Vakfı
Çalışma Alanına İlişkin Bilgiler	
Büyüklüğü	22.202 m ²
Kroki	EK1
Peyzaj planı	EK1
Mevcut sulama yöntemi /yöntemleri	Yağmurlama sulama yöntemi
Su Kaynağı Özellikleri	
Su kaynağı cinsi	Şehir şebekesi ile doldurulan yer altı sarnıcı
Su kaynağı kotu	69,00 m
Su kaynağı debisi	3,33 L/s
Su kaynağı kalitesi	T2A1
Pompa biriminde kullanılan enerji türü	Elektrik
Bitki Özellikleri	
Mevcut bitki deseni	
Yer örtücü	Çim
Tek yıllık	Yok
Çok yıllık	Yok
Çalı	<i>Rosa chinensis</i>
Ağaç ve ağaççık	<i>Aesculus carnea</i> , <i>Fraxinus excelsior</i> , <i>Morus nigra</i> 'Pendula', <i>Lagerstroemia indica</i> , <i>Platanus orientalis</i>
Çimin biçilme sıklığı / aralığı	Nisan-Eylül ayları boyunca ayda bir kez
Çimin biçilme yüksekliği	2-3 cm
Biçim öncesi yükseklik	5-6 cm
Biçim sonrası yükseklik	2 cm
Mevsimlik bitkilerin ekim/söküm tarihi	Yok
Etkili kök derinliği	Çim için 30 cm, çalı için 45 cm, ağaç ve ağaççıklar için 45 cm (mevcut sınırlayıcı etmenler nedeniyle)
Toprak özellikleri	
Toprak bünyesi	Kil %27,50, silt %29,10, kum %43,50
Toprak bünye sınıfı	Killi tın
Tarla kapasitesi	%19,47
Solma noktası	%8,34
Hacim ağırlığı	1,28 g/cm ³
Etkili toprak derinliği	45 cm

Çizelge 3.1. Çalışma alanına ilişkin anket formu (Alan no 1) (devamı)

Toprağın su alma hızı	22,00 mm/h
Sınırlayıcı etmenler	Toprakta açılan profilde gözlenen 45 cm derinlikten başlayarak 60 cm derinliğe kadar inşaat artıkları nedeniyle daha derine inilememiştir.
Mevcut Sulama Sistemi Özellikleri	
Mevcut sisteminin planı	sulama EK2 ve EK3
Sistemin biçimi	işletilme Otomatik
Kullanılan pompa tipi ve özellikleri	Yatay milli santrifüj elektrikli pompa kullanılmaktadır.
Otomasyonda kullanılan ünitesi	kontrol İç mekan tipi 6 ve 8 istasyonlu kontrol ünitesi kullanılmaktadır.
Sistemde kullanılan sensor ve özellikleri	Sensor bulunmamaktadır.
Kontrol birimi	Kontrol birimi bulunmamaktadır.
Boru Hatları	
Ana boru hatları	
Malzemenin cinsi	PN 10 Polietilen
Boru çapı	50 mm dış çaplı
İşletme basıncı	4,30 bar
Boruların konumu	Gömülü
Lateral boru hatları	
Malzemenin cinsi	PN 10 Polietilen
Boru çapı	50 mm dış çaplı
İşletme basıncı	3,70 bar
Boruların konumu	Gömülü
Kılcal boru hatları	
Malzemenin cinsi	PN 16 Polietilen
Boru çapı	20 mm dış çaplı
İşletme basıncı	2,50 bar
Boruların konumu	Gömülü
Yağmurlama başlığı özellikleri	
Başlık tipi	Pop up rotor ve sprej olmak üzere iki çeşittir.
Üretildiği cinsi	malzeme Rotor başlıklar plastik malzeme ve kauçuk kapaklı, sprej başlıklar plastik malzemedendir.
İşletme basıncı	Her iki başlık 2,50 bar işletme basıncıyla çalışmaktadır.
Islatma yarıçapı (180° çalışma açısı için)	Rotor başlıklar 9,80 metre ve 7,00 metre ıslatma yarıçapına sahiptir. Sprej başlıklar ise 5,20 metre ıslatma yarıçapına sahiptir.
Debisi (180° çalışma açısı için)	Rotor başlıklarda, 0,30 m ³ /h ve 0,32 m ³ /h; sprej başlıkta ise 0,47 m ³ /h'tir.

Çizelge 3.1. Çalışma alanına ilişkin anket formu (Alan no 1) (devamı)

Tertip aralığı	Rotor başlıklarda 10,00 metre ve 7,50 metre; sprej başlıklar 4,50 metredir.
Başlıklarda kullanılan nozul özellikleri	Sprej başlıklarda herhangi bir nozul yoktur. Rotor başlıklarda ise; 2.0-4.0-6.0 bir seri, 0.75-1.5-3.0 olmak üzere ayrı bir seri nozul kullanılmaktadır.
Damla sulama manifold boru hatları	
Malzemenin cinsi	PN 10 Polietilen
Boru çapı	32 mm dış çaplı
İşletme basıncı	-
Boruların konumu	Gömülü
Damla sulama lateral boru hatları	
Malzemenin cinsi	-
Boru çapı	-
İşletme basıncı	-
Boruların konumu	-
Malzemenin tipi	-
Debisi	-
Damlatıcı aralığı	-
Diğer	Damla sulama sistemi, alandaki dış etmenler nedeniyle iptal edilmiştir. Manifold boru hattı ve selenoid vanası alanda bırakılmış ancak lateral borular alandan kaldırılmıştır.
Sistemin kullanılmasına ilişkin bilgiler	
İşletme basıncı	2,50 bar
Sulama aralığı	Mart ve Eylül ayları boyunca her gün sulanmaktadır.
Sulama süresi	Her işletme birimi 30 dakika sulanmaktadır.
Uygulanan su miktarı	3,3 mm

3.2.3.5 Önerilen Sulama Projeleri İçin Ön Projeleme Faktörleri ve Sistemin Boyutlandırılması

Kaynak araştırmasıyla elde edilen veriler doğrultusunda, ne kadar, ne aralıkla ve ne süreyle sulama yapılacağı gibi sorular bu alt başlık altında belirtilmiştir.

Yağmurlama sulama projelerinde öncelikle her sulamada uygulanacak net ve toplam sulama suyu miktarları ile bitki su tüketiminin en yüksek olduğu periyot için sulama aralığı hesaplanmaktadır. Yağmurlama sulama yönteminde, su uygulama randımanı %80 alınmaktadır (Orta, 2017).

- Toprak analizi ile elde edilen tarla kapasitesi, solma noktası ve hacim ağırlığı değerlerinden her alan için kullanılabilir su tutma kapasitesi hesaplanmıştır. Her

sulamada uygulanacak sulama suyu miktarı, kullanılabilir su tutma kapasitesinin (KSTK) derinlik cinsinden ifade edilmesi koşulunda;

$$d_{n \max} = d_k \times D \times R_y \quad (3.1)$$

eşitliği ile hesaplanmıştır. Eşitlikte; $d_{n \max}$, her sulamada uygulanacak maksimum net sulama suyu miktarı (mm), R_y , kullanılabilir su tutma kapasitesinin tüketilmesine izin verilen kısmı (%); d_k , kullanılabilir su tutma kapasitesi; D , ıslatılacak toprak derinliğidir (m).

Rekreasyon alanlarında ağırlıklı bitki çimdir. Araştırma alanlarının tümünde bulunan serin iklim çimlerinde, etkili kök derinliğindeki kullanılabilir su tutma kapasitesinin %30'u tüketildiğinde sulamaya başlanmaktadır (Orta, 2017).

- Sulama uygulamalarında dikkate alınacak maksimum sulama aralığı;

$$SA_{\max} = \frac{d_{n \max}}{ET_{\max}} \quad (3.2)$$

eşitliği ile hesaplanmıştır. Eşitlikte; $SA_{\max}$, maksimum sulama aralığı (gün); $d_{n \max}$, her sulamada uygulanacak maksimum net sulama suyu miktarı (mm); $ET_{\max}$, maksimum bitki su tüketimidir (mm/gün).

Sulama aralığı hesaplanırken $SA \leq SA_{\max}$ olacak şekilde hesaplanabilir. Ancak, sulama aralığı değerinin çok fazla düşürüldüğü durumda toprak havalanması zorlaşır, ıslak yüzey nedeniyle mantar kaynaklı hastalık riski artar. Koşullar göz önünde tutularak uygun değer belirlenmelidir (Orta, 2017).

- Her sulamada uygulanacak toplam sulama suyu miktarı;

$$d_t = \frac{d_n}{E_a} \quad (3.3)$$

eşitliği ile hesaplanmıştır. Eşitlikte; d_t , her sulamada uygulanacak toplam sulama suyu miktarı (mm); d_n , her sulamada uygulanacak net sulama suyu miktarı (mm); E_a , su uygulama randımanıdır. Su uygulama randımanı projelendirme sırasında 0,80 alınabilir.

- Sulama süresi;

$$T_a = \frac{d_t}{I_y} \quad (3.4)$$

eşitliği ile hesaplanmıştır. Eşitlikte; T_a , sulama süresi (h); d_t , her sulamada uygulanacak sulama suyu miktarı (mm); I_y , yağmurlama hızıdır (mm/h).

Sulanacak alanın gereksinimlerine uygun yağmurlama başlığı seçiminde, toprağın su alma hızı, bitki türleri, rüzgâr şartları ve basınç limitleri kritik öneme sahiptir. Başlığın uygunluğu, tertip aralığı içinde suyun toprağa geçiş hızından daha düşük bir yağmurlama hızına sahip olmasına dayanmaktadır. Yağmurlama başlığında, çalışma basıncının yükselmesi, sistem maliyetlerini artırabilir; bu nedenle, işletme maliyetleri göz önünde bulundurularak optimal işletme basınç değerleri tercih edilmelidir. Sulama projelerinde seçilen başlıklarda, aynı basınçta farklı debilere sahip nozulların bulunması önemlidir. Islatma açısı ayarlanabilen ve ayarlanan konumun sabitlenmesine olanak tanıyan, önerilen tertip biçiminde homojen bir su dağılımı sağlayabilen, düşük kotlarda sızmayı önleyen bir akış kontrol sistemi olan ve yedek parça temini sorunsuz başlıkların seçilmesi sistemi ön görülebilir ve uzun ömürlü olarak planlanmasına olanak tanımaktadır (Orta, 2017). Tertip düzenine göre, yağmurlama hızı;

- Tertip biçimi dikdörtgen ve ya kare olduğundan,

$$I_y = \frac{360000 \times q}{\Phi \times S_1 \times S_2} \quad (3.5)$$

eşitliği ile hesaplanmıştır. Eşitlikte; I_y , yağmurlama hızı (mm/h); q , başlık debisi (m³/h); Φ , başlığın çalışma açısı (°); S_1 , lateral aralığı (m); S_2 , başlık aralığıdır (m).

Yapılan hesaplamalarla toplam maksimum net sulama suyu miktarı ve buna bağlı olarak sulama aralığı belirlenmiş, yağmurlama sulama sisteminin su uygulama randımanına göre uygulanacak toplam sulama suyu ve sulama süresi elde edilmiştir. Böylece sistem kapasitesi belirlenerek maksimum ve minimum işletme birimi sayıları hesaplanabilmektedir (Orta, 2017).

- Sulama alanına yerleştirilebilecek maksimum işletme birimi sayısı;

$$N_{\max} = \left(\frac{T_g}{T_a} \right) \times SA \quad (3.6)$$

- Sulama alanına yerleştirilebilecek minimum işletme birimi sayısı;

$$N_{\min} = \frac{\sum q}{Q} \quad (3.7)$$

eşitlikleri ile belirlenmiştir. Eşitliklerde; $N_{\max}$, maksimum işletme birimi sayısı; T_g , günde sulama yapılabilecek süre (h/gün); T_a , sulama süresi (h); SA , sulama aralığı (gün); $N_{\min}$, minimum işletme birimi sayısı; $\sum q$, alandaki başlıkların toplam debisi (m^3/h), Q , su kaynakları debisidir (m^3/h).

Sistem masrafları göz önünde bulundurularak oluşturulacak işletme birimi sayısı, $N_{\max}$ ve $N_{\min}$ değerleri arasında seçilmelidir. İşletme birimi sayısı arttıkça sistem debisi düşer ancak kullanılacak vana, kontrol ünitesi vb. sistem unsurları artacağından kurulum masrafı artmaktadır. Bunun için en ekonomik işletme birimi sayısı tüm unsurlar dikkate alınarak seçilmelidir. Hesaplamalardaki günde sulama yapılabilecek süre ile sulama süresi oranından elde edilen değer, bir alt tam sayı alınmalıdır (Orta, 2017).

Sistem tertibinden sonraki aşama lateral boruların çapının belirlenmesidir. Bunun için lateralın uzunluğu, hizmet ettiği işletme birimindeki başlık sayısı ve bu başlıklara ait debilerin bilinmesi gerekmektedir. Bir lateralın debisi, hizmet ettiği başlık adedi ve sahip oldukları debiyle çarpılır, elde edilen değerler toplanarak hesaplanır. Bir işletme biriminde izin verilen yük kayıpları başlık işletme basıncının %20'sini aşmamalıdır (Orta, 2017).

$$h = 0,2 \times h_0 \quad (3.8)$$

Eşitlikte; h , işletme biriminde izin verilen yük kayıpları (bar); h_0 , başlık işletme basıncıdır (bar).

Lateral boruların döşendiği eğim nedeniyle yük kayıpları oluşmaktadır. Bunun için lateralde suyun bayır yukarı ilerlediği kritik bölüm için lateral boyunca izin verilen yük kayıpları (3.9) numaralı eşitlikle tespit edilmiştir. Eşitlikte; h_L , lateral boyunca izin verilen yük kayıpları (m); h , işletme biriminde izin verilen yük kayıpları (m); h_{gL} , lateral eğimidir (m). Hesaplamalarda, h_{gL} 'nin işareti bayır yukarı eğimde (-), bayır aşağı eğimde (+) alınmıştır.

$$h_L = h \pm h_{gL} \quad (3.9)$$

Lateral borularda suyun akış hızı 0,5 ila 2 m/s arasında olması istenmektedir, ancak uygulamada bu hızın 1,5 m/s olması tercih edilmektedir. Seçilen boru çapında oluşan yük kaybı (3.9) numaralı eşitlikte belirlenen değerden büyük olmamalıdır. Bu koşullar dikkate alınarak üretici firmaların belirlediği yük kayıp cetvellerinden yararlanılarak ilgili boru çapı ve debi değerindeki yük kayıpları belirlenerek uygun olanı seçilmiştir. Laterale suyun girdiği nokta seçimin yapılacağı debiyi etkilemektedir. Suyun lateral boruya ortadan verildiği koşullarda mevcut debinin ve lateral boyunun yarısı dikkate alınarak hesaplamalar yapılmıştır (Orta, 2017).

Lateral boru çapı belirlendikten sonraki adım ise lateral giriş basıncının belirlenmesidir. Bunun için, başlığın işletme basıncı, borularda sürtünmeden dolayı oluşan yük kaybı, kılcal boru ve diğer bağlantı elemanları nedeniyle oluşan yersel kayıplar ile lateral eğimi hesaplamalara dahil edilmektedir. Yersel kayıplar, lateraldeki sürtünme kaybının %10'u kadar alınmaktadır. Bu aşamada lateral eğimi bayır yukarı olduğunda pozitif, bayır aşağı eğimde negatif olmaktadır (Orta, 2017). Lateral giriş basıncı (3.10) numaralı eşitlikle hesaplanmıştır. Eşitlikte; H_L , lateral giriş basıncı (m); h_o , başlık işletme basıncı (m); h_{fL} , lateral borularda sürtünmeden kaynaklı yük kayıpları (m); h_{yL} , yersel kayıplar (m); h_{gL} , lateral eğimidir (m).

$$H_L = h_o + h_{fL} + h_{yL} \pm h_{gL} \quad (3.10)$$

Ana boru çapının belirlenmesinde, oluşturulan işletme birimlerinde en yüksek debiye sahip (kritik işletme birimi) olan dikkate alınmaktadır. Bu değer sistemin taşıyacağı maksimum debi değeri olduğundan diğer işletme birimlerini rahatlıkla çalıştıracaktır. Lateral boru seçiminde kullanılan debi değeri ve yük kaybı cetvelinden yararlanılarak aynı kriterlerde uygun boru çapı, akış hızı ve yük kaybı belirlenmiştir. Selenoid vana için işletme birimlerinin debilerine karşılık gelen üretici firmanın sunduğu yük kaybı – debi tablosunda uygun çap seçilir ve her işletme birimi için seçilen çapa karşılık gelen yük kaybı giriş basıncına eklenmiştir (Orta, 2017). Ana boru hattında istenen basınç (3.11) numaralı eşitlikle hesaplanmıştır. Eşitlikte; H , ana boru hattında istenen basınç (m); H_a , işletme birimi girişinde ana boru hattında istenen basınç (m); h_f , yük kaybı (m); h_g , ana boru eğimidir (m). Hesaplamalarda ana boru eğimi bayır yukarı olduğunda (+), bayır aşağı olduğunda (-) alınmıştır.

$$H=H_a+h_f\pm h_g \quad (3.11)$$

Takip edilen aşamaların sonucunda filtre, kontrol ünitesi ve pompa birimi seçilmektedir. Pompa birimi seçiminde ana boru hattında istenen basınç (H), kontrol birimindeki yük kayıpları (h_{kb}), kuyu statik emme yüksekliği (h_{se}), emme hattındaki yük kayıpları (h_y) toplanarak, manometrik yükseklik değeri hesaplanmıştır:

$$H_m=H+h_{kb}+h_{se}+h_y \quad (3.12)$$

Damla sulama sisteminde ön projelendirme faktörleri ve sistemin boyutlandırılması aşamaları aşağıda verilmiştir.

- Her sulamada uygulanacak maksimum net sulama suyu miktarı, kullanılabilir su tutma kapasitesinin (KSTK) derinlik cinsinden ifade edilmesi koşuluyla;

$$d_{n\max}=d_k \times D \times R_y \times P \quad (3.13)$$

eşitliği ile hesaplanmıştır. Eşitlikte; $d_{n\max}$, her sulamada uygulanacak maksimum net sulama suyu miktarı (mm); R_y , kullanılabilir su tutma kapasitesinin tüketilmesine izin verilen kısmı (%); d_k , kullanılabilir su tutma kapasitesi (mm/m); P , ıslatma oranı (%); D , ıslatılacak toprak derinliğidir (m).

Damla sulama uygulamalarında kullanılabilir su tutma kapasitesinin tüketilmesine izin verilen kısmı bitkinin kuraklık toleransına bağlı olarak %30 ila %40 civarında alınmaktadır. Hesaplanan her sulamada uygulanacak net su miktarı, proje mühendisi veya işletmeci tarafından $d_n \leq d_{n\max}$ olacak biçimde azaltılabilir (Orta, 2017).

- Her sulamada uygulanacak toplam sulama suyu miktarı;

$$d_t = \frac{d_n}{E_a} \quad (3.14)$$

eşitliği ile hesaplanmıştır. Eşitlikte; d_t , her sulamada uygulanacak toplam sulama suyu miktarı (mm); d_n , her sulamada uygulanacak net sulama suyu miktarı (mm); E_a , su uygulama randımanıdır (%). Su uygulama randımanı projelendirmede 0,85 alınabilir ve damlatıcıların basınç regülatörlü seçilmesi durumunda %5 arttırılabilmektedir (Orta, 2017).

Damla sulama yönteminde, ıslatılan alan genellikle bitki tacı tarafından gölgelenmektedir ve alanın tamamı ıslatılmamaktadır. Dolayısıyla topraktan buharlaşma (evaporasyon) ile su kaybı daha düşük gerçekleşmektedir (Orta, 2017). Bitki su tüketimi tahminleri tüm alanın ıslatıldığı koşullara dayandığından damla sulama yöntemi için bitki su tüketimi;

$$T = ET \times \frac{P_s}{85} \quad (3.15)$$

eşitliği ile hesaplanmıştır. Eşitlikte; T, damla sulama yönteminde bitki su tüketimi (mm/gün); ET; bitki su tüketimi (mm/gün); P_s, bitki tarafından gölgelenen alan yüzdesidir (%). Bitki tarafından gölgelenen alan, tasarım aşamasında bitkinin maksimum vejetatif büyümesiyle oluşturduğu gölge alanın yüzdesi olarak alınmaktadır. Sık dikilen süs bitkileri için %80, geniş aralıklarla dikilen ağaç ve ağaççıklar için %70 olarak alınmıştır (Orta, 2017).

- Sulama uygulamalarında dikkate alınacak maksimum sulama aralığı;

$$SA_{\max} = \frac{d_{n \max}}{T} \quad (3.16)$$

eşitliği ile hesaplanmıştır. Eşitlikte; SA_{max}, maksimum sulama aralığı (gün); d_{n max}, maksimum net sulama suyu miktarı (mm); T, damla sulama yönteminde bitki su tüketimi (mm/gün). Sulama aralığı, sulama mühendisi veya işletmeci tarafından uygun görüldüğü takdirde SA ≤ SA_{max} olacak şekilde azaltılabilmektedir (Orta, 2017). Ancak, aşırı su uygulaması yapılmaması için uygulanacak net sulama suyu miktarı;

$$d_n = T \times (SA) \quad (3.17)$$

eşitliği ile hesaplanmalıdır.

- Damla sulama sisteminde sulama süresi;

$$T_a = \frac{1000 \times d_t}{q \times N} \quad (3.18)$$

eşitliği ile belirlenmiştir. Eşitlikte; T_a, sulama süresi (h); d_t, uygulanacak toplam sulama suyu miktarı (mm); q, damlatıcı debisi (L/h); N, birim alandaki damlatıcı sayısıdır (adet/da). Eşitlikten elde edilen sulama süresinin, bir günde sulama yapılabilen süreden uzun

olmamasına dikkat edilmelidir. Aksi durumla karşılaşıldığında sorunun çözümü için sulama aralığını azaltmak ya da damlatıcı debisini artırmak gerekmektedir (Orta, 2017).

Etkin bir damla sulama sisteminin planlanmasında en kritik adımın damlatıcı seçimi olduğu yukarıda vurgulanmıştır. Seçilen damlatıcıya göre arazinin bitki düzeni ve topografyasına uygun bir sistem tertibi yapılmalıdır. Bu düzenleme sürecinde, lateral boruların uzunluğunun 100 metreyi aşmamasına özen gösterilmeli ve borular, arazinin şekline uygun olarak tesviye eğrilerine paralel veya bayır aşağı yerleştirilmelidir. Manifold borular, mümkün olduğunca iki yönlü hizmet vermelidir ve lateral boru hatları gibi eğime uygun bir şekilde döşenmelidir. Sistemin kurulumuyla ilgili ilk yatırım ve işletme masrafları titizlikle hesaplanmalı ve en uygun maliyetli ve verimli sulama yöntemi kurulmalıdır (Orta, 2017).

Damla sulama sistemlerinde homojen su dağılımı elde edilmesi için işletme biriminde izin verilen yük kaybı, işletme basıncının %15 ile %20'si kadar olmalıdır. Bu oran, (2.16) numaralı eşitlikteki x değerinin 0,85'ten büyük olduğu koşullarda %15, küçük olduğu damlatıcılarda %20 alınmaktadır. İşletme birimlerindeki yük kayıplarının en çok %55'i lateral boru hatlarında, %45'inin ise manifold boru hatlarında oluşması istenmektedir (Orta, 2017). Bu doğrultuda,

- Lateral boru hatlarında izin verilen yük kaybı;

$$h_l = 0,55 \times h \pm h_{gl} \quad (3.19)$$

eşitliği ile belirlenmiştir.

- Manifold boru hatlarında izin verilen yük kaybı;

$$h_m = 0,45 \times h \pm h_{gm} \quad (3.20)$$

eşitliği ile belirlenmiştir. Eşitliklerde; h_l , lateral boyunca izin verilen yük kayıpları (m); h_m , manifold boru hatları boyunca izin verilen yük kayıpları (m); h , işletme birimlerinde izin verilen yük kayıpları ($h = (0,15-0,20) \times h_o$); h_o , işletme basıncı (m); h_{gl} , lateral boyunca eğimden kaynaklı yükseklik farkı (m); h_{gm} , manifold boyunca eğimden kaynaklı yükseklik farkıdır (m). h_{gl} ve h_{gm} 'nin işareti bayır aşağı eğimde (+), bayır yukarı eğimde (-) alınmıştır.

Lateral ve manifold boru çapları seçilirken, yük kaybı – debi tablolarından yararlanılarak yük kayıpları hesaplanmıştır. Hesaplanan değer, azaltma (F) faktörü

izelgesinde karşılık gelen değer ile düzenlenerek izin verilen yk kaybını aşmayacak boru çapı seçilmiştir (Orta, 2017).

3.2.3.6 Mevcut Sistemlerle nerilen Sistemlerin Karşılaştırılması

Araştırma alanlarında elde edilen veriler doğrultusunda, n projelendirme faktörleri belirlenmiş, sistem tasarımı yapılmış ve sistem unsurları boyutlandırılmıştır. Daha sonrasında önerilen sulama sistemleri, mevcut sistemler ile karşılaştırılarak mevcut ve önerilen sistemler arasında farklılıklar belirlenmiş ve varsa bu farkların nedenleri ortaya konmaya çalışılmıştır.



4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1 Toprak ve Su Örnekleri Analiz Sonuçları

Elde edilen toprak örneklerinin fiziksel analizleri, bünye, tarla kapasitesi, solma noktası ve hacim ağırlığı verileri üzerinden yapılmış ve böylelikle kullanılabilir su tutma kapasiteleri belirlenmiştir (Çizelge 4.1). Elde edilen sonuçlara göre toprak bünye sınıfları arasında belirgin farklar bulunmamaktadır; bu sınıflar genellikle killi tın ile kumlu killi tın arasında değişmektedir. Kullanılabilir su tutma kapasitesi değerleri incelendiğinde, en düşük değer 8 numaralı işletme biriminde 105,00 mm/m olarak belirlenmişken, en yüksek değer ise 4 numaralı işletme biriminde 185,12 mm/m olarak tespit edilmiştir. Ayrıca, toprak örneklerinin alınması sırasında, toprak derinliğinde bazı sınırlayıcı etmenler tespit edilmiş; dolgu toprağın altında inşaat artıkları, moloz ve taş gibi malzemelerin olduğu gözlemlenmiştir. Bu materyaller geçirimsiz tabaka oluşturmuş ve etkili toprak derinliği, bu tabakaya kadar olan toprak derinliği olarak tanımlanmıştır.

Çizelge 4.1. Toprak örneklerine ilişkin analiz sonuçları

Alan no	Toprak bünyesi	Bünye sınıfı	Tarla kapasitesi (%)	Solma noktası (%)	Hacim ağırlığı (g/cm ³)	KSTK (mm/m)	Etkili toprak derinliği
1	Killi tın	Orta	19,47	8,34	1,28	142,47	45 cm
2	Kumlu killi tın	Hafif	19,02	7,90	1,50	166,80	40 cm
3	Kumlu killi tın	Hafif	15,51	6,77	1,63	142,46	40 cm
4	Tın	Orta	24,56	11,79	1,45	185,12	40 cm
5	Kumlu killi tın	Hafif	16,35	5,96	1,65	171,44	40 cm
6	Kumlu killi tın	Hafif	16,99	5,66	1,60	181,28	40 cm
7	Kumlu killi tın	Hafif	19,15	8,97	1,61	163,90	40 cm
8	Kumlu tın	Hafif	25,50	15,00	1,70	105,00	50 cm
9	Kumlu tın	Hafif	22,30	15,00	1,64	120,00	70 cm

Çizelge 4.1’de görüldüğü üzere 1, 3, 5, 6 ve 7 numaralı alanlarda toprak bünyesi ve kullanılabilir su tutma kapasitesi değerleri uyuyurken, 2 ve 4 numaralı alanlarda bünyeye göre daha yüksek, 8 ve 9 numaralı alanlarda ise bünyeye göre KSTK değerleri daha düşük düzeydedir. Bunun nedenleri arasında dolgu toprağının kullanılması, toprağın yapısı, organik madde içeriği, vb. etmenler sayılabilir.

Araştırma alanlarından alınan su örneklerinin analiz sonuçlarında sulamaya engel teşkil edecek herhangi bir sorunla karşılaşılmamıştır. Alanlarda kullanılan sulama sularının kalite sınıfı Çizelge 4.2’de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Su örneklerine ilişkin analiz sonuçları

Alan no	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Kalite Sınıfı	T2A1	T2A1	T2A1	T2A1	T1A1	T1A1	T1A1	T2A1	T2A1

4.2 Toprağın Su Alma Hızı Sonuçları

Araştırma alanlarında ölçülen toprağın su alma hızı değerleri (I, mm/h) Çizelge 4.3’te verilmiştir. Çizelgede görüldüğü üzere en düşük infiltrasyon hızı 6 numaralı işletme biriminde 1,80 mm/h, en yüksek infiltrasyon hızı 7 numaralı işletme biriminde 22,46 mm/h olarak saptanmıştır.

Çizelge 4.3. Toprağın su alma hızı sonuçları

Alan no	1	2	3	4	5	6	7	8	9
I (mm/h)	22,00	8,18	22,46	6,55	2,24	1,80	26,50	15,00	20,00

Toprak bünyesi, kullanılabilir su tutma kapasitesi ve infiltrasyon hızı arasında belirli bir ilişki bulunmaktadır. Kullanılabilir su tutma kapasitesi arttıkça, toprak içinde suyun hareketi yavaş gerçekleştiğinden infiltrasyon hızı düşük olmaktadır. Çizelge 4.3’te görüldüğü üzere infiltrasyon hızı 3 ve 4 numaralı alanlarda beklenen düzeyde, 1, 2 ve 7 numaralı alanlarda beklenenden yüksek, 5, 6, 8 ve 9 numaralı alanlarda ise beklenenden düşüktür. İnfiltrasyon hızının beklenen düzeyden yüksek veya düşük olması, topraktaki organik madde miktarı, bitki örtüsü, toprağın işlenme durumu gibi faktörlere dayanmaktadır. Özellikle ölçüm yapılan alanlarda toprak derinliğinde sınırlayıcı etmenler bulunmaktadır ve oldukça sığ bir toprak derinliği söz konusudur. Rekreasyon alanlarında bitki örtüsünden uzak ve tamamıyla alanın toprak özelliğini yansıtan bir bölgenin varlığı her zaman mümkün olmamaktadır. Bu nedenle daha doğru ve hassas sonuçlara ulaşılabilmesi için çift silindir infiltrometreden farklı yöntemlerin kullanılması düşünülebilir.

4.3 Bitki Su Tüketimi Sonuçları

Araştırma alanlarında yer alan hakim bitki çimdir. Söz konusu alanlarda serin iklim çim türleri için CROPWAT ve CLIMWAT bilgisayar programları aracılığıyla hesaplanan (pik

değer Temmuz ayı için) maksimum günlük bitki su tüketimi değerleri Çizelge 4.4'te verilmiştir. Hesaplamalarda bitki katsayısı (k_c) 1,0 olarak alınmıştır.

Çizelge 4.4. Araştırma alanlarının maksimum günlük su tüketim değerleri

Alan no	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$ET_{c\ max}$ (mm /gün)	5,35	5,35	5,35	5,35	5,66	5,66	5,66	5,80	5,80

4.4 Mevcut ve Önerilen Sulama Sistemi Unsurları ve İşletme Biçimi

4.4.1 Alan No 1

4.4.1.1 Mevcut Durum

Alanın sulamasıyla ilgili olan mevcut durumu değerlendirmek için hazırlanan planlama paftaları kapsamında, 3.2.3.1 numaralı bölümde belirtildiği üzere elde edilen imar planı temel alınmıştır. Bu plan, AutoCAD bilgisayar programı kullanılarak 1/500 ölçekli bir taslak (EK-1) olarak çizilmiştir. Bu kroki, alanın kotları, su kaynağının konumu, infiltrasyon testi noktaları, sert zemin alanları ve yeşil bölgeleri detaylı olarak göstermektedir.

Alanın mevcut bitki deseni, saha çalışmaları sonucunda türleri ve konumları belirlenerek, hazırlanan peyzaj planı üzerinde her bir türü temsil eden semboller aracılığıyla işaretlenmiştir. Kullanılan sembollerin temsil ettiği bitki türleri, lejantta hem Türkçe hem de Latince isimleriyle birlikte açıklanmıştır.

Sulamada kullanılan yağmurlama başlıkları, pop up rotor ve pop up sprej başlık olmak üzere iki çeşittir ve her iki başlığın işletme basıncı 2,50 bar'dır. Geniş çim alanların sulanmasında kullanılan rotor başlıklar, ıslatma yarıçapı bakımından iki çeşittir. Her iki rotor başlığın farklı ıslatma açıları için üçer set nozul kullanılmaktadır. Tertip biçimi, dikdörtgen ve üçgen tertip biçiminin kombinasyonudur ve tertip aralıkları değişkenlik göstermektedir. Sulamada kullanılan sprej başlık ıslatma yarıçapı bakımından tek çeşittir. Kullanılan toplam başlık sayısı 151 adettir. Edinilen bilgiler doğrultusunda hazırlanan yağmurlama başlık yerleri ve örtme deseni planı (EK-2) üzerinde başlıklara ait teknik özellikler detaylı bir şekilde verilmiştir.

Ana ve lateral boru hatları, 50 mm dış çaplı ve 10 atü basınç dayanımına sahip polietilen borulardan oluşmaktadır. Selenoid vanaların çapları 1½" ölçüsündedir ve bunlar, 12"lik dikdörtgen vana kutusunda saklanmaktadır. Sistemde toplamda 12 işletme birimi

bulunmakta olup, sulama mart ayından eylül ayına kadar her gün 30 dakika süreyle gerçekleştirilmektedir. Tüm bu bilgiler, mevcut su iletim ve dağıtım hatları planını gösteren EK-3'te detaylı olarak sunulmuştur.

Alandaki mevcut yağmurlama sulama, damla sulama sistemi ile birlikte planlanmış olsa da, damla sulama lateralleri alandan kaldırılarak iptal edilmiştir. Damla sulama lateral boruları kullanılmaktayken, yüzeyde serilmesi sebebiyle kullanıcılar ve sokak hayvanları tarafından hasar görmüş ve sürekli onarıma ihtiyaç duymuştur. Bu durum, damla sulama sisteminin iptal edilmesine yol açmıştır. Gömülü manifold boru hatları ise körlenmiş, selenoid vanalar ve vana kutularıyla birlikte alan içinde bırakılmıştır. Kontrol ünitesinde bu işletme birimlerinin programları iptal edilmiştir. Ancak iptal edilen damla sulama yöntemi yerine herhangi bir ek sulama planı uygulanmamıştır. Bu nedenle bitkiler düzensiz bir şekilde el ile sulandığından, bazı bölgelerde kuruma gözlemlenmektedir.

Selimiye Cami'nde, su kaynağı olarak şehir şebekesinden beslenen yer altı sarnıcı kullanılmaktadır. Bu tarihi eser niteliğindeki sarnıç, eski su hatlarından farklı olarak günümüzde yalnızca alanın sulanması için aktif bir şekilde kullanılmaktadır. Sarnıca erişim için alan içine gömülü bir kontrol odası inşa edilmiştir. Sistemde kullanılan yatay milli santrifüj motopomp, sarnıçtan alınan suyun sisteme iletilmesini sağlamaktadır ve debisi 3,33 L/s'dir. Otomasyon sürecinde yer alan kontrol üniteleri, kontrol odası içine monte edilmiş panoda bulunmaktadır. Bu kontrol üniteleri elektrikle çalışan, 6 ve 8 istasyonlu olmak üzere iki adettir (Şekil 4.1).



a. Kontrol odasına açılan kapak



b. Kontrol odası



c. Kontrol üniteleri

Şekil 4.1. Alan no 1 su kaynağına inen kontrol odası ve kontrol üniteleri, a, b ve c

Özet olarak, Selimiye Cami'nin mevcut sulama sistemiyle ilgili en büyük sorun, başlık seçimidir. Kullanılan yağmurlama başlıkları gereğinden büyük ıslatma yarıçapına sahip ve

düzensiz tertip aralıklarıyla alana yerleştirilmiştir. Çoğu yeşil parselde yer alan başlıklar yaşlı ağaçların gövdeleri arkasında kaldığından çalışma açılı boyunca sulama yeknesaklığı kesintiye uğramaktadır. Bu durum yaşlı ağaç gövdelerini de ıslatarak çimin sulanmasını engellemekte ve yer yer kurumalara sebep olmaktadır. Hassas bitkilerde hastalık ve zararlı oluşumu da yaygın olarak görülmektedir. Başlıkların ıslatma yarıçapı ve uygun olmayan açılı nedeniyle yaya yolları da sulanmaktadır. Ayrıca işletme birimlerinin debi değerlerinin dengesiz olması sorunlara yol açmaktadır; en yüksek ve en düşük debiye sahip işletme birimleri arasında büyük farklar bulunmaktadır (1,38 L/s ile 0,39 L/s). Damla sulama sisteminin iptal edilmesinden sonra yeni bir sulama planı yapılmaması mevcut bitkilerin kurumasına ve genel görüntünün bozulmasına neden olmaktadır.

4.4.1.2 Önerilen Sulama Sistemi

Önerilen sulama sisteminin hazırlanması için gerekli veriler Çizelge 4.5’te verilmiştir.

Çizelge 4.5. Ön projelendirme faktörlerinde kullanılacak veriler (Alan no 1)

Kaynak Araştırması	
Toprak bünyesi	Orta bünye
Hacim ağırlığı	1,28 g/cm ³
İnfiltrasyon hızı	22,00 mm/h
Etkili kök derinliği (Çim için)	30 cm
Etkili kök derinliği (Çalı için)	45 cm
Bitki katsayısı (k_c)	1,0 (pik Temmuz ayı)
Bitki su tüketimi (Çim ve çalı için)	5,35 mm/gün (pik Temmuz ayı)
Kullanılabilir su tutma kapasitesi (d_k)	142,47 mm/m
KSTK’nin tüketilmesine izin verilen kısmı (R_v) (Çim için)	0,30
KSTK’nin tüketilmesine izin verilen kısmı (R_v) (Çalı için)	0,40
Ortalama rüzgâr hızı	1,39 m/s
Su kaynağının debisi	3,33 L/s
Su iletim randımanı (E_c)	1,0
Su uygulama randımanı (E_a)	0,80 (yağmurlama sulama için), 0,85 (damla sulama için)

Bölüm 3.2.3.5’te verilen ön projelendirme basamakları takip edilerek yağmurlama sulama sistem tertibi için gerekli olan veriler hesaplanmıştır.

- Her sulamada uygulanacak maksimum net sulama suyu miktarı, çim için;

$$d_{n \max} = 142,47 \times 0,30 \times 0,30 = \mathbf{12,82 \text{ mm}} \quad (4.1)$$

- Maksimum sulama aralığı;

$$SA_{\max} = \frac{12,82}{5,35} = 2,40 \cong \mathbf{2 \text{ gün}} \quad (4.2)$$

- Sulama aralığı sistem maliyetini arttırmamak amacıyla 2 gün olarak alınmıştır. Bu nedenle uygulanacak net sulama suyu miktarı bitki su tüketiminin iki günlük karşılığı olarak hesaplanır;

$$d_n = 2 \times 5,35 = \mathbf{10,70 \text{ mm}} \quad (4.3)$$

- Uygulanacak toplam sulama suyu miktarı;

$$d_t = \frac{10,70}{0,80 \times 1,00} = \mathbf{13,37 \text{ mm}} \quad (4.4)$$

Sulama süresinin belirlenebilmesi için kullanılacak başlığın yağmurlama hızı hesaplanmıştır. Kullanılacak başlığın teknik özellikleri Çizelge 4.6'da verilmiştir.

Çizelge 4.6. Kullanılacak başlığın teknik özellikleri (İşletme basıncı 2,0 bar) (Alan no 1)

Başlık ıslatma açısı (°)	Nozul	Yapıçap (m)	Debi (m ³ /h)	I _y ■ (mm/h)	I _y Δ (mm/h)
45	0.5	4,30	0,09	10	12
90	0.75	5,20	0,14	11	12
120	1.0	6,10	0,19	10	12
180	1.5	7,00	0,32	12	14
270	2.0	7,90	0,38	12	14
360	3.0	8,50	0,56	15	18

- Kullanılacak başlığın yağmurlama hızı (180° için);

$$I_y = \frac{360000 \times 0,32}{180 \times 7,0 \times 7,0} = \mathbf{13,06 \text{ mm/h}} \quad (4.5)$$

- Sulama süresi;

$$T_a = \frac{13,37}{13,06} = \mathbf{1,02 \text{ h}} \quad (4.6)$$

- Maksimum işletme birimi sayısı;

$$N_{\max} = \left(\frac{12}{1,02} \right) \times 2 = 22 \text{ adet} \quad (4.7)$$

- Minimum işletme birimi sayısı;

$$N_{\min} = \frac{67,35}{12} = 5,61 \cong 6 \text{ adet} \quad (4.8)$$

Yağmurlama sulama sistemi için, seçilen başlıklar, yeşil parsellerin alandaki konumu ve debi göz önünde bulundurulduğunda en ekonomik işletme birimi sayısı 9 adet olarak seçilmiştir. Önerilen yağmurlama başlık yerleri ve örtme deseni planında (EK-4), alanda kullanılan yağmurlama başlıklarının teknik özellikleri, adetleri, debileri, tertip düzeni ayrıntılı olarak gösterilmiştir.

Lateral boru çaplarının belirlenmesi için oluşturulan işletme birimlerinin debisi bilinmelidir. Örnek olması açısından Çizelge 4.7’de A1 numaralı işletme birimindeki başlık sayısı ve debileri verilmiştir.

Çizelge 4.7. A1 işletme birimi başlık sayısı ve debileri (Alan no1)

ZON 1	Rotor başlıklar				Toplam
A1	R1 Tip başlık				-
İşletme basıncı (bar)	2,0	2,0	2,0	2,0	-
Başlık ıslatma açısı (°)	90°	120°	180°	360°	-
Nozul	0.75	1.0	1.50	3.0	-
Debi (L/s)	0,04	0,05	0,09	0,15	-
Miktar (Adet)	3	3	12	4	22 Adet
Toplam debi (L/s)	0,12	0,15	1,08	0,60	1,95 L/s

A1 işletme birimi için lateral boru çapı ve giriş basıncı değerinin belirlenmesinde izlenen adımlar Çizelge 4.8’de detaylı olarak verilmiştir. Bu adımlar tüm işletme birimleri için tekrar edilmiş, oluşturulan 9 adet yağmurlama sulama işletme birimlerine ilişkin debi, seçilen boru çapı ve lateral giriş basıncı değerleri Çizelge 4.9’da verilmiştir.

Alanda en yüksek debiye sahip işletme birimi B1 (2,60 L/s)’dir. Ana boru bu debiye göre seçilirse, diğer işletme birimlerinin debilerini karşılaması rahatlıkla sağlanacaktır. İşletme birimlerinin alan içerisinde dağılımı incelendiğinde ana borunun dallanarak iki ayrı bölüme ayrıldığı görülmektedir. Tesis masraflarını arttırmamak amacıyla ana boru çapı iki ayrı bölümün hizmet ettiği kritik (en yüksek debili) hatta göre planlanmıştır.

Çizelge 4.8. A1 işletme birimi lateral boru seçimi (Alan no 1)

İşletme birimi debisi (QL1)	$(3 \times 0,04) + (3 \times 0,05) + (12 \times 0,09) + (4 \times 0,15)$	1,95 L/s
İşletme birimlerinde oluşan yük kaybı	$h = 0,2 \times 2,0 = 0,40 \text{ bar} = 4,0 \text{ m}$	
(Başlık işletme basıncının %20'sini aşmamalıdır.)		
Lateral boyunca oluşan yükseklik farkları	$h_{gL1} = 23,0 \times 0,002 = 0,046 \text{ m}$	(Bayır yukarı)
(Söz konusu lateralın kritik bölümü dikkate alınarak hesaplanmıştır.)		
$h_{gL} = \sum (L \times S)$		
Lateral boyunca izin verilen yük kayıpları	$h_{L1} = 4,0 - 0,046 = 3,95 \text{ m}$	
Lateral boru çapı seçiminde boru boyu ve debisi bilinmelidir. L1 lateraline su girişi ortadan olduğundan, lateral boyu ve işletme birimi debisi ikiye bölünür. (Lateral boyu 59,0 m)		
QL1 = 1,95/2 = 0,975 L/s		
Borularda suyun akış hızı 0,5 -2,0 m/s arasında olmalıdır ve seçilen boru çapında sürtünmeden kaynaklı yük kayıpları, izin verilen yük kayıplarından fazla olmamalıdır.		
Akış hızı (m/s)	Yük kaybı (m/m)	L1 için seçilen boru çapı (10 atü PE)
1,17	0,046	40 mm dış çaplı
$h_{fL} = 29,50 \times 0,046 = 1,357 \text{ m} < 3,95 \text{ m}$ ($h_L > h_{fL}$ olduğundan seçilen boru çapı uygundur)		
Sistemde yer alan kılcal boru ve diğer fittingslerdeki yersel kayıplar lateraldeki sürtünme kaybının %10'u kadar alınabilir. Bu aşamada h_{gL} 'nin işareti bayır yukarı eğimde (+), bayır aşağı eğimde (-) alınmaktadır.		
Lateral giriş basıncı	$H_{L1} = 20 + 1,375 + (1,375 \times 0,1) + 0,046 = 21,56 \text{ m}$	

Çizelge 4.9. Yağmurlama sulama işletme birimleri ve lateral giriş basıncı (Alan no 1)

Kontrol ünitesi istasyon no	İşletme basıncı (bar)	Başlık sayısı (Adet)	İşletme birimi debisi (L/s)	Lateral boyu (m)	İzin verilen yük kaybı (m)	Seçilen boru çapı (mm)	Akış hızı (m/s)	Yük kaybı (m)	Giriş basıncı (m)
A1	2,0	22	1,95	59,0	3,95	40,0	1,17	1,36	21,56
A2	2,1	26	2,50	76,0	4,20	40,0	1,50	2,85	22,65
A3	2,0	22	1,59	48,0	3,92	32,0	1,52	2,35	21,75
A4	2,1	22	1,81	35,0	4,20	32,0	1,70	2,14	22,87
B1	2,0	40	2,60	86,0	4,00	40,0	1,56	3,46	21,72
B2	2,0	33	2,31	160,0	3,90	50,0	0,88	1,76	21,05
B3	2,0	57	2,18	118,0	3,90	40,0	1,31	3,40	21,51
B4	2,1	28	2,56	48,0	4,10	40,0	1,54	1,88	22,76
B5	2,0	25	1,78	63,0	3,79	32,0	1,68	3,78	21,88

İkinci ana boru bölümünün hizmet ettiği işletme birimleri A1, A3 ve A4'tür. Bu üç işletme birimi için kritik hat 1,95 L/s debiye sahip A1'dir. Çizelge 4.10'da her iki ana boru bölümü için seçilen çap ve yük kaybı değerleri verilmiştir.

Çizelge 4.10. Seçilen ana boru çapı ve yük kayıpları (Alan no 1)

Ana boru bölüm 1	269,0 m	Kritik hat B1:2,60 L/s
Boru çapı (mm)	Akış hızı (m/s)	Yük kaybı (m/m)
63 mm dış çaplı 10 atü PE	1,25 m/s	0,0316 m/m
$h_f=269,0 \times 0,0316=8,50$ m		
Ana boru bölüm 2	120,0 m	Kritik hat A1:1,95 L/s
Boru çapı (mm)	Akış hızı (m/s)	Yük kaybı (m/m)
50 mm dış çaplı 10 atü PE	1,50 m/s	0,056 m/m
$h_f=120,0 \times 0,056=6,72$ m		

Ana boru birinci bölüm için 63 mm, ikinci bölüm için 50 mm dış çaplı 10 atü basınçlı polietilen boru seçilmiştir. Ana boru birinci bölüm için 2", ikinci bölüm için 1½" basınç regülatörlü selenoid vana kullanılacaktır. İşletme birimlerinde debilere göre oluşan yük kaybı değerleri, vananın fittingsleriyle birlikte Çizelge 4.11'de verilmiştir.

Çizelge 4.11. Selenoid vana seçimi ve ana boru hattında istenen basınç (Alan no1)

Kontrol ünitesi istasyon no	İşletme birimi debisi (L/s)	Giriş basıncı (m)	İlgili ana boru bölümü	İlgili ana boru dış çapı (mm)	Seçilen selenoid vana çapı (")	Selenoid vanayük kaybı (m)	Ana boru hattında istenen basınç (m)
A1	1,95	21,56	Bölüm 2	50,0	1½	2,64	24,02
A2	2,50	22,65	Bölüm 1	63,0	2	1,00	23,65
A3	1,59	21,75	Bölüm 2	50,0	1½	2,58	24,33
A4	1,81	22,87	Bölüm 2	50,0	1½	2,76	25,63
B1	2,60	21,72	Bölüm 1	63,0	2	1,12	22,84
B2	2,31	21,05	Bölüm 1	63,0	2	1,00	22,05
B3	2,18	21,51	Bölüm 1	63,0	2	1,00	22,51
B4	2,56	22,76	Bölüm 1	63,0	2	1,00	23,76
B5	1,78	21,88	Bölüm 1	63,0	2	1,00	22,88

- Ana boru girişinde istenen basınç;

Ana boru girişinde istenen basıncın bulunabilmesi için, ana boruda yükseklik farkı (h_g 'nin işareti bayır aşağı eğimde -, bayır yukarı eğimde + alınır), sürtünmeden oluşan yük kayıpları ve ana boru hattında istenen basınç toplanır. Burada dikkate alınan değer Çizelge

4.11'den görüldüğü üzere pik değer olan ana boru birinci bölüm için B4 (23,76 m), ikinci bölüm için A4 (25,63 m) numaralı işletme birimleridir. Ana boru girişinde istenen basınç değerleri Çizelge 4.12'de verilmiştir.

Çizelge 4.12. Ana boru girişinde istenen basınç (Alan no1)

Ana boru bölüm 1	$H_a = B4: 23,76 \text{ m}$	$h_{f1}=8,50 \text{ m}$
Ana boru eğimi	$h_{g1}=38,0 \times 0,00357=0,136 \text{ m}$ (bayır yukarı)	
Ana boru girişinde istenen basınç	$H=23,76+8,50+0,136= \mathbf{32,40 \text{ m}}$	
Ana boru bölüm 2	$H_a = A4: 25,63 \text{ m}$	$h_{f2}=6,72 \text{ m}$
Ana boru eğimi	$h_{g2}=0$ (eğim yok)	
Ana boru girişinde istenen basınç	$H=25,63+6,72+0= \mathbf{32,35 \text{ m}}$	

- Kontrol ünitesi seçimi;

Yağmurlama sulama sistemi için oluşturulan 9 adet işletme birimi için en az 9 istasyonlu kontrol ünitesi gerekmektedir. Piyasada genellikle en fazla 8 istasyona kadar işletme birimini çalıştırabilen kontrol üniteleri mevcuttur ve bu sayıyı arttırmak için modüller bulunmaktadır. Kontrol ünitesi seçimi damla sulama sistemi işletme birimleri belirlendikten sonra karar verilmek üzere ilerideki bölümlerde açıklanacaktır.

- Pompa birimi seçimi;

Sulamada kullanılacak pompa biriminin teknik özelliklerini belirlemek için toplam manometrik yüksekliğin hesaplanması gerekmektedir. Bunun için, ana boru girişinde istenen basınç, kontrol birimindeki yük kayıpları ve dinamik emme yüksekliği toplanır. Ana boru girişindeki basınç Çizelge 4.12'de ana boru birinci bölüm için bulunan pik değer 32,40 m'dir. Su kaynağı olarak şebeke suyu kullanılacağından filtreye ihtiyaç duyulmamıştır ve bu nedenle kontrol birimindeki yük kayıplarının denklemde değeri yoktur. Su kaynağı kotu 69,00 m'dir. Statik emme yüksekliği 3,0 m'dir ve emme hattındaki bağlantı elemanlarından kaynaklı yük kaybı statik emme yüksekliğinin %30'u kadar alınmış ve dinamik emme yüksekliği 3,9 m olarak hesaplanmıştır.

$$H_m=32,40+0+3,9=\mathbf{36,30} \quad (4.9)$$

Buna göre; Q: 3,33 L/s, H_m: 37,0 m olan yatay milli santrifüj elektropomp seçilmiştir.

Damla sulama sistemi projelendirilirken manifold boruların çift yönlü hizmet etmesi ve lateral boruların 100 metre uzunluğu aşmamasına dikkat edilmiştir. İşleme damlatıcı seçimi ile başlanmıştır.

- Damlatıcı seçimi için toprak bünyesi ve infiltrasyon hızı bilinmelidir. Bölüm 2.4.2.2’de açıklandığı üzere 3.2.3.5’te verilen aşamalar takip edilerek damlatıcı seçimi yapılmaktadır. Alan no 1 orta bünyeli toprağa sahiptir, Buna göre 4 L/h veya 6 L/h debili damlatıcılar seçilebilir.
- Damlatıcı aralığı 4 L/h için;

$$S_d = 0,9 \times \sqrt{\frac{4}{22,0}} = \mathbf{0,38 \text{ m}} \quad (4.10)$$

- Damlatıcı aralığı 6 L/h için;

$$S_d = 0,9 \times \sqrt{\frac{6}{22,0}} = \mathbf{0,47 \text{ m}} \quad (4.11)$$

Elde edilen veriler doğrultusunda piyasada bulunan, 4 L/h debili damlatıcılar için 33 cm, 6 L/h debili damlatıcılar için 50 cm damlatıcı aralıklı in line damlatıcılı lateral borular tercih edilmelidir. Damla sulama ile sulanacak bitki *Rosa chinensis nana* (Bodur gül)’nın dikim aralığı 1 metrede 3 adettir. Sıra halinde sık dikilen süs bitkileri sulanacağından toprak yüzeyinin tamamı ıslatılacaktır ve lateral aralığı, damlatıcı aralığına eşit olacaktır. İşletme masraflarını arttırmamak amacıyla 4 L/h debili 33 cm damlatıcı aralığına sahip in line damla sulama laterali seçilmiştir.

- Islatma oranı;

$$P = 100 \times \frac{33}{33} = \mathbf{100} \quad (4.12)$$

- Uygulanacak maksimum net sulama suyu miktarı (çalı için D:45 cm, $R_y:0,40$);

$$d_{n \max} = 142,47 \times 0,45 \times 0,40 \times \frac{100}{100} = \mathbf{25,64 \text{ mm}} \quad (4.13)$$

- Bitki su tüketimi (P_s : %80 sık dikilen süs bitkileri için);

$$T=5,35 \times \frac{80}{85} = 5,04 \cong 5 \text{ gün} \quad (4.14)$$

- Maksimum sulama aralığı;

$$SA_{\max} = \frac{25,64}{5,04} = 5,08 \cong 5 \text{ gün} \quad (4.15)$$

- Uygulanacak net sulama suyu miktarı;

$$d_n = 5,04 \times (5) = 25,20 \text{ mm} \quad (4.16)$$

- Uygulanacak toplam sulama suyu miktarı (damla sulama için su uygulama randımanı %85 alınabilir);

$$d_t = \frac{25,2}{0,85} = 29,65 \text{ mm} \quad (4.17)$$

- Birim alandaki (1 da) damlatıcı sayısı;

$$N = \frac{1000}{0,33 \times 0,33} = 9183 \text{ adet} \quad (4.18)$$

- Sulama süresi;

$$T_a = \frac{1000 \times 29,65}{4 \times 9183} = 0,807 \text{ h} \cong 1 \text{ h} \quad (4.19)$$

Damla sulama ile sulanacak alanlarda kullanılan lateraller ve yükseklik farklarından kaynaklı yük kayıpları her yeşil alan için farklıdır. Bu nedenle damla sulama sisteminde kritik lateral olan L1 için boru çapı seçimi örneği Çizelge 4.13'te verilmiştir. Bu aşamalar tüm damla sulama lateralleri için tekrarlanarak, her lateral için boru çapı ve giriş basıncı belirlenmiştir. Kot farkından kaynaklı yük kayıpları hesaplanırken borunun kritik bölümü dikkate alınmıştır. Belirlenen tüm 4 L/h debili 33 cm damlatıcı aralığına sahip in line damla sulama laterali için hesaplamalar Çizelge 4.14'te verilmiştir.

Damla sulama için toplam debi 4,97 L/s'dir. Yağmurlama sulama birimlerine uygun olması açısından damla sulama sistemi 3 ayrı işletme birimine bölünecektir. Çizelge 4.15'te kritik damla sulama işletme birimi olan B6 için izlenen adımlar verilmiştir. Oluşturulan damla sulama işletme birimlerinin debileri, manifold boru çapları ve giriş basınçları Çizelge 4.16'da verilmiştir.

Çizelge 4.13. Lateral boru çapı seçimi ve giriş basıncı (Alan no 1)

L1	Lateral boyu: 28,50 m 4 sıra	Laminar akışlı in line damlatıcı akış rejimine bağlı x katsayısı 1,0'dir. Bu değer $x \geq 0,85$ olduğundan işletme basıncının %15'i izin verilen yük kaybı hesabına eklenir.
		$h=0,15 \times 10=1,5$ m
Lateral eğimi		$h_{gl1}=28,50 \times 0,0037=0,105$ m (bayır yukarı)
Lateral üzerindeki damlatıcı sayısı		$n_d = \frac{28,50}{0,33}=87$ adet (Lateral üzerindeki damlatıcı sayısı 100'den küçük olduğu için düzeltme katsayısı (F) çizelgeden alınır. (F=0,357))
Lateral debisi		$Q_{l1}=87 \times 4=348$ L/h
Lateral boyunca izin verilen yük kaybı		$h_{\eta}=(0,55 \times 1,5)-(0,105)=0,72$ m (İşletme birimlerindeki yük kayıplarının en çok %55'i lateral boru hattında, %45'inin manifold boru hattı boyunca oluşması istenmektedir.)
Lateral boru çapı seçimi	$h_l = \left(\frac{4}{100}\right) \times 28,50 \times 0,357=0,41$	16 mm dış çaplı 4 atü polietilen boru seçilmiştir. h_l=0,41 ≤ h_η=0,72 Uygunur.
Lateral giriş basıncı		$H_l=10+(0,77 \times 0,40)+(1/2) \times 0,105=10,37$ m

Çizelge 4.14. Damla sulama laterallerinde debi, boru çapı ve giriş basıncı (Alan no 1)

Lateral no	Lateral adedi	Lateral boyu (m)	Lateral debisi (L/h)	İzin verilen yük kaybı (m)	Lateral boyunca oluşan yük kaybı (m)	Seçilen lateral boru çapı (mm)	Giriş basıncı (m)
1	4	28,50	348,00	0,72	0,41	16,00	10,37
2	2	25,00	303,00	0,91	0,30	16,00	10,19
3	2	33,00	400,00	0,825	0,53	16,00	10,41
4	6	28,00	339,00	0,895	0,38	16,00	10,26
5	8	20,00	244,00	0,854	0,19	16,00	10,13
6	4	26,50	325,00	0,902	0,34	16,00	10,22
7	1	27,50	337,00	0,722	0,35	16,00	10,32
8	5	22,00	267,00	0,825	0,22	16,00	10,17
9	4	21,50	265,00	0,825	0,22	16,00	10,17
10	1	17,00	210,00	0,825	0,14	16,00	10,11
11	1	36,80	446,00	0,825	0,66	16,00	10,50
12	4	32,00	388,00	0,825	0,47	16,00	10,36
13	1	38,00	461,00	0,825	0,74	16,00	10,57
14	2	31,00	376,00	0,825	0,45	16,00	10,35
15	2	28,00	339,00	0,825	0,38	16,00	10,29
16	2	26,00	315,00	0,825	0,32	16,00	10,24
17	6	33,00	400,00	0,825	0,53	16,00	10,41

Çizelge 4.15. Damla sulama manifold boru çapı seçimi ve giriş basıncı (Alan no 1)

B6	Manifold boyu: 140,00 m	(İşletme birimlerinde izin verilen yük kayıpları, işletme basıncının %15-%20'si kadar olmalıdır.) $h=0,15 \times 10=1,5 \text{ m}$
Manifold eğimi	$h_{gm}=10,00 \times 0,0125=0,125 \text{ m}$ (bayır yukarı)	
Manifold debisi	1,79 L/s	Kritik lateral giriş L3: 10,41 m basıncı
(Manifoldun hizmet ettiği lateral sayısı 20 adettir. F faktörü çizelgeden 0,376 olarak bulunmuştur.)		
Manifold boyunca izin verilen yük kaybı	$h_{fm}=(0,45 \times 1,5)-(0,125)=0,55 \text{ m}$ (İşletme birimlerindeki yük kayıplarının en çok %55'i lateral boru hattında, %45'inin manifold boru hattı boyunca oluşması istenmektedir.)	
Manifold boru çapı seçimi	$h_m=\left(\frac{2}{100}\right) \times 70,00 \times 0,376=0,52 \text{ m}$	$h_m=0,52 \leq h_{fm}=0,55$ Uygundur.
Manifoldta su girişi ortadan olacaktır. Dolayısıyla manifold debisi ve uzunluğu ikiye bölünerek hesaplama yapılmıştır. ($Q_m=1,79/2=0,89 \text{ L/s}$ ve $L_m=140,00/2=70,00 \text{ m}$)		
B6 damla sulama manifoldu için 40 mm dış çaplı 8 atü polietilen boru seçilmiştir.		
Manifold giriş basıncı	$H_m=10,41+0,52+0,125=11,05 \text{ m}$	

Çizelge 4.16. Damla sulama işletme birimleri debi, manifold çapı ve giriş basıncı (Alan no 1)

Damla sulama işletme birimleri	Manifold boyu (m)	Manifold debisi (L/s)	İzin verilen yük kaybı (m)	Manifold boyunca oluşan yük kaybı (m)	Seçilen lateral boru çapı (mm)	Giriş basıncı (m)
B6	140,00	1,79	0,55	0,53	40,00	11,05
A5	150,00	1,74	0,63	0,56	40,00	10,87
A6	50,00	1,44	0,67	0,10	40,00	10,23

Damla sulama işletme birimleri için, yağmurlama sulama sisteminde kullanılan ana boru çapı uygun olduğundan yeni bir boru planlanmasına gerek yoktur. Damla sulama işletme birimleri debileri göz önünde bulundurulduğunda 1" basınç regülatörlü selenoid vana kullanılması uygundur. Yağmurlama sulama için 9 adet, damla sulama için 3 adet işletme birimi bulunmaktadır. Toplam 12 adet işletme birimi için, 6 istasyonlu iç mekan tipi elektrikli kontrol ünitesi kullanılması uygundur. Alan no 1 için hazırlanan su iletim ve dağıtım hatları (önerilen) planında (EK-5) sistem unsurları detaylı olarak gösterilmiştir.

4.4.1.3 Değerlendirme

Alanın mevcut sulama koşullarında su kaynağının yeterli olması nedeniyle ayrıca bir su depolama birimi önerilmemiştir. Alanın tasarımında istenen basıncın sağlanabilmesi için

3,33 L/s debili 37,00 m yüksekliğe basabilecek özelliklere sahip yatay milli santrifüj elektrikli pompa birimi seçilmiştir ve bu pompa birimi mevcut pompa ile paraleldir. Su kaynağı özellikleri uygun olduğundan mevcut sistemde olduğu gibi önerilen sistemde de kontrol birimi kullanılmaması planlanmamıştır.

Mevcut sistemde 50 mm dış çaplı 10 atü polietilen malzemeden oluşturulan ana boru hattı, önerilen projede 63 mm dış çaplı 10 atü polietilen malzemeden seçilmiştir. Mevcutta 12 adet olarak planlanan yağmurlama işletme birimleri, önerilen koşulda debiler birbirine yakın olacak şekilde 9 adet olarak planlanmıştır. Lateral boru hatları mevcut sistemde ana boru hatlarıyla aynı çapa sahiptir ve gereğinden büyüktür. Önerilen sistemde lateral boru çapları 50 mm, 40 mm ve 32 mm dış çaplı 10 atü polietilen borulardan oluşturulmuştur.

Alanda kullanılabilir su tutma kapasitesi 142,47 mm/m'dir. Bu miktarın %30'u tüketildiğinde sulamaya başlanacağından uygulanacak toplam su miktarı 13,37 mm, sulama aralığı 2 gün ve sulama süresi hesaplamalarda 1 saat olarak belirlenmiştir. Böylece sulama 9 saatte tamamlanacaktır. Mevcut sulama koşullarında ise her gün 30 dakika süreyle 3,3 mm su uygulaması yapılmaktadır. Bu değer önerilen sisteme kıyasla alanda ihtiyaç duyulan su miktarının sadece %50'sidir. Anlaşıldığı üzere mevcut koşullarda ihtiyaç duyulan suyun sadece yarısı karşılanmaktadır.

Mevcut sistemde kullanılan yağmurlama başlıklarının tertip düzeni istenmeyen alanların sulanmasına neden olmaktadır. İşletme basıncı 2,5 bar'dır. Önerilen sulama sisteminde 2,0 bar işletme basınçlı yağmurlama başlıkları, alana uygun ıslatma mesafesine sahip olarak seçilmiştir. Eş su dağılımı gözetilerek alana yerleştirilen başlıklar, uygun ıslatma yarıçapına sahip olduğundan yeşil alanlar dışındaki kalan alanların ıslatılmasının önüne geçilmiştir.

Mevcut sistemde iptal edilen damla sulama sistemi yeniden planlanmıştır. Bitki sıraları boyunca döşenen 16 mm dış çaplı 4 atü işletme basınçlı 33 cm damlatıcı aralığına sahip in line sulama lateralleri oluşturulmuştur. Manifold boru hatları için ise, 40 mm dış çaplı 8 atü işletme basınçlı polietilen borular seçilmiştir. Damla sulama işletme birimleri için 5 gün ara ile toplam 29,65 mm, 1 saat süreyle su uygulaması yapılacaktır. Sulamalar 3 saatte tamamlanacaktır.

4.4.2 Alan No 2

4.4.2.1 Mevcut Durum

Alanın sulamasıyla ilgili olan mevcut durumu değerlendirmek için hazırlanan planlama paftaları kapsamında, 3.2.3.1 numaralı bölümde belirtildiği üzere elde edilen mimari kot planı temel alınmıştır. Bu plan, AutoCAD bilgisayar programı kullanılarak 1/500 ölçekli bir taslak (EK-6) olarak çizilmiştir. Bu kroki, alanın kotları, su kaynağının konumu, infiltrasyon testi noktaları, sert zemin alanları ve yeşil bölgeleri detaylı olarak göstermektedir. Alanın mevcut bitki deseni, saha çalışmaları sonucunda türleri ve konumları belirlenerek, hazırlanan peyzaj planı üzerinde her bir türü temsil eden semboller aracılığıyla işaretlenmiştir. Kullanılan sembollerin temsil ettiği bitki türleri, lejantta hem Türkçe hem de Latince isimleriyle birlikte açıklanmıştır.

Yağmurlama sulamada kullanılan başlıklar iki çeşittir; rotor ve sprej başlıklar. İşletme basıncı 2,0 bar olan bu başlıklardan rotor başlıklar, ıslatma yarıçaplarına göre iki farklı tipte bulunmaktadır. Sprej başlıklar ise dört farklı çeşide sahiptir. Rotor başlıklarında ıslatma açıları için birinde üç, diğerinde ise iki set nozul kullanılmaktadır. Başlıkların belirli bir tertip biçimi bulunmamakla birlikte, kare ve üçgen tertip bir arada yer almaktadır. Toplamda 206 adet yağmurlama başlığı bulunan alanda, başlıkların teknik özelliklerini içeren, yağmurlama başlık yerleri ve örtme deseni planı (EK-7) içerisinde sunulmuştur.

Mevcut sulama yöntemleri yağmurlama sulama ve damla sulamadır. Su kaynağı, yapı içindeki bodrum katta bulunan kontrol odasındaki depodan karşılanmaktadır. Bu depo, şehir şebekesinden doldurulmakta olup hacmi 80 m³'tür. Depo, gündüz saatlerinde okulun su ihtiyacını da karşılamaktadır. Su basıncı, iki pompalı yatay milli hidrofor pompa aracılığıyla sağlanmakta ve debisi 2,78 L/s düzeyindedir. Kontrol birimi, sulama sistemi için mevcut değildir ancak, hidrofor pompa ile birlikte 200 litrelik bir genişleme tankı bulunmaktadır. Depolanan suyun olası yosunlaşmasını engellemek amacıyla su arıtma sistemi ve klor tankı sisteme eklenmiştir. Yapı içinde 40 mm dış çaplı PVC boru hattı ile taşınan sulama suyu, farklı kotlardaki yeşil alanlara 32 mm PVC boru hatlarıyla iletilmektedir. Bu hatlardan alınan su, parçalı haldeki yeşil alanlara 32 mm dış çaplı 10 atü polietilen lateral boru hatları aracılığıyla dağıtılmakta ve 10 atü 20 mm dış çaplı polietilen kılcal borularla yağmurlama başlıklarına ulaştırılmaktadır.

Her işletme birimi için 1 veya 2 istasyonlu pilli kontrol ünitesi ve 1" selenoid vana, sistemin otomasyonunu yönetmektedir. Kontrol üniteleri, selenoid valflerle beraber vana kutularına yerleştirilmiştir. Toplamda 25 işletme biriminden 2 tanesi damla sulama, 23 tanesi ise yağmurlama sulama sistemine aittir.

Damla sulama sistemindeki 32 mm dış çaplı 10 atü polietilen manifold boru hatları, gömülü olarak planlanmıştır. Lateral boru hatları ise 4 atü işletme basıncına sahip, 16 mm dış çaplı, 50 cm damlatıcı aralığı bulunan in-line polietilen borulardan oluşturulmuştur ve sıra halinde dikilen ağaçların sulanmasında kullanılmaktadır. Su iletim ve dağıtım hatlarını içeren plan (EK-8), mevcut sistemin tüm detaylı bilgilerini içermektedir.

Alanda, mart-eylül ayları boyunca rotor başlıklar ve damla sulama işletme birimi günlük 40 dakika, spreyl başlıklar ise 10 dakika süreyle çalıştırılmaktadır. Yapılan saha çalışmaları sırasında, yüksek kotta bulunan yeşil alanları sulamak için kullanılan işletme birimlerinde gereken işletme basıncının değişkenlik gösterdiği gözlemlenmiştir. Bu birimlerde bazen işletme basıncı 2 bar değerine ulaşamamaktadır. Bu durum, belirli zamanlarda işletme basıncı ihtiyacının karşılanamadığını göstermektedir.

Özetle, mevcut sulama sistemindeki yağmurlama başlıkları düzensiz tertip aralıklarına sahiptir. Sulama sistemi, bitkilerin gelişebileceği alanlar düşünülmeden uygulanmış ve bazı yağmurlama başlıkları bitkilerin altında kalarak hem bitki gelişimini hem de sulama randımanını olumsuz etkilemektedir. Yeşil alanlar arasında boru ve sinyal kablosu geçişi bırakılmadığından, pilli kontrol ünitesi tercih edilmiş ve neredeyse her parsel ayrı sulanmaktadır. Bu durum, sulama süresini artırarak enerji masraflarının artmasına yol açmaktadır. Kullanılan başlıklar, sert zeminleri ve yaya yollarını sulamakta ve başlık seçiminde uygunluk konusunda hatalar bulunmaktadır. Damla sulama sistemi sık dikilen süs bitkilerine hizmet etmek üzere planlanmıştır; bu planlamada bir sorun yoktur, ancak diğer bitkilerin optimum gelişimi için damla sulama düşünülmemiştir, bu durum genel bitki gelişimini olumsuz etkilemektedir. Damla sulama için planlanan işletme birimleri, sistem debisinin ve sulanan alanların konumunun birlikte planlanmasına olanak sağlasa da iki ayrı işletme birimi olarak planlanmıştır. Bu da sistem maliyetini artıran ayrı bir husustur.

Sulama için kullanılan su kaynağı şehir şebekesiyle doldurulan bir depodur. Pompa gücü yerinde ve yeterli olmasına rağmen bazı yüksek kotlardaki bölgelere su basıncının yeterli düzeyde ulaşmadığı gözlemlenmiştir. Bu alan bir eğitim kurumudur ve gündüz

saatlerinde yoğun kullanım nedeniyle su basıncı düşmektedir; bu sorunu çözmek için sulama saatleri kurumun kullanılmadığı saatlere denk getirilmeye çalışılmaktadır. Alanın farklı kotlara ayrılması sebebiyle, istinat duvarları arasındaki düşük kotlu bölgelerde su birikimi olduğu ve buna bağlı olarak bitkilerde ve çim de bozulmalar meydana geldiği gözlemlenmiştir. Kullanılan yağmurlama başlıklarının yağmurlama hızlarının uygun olduğu saha çalışmalarında edinilen bilgilerle tespit edilmiştir. Ancak uygulanan sulama süresinin, alanın bazı bölgelerinde göllenme oluşmasına neden olduğu sonucuna varılmıştır. Bunun için uygulanan sulama sürelerinin gözden geçirilmesi gerekmektedir.

4.4.2.2 Önerilen Sulama Sistemi

Önerilen sulama sisteminin hazırlanması için gerekli veriler Çizelge 4.17’de verilmiştir.

Çizelge 4.17. Ön projelendirme faktörlerinde kullanılacak veriler (Alan no 2)

Kaynak Araştırması	
Toprak bünyesi	Hafif bünye
Hacim ağırlığı	1,50 g/cm ³
İnfiltrasyon hızı	8,18 mm/h
Etkili kök derinliği (Çim için)	30 cm
Etkili kök derinliği (Çalı için)	40 cm
Bitki katsayısı (k_c)	1,0 (pik Temmuz ayı)
Bitki su tüketimi (Çim ve çalı için)	5,35 mm/gün (pik Temmuz ayı)
Kullanılabilir su tutma kapasitesi (d_k)	166,80 mm/m
KSTK’nin tüketilmesine izin verilen kısmı (R_v) (Çim için)	0,30
KSTK’nin tüketilmesine izin verilen kısmı (R_v) (Çalı için)	0,40
Ortalama rüzgâr hızı	1,39 m/s
Su kaynağının debisi	2,78 L/s
Su iletim randımanı (E_c)	1,0
Su uygulama randımanı (E_a)	0,80 (yağmurlama sulama için), 0,85 (damla sulama için)

Bölüm 3.2.3.5’te verilen ön projelendirme basamakları takip edilerek yağmurlama sulama sistem tertibi için gerekli olan veriler hesaplanmıştır. Hesaplanan değerler Çizelge 4.18’de verilmiştir.

Sulama süresinin belirlenebilmesi için kullanılacak başlığın yağmurlama hızının bilinmesi gerekmektedir. Söz konusu başlığın teknik özellikleri Çizelge 4.19’da verilmiştir.

Çizelge 4.18. Yağmurlama sulama için ön projelendirme faktörleri (Alan no 2)

$d_{n\max}$ (mm)	$SA_{\max}$ (gün)	d_n (mm)	d_t (mm)	I_y (mm/h)	T_a (h)	$N_{\max}$ (adet)	$N_{\min}$ (adet)
15,01	2	10,70	13,37	46,66	0,28	84	7

Çizelge 4.19. Kullanılacak başlığın teknik özellikleri (İşletme basıncı 2,1 bar) (Alan no 2)

Başlık ıslatma açısı (°)	Yarıçap (m)	Debi (m³/h)	$I_y \blacksquare$ (mm/h)	$I_y \Delta$ (mm/h)
45	3,00	0,05	44	51
90	3,00	0,10	44	51
120	3,00	0,15	44	51
180	3,00	0,21	44	51
270	3,00	0,31	44	51
360	3,00	0,41	44	51

Yağmurlama sulama sistemi için, seçilen başlıklar, yeşil parsellerin alandaki konumu ve debi göz önünde bulundurulduğunda en ekonomik işletme birimi sayısı 7 adet olarak seçilmiştir. Yağmurlama başlık yerleri ve örtme deseni (önerilen) planında (EK-9) alanda kullanılan yağmurlama başlıklarının teknik özellikleri, adetleri, debileri, tertip düzeni ayrıntılı olarak gösterilmiştir. Lateral boru çaplarının belirlenmesi için, oluşturulan işletme birimlerinin debisi bilinmelidir. Çizelge 4.20’de A1 numaralı işletme birimindeki başlık sayısı ve debileri verilmiştir.

Çizelge 4.20. A1 İşletme birimi başlık sayısı ve debileri (Alan no 2)

ZON 1		S Tip Sprey Başlıklar														Toplam	
A1	S1 tip		S2		S3 tip		S4 tip		S5 tip		-						
İşletme basıncı (bar)	2,1		2,1		2,1		2,1		2,1		-						
Başlık ıslatma açısı (°)	90°	180°	240°	360°	360°	45°	90°	120°	180°	90°	180°	15ETS	15CST	-			
Debi (L/s)	0,09	0,12	0,14	0,23	0,15	0,01	0,03	0,04	0,06	0,02	0,03	0,04	0,08	-			
Miktar (Adet)	1	4	1	2	1	1	4	2	3	4	8	8	4	43 Adet			
Toplam debi (L/s)	0,09	0,48	0,14	0,46	0,15	0,01	0,12	0,08	0,18	0,08	0,24	0,32	0,32	2,67 L/s			

Çizelge 4.21’de A1 işletme biriminde lateral boru çapının belirlenmesi için takip edilen adımlar yer almaktadır.

Çizelge 4.21. A1 işletme birimi lateral boru seçimi (Alan no 2)

İşletme birimi debisi (QL1)	(1x0,09)+(4x0,12)+(1x0,14)+(2x0,23)+(1x0,15)+(1x0,01)+(4x0,03)+(2x0,04)+(3x0,06)+(4x0,02)+(8x0,03)+(8x0,04)+(4x0,08)	2,67 L/s
İşletme birimlerinde oluşan yük kaybı	$h=0,2 \times 2,1=0,42$ bar = 4,2 m	
(Başlık işletme basıncının %20'sini aşmamalıdır.)		
Lateral boyunca oluşan yükseklik farkları	$h_{gL1}=20,0 \times 0,035=$ 0,70 m (Bayır yukarı)	
(Söz konusu lateralin kritik bölümü dikkate alınarak hesaplanmıştır.)		
$h_{gL} = \sum (L \times S)$		
Lateral boyunca izin verilen yük kayıpları	$h_{L1}=4,2-0,70=$ 3,50 m	
Lateral boru çapı seçiminde boru boyu ve debisi bilinmelidir. L1 lateraline su girişi ortadan olduğundan, lateral boyu ve işletme birimi debisi ikiye bölünür. (Lateral boyu 100,0 m)		
QL1= 2,67/2=1,34 L/s		
Borularda suyun akış hızı 0,5 -2,0 m/s arasında olmalıdır ve seçilen boru çapında sürtünmeden kaynaklı yük kayıpları, izin verilen yük kayıplarından fazla olmamalıdır.		
Akış hızı (m/s)	Yük kaybı (m/m)	L1 için seçilen boru çapı (10 atü PE)
1,03	0,03	50 mm dış çaplı
$h_{fL}=50,00 \times 0,03=$ 1,50 m < 3,50 m ($h_L > h_{fL}$ olduğundan seçilen boru çapı uygundur)		
Sistemde yer alan kılcal boru ve diğer fittingslerdeki yersel kayıplar lateraldeki sürtünme kaybının %10'u kadar alınabilir. Bu aşamada h_{gL} 'nin işareti bayır yukarı eğimde (+), bayır aşağı eğimde (-) alınmaktadır.		
Lateral giriş basıncı	$H_{L1}=21+1,50+(1,50 \times 0,1)+0,70 =$ 23,35 m	

Yukarıda izlenen adımlar tüm yağmurlama sulama lateralleri için tekrar edilerek yağmurlama sulama işletme birimleri oluşturulmuştur. Belirlenen yağmurlama sulama işletme birimlerine ilişkin veriler Çizelge 4.22'de verilmiştir.

Çizelge 4.22. Yağmurlama sulama işletme birimleri ve lateral giriş basıncı (Alan no 2)

Kontrol ünitesi istasyon no	İşletme basıncı (bar)	Başlık sayısı (Adet)	İşletme birimi debisi (L/s)	Lateral boyu (m)	İzin verilen yük kaybı (m)	Seçilen boru çapı (mm)	Akış hızı (m/s)	Yük kaybı (m)	Giriş basıncı (m)
A1	2,1	43	2,67	100,0	3,50	50,0	1,05	1,50	23,35
A2	2,1	37	3,16	90,0	3,99	50,0	1,21	1,81	23,20
A3	2,1	35	2,68	56,0	4,20	50,0	1,61	2,23	23,45
A5	2,1	67	2,74	153,0	4,20	50,0	1,05	2,30	23,53
A6	2,1	55	2,68	101,0	4,20	50,0	1,03	1,52	22,67
A7	2,1	47	2,66	79,50	4,20	50,0	1,60	3,18	24,50
A8	2,1	52	3,51	119,0	4,20	50,0	1,34	2,98	24,47

Çizelge 4.22’de görüldüğü üzere en yüksek debiye sahip işletme birimi A8 (3,51 L/s)’dir. Ana boru bu işletme birimine göre seçilirse, diğer işletme birimlerinin debilerini karşılaması rahatlıkla sağlanacaktır. Çizelge 4.23’te ana boru için seçilen çap ve yük kaybı değerleri verilmiştir.

Çizelge 4.23. Seçilen ana boru çapı ve yük kayıpları (Alan no 2)

Ana boru	453,74 m	Kritik hat A8:3,51 L/s
Boru çapı (mm)	Akış hızı (m/s)	Yük kaybı (m/m)
63 mm dış çaplı 10 atü PE	1,70 m/s	0,055 m/m
$h_f=453,74 \times 0,055=24,86$ m		

Ana boru için 63 mm dış çaplı 10 atü basınç dayanımına sahip polietilen boru seçilmiştir. İşletme birimlerinin debileri göz önünde bulundurulduğunda 2" basınç regülatörlü selenoid vana kullanılacaktır. İşletme birimlerinde debilere göre oluşan yük kaybı değerleri, vananın fittingsleriyle birlikte Çizelge 4.24’te verilmiştir.

Çizelge 4.24. Selenoid vana seçimi ve ana boru hattında istenen basınç (Alan no 2)

Kontrol ünitesi istasyon no	İşletme birimi debisi (L/s)	Giriş basıncı (m)	Ana boru dış çapı (mm)	Seçilen selenoid vana çapı (")	Selenoid vanayük kaybı (m)	Ana boru hattında istenen basınç (m)
A1	2,67	23,35	63,0	2	1,125	24,47
A2	3,16	23,20	63,0	2	1,143	24,34
A3	2,68	23,45	63,0	2	1,125	24,57
A5	2,74	23,53	63,0	2	1,125	24,65
A6	2,68	22,67	63,0	2	1,125	23,80
A7	2,66	24,50	63,0	2	1,125	25,62
A8	3,51	24,47	63,0	2	1,207	25,67

- Ana boru girişinde istenen basınç;

Ana boru girişinde istenen basıncın bulunabilmesi için, ana boruda yükseklik farkından dolayı (h_g ’nin işareti bayır aşağı eğimde (-), bayır yukarı eğimde (+) alınır) ve sürtünmeden kaynaklı oluşan yük kayıplarının ana boru hattında istenen basınca eklenmesi gerekmektedir. Burada dikkate alınan ana boru hattında istenen basınç değeri Çizelge 4.24’ten görüldüğü üzere pik değer olan A7 (25,62 m) numaralı işletme birimidir. Ana boru girişinde istenen basınç değerleri Çizelge 4.25’te verilmiştir.

- Kontrol ünitesi seçimi;

Yağmurlama sulama sistemi için oluşturulan 7 adet işletme birimi için en az 7 istasyonlu kontrol ünitesi gerekmektedir. Kontrol ünitesi seçimi damla sulama sistemi işletme birimleri belirlendikten sonra karar verilmek üzere ilerideki bölümlerde açıklanacaktır.

Çizelge 4.25. Ana boru girişinde istenen basınç (Alan no 2)

Ana boru	$H_a = A7: 25,62 \text{ m}$	$h_{f1}=24,86 \text{ m}$
Ana boru eğimi	Eğim yok	
Ana boru girişinde istenen basınç	$H=25,62+24,86+0= \mathbf{50,48 \text{ m}}$	

- Pompa birimi seçimi;

Sulamada kullanılacak pompa biriminin teknik özelliklerini belirlemek için toplam manometrik yüksekliğin hesaplanması gerekmektedir. Bunun için, ana boru girişinde istenen basınç, kontrol birimindeki yük kayıpları ve statik emme yüksekliği ve statik emme hattındaki yük kayıpları toplanır. Ana boru girişindeki basınç Çizelge 4.25'te bulunan değer 50,48 m'dir. Su kaynağı olarak şebeke suyu kullanılacağından filtreye ihtiyaç duyulmamıştır ve bu nedenle kontrol birimindeki yük kayıplarının denklemde değeri yoktur. Su kaynağı kotu 91,24 m'dir. Statik emme yüksekliği 6 m ve bu yüksekliğe bağlı boru kolu 60,50 m'dir. Emme hattındaki fittingsler nedeniyle oluşacak yük kaybı statik emme yüksekliğinin %30'u kadar alınmıştır.

$$H_m=50,48+0+86,45=136,93 \text{ m} \quad (4.20)$$

Buna göre; Q: 3,33 L/s, Hm: 140,0 m olan dikey milli hidrofor pompa birimi seçilmiştir.

Damla sulama sisteminin planlanması işlemine damlatıcı seçimiyle başlanmıştır. Bölüm 2.4.2.2'de açıklandığı üzere 3.2.3.5'te verilen aşamalar takip edilerek, 4 L/h veya 6 L/h debili damlatıcılar için hesaplamalar yapılmıştır.

- Damlatıcı aralığı 4 L/h için;

$$S_d=0,9 \times \sqrt{\frac{4}{8,17}}=0,63 \text{ m} \quad (4.21)$$

- Damlatıcı aralığı 6 L/h için;

$$S_d = 0,9 \times \sqrt{\frac{6}{8,17}} = 0,77 \text{ m} \quad (4.22)$$

Sonuç olarak 4 L/h debili damlatıcılar için 60 cm, 6 L/h debili damlatıcılar için 70 cm damlatıcı aralıklı in line lateral borulardan tercih edilmelidir. Damla sulama ile sulanacak bitki *Photinia fraseri red robin* (Alev çalısı), *Cupressocyparis leylandii* (Melez servi) gibi sıra halinde dikilen süs bitkileridir ve toprak yüzeyinin tamamı ıslatılacaktır. Buna göre lateral aralığı, damlatıcı aralığına eşit olacaktır. Sistem debisini arttırmamak amacıyla 4 L/h debili 60 cm damlatıcı aralığına sahip in line damla sulama laterali seçilmiştir. Hesaplanan ön projelendirme faktörleri Çizelge 4.26’da verilmiştir.

Çizelge 4.26. Damla sulama için ön projelendirme faktörleri (Alan no 2)

$d_{n \max}$ (mm)	$SA_{\max}$ (gün)	d_n (mm)	d_t (mm)	N (adet)	T_a (h)
26,68	5	25,20	29,65	2778	2,67

Damla sulama ile sulanacak alanlarda kullanılan lateraller ve yükseklik farklarından kaynaklı yük kayıpları her yeşil alan için farklıdır. Bu nedenle damla sulama sisteminde kritik lateral olan L1 için boru çapı seçimi örneği Çizelge 4.27’de verilmiştir.

Çizelge 4.27. Lateral boru çapı seçimi ve giriş basıncı (Alan no 2)

L1	Lateral boyu: 50,00 m 2 sıra	Laminar akışlı in line damlatıcı akış rejimine bağlı x katsayısı 1,0’dır. Bu değer $x \geq 0,85$ olduğundan işletme basıncının %15’i izin verilen yük kaybı hesabına eklenir.	$h = 0,15 \times 10 = 1,5 \text{ m}$
Lateral eğimi	Eğim yok		
Lateral üzerindeki damlatıcı sayısı		$n_d = \frac{50,00}{0,60} = 84 \text{ adet}$ (Lateral üzerindeki damlatıcı sayısı 100’den küçük olduğu için düzeltme katsayısı (F) çizelgeden hesaplanır. (F=0,3576))	
Lateral debisi		$Q_{ll} = 84 \times 4 = 336 \text{ L/h}$	
Lateral boyunca izin verilen yük kaybı		$h_{\eta} = (0,55 \times 1,5) = 0,825 \text{ m}$ (İşletme birimlerindeki yük kayıplarının en çok %55’i lateral boru hattında, %45’inin manifold boru hattı boyunca oluşması istenmektedir.)	
Lateral boru çapı seçimi	$h_l = \left(\frac{3,3}{100}\right) \times 50,00 \times 0,3576 = 0,60 \text{ m}$	16 mm dış çaplı 4 atü polietilen boru	$h_l = 0,60 \leq h_{\eta} = 0,825$ Uygundur.
Lateral giriş basıncı	$H_l = 10 + (0,77 \times 0,60) + (1/2) \times 0 = 10,46 \text{ m}$		

Verilen aşamalar tüm damla sulama lateralleri için tekrarlanarak, her lateral için boru çapı ve giriş basıncı belirlenmiş ve Çizelge 4.28’de verilmiştir.

Çizelge 4.28. Damla sulama laterallerindeki debi, boru çapı ve giriş basıncı (Alan no 2)

Lateral no	Lateral adedi	Lateral boyu (m)	Lateral debisi (L/h)	İzin verilen yük kaybı (m)	Lateral boyunca oluşan yük kaybı (m)	Seçilen lateral boru çapı (mm)	Giriş basıncı (m)
1	2	50,00	336,00	0,825	0,60	16,00	10,46
2	1	27,00	180,00	0,825	0,18	16,00	10,14
3	3	34,70	232,00	0,825	0,35	16,00	10,27
4	1	25,00	168,00	0,825	0,13	16,00	10,11
5	1	40,00	268,00	0,825	0,40	16,00	10,31
6	1	27,15	184,00	0,825	0,19	16,00	10,14
7	1	13,87	96,00	0,825	0,03	16,00	10,02
8	1	17,00	116,00	0,825	0,04	16,00	10,03
9	1	46,50	312,00	0,825	0,53	16,00	10,41
10	1	48,40	324,00	0,825	0,62	16,00	10,48
11	1	17,73	120,00	0,825	0,05	16,00	10,04
12	2	38,70	260,00	0,825	0,38	16,00	10,29
13	2	39,60	264,00	0,825	0,38	16,00	10,30
14	4	32,80	220,00	0,825	0,28	16,00	10,22
15	4	40,80	272,00	0,825	0,43	16,00	10,33

Damla sulama için toplam debi 1,71 L/s’dir. Damla sulama lateralleri birbirlerinden oldukça uzakta olan parseller içersinde yer almaktadır. Alan dört ayrı kotta düzenlendiği için damla sulama işletme birimleri debi bakımından tek işletme birimi olarak planlanabilmesine rağmen, kullanılacak manifold boru uzunluğu, burada oluşacak yük kayıpları göz önünde bulundurulduğunda dört farklı işletme birimi olarak planlanması daha ekonomik bulunmuştur. Çizelge 4.29’da kritik damla sulama işletme birimi M1 için, manifold boru çapı seçimi ve manifold giriş basıncının hesaplanmasında izlenen adımlar verilmiştir. Verilen adımlar tüm damla sulama işletme birimleri için tekrar edilmiştir. Oluşturulan damla sulama işletme birimlerinin debisi, manifold boru çapı ve giriş basıncı Çizelge 4.30’da verilmiştir.

Damla sulama işletme birimleri için, yağmurlama sulama sisteminde kullanılan ana boru çapı uygun olduğundan yeni bir boru planlanmasına gerek yoktur. Damla sulama işletme birimleri debileri göz önünde bulundurulduğunda, tüm işletme birimleri için 1" basınç regülatörlü selenoid vana kullanılması uygundur.

Yağmurlama sulama için 7 adet, damla sulama için 4 adet işletme birimi bulunmaktadır. Toplam 11 adet işletme birimi için, 8 istasyonlu iç mekan tipi elektrikli kontrol ünitesi ve 3 istasyon arttırma modülü kullanılması uygundur. Damla sulama işletme birimleri aynı anda çalıştırılarak enerji maliyetinden tasarruf edilmesi sağlanacaktır. Alan no 2 için hazırlanan su iletim ve dağıtım hatları (önerilen) planında (EK-10) sistem unsurları detaylı olarak gösterilmiştir.

Çizelge 4.29. Damla sulama manifold boru çapı seçimi ve giriş basıncı (Alan no 2)

M1	Manifold boyu: 145,00 m	(İşletme birimlerinde izin verilen yük kayıpları, işletme basıncının %15-%20'si kadar olmalıdır.) $h=0,15 \times 10 = 1,5 \text{ m}$
Manifold eğimi	$h_{gm}=6,60 \times 0,035 = \mathbf{0,231 \text{ m}}$ (Bayır yukarı)	
Manifold debisi	0,93 L/s	Kritik lateral giriş basıncı L1: 10,46 m
(Manifoldun hizmet ettiği lateral sayısı 13 adettir. F faktörü çizelgeden 0,3905 olarak hesaplanmaktadır.)		
Manifold boyunca izin verilen yük kaybı	$h_{fm}=(0,45 \times 1,5)-(0,231)=\mathbf{0,44 \text{ m}}$ (İşletme birimlerindeki yük kayıplarının en çok %55'i lateral boru hattında, %45'inin manifold boru hattı boyunca oluşması istenmektedir.)	
Manifold boru çapı seçimi	$h_m = \left(\frac{0,5}{100}\right) \times 72,50 \times 0,3905 = \mathbf{0,142 \text{ m}}$	$h_m = \mathbf{0,142} \leq h_{fm} = \mathbf{0,44}$ Uygundur.
Manifoldta su girişi ortadan olacaktır. Dolayısıyla manifold debisi ve uzunluğu ikiye bölünerek hesaplama yapılmıştır. ($Q_m = 0,90/2 = 0,45 \text{ L/s}$ ve $L_m = 145,00/2 = 72,50 \text{ m}$)		
M1 damla sulama manifoldu için 40 mm dış çaplı 8 atü polietilen boru seçilmiştir.		
Manifold giriş basıncı	$H_m = 10,46 + 0,142 + 0,231 = \mathbf{10,83 \text{ m}}$	

Çizelge 4.30. Damla sulama işletme birimleri debi, manifold çapı ve giriş basıncı (Alan no 2)

Damla sulama işletme birimleri	Manifold boyu (m)	Manifold debisi (L/s)	İzin verilen yük kaybı (m)	Manifold boyunca oluşan yük kaybı (m)	Seçilen lateral boru çapı (mm)	Giriş basıncı (m)
M1	145,00	0,93	0,44	0,142	40,00	10,83
M2	38,50	0,30	0,675	0,43	32,00	10,84
M3	118,00	0,27	0,675	0,42	32,00	10,90
A4	175,00	0,21	0,675	0,62	32,00	10,65

4.4.2.3 Değerlendirme

Mevcut sulama sisteminde su kaynağı ve depolama birimi yeterlidir. Dolayısıyla ekstra bir su depolama birimi önerilmemiştir. Ancak mevcut sistemde sulamada kullanılan

pompa birimi, planlanan sistemde yeterli görülmediğinden 3,33 L/s debili 140 m manometrik yükseklığe su basabilecek özellikte bir pompa birimi seçilmiştir.

Mevcut sistemde su, kaynaktan 40 mm PVC borularla alınarak yapı içerisinde alanlara 32 mm PVC borularla ulaştırılmaktadır ve bu borular sistem gerekliliğinden düşük kalmaktadır. 23 adet olarak planlanan yağmurlama işletme birimleri sistemin karşılayabileceğinden oldukça düşük debili olarak planlanmıştır. Sistem ve enerji masrafları gereğinden fazladır. Bunun için önerilen sistemde ana boru hatları 63 mm dış çaplı 10 atü PE borulardan oluşturularak, yağmurlama sulama sistemi için 7 adet işletme birimi planlanmıştır. İşletme birimlerinin lateral boru hatları için 50 mm ve 40 mm dış çaplı 10 atü PE borular seçilmiştir.

Alanda KSTK 166,80 mm/m'dir ve %30'u tüketildiğinde sulamaya başlanacaktır. Uygulanacak toplam sulama suyu miktarı 13,37 mm 2 gün arayla 17 dakika olarak belirlenmiştir. Böylece tüm alanın sulaması yaklaşık 2 saat sürecektir. Mevcut koşullarda uygulanan her gün yaklaşık 20,00 mm sulama suyu önerilen sulama miktarından yaklaşık 3 kat fazladır ve mevcut koşullarda sulama 7 saatte bitirilmektedir. Dolayısıyla önerilen projenin uygulanması koşulunda hem sudan hem de enerji masraflarından tasarruf edilmesi sağlanmıştır.

Mevcut sistemde planlanan damla sulama sistemi, tek bir alanda tek tür bitkinin sulaması içindir. Ancak peyzaj tasarımının gereklilikleri değerlendirildiğinde, damla sulama ile sulanacak daha fazla alanın olduğu ön görülmüştür. Bu nedenle önerilen projede 16 mm dış çaplı 4 atü in line 60 cm damlatıcı aralığına sahip polietilen malzemeden seçilen lateral boru hatları, 40 mm, 32 mm ve 25 mm dış çaplı 8 atü polietilen manifold boru hatları kullanılarak 4 adet damla sulama işletme birimi oluşturulmuştur. Alanda 5 gün arayla 29,65 mm 2 saat 40 dakika süreyle sulama uygulaması yapılması ön görülmüştür. Damla sulama işlemi, tüm işletme birimleri için aynı anda gerçekleştirileceğinden toplam 2 saat 40 sürecektir.

4.4.3 Alan No 3

4.4.3.1 Mevcut Durum

Planlama paftaları oluşturulurken, parkın inşasından sorumlu inşaat firmasından sağlanan mimari projeye dayanan veriler, 1/500 ölçeğinde düzenlenerek kot ve peyzaj planı

(EK-11) paftaları hazırlanmıştır. Bu planlar, su kaynağının konumu, infiltrasyon testi noktaları, mevcut kot bilgileri ve bitki deseni gibi detayları ayrıntılı olarak içermektedir.

Mevcut sulama sistemi, yağmurlama ve damla sulama yöntemlerinin birlikte kullanılmasıyla planlanmıştır. Su kaynağı olarak, şehir şebekesinden beslenen 3,5 m³ hacminde bir su deposu kullanılmaktadır. Basınçlandırma için debisi 1,67 L/s olan iki pompalı dikey milli hidrofor pompa kullanılmaktadır. Pompa birimi, itfaiye eğitimleri için ve bahçe sulama amaçlarına yönelik farklı çıkışlardan su temin etmektedir. Alan içinde yer alan tek katlı yapı, kontrol odası olarak kullanılmakta olup su deposu, pompa birimi ve 100 litrelik genleşme tankını içermektedir.

Yağmurlama sulama sisteminde, ıslatma yarıçapı bakımından tek tür rotor ve iki tür spreya yağmurlama başlığı bulunmaktadır. Rotor başlıklar 2,5 bar işletme basıncına sahipken, spreya başlıklar 2,1 bar işletme basıncı ile çalışmaktadır. Rotor başlıklar için farklı ıslatma açıları için üç set nozul kullanılmaktadır. Yağmurlama başlıklarının çoğunluğu kare veya dikdörtgen tertip ile yerleştirilmiş olsa da, bazı yeşil alanlarda belirli bir düzen izlenmemiştir. Başlıkların ıslatma mesafeleri ve yerleşim aralıkları sebebiyle her sulama işleminde sert zemin de ıslatılmaktadır.

Suyun dağıtımı, alan içinde 50 mm dış çaplı PVC borularla sağlanmaktadır ve her yeşil alana 32 mm dış çaplı PVC borularla su çıkışları bırakılmıştır. Lateral boru hatlarında, 32 mm dış çaplı ve 10 atü polietilen malzeme kullanılmaktadır. Sulama suyunun başlıklara iletimi 10 atü 20 mm dış çaplı polietilen kılcal borularla sağlanmaktadır.

Alanda bulunan toplam 17 işletme biriminin, altısı damla sulama, 11'i ise yağmurlama sulama sistemlerine hizmet etmektedir. Söz konusu 11 işletme biriminin bir kısmında, yağmurlama sulama sistemlerine ait olan lateral boru hatları, aynı kontrol ünitesi ve selenoid vanayı paylaşarak damla sulama manifoldu olarak da işlev görmektedir. Sistemin otomasyonu, 1 ya da 2 istasyonlu pilli kontrol üniteleri ve 1" selenoid vanalar aracılığıyla sağlanmaktadır.

Damla sulamada kullanılan manifold boru hatları 32 mm dış çaplı 10 atü polietilen, lateral boru hatları 4 atü 16 mm dış çaplı 33 cm damlatıcı aralıklı yumuşak polietilen malzemeden seçilmiştir. Manifold borular gömülü olarak planlanmıştır. Lateral borular bitki sıraları boyunca toprak yüzeyine serilmiştir. Mevcut yağmurlama başlıkları yerleri ve örtme deseni ile su iletim ve dağıtım hatları planı EK-12'de ayrıntılı olarak sunulmuştur.

Özetle; mevcut sulama sisteminde karşılaşılan en belirgin sorun sistemin işletilmesindedir. İşletme sorumlusunun sulama süresi ve aralığına yönelik tercihleri, kurulumu yapan firmanın önerisinden farklılık göstermektedir. Firma başlangıçta, 17 adet işletme birimi için sulama planını, mart-eylül ayları arasında her gün olmak üzere 17.00 – 07.30 saatleri arasında, sprey başlıklar için 15 dakika, rotor başlıklar için 30 dakika ve damla sulama için 20 dakika olarak belirlemiştir. Su kaynağı 3,5 m³ hacimli bir depo olduğundan, tüm işletme birimlerinin su talebinin karşılanması için zaman planlaması deponun doldurulma süresini de kapsamalıdır. Ancak sulama zamanı, işletme sorumlusu tarafından, gündüz saatlerinde gözlemleyebileceği zaman dilimine göre değiştirilmiştir. Sabah 8.00'den akşam 17.00'ye kadar olan bu süre, deponun dolması için yeterli olmamış ve hidrofor pompanın çalışmasında sorunlara neden olmuştur. Bu sulama düzenlemesi, otomatik sulama sisteminin verimli çalışmasını engellemiş ve işletme sahibi, manuel bir şekilde kontrol ünitelerine müdahale ederek haftada bir gün sistemi belirli bir süre çalıştırmıştır. Ancak bu süreçte otomatik sulama sistemi, bitkilerin sulama ihtiyaçlarını karşılamadığından yeşil alanların gelişiminde ciddi sorunlara neden olmuştur.

Mevcut sulama sistemi planlanırken, sert zeminlerin ıslatılması göz ardı edilmiştir ve kullanılan yağmurlama başlıklarının ıslatma yarıçapları, ihtiyacın ötesinde büyük tercih edilmiştir. Her yeşil alan parseli için ayrı işletme birimleri belirlenmiş, bu durum da enerji, kurulum ve işletme masraflarını gereksiz şekilde artırmıştır. Buna ek olarak, alanda elektrik bulunmasına rağmen, piyasada daha ekonomik olan elektrikli kontrol üniteleri yerine daha pahalı olan pilli kontrol üniteleri tercih edilmiştir. Bu tercih, vana kutusuna erişebilen herkesin kontrol ünitesine müdahale ederek sistem verimliliğini azaltmasına olanak tanımış ve sulama sürecinde verimsizliğe yol açmıştır.

Damla sulama sistemi, özellikle sık dikilen çalı türü süs bitkilerine hizmet etmektedir. Kullanılan malzeme ve damlatıcı aralığı, planlama ilkelerine uygun bir şekilde seçilmiştir. Ancak, bazı yeşil alanlarda damla sulama işletme birimleri, yağmurlama sulama sistemiyle aynı selenoid zon vanasına bağlanmıştır. Bu durum, sulama süresinin yetersiz olmasına ve damla sulama borularının yüksek basınç altında çalıştırılmasına yol açmaktadır.

4.4.3.2 Önerilen Sulama Sistemi

Önerilen sulama sisteminin hazırlanması için gerekli kaynak araştırmasına ilişkin veriler Çizelge 4.31'de verilmiştir. Bölüm 3.2.3.5'te verilen ön projelendirme basamakları takip

edilerek yağmurlama sulama sistem tertibi için gerekli olan veriler hesaplanmış, Çizelge 4.32’de derlenmiştir. Sulama süresinin belirlenebilmesi için seçilen başlığın teknik özellikleri Çizelge 4.33’te verilmiştir. Hesaplamalar 180° ıslatma açısı için yapılmıştır.

Çizelge 4.31. Ön projelendirme faktörlerinde kullanılacak veriler (Alan no 3)

Kaynak Araştırması	
Toprak bünyesi	Hafif bünye
Hacim ağırlığı	1,63 g/cm ³
İnfiltrasyon hızı	22,46 mm/h
Etkili kök derinliği (Çim için)	30 cm
Etkili kök derinliği (Çalı için)	40 cm
Bitki katsayısı (k_c)	1,0 (pik Temmuz ayı)
Bitki su tüketimi (Çim ve çalı için)	5,35 mm/gün (pik Temmuz ayı)
Kullanılabilir su tutma kapasitesi (d_k)	142,46 mm/m
KSTK’nin tüketilmesine izin verilen kısmı (R_y) (Çim için)	0,30
KSTK’nin tüketilmesine izin verilen kısmı (R_y) (Çalı için)	0,40
Ortalama rüzgâr hızı	1,39 m/s
Su kaynağının debisi	1,67 L/s
Su iletim randımanı (E_c)	1,0
Su uygulama randımanı (E_a)	0,80 (yağmurlama sulama için), 0,85 (damla sulama için)

Çizelge 4.32. Yağmurlama sulama için ön projelendirme faktörleri (Alan no 3)

d_{n max} (mm)	SA_{max} (gün)	d_n (mm)	d_t (mm)	I_y (mm/h)	T_a (h)	N_{max} (adet)	N_{min} (adet)
12,82	2	10,70	13,37	9,52	1,40	14	4

Çizelge 4.33. Kullanılacak başlığın teknik özellikleri (İşletme basıncı 2,8 bar) (Alan no 3)

Başlık ıslatma açısı (°)	Yapıçap (m)	Debi (m³/h)	I_y ■ (mm/h)	I_y Δ (mm/h)
90	4,10	0,04	10	11
120	4,10	0,06	10	11
180	4,10	0,08	10	11
210	4,10	0,10	10	11
270	4,10	0,13	10	11
360	4,10	0,17	10	11

Yağmurlama sulama sistemi için, seçilen başlıklar, yeşil parsellerin alandaki konumu ve debi göz önünde bulundurulduğunda en ekonomik işletme birimi sayısı 5 adet olarak seçilmiştir. Yağmurlama başlık yerleri ve örtme deseni (önerilen) planında (EK-13) alanda kullanılan yağmurlama başlıklarının teknik özellikleri, adetleri, debileri, tertip düzeni ayrıntılı olarak gösterilmiştir.

Lateral boru çaplarının belirlenmesi için, oluşturulan işletme birimlerinin debisi bilinmelidir. Çizelge 4.34'te A1 numaralı işletme birimindeki başlık sayısı ve debileri verilmiştir.

Çizelge 4.34. A1 İşletme birimi başlık sayısı ve debileri (Alan no 3)

ZON 1	S Tip Sprey Başlıklar														Toplam
A1	S1 tip				S3 tip				S4 tip				S5 tip	S6 tip	
İşletme basıncı (bar)	2,1				2,1				2,1				2,1	2,1	-
Başlık ıslatma açısı (°)	90°	180°	270°		45°	90°	120°	180°	240°	45°	90°	120°	180°	45°	15CST
Debi (L/s)	0,014	0,028	0,042		0,008	0,019	0,025	0,036	0,05	0,017	0,031	0,042	0,064	0,019	0,042
Miktar (Adet)	2	4	1		2	3	1	15	1	1	2	1	6	1	2
Toplam debi (L/s)	0,028	0,112	0,042		0,016	0,057	0,025	0,54	0,05	0,017	0,062	0,042	0,384	0,019	0,084
															42 Adet
															1,48 L/s

A1 işletme biriminde lateral boru çapının belirlenmesi için takip edilen adımlar Çizelge 4.35'te yer almaktadır. Bu adımlar oluşturulan tüm yağmurlama sulama işletme birimleri için tekrar edilmiş, Çizelge 4.36'da debi, boru çapı ve giriş basıncı değerleri verilmiştir.

Çizelge 4.36'da görüldüğü üzere en yüksek debiye sahip işletme birimi A5 (1,51 L/s) numaralı işletme birimidir. Ana boru bu işletme birimine göre seçilirse, diğer işletme birimlerinin debilerini karşılaması rahatlıkla sağlanacaktır. Çizelge 4.37'de ana boru için seçilen çap ve yük kaybı değerleri verilmiştir.

Ana boru için seçilen 50 mm dış çaplı 10 atü basınç dayanımına sahip polietilen borular için işletme birimlerinin debileri göz önünde bulundurularak 1½" basınç regülatörlü

selenoid vana kullanılması uygun bulunmuştur. İşletme birimlerinde debilere göre oluşan yük kaybı değerleri, vananın fittingsleriyle birlikte Çizelge 4.38’de verilmiştir.

Çizelge 4.35. A1 işletme birimi lateral boru çapı seçimi (Alan no 3)

İşletme birimi debisi (QL1)	(2x0,014)+(4x0,028)+(1x0,042)+(2x0,08)+(3x0,019)+(1x0,025)+(15x0,036)+(1x0,05)+(1x0,017)+(2x0,031)+(1x0,042)+(6x0,064)+(1x0,019)+(2x0,042)	1,48 L/s
İşletme birimlerinde oluşan yük kaybı	h=0,2×2,1=0,42 bar = 4,2 m	
(Başlık işletme basıncının %20'sini aşmamalıdır.)		
Lateral boyunca oluşan yükseklik farkları	Eğim yok	
(Söz konusu lateralin kritik bölümü dikkate alınarak hesaplanmıştır.)		
$h_{gL} = \sum (L \times S)$		
Lateral boyunca izin verilen yük kayıpları	h_{L1}=4,20 m	
Lateral boru çapı seçiminde boru boyu ve debisi bilinmelidir. L1 lateraline su girişi ortadan olduğundan, lateral boyu ve işletme birimi debisi ikiye bölünür. (Lateral boyu 69,0 m)		
QL1= 1,48/2=0,74 L/s		
Borularda suyun akış hızı 0,5 -2,0 m/s arasında olmalıdır ve seçilen boru çapında sürtünmeden kaynaklı yük kayıpları, izin verilen yük kayıplarından fazla olmamalıdır.		
Akış hızı (m/s)	Yük kaybı (m/m)	L1 için seçilen boru çapı (10 atü PE)
1,40	0,08	32 mm dış çaplı
h_{fL}=34,50x0,08=2,76 m < 4,20 m (h _L > h _{fL} olduğundan seçilen boru çapı uygundur)		
Sistemde yer alan kılcal boru ve diğer fittingslerdeki yersel kayıplar lateraldeki sürtünme kaybının %10'u kadar alınabilir. Bu aşamada h _{gL} 'nin işareti bayır yukarı eğimde (+), bayır aşağı eğimde (-) alınmaktadır.		
Lateral giriş basıncı	H_{L1}=21+2,76+(2,76x0,1)+0=24,04 m	

Çizelge 4.36. Yağmurlama işletme birimleri ve lateral giriş basıncı (Alan no 3)

Kontrol ünitesi istasyon no	İşletme basıncı (bar)	Başlık sayısı (Adet)	İşletme birimi debisi (L/s)	Lateral boyu (m)	İzin verilen yük kaybı (m)	Seçilen boru çapı (mm)	Akış hızı (m/s)	Yük kaybı (m)	Giriş basıncı (m)
A1	2,1	42	1,48	69,0	4,2	32,0	1,40	2,76	24,04
A2	2,8	34	0,74	97,0	5,6	25,0	1,14	3,99	25,39
A3	2,1	39	1,19	80,0	4,2	32,0	1,13	2,26	23,48
A4	2,1	33	1,33	44,0	4,2	32,0	1,25	1,54	22,69
A5	2,1	24	1,51	43,0	4,2	32,0	1,15	1,92	23,11

Çizelge 4.37. Seçilen ana boru çapı ve yük kayıpları (Alan no 3)

Ana boru	226,0 m	Kritik hat A5:1,51 L/s
Boru çapı (mm)	Akış hızı (m/s)	Yük kaybı (m/m)
50 mm dış çaplı 10 atü PE	1,16 m/s	0,0345 m/m
$h_f=226,0 \times 0,0345=7,80$ m		

Çizelge 4.38. Selenoid vana seçimi ve ana boru hattında istenen basınç (Alan no 3)

Kontrol ünitesi istasyon no	İşletme birimi debisi (L/s)	Giriş basıncı (m)	Ana boru dış çapı (mm)	Seçilen selenoid vana çapı (")	Selenoid vanayük kaybı (m)	Ana boru hattında istenen basınç (m)
A1	1,48	24,04	50,0	1½"	2,5	26,54
A2	0,74	25,39	50,0	1½"	1,5	26,89
A3	1,19	23,48	50,0	1½"	2,0	25,48
A4	1,33	22,69	50,0	1½"	2,0	24,69
A5	1,51	23,11	50,0	1½"	2,5	25,61

- Ana boru girişinde istenen basınç;

Ana boru girişinde istenen basıncın bulunabilmesi için, ana boruda yükseklik farkından dolayı (h_g 'nin işareti bayır aşağı eğimde (–), bayır yukarı eğimde (+) alınır) ve sürtünmeden kaynaklı oluşan yük kayıplarının ana boru hattında istenen basınca eklenmesi gerekmektedir. Burada dikkate alınan ana boru hattında istenen basınç değeri Çizelge 4.38'den görüldüğü üzere pik değer olan A2 (26,89 m) numaralı işletme birimidir. Ana boru girişinde istenen basınç değerleri Çizelge 4.39'da verilmiştir.

Çizelge 4.39. Ana boru girişinde istenen basınç (Alan no3)

Ana boru	$H_a = A2: 26,89$ m	$h_{f1}=7,80$ m
Ana boru eğimi	Eğim yok	
Ana boru girişinde istenen basınç	$H=26,89+7,80=$ 34,69 m	

- Kontrol ünitesi seçimi;

Kontrol ünitesi seçimi damla sulama sistemi işletme birimleri belirlendikten sonra karar verilmek üzere ilerideki bölümlerde açıklanacaktır.

- Pompa birimi seçimi;

Ana boru girişindeki basınç Çizelge 4.36'da bulunan değer 34,69 m'dir. Su kaynağı olarak şebeke suyu kullanılacağından filtreye ihtiyaç duyulmamıştır ve bu nedenle kontrol

birimindeki yük kayıplarının denklemde değeri yoktur. Su kaynağı kotu 36,00 m, statik emme yüksekliği 3 m'dir. Emme hattındaki fittingsler nedeniyle oluşacak yük kaybı statik emme yüksekliğinin %30'u kadar alınacaktır.

$$H_m = 34,69 + 0 + 3,9 = \mathbf{38,60 \text{ m}} \quad (4.23)$$

Buna göre; Q: 1,67 L/s, H_m: 40,00 m olan dikey milli hidrofor pompa birimi seçilir. Alanda su kanağı için ise deponun dolma süresi hesaba katıldığında en az 10 m³ hacme sahip bir depo bulunması gerekmektedir.

Damla sulama sistemi için projelendirme işlemi, damlatıcı seçimiyle başlamıştır. Alan no 3 hafif bünyeli toprağa sahiptir, Buna göre 4 L/h veya 6 L/h debili damlatıcılar seçilebilir.

- Damlatıcı aralığı 4 L/h için;

$$S_d = 0,9 \times \sqrt{\frac{4}{22,46}} = 0,38 \text{ m} \quad (4.24)$$

- Damlatıcı aralığı 6 L/h için;

$$S_d = 0,9 \times \sqrt{\frac{6}{22,46}} = 0,465 \text{ m} \quad (4.25)$$

Elde edilen veriler doğrultusunda piyasada bulunan, 4 L/h debili damlatıcılar için 33 cm, 6 L/h debili damlatıcılar için 50 cm damlatıcı aralıklı in line lateral borular tercih edilmelidir. Damla sulama ile sulanacak bitki *Photinia fraseri red robin* (Alev çalısı), *Hydrangea macrophylla* (Ortanca) gibi sıra halinde dikilen süs bitkileridir ve toprak yüzeyinin tamamı ıslatılacaktır. Buna göre lateral aralığı, damlatıcı aralığına eşit olacaktır ve 4 L/h debili 33 cm damlatıcı aralığına sahip in line damla sulama laterali seçilmiştir. Bölüm 3.2.3.5'te verilen ön projelendirme basamakları takip edilerek elde edilen sonuçlar Çizelge 4.40'ta derlenmiştir.

Çizelge 4.40. Damla sulama için ön projelendirme faktörleri (Alan no 3)

$d_{n \max}$ (mm)	$SA_{\max}$ (gün)	d_n (mm)	d_t (mm)	N (adet)	T_a (h)
22,80	4	20,16	23,70	9183	0,645

Her parsel için ayrı planlanan laterallerin döşendiği alanlar eğimsizdir. En yüksek debiye sahip L3 laterali için boru çapı seçimi örneği Çizelge 4.41’de verilmiştir.

Çizelge 4.41. Lateral boru çapı seçimi ve giriş basıncı (Alan no 3)

L3	Lateral boyu: 37,80 m	Laminar akışlı in line damlatıcı akış rejimine bağlı x katsayısı 1,0’dır. Bu değer $x \geq 0,85$ olduğundan işletme basıncının %15’i izin verilen yük kaybı hesabına eklenir.
		$h=0,15 \times 10=1,5 \text{ m}$
Lateral eğimi	Eğim yok	
Latreal üzerindeki damlatıcı sayısı		$n_d = \frac{37,80}{0,33} = 115 \text{ adet}$ (Lateral üzerindeki damlatıcı sayısı 100’den büyük olduğu için düzeltme katsayısı (F) çizelgeden hesaplanır. (F=0,356))
Lateral debisi		$Q_{l3} = 115 \times 4 = 460 \text{ L/h} = 0,13 \text{ L/s}$
Lateral boyunca izin verilen yük kaybı		$h_f = (0,55 \times 1,5) - (0) = 0,825 \text{ m}$ (İşletme birimlerindeki yük kayıplarının en çok %55’i lateral boru hattında, %45’inin manifold boru hattı boyunca oluşması istenmektedir.)
Lateral boru çapı seçimi	$h_1 = \left(\frac{6,0}{100} \right) \times 37,80 \times 0,356 = 0,80 \text{ m}$	16 mm dış çaplı 4 atü polietilen boru $h_1 = 0,80 \leq h_f = 0,825$ Uygundur.
Lateral giriş basıncı		$H_1 = 10 + (0,77 \times 0,80) + (1/2) \times 0 = 10,62 \text{ m}$

Yukarıda verilen adımlar tüm damla sulama lateralleri için tekrarlanarak, her lateral için boru çapı ve giriş basıncı belirlenmiştir ve Çizelge 4.42’de verilmiştir.

Damla sulama için toplam debi 3,39 L/s’dir. Yeşil alanların konumu nedeniyle manifold boru uzunluğunu, dolayısıyla yük kayıpları ile boru çapını artırmamak ve yağmurlama sulama birimlerine uygun olması açısından 3 ayrı işletme birimine bölünmesi uygun olacaktır. Çizelge 4.43’te A7 damla sulama işletme birimi için manifold boru çapı seçimi ve giriş basıncının belirlenmesi için izlenen adımlar verilmiş ve tüm işletme birimleri için tekrar edilmiştir. Çizelge 4.44’te oluşturulan damla sulama işletme birimlerine ilişkin debi, manifold boru çapı ve giriş basıncı değerleri verilmiştir.

Damla sulama işletme birimleri için, yağmurlama sulama sisteminde kullanılan ana boru çapı uygun olduğundan yeni bir boru planlanmasına gerek yoktur. Damla sulama işletme birimleri debileri göz önünde bulundurulduğunda 1" basınç regülatörlü selenoid vana kullanılması uygundur. Yağmurlama sulama için 5 adet, damla sulama için 3 adet işletme birimi bulunmaktadır. Toplam 8 adet işletme birimi için, 8 istasyonlu iç mekan tipi elektrikli kontrol ünitesi kullanılması uygundur. Alan no 3 için hazırlanan su iletim ve dağıtım hatları (önerilen) planında (EK-14) sistem unsurları detaylı olarak gösterilmiştir.

Çizelge 4.42. Damla sulama laterallerindeki debi, boru çapı ve giriş basıncı (Alan no 3)

Lateral no	Lateral adedi	Lateral boyu (m)	Lateral debisi (L/h)	İzin verilen yük kaybı (m)	Lateral boyunca oluşan yük kaybı (m)	Seçilen lateral boru çapı (mm)	Giriş basıncı (m)
1	4	24,60	300,00	0,825	0,30	16,00	10,23
2	1	30,80	376,00	0,825	0,48	16,00	10,37
3	1	37,80	460,00	0,825	0,80	16,00	10,62
4	3	33,00	400,00	0,825	0,65	16,00	10,50
5	2	35,00	425,00	0,825	0,66	16,00	10,51
6	6	36,00	440,00	0,825	0,70	16,00	10,54
7	2	35,00	425,00	0,825	0,66	16,00	10,51
8	4	27,50	336,00	0,825	0,34	16,00	10,27
9	2	26,20	316,00	0,825	0,33	16,00	10,25
10	1	33,40	408,00	0,825	0,54	16,00	10,41
11	1	10,00	124,00	0,825	0,024	16,00	10,02
12	1	24,70	300,00	0,825	0,30	16,00	10,23
13	1	31,20	380,00	0,825	0,50	16,00	10,38
14	1	16,50	200,00	0,825	0,14	16,00	10,10
15	1	14,00	172,00	0,825	0,08	16,00	10,06
16	2	21,70	264,00	0,825	0,21	16,00	10,16
17	2	22,70	276,00	0,825	0,22	16,00	10,17

Çizelge 4.43. Damla sulama manifold boru çapı seçimi ve giriş basıncı (Alan no 3)

A7	Manifold boyu: 84,50 m	(İşletme birimlerinde izin verilen yük kayıpları, işletme basıncının %15-%20'si kadar olmalıdır.) $h=0,15 \times 10=1,5$ m
Manifold eğimi	Eğim yok	
Manifold debisi	1,21 L/s	Kritik lateral giriş basıncı L6: 10,54 m
(Manifoldun hizmet ettiği lateral grubu L6,L9,L10,L11 ve L17 olmak üzere 12 adettir. F faktörü çizelgeden 0,394 olarak hesaplanmaktadır.)		
Manifold boyunca izin verilen yük kaybı	$h_{fm}=(0,45 \times 1,5)=0,675$ m (İşletme birimlerindeki yük kayıplarının en çok %55'i lateral boru hattında, %45'inin manifold boru hattı boyunca oluşması istenmektedir.)	
Manifold boru çapı seçimi	$h_m = \left(\frac{0,8}{100}\right) \times 42,25 \times 0,394=0,133$ m	$h_m=0,133 \leq h_{fm}=0,675$ Uygundur.
Manifoldta su girişi ortadan olacaktır. Dolayısıyla manifold debisi ve uzunluğu ikiye bölünerek hesaplama yapılmıştır. ($Q_m = 1,21/2=0,605$ L/s ve $L_m = 84,50/2=42,25$ m)		
A7 damla sulama manifoldu için 40 mm dış çaplı 8 atü polietilen boru seçilmiştir.		
Manifold giriş basıncı	$H_m=10,54+0,133+0=10,67$ m	

Çizelge 4.44. Damla sulama işletme birimleri debi, manifold çapı ve giriş basıncı (Alan no 3)

Damla sulama işletme birimleri	Manifold boyu (m)	Manifold debisi (L/s)	İzin verilen yük kaybı (m)	Manifold boyunca oluşan yük kaybı (m)	Seçilen lateral boru çapı (mm)	Giriş basıncı (m)
A6	102,20	1,13	0,675	0,14	40,00	10,76
A7	84,50	1,21	0,675	0,133	40,00	10,67
A8	139,00	1,05	0,675	0,164	40,00	10,67

4.4.3.3 Değerlendirme

Mevcut koşullarda sulama sistemi için planlanan 3,50 m³ hacimli su depolama birimi yeterli olmamaktadır. Kullanılan tüm başlıklar için saatte 26,25 m³ suya ihtiyaç duyulan bu koşullarda, mevcut durumdaki deponun en az 8 kere doldurulması gerekmektedir. Sulama sistemi her gün çalıştırıldığından deponun dolması için gerekli süre yeterli olmamaktadır. Bu nedenle önerilen sulama sistemi için alanda 10 m³ hacimli su depolama birimi kullanılması ön görülmüştür. İstenen basıncın sağlanabilmesi için 1,67 L/s debiye sahip 40,00 m manometrik yüksekliğe su basabilecek dikey milli hidrofor pompa kullanılması planlanmıştır.

Mevcut koşullarda 50 mm dış çaplı PVC ana boru hattıyla taşınan su 32 mm 10 atü PE lateral boru hatlarıyla başlıklara ulaştırılmaktadır. Önerilen sistemde, ana boru hatları 50 mm, lateral boru hatları ise 32mm ve 25 mm dış çaplı 10 atü PE malzemeden seçilmiştir.

Alanda 142,46 mm/m kullanılabilir su tutma kapasitesinin %30'u kullanıldığında sulamaya başlanması ön görüldüğünden 2 gün aralıklarla 13,37 mm su uygulaması yapılması planlanmıştır. Hesaplamalarda sulama süresi 1,40 h olarak bulunmuştur. Mevcut koşullarda her gün uygulanan yaklaşık 7,50 mm sulama suyu önerilen koşullarla paralellik göstermektedir.

Mevcut koşullarda yağmurlama sulama sistemi için planlanan 11 adet işletme birimi, önerilen sistemde 5 adettir ve 4'ü sprej başlıklardan oluşturulmuştur. Sprej başlıkların kullanıldığı işletme birimlerinde kesikli sulama yapılacaktır ve kalan bir işletme rotator başlıklardan oluşturulduğu için yağmurlama hızları bir sorun teşkil etmemektedir. Su deposu hacmi ve enerji masrafları düşünüldüğünde 2 günde bir yapılması planlanan sulama işlemi, 5 adet işletme biriminin 3'ü bir gün, kalan ikisi diğer gün olacak şekilde iki bölgede gerçekleştirilecektir. 3 adet olarak ayrılan işletme birimleri sprej başlıklardan oluşmaktadır. Bu işletme birimlerinde kesikli olarak 20'şer dakika 4 defada sulama planlaması (20 dk.×4 defa=80 dk.=1,4 sa. üç işletme birimi için toplam 4,2 sa.) uygun olacaktır. Her 20 dakikalık

sulamanın arasına 1 saat su depolama biriminin doldurulması için süre bırakılacaktır. Böylece sulama 11 saatte tamamlanmış olacaktır. Kalan 2 işletme biriminden biri spreyl başlıklardan, diğeri rotator başlıklar kullanılarak oluşturulmuştur. Rotator başlıklar için 1,4 saat sulama yapılacaktır. Sprey başlıklardan oluşan işletme birimi için 20 dakikalık dört kez sulama yapılacaktır ve önceki planlamada olduğu gibi her 20 dakika için 1 saat su dolumu için süre bırakılacaktır. Böylece yaklaşık 9 saatte sulama tamamlanacaktır.

Mevcut koşullarda kullanılan yağmurlama başlıklarının ıslatma yarıçapları gereğinden büyüktür. Bu durum, önerilen sistemde yeşil alanların yapısına ve büyüklüğüne uygun başlıkların kullanılmasıyla düzeltilmiştir. Bu sayede istenmeyen alanların ıslatılmasının önüne geçilmiştir. Ayrıca, mevcut koşullarda damla sulama lateralleri yağmurlama sulama işletme birimlerine bağlandığından sulama yetersiz kalmakta ve lateral borularda hasara neden olmaktadır. Bu sorunu çözmek amacıyla önerilen damla sulama sistemindeki 3 adet işletme birimi için 40 mm dış çaplı ve 8 atü işletme basıncına sahip polietilen manifold boru hatları oluşturulmuştur. Damla sulama lateralleri için ise 16 mm dış çaplı, 4 atü basınçta ve 33 cm in-line damlatıcı aralığına sahip polietilen boruların kullanılması planlanmıştır. Önerilen koşullarda 3 adet damla sulama işletme biriminin 4 gün arayla 23,70 mm, 40 dakika süreyle sulama uygulaması yapılması belirlenmiştir. Böylece damla sulama uygulaması 2 saatte tamamlanacaktır.

4.4.4 Alan No 4

4.4.4.1 Mevcut Durum

Alanın sulamasıyla ilgili olan mevcut durumu değerlendirmek için hazırlanan planlama paftaları kapsamında, 3.2.3.1 numaralı bölümde belirtildiği üzere elde edilen imar planı temel alınmıştır. Bu plan, AutoCAD bilgisayar programı kullanılarak 1/500 ölçekli bir taslak (EK-15) olarak çizilmiştir. Bu kroki, alanın kotları, su kaynağının konumu, infiltrasyon testi noktaları, sert zemin alanları ve yeşil bölgeleri detaylı olarak göstermektedir.

Alanın peyzaj planında görüldüğü üzere bitki kompozisyonlarında kullanılan türler oldukça çeşitli ve gereğinden sık dikilmiştir. Büyüme mesafesi göz önünde bulundurulmadan yerleştirilen süs bitkilerinin arasında meyve ağaçları da bulunmaktadır.

Alandaki mevcut sulama sistemi yağmurlama sulamadır. Su kaynağı olarak yan parselde bulunan bir sanayi kuruluşuyla ortak kullanılan 30 metre derinliğindeki kuyu tercih

edilmiştir. Suyun basınçlandırılması için 2,78 L/s debili elektrikli dalgıç pompa bulunmaktadır ve herhangi bir kontrol birimi kullanılmamıştır.

Yağmurlama sulama başlıkları 2,0 bar işletme basıncına sahip, ıslatma yarıçapı bakımından 4 tip rotor, iki tip spreyl olmak üzere toplam 6 çeşittir. Rotor başlıklarda farklı ıslatma açıları için nozul bulunmamaktadır. Başlıkların alana yerleştirilmesinde belirgin bir tertip düzeni görülmemektedir. Toplam 51 adet yağmurlama başlıklarının teknik özelliklerini içeren mevcut başlık yerleri ve örtme deseni planı EK-16'da verilmiştir.

Alanda suyun iletimini sağlayan ana boru hattı, 50 mm dış çaplı ve 10 atü basınç dayanımına sahip polietilen malzemeden oluşturulmuştur. Lateral boru hattında ise 40 mm dış çaplı ve 10 atü basınç dayanımına sahip polietilen borular tercih edilmiştir. Ayrıca, suyun başlıklara iletilmesinde kullanılan kılcal borular için basınç dayanımı 8 atü olan 20 mm dış çaplı polietilen borular kullanılmıştır. Toplam 4 adet yağmurlama sulama sistemi işletme biriminin otomasyonunda, 4 istasyonlu elektrikli iç mekan kontrol ünitesi ve 1½" selenoid vana kullanılmaktadır. Kontrol ünitesi, su kaynağının 3,50 m ilerisinde bulunan bir duvara monte edilmiş pano içerisine yerleştirilmiştir. Alanda sulama planı, mart-eylül ayları arasında her gün, tüm işletme birimleri için 25 dakika olarak belirlenmiştir. Mevcut su iletim ve dağıtım hatları planı EK-17'de sunulmuştur.

Sonuç olarak, mevcut sulama sisteminin aplikasyonu sonrasında yeşil alanda gerçekleştirilen onarım ve yenileme çalışmalarında sistemin düzgün çalışmasını engelleyecek bir dizi sorunla karşılaşmıştır. Örneğin, sonradan yerleştirilen pergola için dökülen beton, yağmurlama başlıklarından birini çevrelemiş ve pergolanın arkasında kalarak etkisiz hale gelmesine neden olmuştur. Ayrıca, yapı çevresinde yapılan kaldırım düzenlemesi, pergoladaki gibi başlıkların çalışmasını engellemektedir. Saha çalışmalarında gerçekleştirilen manometre testleri sonucunda işletme basıncı en yüksek 4 bar, en düşük ise 3,20 bar olarak ölçülmüştür. Sistemde meydana gelen düzensiz basınç nedeniyle yağmurlama başlıklarında sık sık arızalar meydana gelmektedir. Kullanılamaz hale gelen başlıkların yerine, konuyla ilgili yetkinliği olmayan kişiler tarafından rotor başlıklardan oluşan işletme birimine spreyl başlıklar eklenerek arızalar çözülmeye çalışılmıştır. Ancak, rotor ve spreyl başlıkların yağmurlama hızlarının oldukça farklı olması nedeniyle çim alanlarda göllenmeler meydana gelmektedir. Bazı yeşil alanlarda sulama sistemi planlanmışken, diğer alanlarda herhangi bir sulama sistemi bulunmamakta ve bunun yerine el ile sulama yapılmaktadır. El ile yapılan sulamada homojenlik ve düzenlilik sağlanamadığı için çim alanlarda kurumalar gözlemlenmektedir.

4.4.4.2 Önerilen Sulama Sistemi

Önerilen sulama sisteminin hazırlanması için gerekli veriler Çizelge 4.45'te verilmiştir.

Çizelge 4.45. Ön projelendirme faktörlerinde kullanılacak veriler (Alan no 4)

Kaynak Araştırması	
Toprak bünyesi	Orta bünye
Hacim ağırlığı	1,45 g/cm ³
İnfiltrasyon hızı	6,55 mm/h
Etkili kök derinliği (Çim için)	30 cm
Etkili kök derinliği (Çalı için)	40 cm
Bitki katsayısı (k_c)	1,0 (pik Temmuz ayı)
Bitki su tüketimi (Çim ve çalı için)	5,35 mm/gün (pik Temmuz ayı)
Kullanılabilir su tutma kapasitesi (d_k)	185,12 mm/m
KSTK'nin tüketilmesine izin verilen kısmı (R_y) (Çim için)	0,30
KSTK'nin tüketilmesine izin verilen kısmı (R_y) (Çalı için)	0,40
Ortalama rüzgâr hızı	1,39 m/s
Su kaynağının debisi	2,78 L/s
Su iletim randımanı (E_c)	1,0
Su uygulama randımanı (E_a)	0,80 (yağmurlama sulama için), 0,85 (damla sulama için)

Bölüm 3.2.3.5'te verilen ön projelendirme basamakları takip edilerek yağmurlama sulama sistem tertibi için gerekli olan veriler hesaplanmıştır. Hesaplanan veriler Çizelge 4.46'da derlenmiştir.

Çizelge 4.46. Yağmurlama sulama için ön projelendirme faktörleri (Alan no 4)

$d_{n \max}$ (mm)	$SA_{\max}$ (gün)	d_n (mm)	d_t (mm)	I_y (mm/h)	T_a (h)	$N_{\max}$ (adet)	$N_{\min}$ (adet)
16,70	3	16,05	20,06	10,11	2	15	2

Sulama süresinin belirlenebilmesi için kullanılacak başlığın yağmurlama hızı hesaplanmalıdır. Seçilen başlığa ait teknik özellikler Çizelge 4.47'de verilmiştir. Hesaplamalar 180° ıslatma açısı için yapılmıştır.

Yağmurlama sulama sistemi için, seçilen başlıklar, yeşil parsellerin alandaki konumu ve debi göz önünde bulundurulduğunda en ekonomik işletme birimi sayısı 3 adet olarak seçilmiştir. Yağmurlama başlık yerleri ve örtme deseni (önerilen) planında (EK-18) alanda

kullanılan yağmurlama başlıklarının teknik özellikleri, adetleri, debileri, tertip düzeni ayrıntılı olarak gösterilmiştir.

Çizelge 4.47. Kullanılacak başlığın teknik özellikleri (İşletme basıncı 2,8 bar) (Alan no 4)

Başlık ıslatma açısı (°)	Yarıçap (m)	Debi (m ³ /h)	I _y ■ (mm/h)	I _y Δ (mm/h)
90	6,10	0,09	10	11
120	5,80	0,13	10	12
180	5,80	0,17	10	12
210	5,80	0,20	10	12
270	5,80	0,25	10	12
360	5,80	0,33	10	12

Lateral boru çaplarının belirlenmesi için, oluşturulan işletme birimlerinin debisi bilinmelidir. Çizelge 4.48’de A1 numaralı işletme birimindeki başlık sayısı ve debileri verilmiştir.

Çizelge 4.48. A1 İşletme birimi başlık sayısı ve debileri (Alan no 4)

ZON 1	RT Tip Rotator Başlıklar										Toplam
A1	RT1 tip		RT 2 tip				RT3 tip				
İşletme basıncı (bar)	2,8		2,8				2,8				-
Başlık ıslatma açısı (°)											-
	90	180	90	120	18	270	360	RCS515	LCS515	SS530	
Debi (L/s)	0,011	0,022	0,025	0,036	0,047	0,07	0,092	0,014	0,014	0,028	-
Miktar (Adet)	4	4	7	5	18	1	3	2	2	4	50 Adet
Toplam debi (L/s)	0,044	0,088	0,175	0,18	0,85	0,07	0,276	0,028	0,028	0,112	1,85 L/s

A1 işletme biriminde lateral boru çapının belirlenmesi için takip edilen adımlar Çizelge 4.49’da yer almaktadır. Verilen adımlar tüm lateraller için tekrarlanarak oluşturulan yağmurlama sulama işletme birimleri için veriler Çizelge 4.50’de yer almaktadır.

Çizelge 4.50’de görüldüğü üzere en yüksek debiye sahip işletme birimi A1 (1,85 L/s)’dir. Ana boru bu işletme birimine göre seçilirse, diğer işletme birimlerinin debilerini karşılaması rahatlıkla sağlanacaktır. Çizelge 4.51’de ana boru için seçilen çap ve yük kaybı değerleri verilmiştir.

Ana boru için 50 mm dış çaplı 10 atü basınç dayanımına sahip polietilen boru seçilmiştir. İşletme birimlerinin debileri göz önünde bulundurulduğunda A1 ve A2 işletme birimleri için 1½", A3 işletme birimi için ise 1" basınç regülatörlü selenoid vana kullanılacaktır. İşletme birimlerinde debilere göre oluşan yük kaybı değerleri, vananın fittingsleriyle birlikte Çizelge 4.52’de verilmiştir.

Çizelge 4.49. A1 işletme birimi lateral boru seçimi (Alan no 4)

İşletme birimi debisi (QL1)	(4x0,011)+(4x0,022)+(7x0,025)+(5x0,036)+(18x0,047)+(1x0,07)+(3x0,092)+(2x0,014)+(2x0,014)+(4x0,028)	1,85 L/s
İşletme birimlerinde oluşan yük kaybı	h=0,2x2,8=0,56 bar = 5,60 m	
(Başlık işletme basıncının %20'sini aşmamalıdır.)		
Lateral giriş basıncı	H _{L1} =28+2,40+(2,40x0,1)+0 = 30,64 m	
Lateral boyunca oluşan yükseklik farkları	Eğim yok	
(Söz konusu lateralin kritik bölümü dikkate alınarak hesaplanmıştır.)		
$h_{gL} = \sum (L \times S)$		
Lateral boyunca izin verilen yük kayıpları	h _{L1} = 5,60 m	
Lateral boru çapı seçiminde boru boyu ve debisi bilinmelidir. L1 lateraline su girişi ortadan olduğundan, lateral boyu ve işletme birimi debisi ikiye bölünür. (Lateral boyu 114,50 m)		
QL1= 1,85/2=0,925 L/s		
Borularda suyun akış hızı 0,5 -2,0 m/s arasında olmalıdır ve seçilen boru çapında sürtünmeden kaynaklı yük kayıpları, izin verilen yük kayıplarından fazla olmamalıdır.		
Akış hızı (m/s)	Yük kaybı (m/m)	L1 için seçilen boru çapı (10 atü PE)
1,11	0,042	40 mm dış çaplı
h _{fl} =57,25x0,042= 2,40 m < 5,60 m (h _L > h _{fl} olduğundan seçilen boru çapı uygundur)		
Sistemde yer alan kılcal boru ve diğer fittingslerdeki yersel kayıplar lateraldeki sürtünme kaybının %10'u kadar alınabilir. Bu aşamada h _{gL} 'nin işareti bayır yukarı eğimde (+), bayır aşağı eğimde (-) alınmaktadır.		

Çizelge 4.50. Yağmurlama işletme birimleri ve lateral giriş basıncı (Alan no 4)

Kontrol ünitesi istasyon no	İşletme basıncı (bar)	Başlık sayısı (Adet)	İşletme birimi debisi (L/s)	Lateral boyu (m)	İzin verilen yük kaybı (m)	Seçilen boru çapı (mm)	Akış hızı (m/s)	Yük kaybı (m)	Giriş basıncı (m)
A1	2,8	50	1,85	114,5	5,60	40,0	1,11	2,40	30,64
A2	2,8	39	1,45	89,0	4,34	32,0	1,37	3,65	33,27
A3	2,8	51	1,19	88,0	5,60	32,0	1,12	2,42	30,66

Çizelge 4.51. Seçilen ana boru çapı seçimi ve yük kayıpları (Alan no 4)

Ana boru	209,00 m	Kritik hat A1:1,85 L/s
Boru çapı (mm)	Akış hızı (m/s)	Yük kaybı (m/m)
50 mm dış çaplı 10 atü PE	1,42 m/s	0,051 m/m
$h_f=209,00 \times 0,051=10,66$ m		

Çizelge 4.52. Selenoid vana seçimi ve ana boru hattında istenen basınç (Alan no 4)

Kontrol ünitesi istasyon no	İşletme birimi debisi (L/s)	Giriş basıncı (m)	Ana boru dış çapı (mm)	Seçilen selenoid vana çapı (")	Selenoid vanayük kaybı (m)	Ana boru hattında istenen basınç (m)
A1	1,85	30,64	50,0	1½"	2,5	33,14
A2	1,45	33,27	50,0	1½"	2,5	35,77
A3	1,19	30,66	50,0	1½"	1,35	32,01

- Ana boru girişinde istenen basınç;

Ana boru girişinde istenen basıncın bulunabilmesi için, ana boruda yükseklik farkından dolayı (h_g 'nin işareti bayır aşağı eğimde $-$, bayır yukarı eğimde $+$ alınır) ve sürtünmeden kaynaklı oluşan yük kayıplarının ana boru hattında istenen basınca eklenmesi gerekmektedir. Burada dikkate alınan ana boru hattında istenen basınç değeri Çizelge 4.52'den görüldüğü üzere pik değer olan A2 (35,77 m) numaralı işletme birimidir. Ana boru girişinde istenen basınç değerleri Çizelge 4.53'te verilmiştir.

Çizelge 4.53. Ana boru girişinde istenen basınç (Alan no 4)

Ana boru	$H_a = A2: 33,77$ m	$h_{ft}=10,66$ m
Ana boru eğimi	Eğim yok	
Ana boru girişinde istenen basınç	$H=33,77+10,66= 46,43$ m	

- Kontrol ünitesi seçimi;

Yağmurlama sulama sistemi için oluşturulan 3 adet işletme birimi için en az 3 istasyonlu kontrol ünitesi gerekmektedir. Kontrol ünitesi seçimi damla sulama sistemi işletme birimleri belirlendikten sonra karar verilmek üzere ilerideki bölümlerde açıklanacaktır.

- Pompa birimi seçimi;

Ana boru girişindeki basınç, Çizelge 4.53'te belirtilen değer olan 46,63 m'dir. Su kaynağı olarak kullanılacak olan kuyu yaklaşık 30 m derinliğindedir. Kuyu, çevre işletmelerle

ortak kullanıldığından, mevcut dalgıç pompa kullanılarak sulama suyu alanda bir depoda toplanacak ve hidrofor pompa ile yeşil alanlara iletilecektir.

Alanın sulanmasında damla sulama yöntemi de kullanılacağından, uygun olan 100 meshlik hidrosiklon elek filtre seçilmiştir. Seçilen kontrol birimine dair ilgili çizelgede belirtilen yük kaybı 1,50 m (0,15 bar) olarak alınmıştır. Su deposu ile hidrofor pompa birimine bağlı boru kolu, statik emme yüksekliğini oluşturacaktır ve bu uzunluk 7,00 m olarak belirlenmiştir. Emme hattındaki fittingsler nedeniyle oluşacak yük kaybı, statik emme yüksekliğinin %30'u kadar alınacaktır.

$$H_m=46,43+1,50+9,10=57,03 \text{ m} \quad (4.26)$$

Buna göre; Q: 2,22 L/s, H_m: 60,00 m olan dikey milli hidrofor pompa seçilmiştir.

Damla sulama sistemi için projelendirme işlemi, damlatıcı seçimiyle başlamıştır.

- Alan no 4 orta bünyeli toprağa sahiptir, Buna göre 4 L/h veya 6 L/h debili damlatıcılar seçilebilir.
- Damlatıcı aralığı 4 L/h için;

$$S_d=0,9 \times \sqrt{\frac{4}{6,55}}=0,70 \text{ m} \quad (4.27)$$

- Damlatıcı aralığı 6 L/h için;

$$S_d=0,9 \times \sqrt{\frac{6}{6,55}}=0,86 \text{ m} \quad (4.28)$$

Elde edilen veriler doğrultusunda piyasada bulunan, 4 L/h debili damlatıcılar için 70 cm, 6 L/h debili damlatıcılar 100 cm damlatıcı aralıklı in line lateral borulardan tercih edilmelidir. Damla sulama ile sulanacak bitki *Photinia fraseri red robin* (Alev çalısı), *Abelia grandiflora* (Güzellik çalısı) gibi sıra halinde dikilen süs bitkileridir ve toprak yüzeyinin tamamı ıslatılacaktır. Buna göre lateral aralığı, damlatıcı aralığına eşit olacaktır. Dikim aralığı göz önünde bulundurulduğunda 4 L/h debili 70 cm damlatıcı aralığına sahip in line damla sulama laterali seçilmiştir. Bölüm 3.5.3.2’de verilen eşitlikler ile hesaplanan ön projeleme faktörleri Çizelge 4.54’te derlenmiştir.

Çizelge 4.54. Damla sulama için ön projelendirme faktörleri (Alan no 4)

$d_{n\max}$ (mm)	$SA_{\max}$ (gün)	d_n (mm)	d_t (mm)	N (adet)	T_a (h)
29,62	5	25,20	29,65	2041	4

Damla sulama ile sulanacak alanlarda kullanılan lateraller ve kot farklarından oluşan eğim her parsel için ayrıdır. Bu nedenle en yüksek debiye sahip (kritik lateral) olan L1 için boru çapı seçimi örneği Çizelge 4.55’te verilmiştir.

Çizelge 4.55. Lateral boru çapı seçimi ve giriş basıncı (Alan no 4)

L1	Lateral boyu: 48,50 m 2 sıra	Laminar akışlı in line damlatıcı akış rejimine bağlı x katsayısı 1,0’dır. Bu değer $x \geq 0,85$ olduğundan işletme basıncının %15’i izin verilen yük kaybı hesabına eklenir. $h=0,15 \times 10=1,5$ m
Lateral eğimi	Eğim yok	
Latreal üzerindeki damlatıcı sayısı		$n_d = \frac{48,50}{0,70} = 70$ adet (Lateral üzerindeki damlatıcı sayısı 100’den küçük olduğu için düzeltme katsayısı (F) çizelgeden hesaplanır. (F=0,359))
Lateral debisi	$Q_{ll} = 70 \times 4 = 280$ L/h	
Lateral boyunca izin verilen yük kaybı		$h_{\eta} = (0,55 \times 1,5) = 0,825$ m (İşletme birimlerindeki yük kayıplarının en çok %55’i lateral boru hattında, %45’inin manifold boru hattı boyunca oluşması istenmektedir.)
Lateral boru çapı seçimi	$h_l = \left(\frac{3,0}{100}\right) \times 48,50 \times 0,359 = 0,52$ m	16 mm dış çaplı 4 atü polietilen boru $h_l = 0,52 \leq h_{\eta} = 0,825$ Uygundur.
Lateral giriş basıncı	$H_l = 10 + (0,77 \times 0,52) + (1/2) \times 0 = 10,40$ m	

Yukarıdaki aşamalar tüm damla sulama lateralleri için tekrarlanarak, boru çapı ve giriş basıncı belirlenmiştir. Damla sulama lateralleri için seçilen boru çapı ve giriş basıncı değerleri Çizelge 4.56’da verilmiştir.

Damla sulama için toplam debi 0,68 L/s’dir. Damla sulama işletme birimi debisi, yağmurlama işletme birimleri debisine uygun olduğundan tek işletme birimi olarak sulanabilmektedir. Çizelge 4.57’de A4 damla sulama işletme birimi için manifold boru çapı seçimi ve giriş basıncı hesabı verilmiştir.

Damla sulama işletme birimi için, yağmurlama sulama sisteminde kullanılan ana boru çapı uygun olduğundan yeni bir boru planlanmasına gerek yoktur. Damla sulama işletme birimi debisi göz önünde bulundurulduğunda 1" basınç regülatörlü selenoid vana kullanılması uygundur. Yağmurlama sulama için 3 adet, damla sulama için 1 adet işletme birimi

bulunmaktadır. Toplam 4 adet işletme birimi için, 4 istasyonlu iç mekan tipi elektrikli kontrol ünitesi kullanılması uygundur. Alan no 4 için hazırlanan su iletim ve dağıtım hatları (önerilen) planında (EK-19) sistem unsurları detaylı olarak gösterilmiştir.

Çizelge 4.56. Damla sulama laterallerinde debi, boru çapı ve giriş basıncı (Alan no 4)

Lateral no	Lateral adedi	Lateral boyu (m)	Lateral debisi (L/h)	İzin verilen yük (m)	Lateral boyunca oluşan yük kaybı (m)	Seçilen lateral boru çapı (mm)	Giriş basıncı (m)
1	2	48,50	280,00	0,825	0,52	16,00	10,40
2	1	48,00	276,00	0,825	0,50	16,00	10,38
3	2	46,00	264,00	0,825	0,46	16,00	10,36
4	2	48,50	280,00	0,825	0,52	16,00	10,40
5	1	47,00	272,00	0,825	0,49	16,00	10,38
6	1	46,50	268,00	0,825	0,47	16,00	10,36

Çizelge 4.57. Damla sulama manifold boru çapı seçimi ve giriş basıncı (Alan no 4)

A4	Manifold boyu: 211,0 m	(İşletme birimlerinde izin verilen yük kayıpları, işletme basıncının %15-%20'si kadar olmalıdır.)	$h=0,15 \times 10=1,5 \text{ m}$		
Manifold eğimi		Eğim yok			
Manifold debisi		0,68 L/s	Kritik lateral giriş basıncı	L1: 10,40 m	
(Manifoldun hizmet ettiği lateral sayısı 9 adettir. F faktörü çizelgeden 0,4085 olarak hesaplanmaktadır.)					
Manifold boyunca izin verilen yük kaybı		$h_{fm}=(0,45 \times 1,5)=0,675 \text{ m}$ (İşletme birimlerindeki yük kayıplarının en çok %55'i lateral boru hattında, %45'inin manifold boru hattı boyunca oluşması istenmektedir.)			
Manifold boru çapı seçimi		$h_m=\left(\frac{0,5}{100}\right) \times 105,50 \times 0,4085=0,215 \text{ m}$	$h_m=0,215 \leq h_{fm}=0,675$ Uygundur.		
Manifolda su girişi ortadan olacaktır. Dolayısıyla manifold debisi ve uzunluğu ikiye bölünerek hesaplama yapılmıştır. ($Q_m=0,68/2=0,34 \text{ L/s}$ ve $L_m=211,00/2=105,50 \text{ m}$)					
A4 damla sulama manifoldu için 40 mm dış çaplı 8 atü polietilen boru seçilmiştir.					
Manifold giriş basıncı		$H_m=10,40+0,215+0=10,62 \text{ m}$			

4.4.4.3 Değerlendirme

Mevcut koşullarda kullanılan su kaynağı, çevre işletmelerle ortak kullanıma sahip olan 30 metre derinliğindeki kuyudur. Bu kuyuda bulunabilecek katı partiküllerin önerilen sulama sistemine zarar verebileceği öngörüldüğünden, sisteme 100 mesh hidrosiklon elek filtre

eklenmesi planlanmıştır. Ayrıca işletme içerisinde sistemin takibini kolaylaştırmak amacıyla ortak kullanımda olan kuyudaki mevcut 2,78 L/s debili elektrikli dalgıç pompa kullanılarak alana yerleştirilen 20,00 m³ hacimli bir su depolama biriminde suyun toplanması uygun görülmüştür. Suyun basınçlandırılması için 2,22 L/s debiye sahip, manometrik yüksekliği 60,00 metre olan dikey milli hidrofor pompa kullanılacaktır. Böylece alanda mevcutta depo olarak kullanılan yapı içerisinde kontrol odası oluşturularak su deposu, kontrol birimi ve pompa birimi buraya yerleştirilecektir.

Mevcut sistemde ana boru hatları için 50 mm, lateral boru hatları için ise 40 mm dış çaplı, 10 atü basınç dayanımına sahip polietilen malzeme kullanılmaktadır. Önerilen sistemde ana boru çapı 50 mm olarak seçilmiştir. Ancak lateral boru hatları için uygun görülen, 40 mm ve 32 mm dış çaplı, 10 atü basınç dayanımına sahip polietilen borulardır. Mevcutta el ile sulanan alanlar için de sulama sistemi planlanması önerilmiştir. Yağmurlama sulama sistemi ile sulanan mevcut alanda 4 adet işletme birimi bulunmaktadır. Önerilen koşullarda yeni sistem planlanacak alanlarla birlikte toplamda 3 işletme birimi ile sulama gerçekleştirilecektir.

Önerilen projede kullanılan başlıklar, eş su dağılımını sağlayacak şekilde düzenlenmiştir. Ayrıca başlıklardaki yağmurlama hızının, toprağın infiltrasyon hızına uygun olması başlık seçiminde dikkat edilen başka bir kriterdir. Alanda 185,12 mm/m olan kullanılabilir su tutma kapasitesinin %30'u tüketildiğinde sulamaya başlanması önerilmiştir. Dolayısıyla 3 gün arayla toplam 20,06 mm, 2 saat sulama uygulaması yapılacaktır. Böylece yağmurlama sulama sistemi için oluşturulan 3 adet işletme birimi için toplam 6 saatte sulama tamamlanacaktır. Mevcut koşullarda her gün 25 dakika süreyle yaklaşık 4,50 mm su uygulaması yapılmaktadır. Görüldüğü üzere bu değer önerilen koşullarda uygulanan sulama miktarının 1,5 kat altındadır ve yeterli olmamaktadır.

Mevcut koşullarda alanda damla sulama sistemi planlanmıştır. Ancak peyzaj tasarımında yer alan çalı ve ağaççık grubu bitkilerin yağmurlama sulama ile sulanması uygun değildir. Bu nedenle planlanan damla sulama sistemi için 1 adet işletme birimi oluşturulmuştur. 5 gün arayla toplam 29,65 mm, 4 saat sulama uygulaması yapılması planlanmıştır. Damla sulama manifold boru hattı, 40 mm 8 atü polietilen malzemeden oluşturulmuştur. Damla sulama lateralleri için sulanacak bitkilerin dikim aralıkları gözetilerek 16 mm dış çaplı 4 atü, 70,00 cm in-line damlatıcı aralığına sahip polietilen boru seçilmiştir.

4.4.5 Alan No 5

4.4.5.1 Mevcut Durum

Alanın sulamasıyla ilgili olan mevcut durumu değerlendirmek için hazırlanan planlama paftaları kapsamında, 3.2.3.1 numaralı bölümde belirtildiği üzere elde edilen imar planı temel alınmıştır. Bu plan, AutoCAD bilgisayar programı kullanılarak 1/500 ölçekli bir taslak (EK-20) olarak çizilmiştir. Bu kroki, alanın kotları, su kaynağının konumu, infiltrasyon testi noktaları, sert zemin alanları ve yeşil bölgeleri detaylı olarak göstermektedir.

Alanın peyzaj planında görüldüğü üzere kullanılan bitkiler gelişi güzel seçilmiş ve alanda düzensiz kompozisyonlar oluşturmuştur. Bakımda yaşanan aksaklıklar nedeniyle zamanında budanmayan her dem yeşil bitkiler olması gerekenden fazla alanı kaplamaktadır.

Alanın sulanmasında yağmurlama sulama sistemi kullanılmaktadır. Su kaynağı olarak şehir şebekesinden faydalanılmaktadır. Şebeke basıncı, sulama başlıklarının etkili bir şekilde çalıştırılmasını sağlamak için yeterli olduğundan dolayı pompa birimine ihtiyaç duyulmamaktadır. Suyun şebekeden alınmasında, 10 atü basınç dayanımına sahip 63 mm dış çaplı polietilen borular kullanılmaktadır. Bu borular aracılığıyla alana taşınan su, 40 mm dış çaplı ve 10 atü basınç dayanımına sahip polietilen lateral borular kullanılarak dağıtılmaktadır. Suyun başlıklara iletilmesinde kullanılan kılcal borular, 20 mm dış çaplı polietilen malzemedir ve 8 atü basınç dayanımına sahiptir.

Yağmurlama sulama başlıkları, 2,1 bar işletme basıncına sahip spreyl başlıklarıdır. Islatma yarıçapı bakımından üç farklı çeşide sahiptir. Başlıklar, alana düzensiz bir şekilde yerleştirilmiştir. Yağmurlama başlıklarının teknik özellikleri, başlık yerleri ve örtme deseni (mevcut) planı EK-21’de detaylı bir şekilde sunulmuştur.

Yağmurlama sulama için oluşturulan beş işletme biriminin otomasyonunda, çeşitli istasyon sayısına sahip pilli kontrol üniteleri ve 2" selenoid vanalar kullanılmaktadır. Kontrol üniteleri, işletme birimlerini kontrol eden selenoid vanalarla birlikte alana yerleştirilen vana kutularına entegre edilmiştir. Mevcut su iletim ve dağıtım hatları planı EK-22’de gösterilmiştir.

Sulama planı, alanda belirli bir düzeni yansıtmamaktadır. Her yılın nisan ayında belediye yetkilileri tarafından etkinleştirilmektedir. Her işletme birimi için 25 dakika sulama süresi belirlenmiş ve su kullanımının daha düşük olduğu gece saatlerinde uygulanmaktadır.

Genel olarak, mevcut sulama sisteminin en büyük sorunu, yağmurlama başlıklarının alan içine yerleştirilme biçimidir. Bu başlıkların, homojen bir su dağılımı sağlamaktan oldukça uzak olduğu ve gereğinden fazla ıslatma yarıçapına sahip olduğu gözlemlenmiştir. Bu durum, sert zeminlerin ve alan dışındaki kaldırımların sulama sürecinde ıslanmasına neden olmaktadır. Alanda, su kaynağından gelen su basıncı 8,0-10,0 bar aralığında ölçülmüştür. Bu basınç, selenoid vanaların basınç regülatörleri ile düzenlenmiş olmasına rağmen, laterallerde ölçülen en düşük basınç 3,5 bar, en yüksek 4,2 bar olarak tespit edilmiştir. Bu durum, başlıklarda meydana gelen fazla basınç kaynaklı hasarların hızlı bir şekilde onarılmadığından, işletme birimlerinde su dağılımının dengesiz olmasına neden olmaktadır. Bazı başlıklara yeterli su ulaşmazken, diğer başlıklarda aşırı basınç oluşabilmektedir. Ayrıca, otomasyonda kullanılan kontrol birimlerinin istasyon sayısı, tek bir işletme birimine hizmet etmesine rağmen gereğinden fazladır. Ekranı olmayan bu kontrol birimleri, çalıştırılması ve programlanması için anahtar görevi gören bir ekran eklentisi ile açılabilir. Bu nedenle, bu eklentinin olmadığı veya unutulduğu durumlarda sulama işlemini başlatmak ve arızaları tespit etmek oldukça zor hale gelmektedir (Şekil 4.2).



a. Kontrol ünitesi



b. Kontrol ünitesi
programlama aracı



c. Kontrol ünitesi
programlama

Şekil 4.2. Alan no 5 otomasyonda kullanılan kontrol ünitesi, a, b ve c

4.4.5.2 Önerilen Sulama Sistemi

Önerilen sulama sisteminin hazırlanması için gerekli veriler Çizelge 4.58’de verilmiştir. Bölüm 3.2.3.5’te verilen ön projelendirme basamakları takip edilerek yağmurlama sulama sistem tertibi için gerekli olan veriler hesaplanmıştır ve Çizelge 4.59’da derlenmiştir. Sulama süresinin belirlenebilmesi için kullanılacak başlığın yağmurlama hızı bilinmelidir. Bunun için seçilen başlığın teknik özellikleri Çizelge 4.60’da verilmiştir. Hesaplamalar 180° ıslatma açısı için yapılmıştır.

Çizelge 4.58. Ön projeleme faktörlerinde kullanılacak veriler (Alan no 5)

Kaynak Araştırması	
Toprak bünyesi	Hafif bünye
Hacim ağırlığı	1,65 g/cm ³
İnfiltrasyon hızı	2,24 mm/h
Etkili kök derinliği (Çim için)	30 cm
Etkili kök derinliği (Çalı için)	40 cm
Bitki katsayısı (k_c)	1,0 (pik Temmuz ayı)
Bitki su tüketimi (Çim ve çalı için)	5,66 mm/gün (pik Temmuz ayı)
Kullanılabilir su tutma kapasitesi (d_k)	171,44 mm/m
KSTK'nin tüketilmesine izin verilen kısmı (R_y) (Çim için)	0,30
KSTK'nin tüketilmesine izin verilen kısmı (R_y) (Çalı için)	0,40
Ortalama rüzgâr hızı	2,08 m/s
Su kaynağının debisi	2,22 L/s
Su iletim randımanı (E_c)	1,0
Su uygulama randımanı (E_a)	0,80 (yağmurlama sulama için), 0,85 (damla sulama için)

Çizelge 4.59. Yağmurlama sulama için ön projeleme faktörleri (Alan no 5)

d_{n max} (mm)	SA_{max} (gün)	d_n (mm)	d_t (mm)	I_y (mm/h)	T_a (h)	N_{max} (adet)	N_{min} (adet)
15,43	3	16,98	21,23	10,11	2,10	12	5

Çizelge 4.60. Kullanılacak başlığın teknik özellikleri (İşletme basıncı 2,8 bar) (Alan no 5)

Başlık ıslatma açısı (°)	Yapıçap (m)	Debi (m³/h)	I_y ■ (mm/h)	I_y Δ (mm/h)
90	6,10	0,09	10	11
120	5,80	0,13	10	12
180	5,80	0,17	10	12
210	5,80	0,20	10	12
270	5,80	0,25	10	12
360	5,80	0,33	10	12

Yağmurlama sulama sistemi için, seçilen başlıklar, yeşil alanların konumu ve debi göz önünde bulundurulduğunda en ekonomik işletme birimi sayısı 6 adet olarak seçilmiştir. Yağmurlama başlık yerleri ve örtme deseni (önerilen) planında (EK-23), alanda kullanılan

yağmurlama başlıklarının teknik özellikleri, adetleri, debileri, tertip düzeni ayrıntılı olarak gösterilmiştir.

Lateral boru çaplarının belirlenmesi için, oluşturulan işletme birimlerinin debisi bilinmelidir. Çizelge 4.61’de A1 numaralı işletme birimindeki başlık sayısı ve debileri verilmiştir. Verilen bilgiler doğrultusunda A1 işletme biriminde lateral boru çapı ve girişi basıncının belirlenmesi için takip edilen adımlar Çizelge 4.62’de bulunmaktadır.

Çizelge 4.61. A1 İşletme birimi başlık sayısı ve debileri (Alan no 5)

ZON 1	RT Tip Rotator Başlıklar					Toplam
A1	RT1 tip					-
İşletme basıncı (bar)	2,8					-
Başlık ıslatma açısı (°)	90	120	180	210	360	-
Debi (L/s)	0,025	0,036	0,047	0,056	0,092	-
Miktar (Adet)	6	2	13	2	8	31 Adet
Toplam debi (L/s)	0,15	0,072	0,611	0,112	0,736	1,68 L/s

Çizelge 4.62. A1 işletme birimi lateral boru çapı seçimi (Alan no 5)

İşletme birimi debisi (QL1)	$(6 \times 0,025) + (2 \times 0,036) + (13 \times 0,047) + (2 \times 0,056) + (8 \times 0,092)$	1,68 L/s
İşletme birimlerinde oluşan yük kaybı	$h = 0,2 \times 2,8 = 0,56 \text{ bar} = \mathbf{5,60 \text{ m}}$	
(Başlık işletme basıncının %20'sini aşmamalıdır.)		
Lateral boyunca oluşan yükseklik farkları	$h_{gL1} = 16,00 \times 0,025 = \mathbf{0,40 \text{ (Bayır yukarı)}}$	
(Söz konusu lateralin kritik bölümü dikkate alınarak hesaplanmıştır.)		
$h_{gL} = \sum (L \times S)$		
Lateral boyunca izin verilen yük kayıpları	$h_{L1} = 5,60 - 0,40 = \mathbf{5,20 \text{ m}}$	
Lateral boru çapı seçiminde boru boyu ve debisi bilinmelidir. L1 lateraline su girişi ortadan olduğundan, lateral boyu ve işletme birimi debisi ikiye bölünür. (Lateral boyu 62,50 m)		
QL1= 1,68/2=0,84 L/s		
Borularda suyun akış hızı 0,5-2,0 m/s arasında olmalıdır ve seçilen boru çapında sürtünmeden kaynaklı yük kayıpları, izin verilen yük kayıplarından fazla olmamalıdır.		
Akış hızı (m/s)	Yük kaybı (m/m)	L1 için seçilen boru çapı (10 atü PE)
1,58	0,106	32 mm dış çaplı
$h_{fL} = 31,00 \times 0,106 = \mathbf{3,29 \text{ m} < 5,20 \text{ m}}$ ($h_L > h_{fL}$ olduğundan seçilen boru çapı uygundur)		
Sistemde yer alan kılcal boru ve diğer fittingslerdeki yersel kayıplar lateraldeki sürtünme kaybının %10'u kadar alınabilir. Bu aşamada h_{gL} 'nin işareti bayır yukarı eğimde (+), bayır aşağı eğimde (-) alınmaktadır.		
Lateral giriş basıncı	$H_{L1} = 28 + 3,29 + (3,29 \times 0,1) + 0,40 = \mathbf{32,02 \text{ m}}$	

A1 işletme birimi için verilen aşamalar diğer işletme birimleri için tekrar edilmiştir. Yağmurlama sulama için oluşturulan 6 adet işletme birimine ilişkin debi, boru çapı ve giriş basıncı değerleri Çizelge 4.63'te verilmiştir.

Çizelge 4.63. Yağmurlama işletme birimleri ve lateral giriş basıncı (Alan no 5)

Kontrol ünitesi istasyon no	İşletme basıncı (bar)	Başlık sayısı (Adet)	İşletme birimi debisi (L/s)	Lateral boyu (m)	İzin verilen yük kaybı (m)	Seçilen boru çapı (mm)	Akış hızı (m/s)	Yük kaybı (m)	Giriş basıncı (m)
A1	2,8	31	1,68	62,0	5,2	32,0	1,58	3,30	32,02
B1	2,1	38	1,98	56,5	4,2	32,0	1,86	3,96	25,40
C1	2,1	30	1,55	31,5	4,2	32,0	1,46	1,45	22,60
D1	2,1	28	1,43	37,0	4,2	32,0	1,35	1,47	22,62
E1	2,1	29	1,45	34,5	4,2	32,0	1,37	1,40	22,54
F1	2,1	23	1,45	26,0	4,2	32,0	1,37	1,06	22,17

Çizelge 4.63'te görüldüğü üzere en yüksek debiye sahip işletme birimi B1 (1,98 L/s)'dir. Ana boru bu işletme birimine göre seçilirse, diğer işletme birimlerinin debilerini karşılaması rahatlıkla sağlanacaktır. Çizelge 4.64'te ana boru için seçilen çap ve yük kaybı değerleri verilmiştir.

Çizelge 4.64. Seçilen ana boru çapı ve yük kayıpları (Alan no 5)

Ana boru bölüm 1	44,00 m	Kritik hat B1:1,98 L/s
Boru çapı (mm)	Akış hızı (m/s)	Yük kaybı (m/m)
50 mm dış çaplı 10 atü PE	1,52 m/s	0,057 m/m
$h_f=44,00 \times 0,057=2,51$ m		
Ana boru bölüm 2	73,00 m	Kritik hat C1:1,55 L/s
Boru çapı (mm)	Akış hızı (m/s)	Yük kaybı (m/m)
50 mm dış çaplı 10 atü PE	1,20 m/s	0,036 m/m
$h_f=73,00 \times 0,036=2,63$ m		

Sulanacak alan, kot farkından dolayı iki ayrı parselde planlanmıştır. Bu nedenle ana boru, iki bölüm olarak planlanmıştır. Ana borunun her iki bölümü için 50 mm dış çaplı 10 atü basınç dayanımına sahip polietilen boru seçilmiştir. İşletme birimlerinin debileri göz önünde bulundurulduğunda tüm işletme birimleri için 1½" basınç regülatörlü selenoid vana kullanılacaktır. İşletme birimlerinde debilere göre oluşan yük kaybı değerleri, vananın fittingsleriyle birlikte Çizelge 4.65'te verilmiştir.

Çizelge 4.65. Selenoid vana seçimi ve ana boru hattında istenen basınç (Alan no 5)

Kontrol ünitesi istasyon no	İşletme birimi debisi (L/s)	Giriş basıncı (m)	Ana boru dış çapı (mm)	Seçilen selenoid vana çapı (")	Selenoid vanayük kaybı (m)	Ana boru hattında istenen basınç (m)
A1	1,68	32,02	50,0	1½"	2,5	34,52
B1	1,98	25,40	50,0	1½"	2,5	27,90
C1	1,55	22,60	50,0	1½"	2,5	25,10
D1	1,43	22,62	50,0	1½"	2,5	25,12
E1	1,45	22,54	50,0	1½"	2,5	25,04
F1	1,45	22,17	50,0	1½"	2,5	24,67

- Ana boru girişinde istenen basınç;

Ana boru girişinde istenen basıncın bulunabilmesi için, ana boruda yükseklik farkından dolayı (h_g 'nin işareti bayır aşağı eğimde $-$, bayır yukarı eğimde $+$ alınır) ve sürtünmeden kaynaklı oluşan yük kayıplarının ana boru hattında istenen basınca eklenmesi gerekmektedir. Burada dikkate alınan ana boru hattında istenen basınç değeri Çizelge 4.65'ten görüldüğü üzere pik değer birinci bölüm için olan A1 (34,53 m), ikinci bölüm için D1 (25,12 m) numaralı işletme birimleridir. Ana boru girişinde istenen basınç değerleri Çizelge 4.66'da verilmiştir.

Çizelge 4.66. Ana boru girişinde istenen basınç (Alan no 5)

Ana boru bölüm 1	$H_a = A1: 34,52 \text{ m}$	$h_{f1}=2,51 \text{ m}$
Ana boru eğimi	Eğim yok	
Ana boru girişinde istenen basınç	$H=34,53+2,51+0= 37,03 \text{ m}$	
Ana boru bölüm 2	$H_a = D1: 25,12 \text{ m}$	$h_{f1}=2,63 \text{ m}$
Ana boru eğimi	Eğim yok	
Ana boru girişinde istenen basınç	$H=25,12+2,63+0= 27,75 \text{ m}$	

- Kontrol ünitesi seçimi;

Park alanı içerisinde elektrik hattı bulunmamaktadır. İşletme sorumluları, elektrikli kontrol ünitesinin muhafazasının zor olduğunu ve ayrıca alanda altyapı sorunları nedeniyle elektrik hattı döşenemeyeceğini ifade etmişlerdir. Bu nedenle, elektrikli kontrol ünitesinin piyasada daha ekonomik olmasına rağmen, 6 işletme birimi için 6 adet 1 istasyonlu pilli kontrol ünitesi kullanılması öngörülmüştür.

Su kaynağı şehir şebekesi olduğundan ve alanın sulanmasında damla sulama birimi oluşturulmayacağından filtreye ihtiyaç duyulmamıştır. Mevcut sulama sisteminde de belirtildiği üzere şebekenin basıncı işletme birimleri için yeterli olduğundan pompa birimi kullanılmayacaktır. Hazırlanan su iletim ve dağıtım hatları (önerilen) planı EK-24'te verilmiştir.

4.4.5.3 Değerlendirme

Mevcut sulama sisteminde kullanılan su kaynağı şehir şebekesidir ve hem debi hem de işletme basıncı bakımından sistemin çalıştırılması için uygundur. Bu nedenle önerilen sulama sisteminde pompa ve depolama birimine ihtiyaç duyulmamıştır.

Kullanılabilir su tutma kapasitesi 171,44 mm/m olan alanda bu değer %30'u tüketildiğinde sulamaya başlanacağından 3 gün arayla, toplam 21,23 mm su uygulaması yapılacaktır. Hesaplamalarda sulama süresi 2 saat olarak hesaplanmıştır. Mevcut koşullarda her gün 13 mm 25 dakika sulama uygulaması yapılmaktadır ve görüldüğü üzere önerilen koşullarda uygulanan su miktarından neredeyse 2 kat fazladır.

Mevcut sulama sisteminde 63 mm dış çaplı 10 atü basınç dayanımına sahip polietilen ana boru hatlarıyla alana ulaştırılan su, 40 mm dış çaplı 10 atü polietilen lateral boru hatlarıyla alanda dağıtılmaktadır. Önerilen sulama sisteminde ana boru hatları 50 mm, lateral boru hatları ise 32 mm dış çaplı 10 atü polietilen malzemeden oluşturulmuştur. Mevcutta 5 adet işletme biriminden oluşan yağmurlama sulama sistemi önerilen projede 6 adet olarak belirlenmiştir. Mevcut koşullarda sorun teşkil eden gereğinden fazla ıslatma yarıçapına sahip başlıklar yerine alanın yapısına daha uygun olacak yağmurlama başlıklarının seçimine dikkat edilmiştir.

4.4.6 Alan No 6

4.4.6.1 Mevcut Durum

Alanın sulamasıyla ilgili olan mevcut durumu değerlendirmek için hazırlanan planlama paftaları kapsamında, 3.2.3.1 numaralı bölümde belirtildiği üzere elde edilen imar planı temel alınmıştır. Bu plan, AutoCAD bilgisayar programı kullanılarak 1/200 ölçekli bir taslak (EK-25) olarak çizilmiştir. Bu kroki, alanın kotları, su kaynağının konumu, infiltrasyon testi noktaları, sert zemin alanları ve yeşil bölgeleri detaylı olarak göstermektedir. Parkın peyzaj planında çınar, ıhlamur gibi geniş taç yapan gölge ağaçları ve ateş diken, gül gibi çalı

türü süs bitkileri kullanılmıştır. Belli bir tasarım veya fonksiyon gözetilmeden alana dağıtılan bitkiler çim alanların içinde yer almaktadır.

Alanın sulanması yağmurlama sulama sistemi ile sağlanmaktadır. Yağmurlama sulamada 2,1 bar işletme basıncına sahip, ıslatma yarıçapı bakımından tek çeşit spreylar başlıklar kullanılmaktadır. Su kaynağı olarak şehir şebekesi kullanılmaktadır ve pompa birimi bulunmamaktadır. Şebekeden suyun alındığı ana borular 10 atü 63 mm, lateral borular 10 atü 40 mm, kılcal borular 8 atü 20 mm dış çaplı polietilen malzemeden oluşturulmuştur. Yağmurlama sulama sisteminde 3 adet işletme biriminin otomasyonu pilli kontrol ünitesi ve 2" selenoid vana ile yapılmaktadır. Alan no 5'te olduğu gibi bu alanında sulama planlaması nisan-eylül ayları arasında 25 dakika olarak belirlenmiştir. Mevcut yağmurlama başlık yerleri ve örtme deseni planı EK-26'da, su iletim ve dağıtım hatları planı EK-27'de verilmiştir.

Sulama sisteminin işletilmesinde, 5 numaralı alanda karşılaşılan sorunlara burada da rastlanmaktadır. Bunlara ek olarak, alanda göllenme oluşumu bu alanın ana problemidir. Saha çalışmalarında göllenmeye neden olan faktörün ne olduğu araştırılmış, sonuç olarak toprağın infiltrasyon hızından oldukça yüksek yağmurlama hızına sahip başlık kullanımı, alandaki dolgu toprağın altında kalan yoğun taş ve inşaat artığı içeren geçirimsiz tabakanın varlığına ulaşılmıştır. Ayrıca, çim biçimi sırasında zemine tam oturtulmayan yağmurlama başlıklarının kapak kısmının çim biçme makinesi ile kopması, suyun kontrolsüzce alana akmasına neden olmaktadır. Arıza tespiti ve bu tür hasarların onarımı gecikmektedir. Tüm bu faktörlerin birleşimiyle alandaki bitkilerde çürümeye bağlı kurumalar ve çim dokusunda bozulmalar tespit edilmiştir (Şekil 4.3).



a. Arızalı yağmurlama başlığı



b. Çim alanlarda oluşan göllenme



c. Çim alanlarda görülen doku bozulması

Şekil 4.3. Alan no 6 mevcut sulama sistemi kaynaklı karşılaşılan problemler a, b ve c

4.4.6.2 Önerilen Sulama Sistemi

Önerilen sulama sisteminin hazırlanması için gerekli veriler Çizelge 4.67’de verilmiştir. Bölüm 3.2.3.5’te verilen ön projelendirme basamakları takip edilerek yağmurlama sulama sistem tertibi için gerekli olan veriler hesaplanmış ve Çizelge 4.68’de derlenmiştir.

Çizelge 4.67. Ön projelendirme faktörlerinde kullanılacak veriler (Alan no 6)

Kaynak Araştırması	
Toprak bünyesi	Hafif bünye
Hacim ağırlığı	1,60 g/cm ³
İnfiltrasyon hızı	1,80 mm/h
Etkili kök derinliği (Çim için)	30 cm
Etkili kök derinliği (Çalı için)	40 cm
Bitki katsayısı (k_c)	1,0 (pik Temmuz ayı)
Bitki su tüketimi (Çim ve çalı için)	5,66 mm/gün (pik Temmuz ayı)
Kullanılabilir su tutma kapasitesi (d_k)	181,28 mm/m
KSTK’nin tüketilmesine izin verilen kısmı (R_y) (Çim için)	0,30
KSTK’nin tüketilmesine izin verilen kısmı (R_y) (Çalı için)	0,40
Ortalama rüzgâr hızı	2,08 m/s
Su kaynağının debisi	2,22 L/s
Su iletim randımanı (E_c)	1,0
Su uygulama randımanı (E_a)	0,80 (yağmurlama sulama için), 0,85 (damla sulama için)

Çizelge 4.68. Yağmurlama sulama için ön projelendirme faktörleri (Alan no 6)

$d_{n \max}$ (mm)	$SA_{\max}$ (gün)	d_n (mm)	d_t (mm)	I_v (mm/h)	T_a (h)	$N_{\max}$ (adet)	$N_{\min}$ (adet)
16,32	3	16,98	21,23	10,11	2,10	12	2

Sulama süresinin belirlenebilmesi için seçilen başlığın teknik özellikleri Çizelge 4.69’da verilmiştir. Hesaplamalar 180° ıslatma açısı için yapılmıştır.

Yağmurlama başlık yerleri ve örtme deseni (önerilen) planında (EK-28), alanda kullanılan yağmurlama başlıklarının teknik özellikleri, adetleri ve tertip düzeni ayrıntılı olarak gösterilmiştir.

Lateral boru çaplarının belirlenmesi için, oluşturulan işletme birimlerinin debisi bilinmelidir. Çizelge 4.70’te A1 numaralı işletme birimindeki başlık sayısı ve debileri verilmiştir.

Çizelge 4.69. Kullanılacak başlığın teknik zellikleri (İşletme basıncı 2,8 bar) (Alan no 6)

Başlık ıslatma açısı (°)	Yapıçap (m)	Debi (m ³ /h)	I _y ■ (mm/h)	I _y Δ (mm/h)
90	6,10	0,09	10	11
120	5,80	0,13	10	12
180	5,80	0,17	10	12
210	5,80	0,20	10	12
360	5,80	0,33	10	12

Çizelge 4.70. A1 İşletme birimi başlık sayısı ve debileri (Alan no 6)

ZON 1	RT Tip Rotator Başlıklar										Toplam
A1	RT1 tip					RT2 tip					
İşletme basıncı (bar)	2,8					2,8					-
Başlık ıslatma açısı (°)	45	90	120	180	270	360	90	180	210	360	-
Debi (L/s)	0,006	0,011	0,017	0,022	0,036	0,047	0,025	0,047	0,056	0,092	-
Miktar (Adet)	1	7	1	8	4	4	4	3	2	3	37 Adet
Toplam debi (L/s)	0,006	0,077	0,017	0,176	0,144	0,181	0,10	0,141	0,112	0,276	1,24 L/s

A1 işletme biriminin lateral boru çapının belirlenmesi için takip edilen adımlar izelge 4.71’de yer almaktadır. Yağmurlama sulama sistemi için, seçilen başlıklar, yeşil alanların konumu ve debi göz önünde bulundurulduğunda en ekonomik işletme birimi sayısı 3 adet olarak seçilmiştir. Verilen adımlar tüm yağmurlama sulama lateralleri için tekrar edilerek oluşturulan yağmurlama sulama işletme birimlerine ilişkin lateral boru çapı ve giriş basıncı değerleri izelge 4.72’de verilmiştir.

Alanda en yüksek debiye sahip işletme birimi C1 (1,54 L/s)’dir. Ana boru, bu işletme birimine göre seçilirse diğer işletme birimlerinin debilerini karşılaması rahatlıkla sağlanacaktır. Çizelge 4.73’te ana boru için seçilen çap ve yük kaybı değerleri verilmiştir.

İşletme birimlerinin debileri göz önünde bulundurulduğunda tüm işletme birimleri için 1½" basınç regülatörlü selenoid vana kullanılacaktır. İşletme birimlerinde debilere göre oluşan yük kaybı değerleri, vananın fittingsleriyle birlikte Çizelge 4.74'te verilmiştir.

Çizelge 4.71. A1 işletme birimi lateral boru seçimi (Alan no 6)

İşletme birimi debisi (QL1)	$(1 \times 0,006) + (7 \times 0,011) + (1 \times 0,017) + (8 \times 0,022) + (4 \times 0,036) + (4 \times 0,047) + (4 \times 0,025) + (3 \times 0,047) + (2 \times 0,0056) + (3 \times 0,092)$	1,24 L/s
İşletme birimlerinde oluşan yük kaybı	$h = 0,2 \times 2,8 = 0,56 \text{ bar} = 5,60 \text{ m}$	
(Başlık işletme basıncının %20'sini aşmamalıdır.)		
Lateral boyunca oluşan yükseklik farkları	$h_{gL1} = 16,00 \times 0,0214 = 0,34 \text{ Bayır yukarı}$	
(Söz konusu lateralin kritik bölümü dikkate alınarak hesaplanmıştır.)		
$h_{gL} = \sum (L \times S)$		
Lateral boyunca izin verilen yük kayıpları	$h_{L1} = 5,60 - 0,34 = 5,26 \text{ m}$	
Lateral boru çapı seçiminde boru boyu ve debisi bilinmelidir. L1 lateraline su girişi ortadan olduğundan, lateral boyu ve işletme birimi debisi ikiye bölünür. (Lateral boyu 70,50 m)		
QL1 = 1,24/2 = 0,62 L/s		
Borularda suyun akış hızı 0,5-2,0 m/s arasında olmalıdır ve seçilen boru çapında sürtünmeden kaynaklı yük kayıpları, izin verilen yük kayıplarından fazla olmamalıdır.		
Akış hızı (m/s)	Yük kaybı (m/m)	L1 için seçilen boru çapı (10 atü PE)
1,17	0,06	32 mm dış çaplı
$h_{fL} = 35,25 \times 0,06 = 2,12 \text{ m} < 5,26 \text{ m}$ ($h_L > h_{fL}$ olduğundan seçilen boru çapı uygundur)		
Sistemde yer alan kılcal boru ve diğer fittingslerdeki yersel kayıplar lateraldeki sürtünme kaybının %10'u kadar alınabilir. Bu aşamada h_{gL} 'nin işareti bayır yukarı eğimde (+), bayır aşağı eğimde (-) alınmaktadır.		
Lateral giriş basıncı	$H_{L1} = 28 + 2,12 + (2,12 \times 0,1) + 0,34 = 30,67 \text{ m}$	

Çizelge 4.72. Yağmurlama işletme birimleri ve lateral giriş basıncı (Alan no 6)

Kontrol ünitesi istasyon no	İşletme basıncı (bar)	Başlık sayısı (Adet)	İşletme birimi debisi (L/s)	Lateral boyu (m)	İzin verilen yük kaybı (m)	Seçilen boru çapı (mm)	Akış hızı (m/s)	Yük kaybı (m)	Giriş basıncı (m)
A1	2,8	37	1,24	70,5	5,26	32,0	1,17	2,12	30,67
B1	2,8	23	1,18	52,5	5,46	32,0	1,11	1,44	29,73
C1	2,1	27	1,54	31,0	4,03	32,0	1,47	1,41	22,72

Çizelge 4.73. Seçilen ana boru çapı ve yük kayıpları (Alan no 6)

Ana boru	55,00 m	Kritik hat C1:1,54 L/s
Boru çapı (mm)	Akış hızı (m/s)	Yük kaybı (m/m)
50 mm dış çaplı 10 atü PE	1,18 m/s	0,036 m/m
$h_f=55,00 \times 0,036=1,98 \text{ m}$		

Çizelge 4.74. Selenoid vana seçimi ve ana boru hattında istenen basınç (Alan no 6)

Kontrol ünitesi istasyon no	İşletme birimi debisi (L/s)	Giriş basıncı (m)	Ana boru dış çapı (mm)	Seçilen selenoid vana çapı (")	Selenoid vanayük kaybı (m)	Ana boru hattında istenen basınç (m)
A1	1,24	30,67	50,0	1½"	2,5	33,17
B1	1,18	29,73	50,0	1½"	2,5	32,23
C1	1,54	22,72	50,0	1½"	2,5	25,22

- Ana boru girişinde istenen basınç;

Ana boru girişinde istenen basıncın bulunabilmesi için, ana boruda yükseklik farkından dolayı (h_g 'nin işareti bayır aşağı eğimde $-$, bayır yukarı eğimde $+$ alınır) ve sürtünmeden kaynaklı oluşan yük kayıplarının ana boru hattında istenen basınca eklenmesi gerekmektedir. Burada dikkate alınan ana boru hattında istenen basınç değeri Çizelge 4.74'ten görüldüğü üzere pik değer olan A1 (33,17 m) numaralı işletme birimidir. Ana boru girişinde istenen basınç değerleri Çizelge 4.75'te verilmiştir.

Çizelge 4.75. Ana boru girişinde istenen basınç (Alan no 6)

Ana boru	$H_a = A1: 33,17 \text{ m}$	$h_{ft}=1,98 \text{ m}$
Ana boru eğimi	$h_g=21,00 \times 0,016=0,34 \text{ m (Bayır yukarı)}$	
Ana boru girişinde istenen basınç	$H=33,17+1,98+0,34=35,50 \text{ m}$	

- Kontrol ünitesi seçimi;

Yağmurlama sulama sistemi için oluşturulan üç adet işletme biriminin her biri için işletme sorumlularının yönlendirmesi üzerine, 1 istasyonlu pilli kontrol ünitesi kullanılması uygun görülmüştür. Su kaynağı şehir şebekesi olduğundan ve alanın sulanmasında damla sulama birimi oluşturulmayacağından filtreye ihtiyaç duyulmamıştır. Mevcut sulama sisteminde de belirtildiği üzere şebekenin basıncı işletme birimleri için yeterli olduğundan pompa birimi kullanılmayacaktır. Hazırlanan su iletim ve dağıtım hatları (önerilen) planı EK-29'da verilmiştir.

4.4.6.3 Değerlendirme

Mevcut sulama sisteminde kullanılan su kaynağı şehir şebekesidir ve hem debi hem de işletme basıncı bakımından sistemin çalıştırılması için uygundur. Bu nedenle önerilen sulama sisteminde pompa ve depolama birimine ihtiyaç duyulmamıştır.

Alandaki kullanılabilir su tutma kapasitesi 181,28 mm/m olarak hesaplanmıştır ve bu miktarın %30'u tüketildiğinde sulamaya başlanacaktır. Önerilen sistemde 3 gün arayla 2 saat süreyle 21,23 mm su uygulaması yapılacaktır. Mevcut koşullarda uygulanan sulama suyu miktarı her gün 25 dakika süreyle yaklaşık 11,50 mm'dir ve önerilen koşullarda uygulanması gereken miktardan yaklaşık 1,5 kat fazladır.

Mevcut sulama sisteminde 63 mm dış çaplı 10 atü basınç dayanımına sahip polietilen ana boru hatlarıyla alana ulaştırılan su, 40 mm dış çaplı 10 atü polietilen lateral boru hatlarıyla alanda dağıtılmaktadır. Önerilen sulama sisteminde ana boru hatları 50 mm, lateral boru hatları ise 32 mm dış çaplı 10 atü polietilen malzemeden oluşturulmuştur. Mevcut sulama sisteminde olduğu gibi önerilen sulama sistemi için 3 adet yağmurlama sulama işletme bitimi belirlenmiştir.

4.4.7 Alan No 7

4.4.7.1 Mevcut Durum

Alanın sulamasıyla ilgili olan mevcut durumu değerlendirmek için hazırlanan planlama paftaları kapsamında, 3.2.3.1 numaralı bölümde belirtildiği üzere elde edilen imar planı temel alınmıştır. Bu plan, AutoCAD bilgisayar programı kullanılarak 1/200 ölçekli bir taslak (EK-30) olarak çizilmiştir. Bu kroki, alanın kotları, su kaynağının konumu, infiltrasyon testi noktaları, sert zemin alanları ve yeşil bölgeleri detaylı olarak göstermektedir.

Alanın sulaması yağmurlama sulama sistemi ile yapılmaktadır. Islatma yarıçapı bakımından tek çeşit spreyl yağmurlama başlığı kullanılmaktadır. İşletme basıncı 2,10 bar'dır. Mevcut yağmurlama başlık yerleri ve örtme deseni (EK-31) planında başlığa ilişkin teknik özellikler detaylarıyla sunulmuştur.

Su kaynağı olarak şehir şebekesi kullanılmaktadır ve pompa birimine ihtiyaç duyulmamaktadır. Ana boru ve lateral boru hatları 10 atü basınç dayanımlı sırasıyla 63 mm ve 40 mm dış çaplı polietilen borulardan oluşturulmuştur. Kılcal borular ise 8 atü 20 mm dış

çaplı polietilen malzemedir. Yağmurlama sulama sisteminde 2 adet işletme birimi bulunmaktadır. Bu işletme birimleri için pilli kontrol ünitesi ve 2" selenoid vana kullanılmaktadır. Alanda 5 ve 6 numaralı işletmelerde olduğu gibi nisan-eylül ayları arasında sulama yapılmaktadır. Bu alanda, önceki iki alandan farklı olarak işletme birimlerindeki sulama süresi 15 dakika olarak belirlenmiştir. Mevcut su iletim ve dağıtım hatları planı EK-32’de sunulmuştur.

Mevcut sulama sisteminde göze çarpan ilk sorun yağmurlama başlıklarının tertibi ve ıslatma mesafesidir. Başlıklar homojen bir su dağılımı oluşturmayacak şekilde alana yerleştirilmiştir ve gereğinden büyük ıslatma mesafesi nedeniyle sert zeminler ve bazı bölümlerde alan dışındaki kaldırımlar ıslanmaktadır. 5 ve 6 numaralı alanlarda karşılaşılan sorunlar burada da mevcuttur. Ancak, 6 numaralı alandan farklı olarak burada hem sulama süresinin daha kısa olması hem de toprağın infiltrasyon hızının daha yüksek olması nedeniyle yüzeyde göllenme görülmemektedir.

4.4.7.2 Önerilen Sulama Sistemi

Önerilen sulama sisteminin hazırlanması için gerekli veriler Çizelge 4.76’da verilmiştir.

Çizelge 4.76. Ön projelendirme faktörlerinde kullanılacak veriler (Alan no 7)

Kaynak Araştırması	
Toprak bünyesi	Hafif bünye
Hacim ağırlığı	1,61 g/cm ³
İnfiltrasyon hızı	26,50 mm/h
Etkili kök derinliği (Çim için)	30 cm
Etkili kök derinliği (Çalı için)	40 cm
Bitki katsayısı (k_c)	1,0 (pik Temmuz ayı)
Bitki su tüketimi (Çim ve çalı için)	5,66 mm/gün (pik Temmuz ayı)
Kullanılabilir su tutma kapasitesi (d_k)	163,90 mm/m
KSTK’nin tüketilmesine izin verilen kısmı (R_v) (Çim için)	0,30
KSTK’nin tüketilmesine izin verilen kısmı (R_v) (Çalı için)	0,40
Ortalama rüzgâr hızı	2,08 m/s
Su kaynağının debisi	2,22 L/s
Su iletim randımanı (E_c)	1,0
Su uygulama randımanı (E_a)	0,80 (yağmurlama için), 0,85 (damla için)

Bölüm 3.2.3.5'te verilen ön projelendirme basamakları takip edilerek yağmurlama sulama sistem tertibi için gerekli olan veriler hesaplanmıştır. Bu veriler Çizelge 4.77'de derlenmiştir.

Çizelge 4.77. Yağmurlama sulama için ön projelendirme faktörleri (Alan no 7)

$d_{n\max}$ (mm)	$SA_{\max}$ (gün)	d_n (mm)	d_t (mm)	I_y (mm/h)	T_a (h)	$N_{\max}$ (adet)	$N_{\min}$ (adet)
14,75	3	16,98	21,23	42,24	0,50	48	3

Sulama süresinin belirlenebilmesi için kullanılacak başlığın yağmurlama hızı hesaplanmalıdır. Bunun için seçilen başlığın teknik özellikleri Çizelge 4.78'de verilmiştir. Hesaplamalar söz konusu başlığın 180° ıslatma açısı için yapılmıştır.

Çizelge 4.78. Kullanılacak başlığın teknik özellikleri (İşletme basıncı 2,1 bar) (Alan no 7)

Başlık ıslatma açısı (°)	Yapıçap (m)	Debi (m ³ /h)	I_y ■ (mm/h)	I_y Δ (mm/h)
90	3,30	0,11	42	48
120	3,30	0,15	42	48
180	3,30	0,23	42	48
270	3,30	0,34	42	48
360	3,30	0,45	42	48

Yağmurlama sulama sistemi için, seçilen başlıklar, yeşil alanların konumu ve debi göz önünde bulundurulduğunda en ekonomik işletme birimi sayısı 3 adet olarak seçilmiştir. Yağmurlama başlık yerleri ve örtme deseni (önerilen) planında (EK-33), alanda kullanılan yağmurlama başlıklarının teknik özellikleri, adetleri, debileri, tertip düzeni ayrıntılı olarak gösterilmiştir.

Lateral boru çaplarının belirlenmesi için, oluşturulan işletme birimlerinin debisi bilinmelidir. A1 numaralı işletme birimindeki başlık sayısı ve debileri, Çizelge 4.79'da verilmiştir. Örnek olması açısından, A1 işletme biriminde lateral boru çapının belirlenmesi için takip edilen adımlar Çizelge 4.80'de yer almaktadır.

Çizelge 4.80'de verilen adımlar, oluşturulan 3 adet yağmurlama işletme birimi için tekrar edilerek lateral boru çapları ve giriş basınçları belirlenmiştir. Tüm işletme birimleri için belirlenen değerler Çizelge 4.81'de verilmiştir.

Çizelge 4.81'de görüldüğü üzere en yüksek debiye sahip işletme birimi A1 (2,08 L/s)'dir. Ana boru bu işletme birimine göre seçilirse, diğer işletme birimlerinin debilerini

karşılması rahatlıkla sağlanacaktır. Ana boru için seçilen çap ve yük kaybı değerleri Çizelge 4.82’de verilmiştir.

Çizelge 4.79. A1 İşletme birimi başlık sayısı ve debileri (Alan no 7)

ZON 1	S Tip Sprey Başlıklar														Toplam
A1	S1 tip		S2 tip		S3 tip		S4 tip								
İşletme basıncı (bar)	2,1		2,1		2,1		2,1								-
Başlık ıslatma açısı (°)	90		120		180		45		90		120		180		-
Debi (L/s)	0,02		0,025		0,035		0,008		0,02		0,025		0,035		-
Miktar (Adet)	2		4		2		2		4		1		12		52 Adet
Toplam debi (L/s)	0,04		0,10		0,07		0,016		0,08		0,025		0,42		2,08 L/s

Çizelge 4.80. A1 işletme birimi lateral boru seçimi (Alan no 7)

İşletme birimi debisi (QL1)	$(2 \times 0,02) + (4 \times 0,025) + (2 \times 0,035) + (2 \times 0,008) + (4 \times 0,02) + (1 \times 0,025) + (12 \times 0,035) + (4 \times 0,05) + (3 \times 0,06) + (6 \times 0,075) + (2 \times 0,016) + (4 \times 0,031) + (4 \times 0,064) + (2 \times 0,042)$	2,08 L/s
İşletme birimlerinde oluşan yük kaybı	$h = 0,2 \times 2,1 = 0,42 \text{ bar} = 4,20 \text{ m}$	
(Başlık işletme basıncının %20’sini aşmamalıdır.)		
Lateral boyunca oluşan yükseklik farkları	$h_{gL1} = 8,0 \times 0,014 = 0,112 \text{ (Bayır yukarı)}$	
(Söz konusu lateralın kritik bölümü dikkate alınarak hesaplanmıştır.)		
$h_{gL} = \sum (L \times S)$		
Lateral boyunca izin verilen yük kayıpları	$h_{L1} = 4,20 - 0,112 = 4,08 \text{ m}$	
Lateral boru çapı seçiminde boru boyu ve debisi bilinmelidir. L1 lateraline su girişi ortadan olduğundan, lateral boyu ve işletme birimi debisi ikiye bölünür. (Lateral boyu 61,0 m)		
QL1 = 2,08/2 = 1,04 L/s		
Borularda suyun akış hızı 0,5-2,0 m/s arasında olmalıdır ve seçilen boru çapında sürtünmeden kaynaklı yük kayıpları, izin verilen yük kayıplarından fazla olmamalıdır.		
Akış hızı (m/s)	Yük kaybı (m/m)	L1 için seçilen boru çapı (10 atü PE)
1,25	0,052	40 mm dış çaplı
$h_{fL} = 30,50 \times 0,052 = 1,59 \text{ m} < 4,08 \text{ m}$ ($h_L > h_{fL}$ olduğundan seçilen boru çapı uygundur)		
Sistemde yer alan kılcal boru ve diğer fittingslerdeki yersel kayıplar lateraldeki sürtünme kaybının %10’u kadar alınabilir. Bu aşamada h_{gL} ’nin işareti bayır yukarı eğimde (+), bayır aşağı eğimde (-) alınmaktadır.		
Lateral giriş basıncı	$H_{L1} = 21 + 1,59 + (1,59 \times 0,1) + 0,112 = 22,86 \text{ m}$	

Çizelge 4.81. Yağmurlama sulama işletme birimleri ve lateral giriş basıncı (Alan no 7)

Kontrol ünitesi istasyon no	İşletme basıncı (bar)	Başlık sayısı (Adet)	İşletme birimi debisi (L/s)	Lateral boyu (m)	İzin verilen yük kaybı (m)	Seçilen boru çapı (mm)	Akış hızı (m/s)	Yük kaybı (m)	Giriş basıncı (m)
A1	2,1	52	2,08	61,0	4,08	40,0	1,25	1,59	22,86
B1	2,1	46	2,00	53,0	4,02	40,0	1,20	1,27	22,58
C1	2,1	49	2,06	52,0	4,05	40,0	1,24	1,33	22,62

Çizelge 4.82. Seçilen ana boru çapı ve yük kayıpları (Alan no 7)

Ana boru	57,00 m	Kritik hat A1:2,08 L/s
Boru çapı (mm)	Akış hızı (m/s)	Yük kaybı (m/m)
50 mm dış çaplı 10 atü PE	1,60 m/s	0,0633 m/m
$h_f=57,00 \times 0,0633=3,60$ m		

Ana boru hattı için 50 mm dış çaplı 10 atü basınç dayanımına sahip polietilen boru seçilmiştir. İşletme birimlerinin debileri göz önünde bulundurulduğunda tüm işletme birimleri için 1½" basınç regülatörlü selenoid vana kullanılacaktır. İşletme birimlerinde debilere göre oluşan yük kaybı değerleri, vananın fittingsleriyle birlikte Çizelge 4.83'te verilmiştir.

Çizelge 4.83. Selenoid vana seçimi ve ana boru hattında istenen basınç (Alan no 7)

Kontrol ünitesi istasyon no	İşletme birimi debisi (L/s)	Giriş basıncı (m)	Ana boru dış çapı (mm)	Seçilen selenoid vana çapı (")	Selenoid vanayük kaybı (m)	Ana boru hattında istenen basınç (m)
A1	2,08	22,86	50,0	1½"	2,5	25,36
B1	2,00	22,58	50,0	1½"	2,5	25,08
C1	2,06	22,62	50,0	1½"	2,5	25,12

- Ana boru girişinde istenen basınç;

Ana boru girişinde istenen basıncın bulunabilmesi için, ana boruda yükseklik farkından dolayı (h_g 'nin işareti bayır aşağı eğimde –, bayır yukarı eğimde + alınır) ve sürtünmeden kaynaklı oluşan yük kayıplarının ana boru hattında istenen basınca eklenmesi gerekmektedir. Burada dikkate alınan ana boru hattında istenen basınç değeri Çizelge 4.83'ten görüldüğü üzere pik değer olan A1 (25,36 m) numaralı işletme birimidir. Ana boru girişinde istenen basınç değerleri Çizelge 4.84'te verilmiştir.

- Kontrol ünitesi seçimi;

Yağmurlama sulama sistemi için oluşturulan üç adet işletme biriminin her biri için işletme sorumlularının yönlendirmesi üzerine, 1 istasyonlu pilli kontrol ünitesi kullanılması uygun bulunmuştur.

Çizelge 4.84. Ana boru girişinde istenen basınç (Alan no 7)

Ana boru	$H_a = A1: 25,36 \text{ m}$	$h_{f1}=3,60 \text{ m}$
Ana boru eğimi	$h_g=11,00 \times 0,014=0,154 \text{ m (Bayır yukarı)}$	
Ana boru girişinde istenen basınç	$H=25,36+3,60+0,154= 29,12 \text{ m}$	

Su kaynağı şehir şebekesi olduğundan ve alanın sulanmasında damla sulama sistemi planlanmadığından filtreye ihtiyaç duyulmamıştır. Mevcut sulama sisteminde de belirtildiği üzere şebekenin basıncı işletme birimleri için yeterli olduğundan pompa birimi kullanılmayacaktır. Hazırlanan su iletim ve dağıtım hatları (önerilen) planı EK-34'te verilmiştir.

4.4.7.3 Değerlendirme

Mevcut sulama sisteminde kullanılan su kaynağı şehir şebekesidir ve hem debi hem de işletme basıncı bakımından sistemin çalıştırılması için uygundur. Bu nedenle önerilen sulama sisteminde pompa ve depolama birimine ihtiyaç duyulmamıştır.

Alandaki kullanılabilir su tutma kapasite 163,90 mm/m olarak hesaplanmıştır ve bu miktarın %30'u tüketildiğinde sulamaya başlanacaktır. Önerilen sistemde 3 gün arayla toplam 21,23 mm 30 dakika su uygulaması yapılacaktır. Bu koşullarda önerilen sulama sisteminde bulunan 3 adet yağmurlama sulama işletme birimi için toplam 1,5 saatte sulama uygulaması tamamlanacaktır. Mevcut koşullarda her gün 15 dakika süreyle yaklaşık 7,7 mm su uygulaması yapılmaktadır ve bu değer önerilen koşullarda uygulanacak su miktarıyla paralellik göstermektedir.

Mevcut sulama sisteminde 63 mm dış çaplı 10 atü basınç dayanımına sahip polietilen ana boru hatlarıyla alana ulaştırılan su, 40 mm dış çaplı 10 atü polietilen lateral boru hatlarıyla alanda dağıtılmaktadır. Önerilen sulama sisteminde ana boru hatları 50 mm, lateral boru hatları ise 40 mm dış çaplı 10 atü polietilen malzemeden oluşturulmuştur.

4.4.8 Alan No 8

4.4.8.1 Mevcut Durum

Alanın sulanmasıyla ilgili mevcut durumu değerlendirmek için hazırlanan planlama paftaları kapsamında 3.2.3.1 numaralı bölümde belirtildiği üzere elde edilen imar planı temel alınmıştır. Plan AutoCAD bilgisayar programı kullanılarak 1/500 ölçekli bir taslak (EK-35) olarak çizilmiştir. Bu kroki, alanın kotları, su kaynağının yeri, infiltrasyon noktaları, sert zemin ve yeşil bölgeleri detaylı olarak göstermektedir.

Alan bir tema parkı olduğundan, peyzaj tasarımı oldukça yoğun bir şekilde planlanmıştır. Geniş gezinti yolları boyunca sıralanan alle ağaçları, estetik amaçlı kullanılan çalılar (alan doldurucu, sınır belirleyici ve fon oluşturucu fonksiyonlara sahip), meydanlarda vurgu amaçlı her dem yeşil veya yaprak döken çeşitli bitkisel materyaller içermektedir.

Alanda yağmurlama ve damla sulama bir arada planlanmıştır. Su kaynağı olarak şehir şebekesi ile doldurulan depo kullanılmaktadır ve alan içinde gömülü bir kontrol odasında bulunmaktadır. Basınçlandırmada, 8,33 L/s debiye sahip 2 kademeli dikey milli hidrofor pompa kullanılmaktadır. Kontrol odasında pompa birimi ile birlikte 100 litrelik bir genişleme tankı bulunmaktadır. Ayrıca sisteme 120 mesh'lik bir disk filtre yerleştirilmiştir.

Alandaki 25 adet işletme biriminden sadece bir tanesi yalnızca damla sulama işletme birimidir. Kalan işletme birimlerinden birçoğunda yağmurlama sulama laterallerinden 20 mm dış çaplı polietilen borular kullanılarak damla sulama laterallerine bağlantı yapılmıştır. Sistemin otomasyonunda 1 ve 2 istasyonlu pilli kontrol üniteleri ve 2" selenoid vana kullanılmaktadır. Sulama zamanı ve süresi plansızdır. Parkın kullanılmadığı akşam saatlerinde başlatılan sulama, her işletme birimi için 20 dakika ila 40 dakika sulama süreleri belirlenmiştir.

Alanda gömülü olarak planlanan 10 atü basınç dayanımına sahip, ana boru hatları için 63 mm, yağmurlama sulama lateralleri için 50 mm dış çaplı polietilen boru kullanılmaktadır. Kılcal boru hatları ve damla sulama manifoldu 8 atü 20 mm dış çaplı polietilen borulardan oluşturulmuştur. Damla sulama lateralleri için, 4 atü 16 mm dış çaplı in line 33 cm damlatıcı aralığına sahip polietilen borular kullanılmıştır.

Yağmurlama sulama için 2,50 bar işletme basıncına sahip, ıslatma yarıçapı bakımından üç tip rotor, iki tip sprej başlık kullanılmaktadır. Başlıkların alana

yerleştirilmesinde izlenen belirgin bir tertip düzeni bulunmamaktadır. Mevcut sulama sistemine ait teknik özellikler ve detaylar, yağmurlama başlık yerleri ve örtme deseni ile su iletim ve dağıtım hatları planı EK-36’da ayrıntılı olarak sunulmuştur.

Sonuç olarak, alanda kullanılan yağmurlama başlıklarının tertip aralıklarının düzensiz olması, homojen su dağılımı sağlanamamasına neden olmaktadır. Diğer alanlarda olduğu gibi, burada da gereğinden fazla ıslatma mesafesine sahip başlıklar nedeniyle sert zeminler, duvarlar ve masal kahramanı maket alanları her sulamada ıslatılmaktadır. Islak olmaması gereken alanlarda başlıkların açısı ayarının ya da ıslatma mesafesinin azaltılması yerine bir bant yardımıyla başlıklardan su çıkışı engellenmeye çalışılmıştır.

İşletme birimleri oluşturulurken yağmurlama ve damla sulama sistemi aynı kontrol ünitesine bağlandığından, damla sulama laterallerinde hasara neden olmakta, programlanan sulama süresi damla sulama için yeterli olmadığından bitki sıraları boyunca ıslak alan oluşturulamamaktadır. Hasar gören damla sulama laterallerinden boşuna akan su, hem lateral boyunca ilerleyememekte hem de çatlakların olduğu yerlerde bitkilerin fazla sulanmasına neden olmaktadır. Damla sulama laterallerinde kullanılan ekleme nipelleri plastik bir iple borunun iki ucundan bağlanarak sabitlenmeye çalışılmış, boru sonlarına konulması gereken kör tapa yerine boru kıvrılarak yine iple bağlanmıştır. Özellikle damla sulama laterallerinde kullanılan fittingslerde görülen yanlış ve eksik kullanım, hem kötü bir görüntü oluşmasına neden olmakta, hem de sistem unsurlarından etkin şekilde faydalanılamaması söz konusudur.

Yağmurlama sulama işletme birimlerinde rotor ve sprej başlıkların birlikte kullanıldığı alanlar görülmektedir. Bunun nedeni, arızalanan başlıkların, bakım işlerini yürüten çalışan tarafından dikkat edilmeden değiştirilmesi olduğu saha çalışmalarında tespit edilmiştir. Alanda istenilen düzeyde sulamadan randıman alınamamaktadır. Bunun bir başka nedeni ise peyzaj tasarım planının alana uygulanması sırasında oluşan değişikliklerin ve sulama sistem planında güncelleme yapılmaması ve uygulama sırasında çözülmeye çalışılmasıdır. Bitkilerin tam gelişim çapları planlanmadan alana aplatılan yağmurlama başlıkları, bitki yaprak ve gövdeleriyle örtülmüş, bazı alanlarda çalışamaz duruma gelmiştir (Şekil 4.4).



a. Sulamadan sonra ıslanan yürüyüş yolu



b. Yola taşan damla sulama lateralleri ve körleme biçimi



c. Homojen olmayan sulama nedeniyle çimdeki doku farkı

Şekil 4.4. Alan no 8 mevcut sulama sisteminde karşılaşılan sorunlar a, b ve c

4.4.8.2 Önerilen Sulama Sistemi

Önerilen sulama sisteminin hazırlanması için gerekli veriler Çizelge 4.85'te verilmiştir.

Çizelge 4.85. Ön projelendirme faktörlerinde kullanılacak veriler (Alan no 8)

Kaynak Araştırması	
Toprak bünyesi	Hafif bünye
Hacim ağırlığı	1,70 g/cm ³
İnfiltrasyon hızı	15,00 mm/h
Etkili kök derinliği (Çim için)	30 cm
Etkili kök derinliği (Çalı için)	45 cm
Bitki katsayısı (k_c)	1,0 (pik Temmuz ayı)
Bitki su tüketimi (Çim ve çalı için)	5,80 mm/gün (pik Temmuz ayı)
Kullanılabilir su tutma kapasitesi (d_k)	105,00 mm/m
KSTK'nin tüketilmesine izin verilen kısmı (R_v) (Çim için)	0,30
KSTK'nin tüketilmesine izin verilen kısmı (R_v) (Çalı için)	0,40
Ortalama rüzgâr hızı	2,74 m/s
Su kaynağının debisi	8,33 L/s
Su iletim randımanı (E_c)	1,0
Su uygulama randımanı (E_a)	0,80 (yağmurlama sulama için), 0,85 (damla sulama için)

Bölüm 3.2.3.5'te verilen ön projelendirme basamakları takip edilerek yağmurlama sulama sistem tertibi için gerekli olan veriler hesaplanmıştır ve elde edilen değerler Çizelge 4.86'da derlenmiştir.

Sulama süresinin belirlenebilmesi için kullanılacak yağmurlama hızı hesaplanmalıdır. Seçilen başlığın teknik özellikleri Çizelge 4.87’de verilmiştir. Hesaplamada söz konusu başlığın 180° ıslatma açısı dikkate alınmıştır.

Çizelge 4.86. Yağmurlama sulama için ön projelendirme faktörleri (Alan no 8)

$d_{n\max}$ (mm)	$SA_{\max}$ (gün)	d_n (mm)	d_t (mm)	I_y (mm/h)	T_a (h)	$N_{\max}$ (adet)	$N_{\min}$ (adet)
9,45	2	11,60	14,50	9,52	1,52	16	5

Çizelge 4.87. Kullanılacak başlığın teknik özellikleri (İşletme basıncı 2,8 bar) (Alan no 8)

Başlık ıslatma açısı (°)	Yapıçap (m)	Debi (m³/h)	I_y ■ (mm/h)	I_y Δ (mm/h)
90	4,10	0,04	10	11
120	4,10	0,06	10	11
180	4,10	0,08	10	11
210	4,10	0,10	10	11
270	4,10	0,13	10	11
360	4,10	0,17	10	12

Lateral boru çaplarının belirlenmesi için oluşturulan işletme birimlerinin debisi bilinmelidir. Bunun için A4 numaralı işletme birimindeki başlık sayısı ve debileri Çizelge 4.88’de verilmiştir. Bu verilerle lateral boru çapı seçimi ve giriş basıncının hesaplanması için takip edilen adımlar Çizelge 4.89’da yer almaktadır. Bu adımlar tüm lateraller için tekrar edilerek oluşturulan 12 adet yağmurlama sulama işletme birimi için elde edilen değerler 4.90’da derlenmiştir.

Çizelge 4.88. A4 İşletme birimi başlık sayısı ve debileri (Alan no 8)

ZON 4	Sprey başlıklar									Toplam
A4	S3 tip	S2 tip	S1 tip							
İşletme basıncı (bar)	2,10	2,10				2,10				-
Başlık ıslatma açısı (°)	180	45	90	120	180	90	120	180	360	-
Debi (L/s)	0,036	0,0083	0,019	0,025	0,036	0,030	0,042	0,064	0,125	-
Miktar (Adet)	7	1	4	6	35	2	2	16	7	80 Adet
Toplam debi (L/s)	0,252	0,0083	0,076	0,15	1,26	0,06	0,084	1,024	0,875	3,79 L/s

Çizelge 4.89. A4 işletme birimi lateral boru seçimi (Alan no 8)

İşletme birimi debisi (QL4)	$(7 \times 0,036) + (1 \times 0,0083) + (4 \times 0,019) + (6 \times 0,025) + (35 \times 0,036) + (2 \times 0,030) + (2 \times 0,042) + (16 \times 0,064) + (7 \times 0,125)$	3,79 L/s
İşletme birimlerinde oluşan yük kaybı	$h = 0,2 \times 2,1 = 0,42 \text{ bar} = 4,20 \text{ m}$	
(Başlık işletme basıncının %20'sini aşmamalıdır.)		
Lateral boyunca oluşan yükseklik farkları	$h_{gL4} = 51,00 \times 0,00615 = 0,313 \text{ m}$ (Bayır yukarı)	
(Söz konusu lateralin kritik bölümü dikkate alınarak hesaplanmıştır.)		
$h_{gL} = \sum (L \times S)$		
Lateral boyunca izin verilen yük kayıpları	$h_{L4} = 4,20 - 0,313 = 3,89 \text{ m}$	
Lateral boru çapı seçiminde boru boyu ve debisi bilinmelidir. L4 lateraline su girişi ortadan olduğundan, lateral boyu ve işletme birimi debisi ikiye bölünür. (Lateral boyu 125,00 m)		
QL4 = 3,79/2 = 1,90 L/s		
Borularda suyun akış hızı 0,5 -2,0 m/s arasında olmalıdır ve seçilen boru çapında sürtünmeden kaynaklı yük kayıpları, izin verilen yük kayıplarından fazla olmamalıdır.		
Akış hızı (m/s)	Yük kaybı (m/m)	L4 için seçilen boru çapı (10 atü PE)
1,45	0,053	50 mm dış çaplı
$h_{L4} = 62,50 \times 0,053 = 3,32 \text{ m} < 3,89 \text{ m}$ ($h_L > h_{L4}$ olduğundan seçilen boru çapı uygundur)		
Sistemde yer alan kılcal boyu ve diğer fittingslerdeki yersel kayıplar lateraldeki sürtünme kaybının %10'u kadar alınabilir. Bu aşamada h_{gL} 'nin işareti bayır yukarı eğimde (+), bayır aşağı eğimde (-) alınmaktadır.		
Lateral giriş basıncı	$H_{L4} = 21 + 3,32 + (3,32 \times 0,1) + 0,313 = 24,96 \text{ m}$	

Çizelge 4.90. Yağmurlama işletme birimleri ve lateral giriş basıncı (Alan no 8)

Kontrol ünitesi istasyon no	İşletme basıncı (bar)	Başlık sayısı (Adet)	İşletme birimi debisi (L/s)	Lateral boyu (m)	İzin verilen yük kaybı (m)	Seçilen boru çapı (mm)	Akış hızı (m/s)	Yük kaybı (m)	Giriş basıncı (m)
A1	2,8	155	3,18	125,0	5,53	50,0	1,22	5,00	33,57
A2	2,1	63	3,19	71,0	4,13	50,0	1,22	1,37	22,58
A3	2,1	60	3,36	90,2	3,87	50,0	1,28	1,94	23,46
A4	2,1	80	3,79	125,0	3,89	50,0	1,45	3,32	24,96
A5	2,8	107	3,13	178,0	5,45	50,0	1,20	3,31	31,80
A6	2,8	109	3,32	134,0	5,50	50,0	1,27	2,80	31,18
B1	2,1	51	2,70	171,0	3,97	50,0	1,03	2,45	23,93
B2	2,1	45	3,27	174,0	3,71	50,0	1,25	3,48	25,33
B3	2,8	145	3,67	207,0	5,31	50,0	1,40	5,17	33,97
B4	2,1	44	2,67	170,0	3,90	50,0	1,02	2,40	23,94
B6	2,8	69	3,10	116,0	5,40	50,0	1,18	2,11	30,50
B7	2,8	61	3,05	106,0	5,47	50,0	1,17	1,87	30,18

Çizelge 4.90’da görüldüğü üzere en yüksek debiye sahip işletme birimi A4 (3,79 L/s)’dir. Ana boru bu işletme birimine göre seçilirse, diğer işletme birimlerinin debilerini karşılaması rahatlıkla sağlanacaktır. Çizelge 4.91’de ana boru için seçilen çap ve yük kaybı değerleri verilmiştir.

Çizelge 4.91. Seçilen ana boru çapı ve yük kayıpları (Alan no 8)

Ana boru	464,00 m	Kritik hat A4:3,79 L/s
Boru çapı (mm)	Akış hızı (m/s)	Yük kaybı (m/m)
63 mm dış çaplı 10 atü PE	1,83 m/s	0,063 m/m
$h_f=464,00 \times 0,063=29,23$ m		

Ana boru için 63 mm dış çaplı 10 atü basınç dayanımına sahip polietilen boru seçilmiştir. Buna göre işletme birimlerinin otomasyonunda 2" basınç regülatörlü selenoid vana kullanılacaktır. İşletme birimlerinde debilere göre oluşan yük kaybı değerleri, vananın fittingsleriyle birlikte Çizelge 4.92’de verilmiştir.

Çizelge 4.92. Selenoid vana seçimi ve ana boru hattında istenen basınç (Alan no 8)

Kontrol ünitesi istasyon no	İşletme birimi debisi (L/s)	Giriş basıncı (m)	Ana boru dış çapı (mm)	Seçilen selenoid vana çapı (")	Selenoid vanayük kaybı (m)	Ana boru hattında istenen basınç (m)
A1	3,18	33,57	63,0	2"	1,5	35,07
A2	3,19	22,58	63,0	2"	1,5	24,08
A3	3,36	23,46	63,0	2"	1,5	24,96
A4	3,79	24,96	63,0	2"	1,5	26,46
A5	3,13	31,80	63,0	2"	1,5	33,30
A6	3,32	31,18	63,0	2"	1,5	32,68
B1	2,70	23,93	63,0	2"	1,5	25,43
B2	3,27	25,33	63,0	2"	1,5	26,83
B3	3,67	33,97	63,0	2"	1,5	35,47
B4	2,67	23,94	63,0	2"	1,5	25,44
B6	3,10	30,50	63,0	2"	1,5	32,00
B7	3,05	30,18	63,0	2"	1,5	31,68

- Ana boru girişinde istenen basınç;

Ana boru girişinde istenen basıncın bulunabilmesi için, ana boruda yükseklik farkından dolayı (h_g ’nin işareti bayır aşağı eğimde –, bayır yukarı eğimde + alınır) ve sürtünmeden kaynaklı oluşan yük kayıplarının ana boru hattında istenen basınca eklenmesi

gerekmektedir. Burada dikkate alınan ana boru hattında istenen basınç değeri Çizelge 4.92'den görüldüğü üzere pik değerler olan B3 (35,47 m) numaralı işletme birimidir. Ana boru girişinde istenen basınç değerleri Çizelge 4.93'te verilmiştir.

Çizelge 4.93. Ana boru girişinde istenen basınç (Alan no 8)

Ana boru	$H_a = B3: 35,47 \text{ m}$	$h_{f1}=29,23 \text{ m}$
Ana boru eğimi	$h_{g1}=67,00 \times 0,00615=0,412 \text{ m (bayır yukarı)}$	
Ana boru girişinde istenen basınç	$H=35,47+29,23+0,412= \mathbf{65,11 \text{ m}}$	

- Kontrol ünitesi seçimi;

Yağmurlama sulama sistemi için oluşturulan 12 adet işletme birimi için kontrol ünitesi seçimi damla sulama sistemi işletme birimleri belirlendikten sonra karar verilmek üzere ilerideki bölümlerde açıklanacaktır.

- Pompa birimi seçimi;

Ana boru girişindeki basınç Çizelge 4.93'te bulunan değer 65,11 m'dir. Su kaynağı olarak şebeke suyu kullanılacağından filtreye ihtiyaç duyulmamıştır ve bu nedenle kontrol birimindeki yük kayıplarının denklemde değeri yoktur. Su deposu alan içerisinde 3,0 m derinliğe inşa edilen kontrol odasında bulunmaktadır dolayısıyla su kaynağı kotu 189,00 m'dir. Emme hattındaki fittingsler nedeniyle oluşacak yük kaybı, statik emme yüksekliğinin %30'u kadar alınacaktır.

$$H_m=65,11+0+3,90=\mathbf{69,01 \text{ m}} \quad (4.29)$$

Buna göre; Q: 3,33 L/s, H_m: 70,0 m olan dikey milli hidrofor pompa seçilmiştir.

Damla sulama sistemi için projelendirme işlemine damlatıcı seçimiyle başlanmıştır. Bölüm 2.4.2.2'de açıklandığı üzere 3.2.3.5'te verilen aşamalar takip edilerek damlatıcı seçimi yapılmıştır. Alan no 8 hafif bünyeli toprağa sahip olduğundan 4 L/h veya 6 L/h debili damlatıcılar seçilebilir.

- Damlatıcı aralığı 4 L/h için;

$$S_d=0,9 \times \sqrt{\frac{4}{15,0}}=0,46 \text{ m} \quad (4.30)$$

- Damlatıcı aralığı 6 L/h için;

$$S_d = 0,9 \times \sqrt{\frac{6}{15,0}} = 0,57 \text{ m} \quad (4.31)$$

Elde edilen veriler doğrultusunda piyasada bulunan, 4 L/h debili damlatıcılar için 50 cm, 6 L/h debili damlatıcılar için 60 cm damlatıcı aralıklı in lateral borulardan tercih edilmelidir. Damla sulama ile sıra halinde sık dikilen süs bitkileri sulanacağından toprak yüzeyinin tamamı ıslatılacaktır ve lateral aralığı, damlatıcı aralığına eşit olacaktır. Buna göre 4 L/h debili 50 cm damlatıcı aralığına sahip in line damla sulama laterali seçilmiştir.

Bölüm 3.2.3.5'te verilen ön projelendirme faktörleri kullanılarak hesaplanan veriler Çizelge 4.94'te derlenmiştir.

Çizelge 4.94. Damla sulama için ön projelendirme faktörleri (Alan no 2)

$d_{n \max}$ (mm)	$SA_{\max}$ (gün)	d_n (mm)	d_t (mm)	N (adet)	T_a (h)
18,90	4	21,84	25,70	4000	1,61

Damla sulama ile sulanacak alanlarda kullanılan lateraller ve yükseklik farklarından kaynaklı yük kayıpları her yeşil alan için farklıdır. Bu nedenle damla sulama sisteminde kritik lateral olan L41 için boru çapı seçimi örneği Çizelge 4.95'te verilmiştir.

Çizelge 4.95. Lateral boru çapı seçimi ve giriş basıncı (Alan no 8)

L41	Lateral boyu: 40,00 m 1 sıra	Laminar akışlı in line damlatıcı akış rejimine bağlı x katsayısı 1,0'dir. Bu değer $x \geq 0,85$ olduğundan işletme basıncının %15'i izin verilen yük kaybı hesabına eklenir. $h = 0,15 \times 10 = 1,5 \text{ m}$
Lateral eğimi	$h_{gl} = 3,00 \times 0,00615 = 0,0185 \text{ m}$ (Bayır yukarı)	
Lateral üzerindeki damlatıcı sayısı	$n_d = \frac{40,00}{0,50} = 80 \text{ adet}$ (Lateral üzerindeki damlatıcı sayısı 100'den küçük olduğu için düzeltme katsayısı (F) çizelgeden hesaplanır. (F=0,358))	
Lateral debisi	$Q_{l41} = 80 \times 4 = 320 \text{ L/h}$	
Lateral boyunca izin verilen yük kaybı	$h_n = (0,55 \times 1,5) - (0,0185) = 0,81 \text{ m}$ (İşletme birimlerindeki yük kayıplarının en çok %55'i lateral boru hattında, %45'inin manifold boru hattı boyunca oluşması istenmektedir.)	
Lateral boru çapı seçimi	$h_1 = \left(\frac{3,50}{100}\right) \times 40,00 \times 0,358 = 0,50 \text{ m}$	16 mm dış çaplı 4 atü polietilen boru $h_1 = 0,50 \leq h_n = 0,81$ Uygundur.
Lateral giriş basıncı	$H_1 = 10 + (0,77 \times 0,50) + (1/2) \times 0,0185 = 10,40 \text{ m}$	

Çizelge 4.95'te verilen aşamalar tüm damla sulama lateralleri için tekrarlanarak, her lateral için boru çapı ve giriş basıncı belirlenmiştir. Kot farkından kaynaklı yük kayıpları hesaplanırken borunun kritik bölümü dikkate alınmıştır. Tüm 4 L/h debili 50 cm damlatıcı aralığına sahip in line damla sulama lateralleri için hesaplamalar Çizelge 4.96'da verilmiştir.

Çizelge 4.96. Damla sulama laterallerindeki debi, boru çapı ve giriş basıncı (Alan no 8)

Lateral no	Lateral adedi	Lateral boyu (m)	Lateral debisi (L/h)	İzin verilen yük kaybı (m)	Lateral boyunca oluşan yük kaybı (m)	Seçilen lateral boru çapı (mm)	Giriş basıncı (m)
1	2	22,00	176,00	0,69	0,15	16,00	10,18
2	2	32,00	256,00	0,83	0,33	16,00	10,41
3	2	22,00	176,00	0,69	0,15	16,00	10,18
4	2	25,00	200,00	0,712	0,19	16,00	10,20
5	1	10,50	84,00	0,75	0,40	16,00	10,05
6	1	13,00	104,00	0,80	0,50	16,00	10,03
7	20	5,50	44,00	0,79	0,01	16,00	10,02
8	4	25,00	200,00	0,67	0,19	16,00	10,22
9	1	20,00	160,00	0,83	0,11	16,00	10,08
10	1	22,00	176,00	0,83	0,15	16,00	10,12
11	2	18,00	144,00	0,83	0,07	16,00	10,05
12	1	16,70	134,00	0,83	0,06	16,00	10,04
13	4	31,00	248,00	0,72	0,31	16,00	10,29
14	1	31,00	248,00	0,775	0,31	16,00	10,27
15	1	18,00	144,00	0,74	0,07	16,00	10,09
16	1	22,00	176,00	0,83	0,15	16,00	10,12
17	4	37,00	296,00	0,758	0,44	16,00	10,37
18	1	26,00	208,00	0,83	0,21	16,00	10,16
19	4	25,00	200,00	0,67	0,19	16,00	10,22
20	1	12,00	96,00	0,80	0,02	16,00	10,03
21	1	31,00	248,00	0,79	0,31	16,00	10,26
22	1	10,50	84,00	0,76	0,02	16,00	10,04
23	2	25,00	200,00	0,79	0,19	16,00	10,17
24	2	25,00	200,00	0,79	0,19	16,00	10,17
25	1	22,50	180,00	0,79	0,16	16,00	10,14
26	2	23,50	188,00	0,68	0,17	16,00	10,20
27	1	34,50	276,00	0,62	0,37	16,00	10,39
28	1	20,00	160,00	0,78	0,11	16,00	10,11
29	2	16,00	128,00	0,73	0,05	16,00	10,09

Çizelge 4.96. Damla sulama laterallerindeki debi, boru çapı ve giriş basıncı (Alan no 8)
(devamı)

30	2	29,00	232,00	0,73	0,28	16,00	10,27
31	1	23,00	184,00	0,83	0,17	16,00	10,13
32	1	11,00	88,00	0,76	0,02	16,00	10,05
33	1	23,50	188,00	0,74	0,18	16,00	10,18
34	1	40,00	320,00	0,83	0,50	16,00	10,39
35	1	36,00	288,00	0,83	0,41	16,00	10,32
36	11	32,00	256,00	0,83	0,33	16,00	10,26
37	1	28,00	224,00	0,83	0,26	16,00	10,20
38	1	25,00	200,00	0,83	0,19	16,00	10,15
39	1	15,00	120,00	0,78	0,05	16,00	10,06
40	1	28,50	228,00	0,83	0,27	16,00	10,21
41	1	40,00	320,00	0,81	0,50	16,00	10,40
42	2	28,50	228,00	0,78	0,27	16,00	10,23
43	1	22,00	176,00	0,83	0,15	16,00	10,12
44	2	25,00	200,00	0,67	0,19	16,00	10,22
45	4	34,50	276,00	0,62	0,37	16,00	10,39
46	1	18,00	144,00	0,83	0,07	16,00	10,05
47	1	34,00	272,00	0,70	0,37	16,00	10,35
48	1	10,00	80,00	0,83	0,01	16,00	10,01
49	2	22,00	176,00	0,69	0,15	16,00	10,18
50	1	36,00	288,00	0,74	0,41	16,00	10,36
51	1	33,00	264,00	0,78	0,35	16,00	10,29
52	1	31,00	248,00	0,81	0,31	16,00	10,25
53	1	29,00	232,00	0,83	0,28	16,00	10,22
54	1	34,00	272,00	0,83	0,37	16,00	10,28
55	4	25,00	200,00	0,67	0,19	16,00	10,22
56	4	25,00	200,00	0,67	0,19	16,00	10,22
57	1	20,00	160,00	0,83	0,11	16,00	10,08
58	2	23,00	184,00	0,79	0,17	16,00	10,15
59	1	31,00	248,00	0,67	0,31	16,00	10,32
60	4	25,00	200,00	0,67	0,19	16,00	10,22
61	2	38,00	304,00	0,77	0,46	16,00	10,39
62	2	38,00	304,00	0,77	0,46	16,00	10,39
63	4	23,50	188,00	0,49	0,17	16,00	10,30
64	2	23,00	184,00	0,66	0,17	16,00	10,21
65	1	20,00	160,00	0,83	0,11	16,00	10,08

Çizelge 4.96. Damla sulama laterallerindeki debi, boru çapı ve giriş basıncı (Alan no 8) (devamı)

66	2	28,00	224,00	0,62	0,26	16,00	10,30
67	2	28,00	224,00	0,62	0,26	16,00	10,30
68	1	30,00	240,00	0,61	0,29	16,00	10,33
69	1	27,00	216,00	0,83	0,21	16,00	10,16
70	1	25,00	200,00	0,83	0,19	16,00	10,15
71	1	25,00	200,00	0,83	0,19	16,00	10,15
72	1	27,50	220,00	0,83	0,23	16,00	10,18
73	1	34,00	272,00	0,70	0,37	16,00	10,34
74	1	35,00	280,00	0,83	0,39	16,00	10,30
75	1	20,00	160,00	0,83	0,11	16,00	10,08
76	1	22,00	176,00	0,83	0,15	16,00	10,12
77	2	32,00	256,00	0,63	0,33	16,00	10,36
78	2	24,00	192,00	0,78	0,17	16,00	10,15
79	2	32,00	256,00	0,76	0,33	16,00	10,29
80	1	22,00	176,00	0,76	0,15	16,00	10,15
81	2	25,00	200,00	0,67	0,19	16,00	10,22
82	4	25,00	200,00	0,67	0,19	16,00	10,22
83	4	25,00	200,00	0,67	0,19	16,00	10,22
84	4	22,00	176,00	0,69	0,15	16,00	10,18

Damla sulama için toplam debi 8,51 L/s'dir. Yağmurlama sulama zonlarına uygun olması açısından damla sulama sistemi 3 ayrı işletme birimine bölünecektir. Damla sulama sisteminde manifold boru çapı seçimi için uygulanan aşamalar, lateral boru seçiminde takip edilen adımlarla aynıdır. Çizelge 4.97'de damla sulama işletme birimi A7 için takip edilen aşamalar verilmiştir. Oluşturulan tüm damla sulama işletme birimlerine ilişkin debi, manifold boru çapı ve giriş basıncı değerleri Çizelge 4.98'de verilmiştir.

Damla sulama işletme birimleri için, yağmurlama sulama sisteminde kullanılan ana boru çapı uygun olduğundan yeni bir boru planlanmasına gerek yoktur. Damla sulama işletme birimlerinin debileri göz önünde bulundurulduğunda 2" basınç regülatörlü selenoid vana kullanılması uygundur. Yağmurlama sulama için 12 adet, damla sulama için 3 adet işletme birimi bulunmaktadır. Toplam 15 adet işletme birimi için, 2 adet 8 istasyonlu iç mekan tipi elektrikli kontrol ünitesi kullanılması uygundur. Alan no 8 için hazırlanan yağmurlama başlık yerleri ve örtme deseni, su iletim ve dağıtım hatları (önerilen) planlarında (EK-37) sistem unsurları detaylı olarak gösterilmiştir.

Çizelge 4.97. Damla sulama manifold boru çapı seçimi ve giriş basıncı (Alan no 8)

A7	Manifold boyu: 361,20 m	(İşletme birimlerinde izin verilen yük kayıpları, işletme basıncının %15-%20'si kadar olmalıdır.)		
$h=0,15 \times 10=1,5 \text{ m}$				
Manifold eğimi	$h_{gm}=20,00 \times 0,00615=0,123 \text{ m}$ (Bayır yukarı)			
Manifold debisi	3,04 L/s	Kritik lateral giriş basıncı	L2: 10,41 m	
(Manifoldun hizmet ettiği lateral satışı 71 adettir. F faktörü çizelgeden 0,359 olarak hesaplanmaktadır.)				
Manifold boyunca izin verilen yük kaybı	$h_{fm}=(0,45 \times 1,5)-(0,123)=0,55 \text{ m}$ (İşletme birimlerindeki yük kayıplarının en çok %55'i lateral boru hattında, %45'inin manifold boru hattı boyunca oluşması istenmektedir.)			
Manifold boru çapı seçimi	$h_m=\left(\frac{0,80}{100}\right) \times 180,6 \times 0,359=0,52 \text{ m}$		$h_m=0,52 \leq h_{fm}=0,55$ Uygundur.	
Manifolda su girişi ortadan olacaktır. Dolayısıyla manifold debisi ve uzunluğu ikiye bölünerek hesaplama yapılmıştır. ($Q_m=3,04/2=1,52 \text{ L/s}$ ve $L_m=361,20/2=180,60 \text{ m}$)				
A7 damla sulama manifoldu için 50 mm dış çaplı 8 atü polietilen boru seçilmiştir.				
Manifold giriş basıncı	$H_m=10,41+0,52+0,123=11,05 \text{ m}$			

Çizelge 4.98. Damla sulama işletme birimleri debi, manifold çapı ve giriş basıncı (Alan no 8)

Damla sulama işletme birimleri	Manifold boyu (m)	Manifold debisi (L/s)	İzin verilen yük kaybı (m)	Manifold boyunca oluşan yük kaybı (m)	Seçilen lateral boru çapı (mm)	Giriş basıncı (m)
A7	361,20	3,04	0,55	0,52	50,00	11,05
A8	288,00	2,74	0,43	0,39	50,00	11,04
B5	279,00	2,73	0,41	0,38	50,00	11,03

4.4.8.3 Değerlendirme

Alanın mevcut sulama sistemi koşullarında kullanılan su kaynağı şehir şebekesi ile doldurulan su deposudur. Suyun basınçlandırılmasında kullanılan 8,33 L/s debili 2 kademeli dikey milli hidrofor pompa gerekenden oldukça yüksek kapasitedir. Önerilen sistemde mevcut koşullarda kullanılan su deposu kullanıma uygundur ancak, basınçlandırmada 3,33 L/s debili 70,00 m manometrik su basma yüksekliği özelliğine sahip dikey milli hidrofor pompa kullanılması uygun görülmüştür. Böylece enerji masrafları daha ekonomik olarak çözülmüş olacaktır.

Mevcut sulama sisteminde ana boru hatları 63 mm, lateral boru hatları ise 50 mm dış çaplı 10 atü polietilen malzemeden oluşturulmuştur. Yağmurlama ve damla sulama sistemi

için toplam 25 adet işletme birimi bulunmaktadır. Önerilen sistemde, mevcut koşullardakiyle aynı çapta ve özellikte ana boru ve lateral boru hatları seçilmiştir. Ancak mevcut koşullarda yanlış uygulama ile planlanan damla sulama sistemi yeniden planlanarak toplam 15 işletme biriminin 3'ü damla sulama sistemi için oluşturulmuştur.

Kullanılabilir su tutma kapasitesi 105,00 mm/m olan alanda bu değerin %30'u tüketildiğinde sulamaya başlanacaktır. Bu koşulda 2 gün aralıkla 1,5 saat süreyle toplam 14,50 mm su uygulaması yapılması ön görülmüştür. Alanda önerilen 12 adet yağmurlama sulama işletme birimi 2 bölgeye ayrılarak yarısı bir gün kalan yarısı diğer gün sulanacaktır. Böylece 6 adet yağmurlama sulama işletme birimi için sulama 9 saatte tamamlanabilecektir. Mevcut koşullarda her gün yaklaşık 12,50 mm su uygulaması yapılmaktadır. Bu miktar önerilen koşullarda uygulanacak toplam miktarın 1,5 kat üzerindedir.

Önerilen damla sulama işletme birimleri için manifold boru hatları 50 mm dış çaplı 8 atü basınç dayanımına sahip polietilen malzemeden seçilmiştir. Damla sulama lateralleri ise 16 mm dış çaplı 4 atü basınç dayanımına sahip 50 cm in line damlatıcı aralıklı polietilen malzemeden oluşturulmuştur. Sulama aralığı 4 gün olarak belirlenen damla sulama sisteminde toplam 25,70 mm 1,5 saat süreyle sulama uygulaması yapılması planlanmıştır.

4.4.9 Alan No 9

4.4.9.1 Mevcut Durum

Alanın sulanmasıyla ilgili mevcut durumu değerlendirmek için hazırlanan planlama paftaları kapsamında 3.2.3.1 numaralı bölümde belirtildiği üzere elde edilen imar planı temel alınmıştır. Plan AutoCAD bilgisayar programı kullanılarak 1/500 ölçekli bir taslak (EK-38) olarak çizilmiştir. Bu kroki, alanın kotları, su kaynağının yeri, infiltrasyon noktaları, sert zemin ve yeşil bölgeleri detaylı olarak göstermektedir. Parkın peyzaj tasarımında, ağaç, çalı ve yer örtücü süs bitkileriyle oluşturulmuş kompozisyonlar çim içerisinde bitki yastıkları çim alanlar içerisine yerleştirilmiştir. Yol aksı ve parkın çevresi yaprak döken boylu ağaçlar ile donatılmıştır. Alanda bulunan bitkilerin listesi Türkçe Latince isimleriyle birlikte peyzaj planında yer almaktadır

Toprak altı damla sulama sistemi ile sulanan alanda su kaynağı olarak şehir şebekesi kullanılmaktadır. Şebekeden gelen suyun debisi 3,33 L/s'dir pompa birimi bulunmamaktadır. Kontrol birimi için 120 mesh disk filtre ve gübre tankı bulunmaktadır. Sulama için

oluşturulmuş 11 adet işletme biriminin otomasyonu her işletme birimi için ayrı olarak 1 istasyonlu pilli kontrol ünitesi ile sağlanmaktadır. Kullanılan selenoid vanaların çapları 2", 1½" ve 1 " arasında değişmektedir.

Sulama sisteminde ana boru hatları 63 mm dış çaplı 10 atü polietilen borulardan oluşturulmuştur. Toprak altı damla sulama yönteminde, işletme birimlerinde bulunan lateralleri besleyen ve laterallerden geçip artan suyun toplandığı iki tür aynı çapa sahip manifold boru hatları bulunmaktadır. Alanda 63 mm ve 40 mm dış çaplı 8 atü polietilen borular besleme ve tahliye manifold boru hatlarını oluşturmaktadır. Damla sulama lateralleri, çalı ve ağaçlar için 20 mm dış çaplı, 45 cm derinliğe gömülü, çim için 16 mm dış çaplı, 30 cm derinliğe gömülü 2,3 L/h debiye, 40 cm damlatıcı aralığına sahip anti sifon özellikte toprak altı damla sulama için üretilen polietilen borulardan oluşturulmuştur. Sistem unsurları ve boru hatları, su iletim ve dağıtım hatları (mevcut) planında (EK-39) ayrıntılı olarak sunulmuştur.

Mevcut sulama sistemi genel olarak incelendiğinde, sistemdeki tüm unsurların gömülü olması, boru hatlarının tespiti ve sulamanın etkin bir şekilde gerçekleşip gerçekleşmediği konularında netlik sağlamayı zorlaştırmaktadır. Bu bağlamda, alanın işletilmesinden sorumlu kişilere danışılarak sorunların anlaşılması amaçlanmıştır. Karşılaşılan sorunlardan biri, yaklaşık 500 m²'lik bir alanda sulamanın çalışmamasıdır. Bu bölgede ciddi bir bitkisel kayıp yaşanmamıştır, çünkü belediye yetkilileri haftada bir veya daha sık sulama yapmaktadır. Sorunun tam olarak tespit edilememesinin nedeni, çim alanların kaldırılamamasıdır. Ancak, söz konusu işletme biriminde hava bacasının düşük bir kota yerleştirilmesi, borularda biriken havanın boşaltılamamasına bunun sonucunda ise sulamanın etkin gerçekleşmediği düşüncesine yol açmıştır. Diğer bir sorun ise, bir işletme biriminde toprak altına serilen damla sulama laterallerinin bayır yukarı döşenmiş olmasıdır. Bu durum, çim alanların dokusunda bozulma ve yoğun yabancı ot gelişimiyle sonuçlanmıştır. Ayrıca, çalılar için yerleştirilen damla sulama laterallerinin değişken derinlikte döşenmesi ve toprak yüzeyinde su birikimi tespit edilmesi başka bir sorun oluşturmaktadır. Alanın peyzaj tasarımında bulunan çalı gruplarından birçoğunun kuruduğu gözlemlenmiştir, bu da çalılar için sulamanın etkin bir şekilde gerçekleşmediğini göstermektedir.

4.4.9.2 Önerilen Sulama Sistemi

Önerilen sulama sisteminin hazırlanması için gerekli veriler Çizelge 4.99'da verilmiştir.

Çizelge 4.99. Ön projelendirme faktörlerinde kullanılacak veriler (Alan no 9)

Kaynak Araştırması	
Toprak bünyesi	Hafif bünye
Hacim ağırlığı	1,64 g/cm ³
İnfiltrasyon hızı	20,00 mm/h
Etkili kök derinliği (Çim için)	30 cm
Etkili kök derinliği (Çalı için)	45 cm
Bitki katsayısı (k_c)	1,0 (pik Temmuz ayı)
Bitki su tüketimi (Çim ve çalı için)	5,80 mm/gün (pik Temmuz ayı)
Kullanılabilir su tutma kapasitesi (d_k)	120,00 mm/m
KSTK'nin tüketilmesine izin verilen kısmı (R_y) (Çim için)	0,30
KSTK'nin tüketilmesine izin verilen kısmı (R_y) (Çalı için)	0,40
Ortalama rüzgâr hızı	2,74 m/s
Su kaynağının debisi	3,33 L/s
Su iletim randımanı (E_c)	1,0
Su uygulama randımanı (E_a)	0,90 (toprak altı damla sulama için)

Çizelge 4.99'da görüldüğü üzere 9 numaralı alanda toprak bünyesi hafif ve infiltrasyon hızı 20,00 mm/h'tir. Sulanacak bitki çim olduğundan, sık ekilen veya dikilen süs bitkileri için toprak yüzeyinin tamamının ıslatılması gerekmektedir. Bu nedenle lateral aralıkları, damlatıcı aralığına eşit olmalıdır. Piyasadaki toprak altı damla sulama boruları araştırıldığında, 3,5 L/saat debili, 50 cm damlatıcı aralıklı, anti-sifonlu ve basınç ayarlı polietilen damla sulama borusu seçilmiştir. Anti-sifon damlatıcılar damla sulama sistemlerinde kullanılan özel bir damlatıcı türüdür. Sifon suyun ters yönde akışını sağlamak anlamına gelmektedir ve anti-sifon suyun damlatıcılardan geri akışını engellemektedir. Böylece toprak altına yerleştirilen damla sulama lateralleri üzerindeki damlatıcıların toprak veya bitki kökleri tarafından tıkanması önlenmektedir. Bölüm 3.2.3.5'te damla sulama için verilen ön projelendirme faktörleri takip edilerek hesaplanan değerler Çizelge 4.100'de verilmiştir.

Çizelge 4.100. Damla sulama için ön projelendirme faktörleri (Alan no 9)

$d_{n,max}$ (mm)	SA_{max} (gün)	d_n (mm)	d_t (mm)	N (adet)	T_a (h)
10,80	2	10,92	12,13	4000	1

Alan tamamıyla toprak altı damla sulama sistemi ile sulandığından işletme birimi sayısı alanda en ekonomik olacak şekilde 12 adet olarak belirlenmiştir. Toprak altı damla

sulama lateralleri, alandaki eğime göre bayır aşağı döşendiğinden kritik lateral olarak en yüksek debiye sahip B6 işletme biriminde bulunan L12 lateralidir. Boru çapı seçimi ve giriş basıncının belirlenmesinde izlenen adımlar Çizelge 4.101’de verilmiş, daha sonra bu adımlar tüm kritik lateraller için tekrarlanmış, belirlenen değerler Çizelge 4.102’de sunulmuştur.

Çizelge 4.101. Lateral boru çapı seçimi ve giriş basıncı (Alan no 9)

B6’da L12	Lateral boyu: 55,00 m 1 sıra	Laminar akışlı in line damlatıcı akış rejimine bağlı x katsayısı 1,0’dır. Bu değer $x \geq 0,85$ olduğundan işletme basıncının %15’i izin verilen yük kaybı hesabına eklenir. $h=0,15 \times 10=1,5$ m
Lateral eğimi	Eğim yok	
Lateral üzerindeki damlatıcı sayısı	$n_d = \frac{55,00}{0,50} = 110$ adet (Lateral üzerindeki damlatıcı sayısı 100’den büyük olduğu için düzeltme katsayısı (F) çizelgeden hesaplanır. (F=0,356))	
Lateral debisi	$Q_{L12} = 110 \times 3,5 = 385$ L/h $= 0,11$ L/s	
Lateral boyunca izin verilen yük kaybı	$h_f = (0,55 \times 1,5) + (0) = 0,83$ m (İşletme birimlerindeki yük kayıplarının en çok %55’i lateral boru hattında, %45’inin manifold boru hattı boyunca oluşması istenmektedir.)	
Lateral boru çapı seçimi	$h_l = \left(\frac{4,10}{100}\right) \times 55,00 \times 0,356 = 0,80$ m	16 mm dış çaplı PE $h_l = 0,80 \leq h_f = 0,83$ Uygunudur.
Lateral giriş basıncı	$H_l = 10 + (0,77 \times 0,80) + (1/2) \times 0 = 10,62$ m	

Çizelge 4.102. Damla sulama işletme birimlerinde debi, boru çapı ve giriş basıncı (Alan no 9)

Lateral no	Lateral boyu (m)	Lateral debisi (L/h)	İzin verilen yük (m)	Lateral boyunca oluşan yük kaybı (m)	Seçilen lateral boru çapı (mm)	Giriş basıncı (m)
A1-L1	32,00	227,50	0,83	0,30	16,00	10,23
A2-L2	53,50	378,00	0,83	0,76	16,00	10,59
A3-L3	14,00	101,50	0,83	0,03	16,00	10,03
A4-L4	17,00	122,50	0,83	0,05	16,00	10,04
A5-L5	35,00	248,50	0,83	0,34	16,00	10,26
A6-L6	35,00	248,50	0,83	0,34	16,00	10,26
B1-L7	24,00	171,50	0,83	0,13	16,00	10,10
B2-L8	24,00	171,50	0,83	0,13	16,00	10,03
B3-L9	15,50	108,50	0,83	0,04	16,00	10,03
B4-L10	22,50	161,00	0,83	0,11	16,00	10,09
B5-L11	13,00	94,50	0,83	0,03	16,00	10,02
B6-L12	55,00	385,00	0,83	0,80	16,00	10,62

Lateral boru çaplarının belirlenmesinde kullanılan aşamalar, manifold boru çapı belirlenirken de kullanılmaktadır. Çizelge 4.103'te kritik işletme birimi A3 için manifold boru çapı ve giriş basıncı belirlenirken izlenen adımlar verilmiştir. Bu aşamalar tüm manifold borular için tekrarlanarak damla sulama işletme birimleri oluşturulmuştur. Oluşturulan toprak altı damla sulama işletme birimleri için seçilen manifold boru çapları ve giriş basınçları Çizelge 4.104'te verilmiştir. Toprak altı damla sulama sistemlerinde, lateral borulara suyu ulaştıran besleme ve suyun toplandığı tahliye manifoldu bulunmaktadır. Belirlenen manifold çapları hem besleme hem de tahliye manifold boru hatları için geçerlidir.

Çizelge 4.103. Damla sulama manifold boru çapı seçimi ve giriş basıncı (Alan no 9)

A3	Manifold boyu: 94,00 m	(İşletme birimlerinde izin verilen yük kayıpları, işletme basıncının %15-%20'si kadar olmalıdır.) $h=0,15 \times 10=1,5 \text{ m}$
Manifold eğimi	$h_{gm}=20,00 \times 0,0222=0,444 \text{ m}$ (Bayır aşağı)	
Manifold debisi	2,56 L/s	Kritik lateral giriş basıncı L3: 10,03m
(Manifoldun hizmet ettiği lateral sayısı 157 adettir. F faktörü çizelgeden 0,356 olarak hesaplanmaktadır.)		
Manifold boyunca izin verilen yük kaybı	$h_{fm}=(0,45 \times 1,5)-(0,444)=0,231 \text{ m}$ (İşletme birimlerindeki yük kayıplarının en çok %55'i lateral boru hattında, %45'inin manifold boru hattı boyunca oluşması istenmektedir.)	
Manifold boru çapı seçimi	$h_m=\left(\frac{0,80}{100}\right) \times 47,00 \times 0,356=0,134 \text{ m}$	$h_m=0,134 \text{ m} \leq h_{fm}=0,231 \text{ m}$ Uygundur.
Manifoldta su girişi ortadan olacaktır. Dolayısıyla manifold debisi ve uzunluğu ikiye bölünerek hesaplama yapılmıştır. ($Q_m=2,56/2=1,28 \text{ L/s}$ ve $L_m=94,00/2=47,00 \text{ m}$)		
A3 damla sulama manifoldu için 50 mm dış çaplı 8 atü polietilen boru seçilmiştir.		
Manifold giriş basıncı	$H_m=10,03+0,134+0,444=10,61 \text{ m}$	

Çizelge 4.104. Damla sulama işletme birimleri debi, manifold çapı ve giriş basıncı (Alan no 9)

İşletme birimleri	Manifold boyu (m)	Manifold debisi (L/s)	İzin verilen yük kaybı (m)	Manifold boyunca oluşan yük kaybı (m)	Seçilen lateral boru çapı (mm)	Giriş basıncı (m)
A1	31,00	2,53	0,21	0,0415	50,00	10,74
A2	85,50	2,25	0,481	0,10	50,00	10,88
A3	94,00	2,56	0,231	0,134	50,00	10,61
A4	52,00	2,53	0,21	0,07	50,00	10,57
A5	28,00	2,41	0,46	0,033	50,00	10,51
A6	26,00	2,19	0,378	0,026	50,00	10,58

Çizelge 4.104. Damla sulama işletme birimleri debi, manifold çapı ve giriş basıncı (Alan no 9) (devamı)

B1	46,00	2,06	0,125	0,045	50,00	10,70
B2	50,00	2,18	0,51	0,049	50,00	10,24
B3	135,00	2,56	0,421	0,192	50,00	10,47
B4	57,00	2,07	0,085	0,056	50,00	10,74
B5	29,00	2,18	0,453	0,028	50,00	10,27
B6	24,00	2,45	0,44	0,025	50,00	10,88

Çizelge 4.104'te görüldüğü üzere en yüksek debili (kritik hat) işletme birimi A3 ve B3 (2,56 L/s) numaralı işletme birimleridir. Ana boru bu işletme birimlerine göre planlanırsa diğer işletme birimlerini rahatlıkla çalıştıracaktır. Çizelge 4.105'te seçilen ana boru çapı ve sürtünmeden kaynaklı oluşacak yük kayıpları değerleri verilmiştir.

Çizelge 4.105. Seçilen ana boru çapı ve yük kayıpları (Alan no 9)

Ana boru	361,00 m	Kritik hat A3: 2,56 L/s
Boru çapı (mm)	Akış hızı (m/s)	Yük kaybı (m/m)
63 mm dış çaplı 10 atü PE	1,23 m/s	0,0307 m/m
$h_f = 361,00 \times 0,0307 = 11,08 \text{ m}$		

Ana boru için 63 mm dış çaplı 10 atü basınç dayanımına sahip polietilen boru seçilmiştir. Buna göre işletme birimlerinin otomasyonunda 2" basınç regülatörlü selenoid vana kullanılacaktır. İşletme birimlerinde debilere göre oluşan yük kaybı değerleri, vananın fittingsleriyle birlikte Çizelge 4.106'da verilmiştir.

Ana boru girişinde istenen basıncın bulunabilmesi için, ana boruda yükseklik farkından dolayı (h_g 'nin işareti bayır aşağı eğimde -, bayır yukarı eğimde + alınır) ve sürtünmeden kaynaklı oluşan yük kayıplarının ana boru hattında istenen basınca eklenmesi gerekmektedir. Burada dikkate alınan ana boru hattında istenen basınç değeri Çizelge 4.106'dan görüldüğü üzere pik değerler olan B6 (11,98 m) numaralı işletme birimidir. Ana boru girişinde istenen basınç değerleri Çizelge 4.107'de verilmiştir.

Toprak altı damla sulama sistemi için oluşturulan 12 adet işletme birimi için 2 adet 6 istasyonlu elektrikli kontrol ünitesi kullanılması uygun görülmektedir. Su kaynağı şehir şebekesidir. Bu nedenle filtre kullanımı zorunlu değildir, ancak sistem tamamen toprak altına gömülü olduğundan damlatıcı tıkanıklıkları onarım işlemlerini zorlaştırabilir. Bu nedenle sisteme önlem olarak 2" çaplı, 8 atm işletme basıncına sahip ve 80-120 mesh aralığındaki elek

filtre eklenmelidir. Seçilen filtrenin üretici firmasının debi-yük kaybı tablosundan elde edilen 2,56 L/s debi için 0,50 m yük kaybı değeri, ana boru girişinde istenen basınca eklenmelidir. Böylece ana boru girişinde istenen basınç 24,27 m (2,43 bar) olmaktadır. Bu basınç, şehir şebekesindeki mevcut basınç ile karşılanabilir olduğundan pompa birimine ihtiyaç duyulmamaktadır.

Çizelge 4.106. Selenoid vana seçimi ve ana boru hattında istenen basınç (Alan no 9)

Kontrol ünitesi istasyon no	İşletme birimi debisi (L/s)	Giriş basıncı (m)	Ana boru dış çapı (mm)	Seçilen selenoid vana çapı (")	Selenoid vanayük kaybı (m)	Ana boru hattında istenen basınç (m)
A1	2,53	10,74	63,0	2"	1,1	11,84
A2	2,25	10,88	63,0	2"	1,1	11,89
A3	2,56	10,61	63,0	2"	1,1	11,71
A4	2,53	10,57	63,0	2"	1,1	11,67
A5	2,41	10,51	63,0	2"	1,1	11,61
A6	2,19	10,58	63,0	2"	1,1	11,68
B1	2,06	10,70	63,0	2"	1,1	11,80
B2	2,18	10,24	63,0	2"	1,1	11,34
B3	2,56	10,47	63,0	2"	1,1	11,57
B4	2,07	10,74	63,0	2"	1,1	11,84
B5	2,18	10,27	63,0	2"	1,1	11,37
B6	2,45	10,88	63,0	2"	1,1	11,98

Çizelge 4.107. Ana boru girişinde istenen basınç (Alan no 9)

Ana boru	$H_a = B6: 11,98 \text{ m}$	$h_{fm} = 11,08 \text{ m}$
Ana boru eğimi	$h_{g1} = 23,00 \times 0,031 = 0,713 \text{ m (Bayır yukarı)}$	
Ana boru girişinde istenen basınç	$H = 11,98 + 11,08 + 0,713 = 23,77 \text{ m}$	

Toprak altı damla sulama sistemlerinde tüm sistem unsurları gömülü olarak planlanır. Bu durum, sulamanın gerçekleştiğini gözlemlemenin zor olduğu anlamına gelmektedir. Bu durumu anlamak için işletme birimlerinin girişinde, selenoid vana girişine ve çıkışına yerleştirilecek manometre ile gelen ve çıkan suyun basıncı ölçülebilir. Ayrıca, girişe eklenen manometreden sonra yerleştirilecek bir su sayacı, su maliyetinin hesaplanmasına ve sisteme giren su miktarının belirlenmesine yardımcı olacaktır. Bu sayede sulamanın gerçekleşip gerçekleşmediği sürekli olarak kontrol altında tutulmuş olacaktır.

Toprak altı damla sulama sistemlerinde, toprak altında bulunan damla sulama laterallerinde hava birikiminin önlenmesi ve sistem kullanılmadığında borularda kalan suyun boşaltılması önemlidir. Bu amaçla, işletme birimlerindeki besleme manifoldunda en yüksek kota bir hava bacası (vantuz) ve tahliye manifoldunda en alçak kota yerleştirilmiş bir tahliye vanası bulunmalıdır. Hava bacalarının temelde iki önemli görevi vardır. İlk olarak, sulama suyu ile doldurulmuş boru hatlarında zamanla biriken havanın suyun etkin ilerleyişini engellememesi için toplanarak atmosfere boşalmasını sağlamaktır. İkinci olarak, suyun ani şekilde kesilmesi veya düşük basınç durumunda boru hatlarındaki havanın suyun içine çekilerek vakum oluşmasını önlemektir. Hava bacaları, boru hatlarının en yüksek noktalarına yerleştirilmektedir. Su, boru hattının en üst kısmına ulaştığında, buradaki hava bacası aracılığıyla toplanan hava kabarcıklarını atmosfere bırakmaktadır. Bu sayede boru hattındaki hava birikimi azaltılır ve suyun sorunsuz bir şekilde ilerlemesi sağlanmaktadır. Hava bacaları genellikle otomatik olarak çalışır ve manuel müdahale gerektirmez.

Tahliye vanaları ise, sulama sistemlerindeki boru hatlarında suyun belli bir noktadan veya bölgeden boşaltılmasını sağlamaktadır. Bu vanalar, sistemi boşaltmak, bakım yapmak veya suyun boru içerisinde donmasını önlemek için kullanılmaktadır. Ayrıca, boru hatlarında suyun kontrolsüz bir şekilde birikmesini ve boru hatlarının zarar görmesini engellemektedir. Tahliye vanaları genellikle boru hatlarının en düşük noktalarına yerleştirilir.

Bu doğrultuda tasarlanan toprak altı sulama sistemi için su iletim ve dağıtım hatları planı EK-40'ta verilmiştir.

4.4.9.3 Değerlendirme

Mevcut sulama sisteminde kullanılan su kaynağı şehir şebekesidir ve alan tümüyle toprak altı damla sulama sistemi ile sulandığından işletme basıncı yeterli görülmüştür. Bu nedenle pompa birimine ihtiyaç duyulmamaktadır. Önerilen sistem için de uygun olan bu koşullarda sadece sistemin hasiyeti göz önünde bulundurularak sisteme 2" çaplı, 8 atm işletme basıncına sahip ve 80-120 mesh aralığındaki elek filtre eklenmesi uygun görülmüştür.

Kullanılabilir su tutma kapasitesi 120,00 mm/m olan alanda bu miktarın %30'u tüketildiğinde sulamaya başlanacaktır. Bunun için 2 gün arayla toplam 12,13 mm 1 saat süreyle sulama yapılması planlanmıştır ve toplam sulama süresi 12 saattir. Mevcutta 11 adet olarak planlanan toprak altı damla sulama işletme birimlerinde her gün 40 dakika süreyle

yaklaşık 7,7 mm su uygulaması yapılmaktadır. Bu miktar önerilen sistemde uygulanan su miktarına yakın bir değerdir.

Mevcut sistemde 63 mm 10 atü polietilen borulardan oluşturulan ana boru hattı, önerilen sistem için de uygundur. Ancak mevcut uygulamada manifold boru hatları için 63 mm ve 40 mm dış çaplı 8 atü polietilen borular kullanılmaktadır. Önerilen sistemde manifold boru hatları 50 mm dış çaplı 8 atü polietilen malzemeden seçilmiştir. Damla sulama lateralleri çalı grubu bitkiler için 20 mm, çim için 16 mm dış çaplı 40 cm damlatıcı aralığına sahip 2,3 L/h debili polietilen borulardan oluşturulmuştur. Önerilen sistemde mevcut peyzaj koşulları dikkate alındığında çalı grubu bitkiler için ayrı bir planlama yapılmasına gerek olmadığı sonucuna varılmıştır. Dolayısıyla 16 mm dış çaplı 3,5 L/h debiye sahip 50 cm damlatıcı aralıklı damla sulama lateralleri tüm alan için kullanılmıştır.

4.4.10 Sonuç ve Değerlendirme

Çalışmada dikkate alınan alanlardaki mevcut sulama sistemleri ve işletim biçimleri, önerilen sistem ve işletim biçimleriyle karşılaştırılmış ve Çizelge 4.108’de özetlenmiştir. Çizelgede yeterli bulunanlar (✓), yetersiz bulunanlar (×) ve mevcut sistemde bulunmadığı için değerlendirilmeye alınmayanlar ise (–) ile gösterilmiştir.

Çizelge 4.108’e göre, araştırma alanlarının mevcut sulama sistemleri değerlendirildiğinde, tüm işletmeler için sadece su kaynağının kalitatif ve kantitatif özelliklerinin yeterli olduğu belirlenmiştir.

Araştırılan alanlar içinde, 5, 6, 7 ve 9 numaralı işletmelerde pompa birimine ihtiyaç duyulmadığı için bu alanlar değerlendirmeye alınmamıştır. 1 ve 4 numaralı işletmelerde ise yeterli bulunmuştur. 2 ve 3 numaralı işletmelerde kullanılan pompa birimi debisi kısmen yeterli olmasına rağmen, sistemin işletilme biçimi nedeniyle istenilen düzeyde verim alınamamaktadır. 8 numaralı işletmede ise ihtiyacın çok üzerinde bir pompa birimi kullanılmış bu nedenle, istenilen basınç düzeyinin kontrol edilmesi zorlaşmış, kurulum ve enerji masrafları artmıştır. Dolayısıyla kullanılan pompa birimi uygun bulunmamıştır.

Araştırma alanlarında kullanılan selenoid vanaların çoğu basınç regülatörlü olmasına rağmen özellikle 1, 4, 5, 6, 7, 8 numaralı işletmelerde yüksek basınç kaynaklı sistem unsurları hasarı tespit edilmiştir. 2 numaralı işletmede gerekli basıncın sağlanamadığı görülmüş, 3 numaralı işletmede ise sistemin hatalı aplikasyonuna bağlı sistem unsurlarında hasar tespit

edilmiştir. Dolayısıyla tüm araştırma alanları basınç denetimi bakımından yetersiz bulunmuşlardır.

Araştırma alanlarında 8 ve 9 numaralı işletmeler hariç diğer tüm işletmelerde kontrol birimi elemanı bulunmamaktadır. 4 numaralı alanda su kaynağının kuyu suyu olduğu göz önünde bulundurulursa bu alanda kontrol birimi gerekliliği saptanmıştır.

Ana boru özellikleri 3, 4, 8 ve 9 numaralı alanlarda yeterli bulunmuştur. 1 ve 2 numaralı işletme birimlerinde gerekenden küçük, 5, 6 ve 7 numaralı işletmelerde ise gerekenden büyük olduğundan bu işletmelerdeki ana boru özelliklerinin mevcut koşullara uygun olmadığı sonucuna varılmıştır.

Araştırma alanlarındaki damla sulama sistemlerinde manifold boruların çap, malzeme tipi, basınç dayanımı gibi özellikleri değerlendirildiğinde, 2 ve 3 numaralı işletmeler için yeterli bulunmuştur. 1 numaralı işletmede damla sulama sisteminin manifold dışındaki tüm unsurları alandan kaldırılarak iptal edildiğinden konu ile ilgili değerlendirme yapılamamıştır. 8 numaralı işletmede ise manifold boru hatlarının çap seçimi ve sistem tertibindeki hatalar nedeniyle yetersiz bulunmuştur. 9 numaralı alanda bulunan çoğu işletme biriminde, manifold boru hatları ana boru ile aynı çapta, daha düşük basınç dayanımına sahip borulardan seçilmiştir. Ayrıca, bu alanda sistemin gerektirdiği biçimde gerçekleşmeyen manifold boruların aplikasyonu yetersizlik olarak değerlendirilmiştir.

Mevcut koşullardaki yağmurlama sulama sistemlerinde lateral boru hatlarının özellikleri incelendiğinde, 1, 2 ve 3 numaralı işletmelerde boru çapının gereğinden büyük seçildiği tespit edilmiştir. 4 numaralı alanda boru çapı yeterli olsa da daha düşük debiye sahip işletme birimi için farklı boru çapı seçimi yapılmamıştır. 5, 6 ve 7 numaralı alanlarda ise boru çapı gereğinden küçüktür. 8 numaralı alanda genellikle seçilen boru çapı yeterli olsa da, bazı işletme birimlerinde debi farkları göz ardı edilmiş ve gereğinden küçük veya büyük çapta borular kullanılmıştır.

Araştırma alanlarında kullanılan yağmurlama başlıkları, alanların ihtiyaçlarını karşılamaktan oldukça uzaktır. Tüm alanlarda, yağmurlama başlıklarının ıslatma mesafesinin yeşil alanlara uygun şekilde seçilmediği ve bu nedenle istenmeyen alanların da ıslatıldığı tespit edilmiştir. Özellikle 5, 6, 7 ve 8 numaralı işletmelerde örtme deseni sağlanmadığından eş su dağılım düzeyi oldukça düşüktür. Ayrıca, 4 ve 8 numaralı alanlarda sprey ve rotor başlıkların aynı işletme birimlerine bağlı olarak çalıştırıldığı ve 4 numaralı işletmede bulunan

yağmurlama başlıklarının farklı ıslatma açılarında aynı nozulun kullanıldığı görülmüştür. Bu nedenle dikkate alınan alanlarda etkin bir su kullanımı ve eş bir su dağılımından bahsetmek olası değildir.

Araştırma alanlarından 2, 3 ve 8 numaralı işletmelerde toprak üstü, 9 numaralı işletme de ise toprak altı damla sulama sistemi mevcuttur. Bu alanlarda kullanılan damlatıcılar malzeme cinsi ve debi özellikleri açısından genel olarak yeterlidir. Ancak sistem tertibinde sorunlarla karşılaşmıştır. Özellikle 8 numaralı alanda kullanılan in line damlatıcıların aralığı gerekenden küçüktür. Ayrıca damla sulama laterallerinin tertibi ve kullanılan fittingsler nedeniyle yetersiz bulunmuştur.

Araştırma alanlarında incelenen mevcut sulama sisteminin tertibinde birçok sorunla karşılaşmıştır. 1 numaralı alanda lateral boru hatları eğim yönüne dikkat edilmeden döşenmiştir ve su girişi çoğunlukla uçtan sağlanmıştır. 1, 2 ve 4 numaralı alanlarda mevcut sulama sistemleri projelenirken alanların peyzaj tasarımı genellikle göz ardı edilmiş, sadece çim alanlar dikkate alınarak tasarım yapılmıştır. Bu nedenle 2 numaralı alanda bitkilerin toprak üstü aksamaları ıslanmakta, zararlı ve hastalık oluşumu sık yaşanmaktadır. 8 numaralı alanda yağmurlama başlıklarının, bitki büyüme çapı içerisine yerleştirilmesi nedeniyle büyüyen bitkiler başlıkları örterek sulamayı olumsuz etkilemiştir. 3 ve 8 numaralı alanlarda yağmurlama ve damla sulama lateralleri aynı işletme birimine bağlanmıştır. 5, 6 ve 7 numaralı alanlarda yağmurlama başlıkları ıslatma mesafesine dikkat edilmeden ve örtme deseni sağlanmadan yerleştirilmiştir. 9 numaralı alanda manifold borulara su girişi genellikle uçtan yapılmıştır. Lateral borular döşenirken eğim yönü göz ardı edilmiştir. Bu nedenle tüm alanlar sistem tertibi açısından yetersiz bulunmuştur.

Araştırma alanlarının tümünde sulama her gün yapılmaktadır. Bu uygulama biçimi üst toprak tabakasının sürekli ıslak olmasından dolayı evaporasyon kayıplarını arttırmakta, her gün gereğinden az yapılan sulama ile etkili kök derinliğinin tamamı ıslatılamamakta ayrıca, bitkilerde mantari hastalık ve zararlı oluşumuna neden olmaktadır. Uygulanan sulama suyu miktarı 3, 7 ve 9 numaralı işletmelerde, önerilen sistemde uygulanacak sulama suyu miktarı ile paralellik göstermektedir. 1 numaralı işletmede ihtiyaç duyulan suyun yarısı, 4 numaralı işletmede ise 1,5 kat daha azı karşılanmaktadır. Dolayısıyla gereğinden az sulama yapıldığı anlaşılmış ve yetersiz bulunmuştur. 2 numaralı işletme gereğinden 3 kat, 5 numaralı işletmede 2 kat, 6 ve 8 numaralı işletmelerde ise 1,5 kat fazla sulama suyu uygulanmaktadır. Bu nedenle söz konusu işletmeler uygulanan sulama suyu miktarı bakımından yetersiz bulunmuştur.

Mevcut sulama sistemlerinde bulunan kontrol üniteleri 1 ve 4 numaralı alanlarda yeterlidir. 2, 3, 8 ve 9 numaralı alanlarda elektrik konusunda bir engel bulunmamasına rağmen piyasada daha pahalı olan pilli kontrol üniteleri tercih edilmiştir. 5, 6 ve 7 numaralı alanlarda elektrik hattı döşenmesinde kısıtlayıcı etmenler olması nedeniyle pilli kontrol ünitesi kullanılmıştır. Ancak seçilen kontrol ünitelerinin istasyon sayısı ve hizmet ettiği işletme birimi sayıları orantısızdır. Bu nedenle 1 ve 4 numaralı alanlar haricinde tüm işletmeler yetersiz bulunmuştur.

Çalışılan 2, 3 ve 8 numaralı alanlarda oluşturulan işletme birimi sayıları oldukça fazladır. Bu nedenle uygun bulunmamıştır. 1, 4, 5, 6, 7 ve 9 numaralı alanlardaki işletme birimi sayıları önerilen sistemle kıyaslandığında paralellik göstermektedir bu nedenle yeterli bulunmuştur.

Yukarıda açıklandığı gibi, basınç kontrolü ve denetiminin yetersizliği, sulama zamanı planlamasındaki bilinçsizlik gibi nedenler incelenen tüm alanlarda etkin bir işletme biçiminin uygulanmadığını göstermektedir.

Çizelge 4.108. İncelenen sulama sistemlerinin yeterlilik durumu

Alan no	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Su kaynağı	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Pompa birimi	√	×	×	√	—	—	—	×	—
Basınç denetimi	×	×	×	×	×	×	×	×	×
Kontrol birimi	—	—	—	×	—	—	—	√	√
Ana boru hatları	×	×	√	√	×	×	×	√	√
Manifold boru hatları	—	√	√	—	—	—	—	×	×
Lateral boru hatları	×	×	×	×	×	×	×	×	—
Yağmurlama başlıkları	×	×	×	×	×	×	×	×	—
Damlaticılar	—	√	√	—	—	—	—	×	√
Sistem tertibi	×	×	×	×	×	×	×	×	×
Sulama aralığı	×	×	×	×	×	×	×	×	×
Uygulanan sulama suyu miktarı	×	×	√	×	×	×	√	×	√
Kontrol ünitesi	√	×	×	√	×	×	×	×	×
İşletme birimi sayısı	√	×	×	√	√	√	√	×	√
İşletme biçimi	×	×	×	×	×	×	×	×	×

Değerlendirilen 15 farklı konu birlikte dikkate alındığında, yeterlilik durumu en düşük %18 ile 5 ve 6 numaralı işletmelerin, en yüksek %50 ile 9 numaralı işletmenin olduğu görülmektedir.

Araştırma alanlarında kullanılan bitki örtüsü genellikle bakım ve sulama ihtiyacı yüksek süs bitkilerinden oluşmaktadır. 5, 6 ve 7 numaralı işletmelerde gözlemlenen peyzaj tasarımında, belirli bir karakteri yansıtmayan bitki düzenlemesi, sulama yöntemi seçimi ve sistem tasarımı açısından oldukça kısıtlayıcıdır. 2, 4 ve 8 numaralı işletmelerde çeşitli bitki türleriyle oluşturulan kompozisyonlarda hem sulama yöntemi seçimi hem de sulama suyu ihtiyacı bitki özellikleri düşünülmeden planlanmıştır.

Belirtilen yetersizliklerin ötesinde, araştırma alanlarında karşılaşılan bir diğer sorun, etkili toprak derinliğidir. Rekreasyon alanlarının inşası sırasında ortaya çıkan atık malzeme yeşil alan içerisine karıştırılmaktadır. Bu atık malzemenin üzerine serilen bitkisel toprak, çalışılan alanlar özelinde 45 cm'yi geçmemektedir. Bu durum, bitki gelişimi için yeterli ortamı sağlamamakla birlikte toprağın bünyesi, yapısı, kullanılabilir su tutma kapasitesi ve dolayısıyla infiltrasyon hızı gibi sulamayı doğrudan etkileyen faktörler üzerinde olumsuz etki yaratmaktadır.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yürütülen çalışmada rekreasyon alanlarında yaygın olarak karşılaşılan sorunlar yukarıda detaylarıyla açıklanmıştır. Bunlar proje, aplikasyon ve işletme aşamalarında olmak üzere üç grupta incelenebilir.

İncelenen alanların biri haricinde mevcut koşullar dikkate alınarak, detaylarıyla hesaplanmış ön projelendirme faktörlerine, sistem unsurlarının seçimine ve sistem tasarımına rastlanmamıştır. Sadece 9 numaralı işletme bu konuda istisnadır ve projeleri konu ile ilgili akademisyenler tarafından hazırlanmıştır.

Çalışma kapsamındaki alanlarda genellikle yağmurlama ve damla sulamanın birlikte kullanıldığı gözlemlenmiştir. Yağmurlama sulama sistemlerinde yaygın olarak karşılaşılan sorunlar başlık ve nozul seçimi ile tertip düzenidir. Seçilen başlıkların ıslatma mesafesi doğru şekilde belirlenmemekte ve buna bağlı olarak eş su dağılımı istenilen düzeyde sağlanamamaktadır. Bu durumun nedenleri arasında, kaynak araştırması ve ön projelendirme faktörlerinin göz ardı edilmesi, konu üzerinde uzman olmayan kişiler tarafından sistemin projelendirilmesi, yüklenici firmaların ellerinde bulunan malzemeye göre sistemi boyutlandırmaları, uygulaması, işletmesi ve kullanılabilir malzeme seçeneklerinin doğru bir şekilde değerlendirilmemesi sayılabilir.

Ana ve lateral boru hatlarında seçilen malzeme tipi ve boru çapları işletme birimlerinin debileri ve zonda oluşabilecek yük kayıpları dikkate alınmaksızın yapılmıştır. Sistem tertibi sırasında topografik haritalardan yararlanılmaması hatalı uygulamalara sebep olmuş ve beklenen performans gerçekleşmemiştir.

Pompa ve su depolama birimleri seçilirken, ilk yatırım masraflarından kaçınmak amacıyla veya uzman kişilerden destek alınmadan yapılan yüzeysel hesaplamalarla, ihtiyaç duyulan kapasite sağlanamamış veya gereğinden yüksek kapasiteli sistem unsurları seçilmiştir. Bu durum, kaçınılan ilk yatırım masraflarının, işletme aşamasında katlanarak artmasına sebep olmaktadır.

Kontrol birimi unsurlarının kullanımı genellikle yaygın değildir. Sistemin gerektirdiği zorunlu ekipmanların sağlanması noktasında sorunlar bulunmakta ve sistem hassasiyeti nedeniyle gerekli görülen unsurlar (filtre, gübreleme birimleri) ekstra masraf olarak değerlendirilmektedir. Özellikle mevcut sistemin takibi için gerekli kontrol birimi unsurları

(su sayacı, manometre, basınç regülatörü vb.) genellikle ihmal edilmiştir. Ancak, bu tür sistem unsurlarının kullanılmaması, daha büyük bir işletme ve işçilik masrafı olarak sonuçlanmaktadır.

Damla sulama sistemlerinde, damlatıcı aralığının genellikle bitki dikim aralığına eşit olması gerektiği gibi bir düşünce ile seçildiği ve bunun dışında kalan bitki ve toprak özelliklerinin değerlendirilmediği görülmüştür. Bu durum, uygulanan su miktarının gereğinden az ya da fazla olmasına sebep olmaktadır. Ayrıca, yağmurlama sulama sistemi ile birlikte planlanan damla sulama sistemlerinde en sık karşılaşılan sorun, manifold boru hatlarının planlanmamasıdır. Damla sulama lateralleri genellikle yağmurlama sulama birimlerine hizmet eden lateral boru hatlarına bağlanmaktadır. Bu son derece yanlış bir uygulamadır.

Rekreasyon alanları, karmaşık bir peyzaj tasarımına sahip olmaları nedeniyle dikkat gerektiren unsurlar içermektedir. Özellikle, yapısal projeleme sırasında planlanan sert zeminler, yol ve yapılar, yeşil alanların şekillendirilmesi ve bitkisel tasarımın belirlenmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Bu durum, peyzaj tasarımında seçilen bitki türleri ve bu bitkilerin alana yerleştirilmesinin sulama sistemi projelerini etkilediği anlamına gelmektedir. Rekreasyon alanlarında bulunan yeşil alanlardaki bitki kompozisyonlarının düzensiz olması, kullanılan bitki türlerinin sulama ve bakım ihtiyaçlarının farklılık göstermesi, ağaç, çalı ve benzeri bitki türlerinin çim alanlar içerisinde dağınık ve düzensiz bir şekilde yerleştirilmesi gibi faktörler, sulama yöntemi seçiminde, sistemin uygulanmasında ve işletilmesinde olumsuzluklar yaratmaktadır.

Su kaynaklarının korunması bağlamında peyzaj tasarımında kullanılan bitki türlerinin seçimi hayati öneme sahiptir. Rekreasyon alanlarında tercih edilen bitkilerin, alanın bulunduğu ekosistemin koşullarına uygun olarak belirlenmesi, bu alanların uzun vadede sürdürülebilirliğini artırmaktadır. Özellikle son yıllarda öne çıkan kurakçıl peyzaj yaklaşımı, bu konuda etkileyici bir örnek sunmaktadır. Kurakçıl peyzaj, su tasarrufu ve su kaynaklarının verimli kullanımını teşvik etmektedir. Su kaynaklarının azalmasıyla birlikte suyun etkin kullanımı ve tasarrufu, su krizleriyle mücadelede ve çevresel sürdürülebilirliğin sağlanmasında kritik önem taşımaktadır.

Kurakçıl peyzajın uygulanması, yerel iklim ve toprak koşullarına uygun bitki seçimi, yağmur suyu toplama sistemlerinin kullanımı, toprak iyileştirme yöntemleri ve sulama

tekniklerinin optimize edilmesini içerir. Bu yaklaşımın benimsenmesi, su tüketiminin azaltılması, doğal yaşamın desteklenmesi ve çevresel sürdürülebilirliğin artırılması açısından önemli faydalar sunmaktadır.

Tüm bu değerlendirmeler ışığında, rekreasyon alanlarında karşılaşılan sorunların çözümü veya engellenmesi bakımından aşağıdaki noktalara dikkat edilmelidir:

- Peyzaj projeleri hazırlanırken bitkisel tasarımda sulama verileri konusunda destek alınmalıdır.
- Çim alanlar içerisine yerleştirilecek bitkilerin belirli bir düzende ve su isteği bakımından birbirine yakın özelliklere sahip olmasına dikkat edilmelidir.
- Sistem tasarımından önce kaynak araştırması ile alanın ihtiyaçları ve mevcut koşulları çok iyi saptanmalıdır.
- Kaynak araştırmasından elde edilen veriler doğrultusunda ön projeleme faktörleri doğru şekilde hesaplanmalı ve sistem tasarımı buna göre yapılmalıdır.
- Sistem unsurları boyutlandırılırken tasarımın gereklilikleri atlanmadan, önce sistemin gerektirdiği esasları karşılaması sağlanmalı sonra ekonomik boyutu değerlendirilmelidir.
- Belirlenen ve boyutlandırılan sistem unsurları için malzeme seçimi geniş bir araştırmadan sonra yapılmalı, malzemenin kalitesi, yedek parçasının bulunması bakım desteği, garanti belgeleri ve kullanım ömrü gibi konularının netleştirilmesi önemlidir.
- Uygulama sırasında arazide karşılaşılabilecek beklenmeyen durumların (elektrik, su, doğalgaz hatları, duvar gibi yapı elemanlarının beton ayakları vb.) çözümü için yetkin personel bulundurulmalı ve proje ile uyumsuzluk durumunda önce proje mühendisine danışılarak gerekli değişiklik yapılmalıdır. Daha sonra da as-built planlar oluşturulmalıdır.
- Sistem kurulduktan sonra uygulayıcıya sistem gereklilikleri iyice anlatılmalı ve aplikasyonu yapılan sistemler düzenli olarak izlenmelidir.

Rekreasyon alanları ve sulama sistemleri disiplinler arası konulardır. Rekreasyon alanları projelendirilirken önce peyzaj daha sonra sulama projesi yapılır. Aplikasyon aşamasında ise önce sulama daha sonra peyzaj projesi icra edilir. Bu sıra çok önemlidir. Dolayısıyla, peyzaj mimarları ve sulama mühendislerinin birlikte çalışması gerekmektedir. Peyzaj mimarlarının konusu olan bitkisel tasarım aşamasında sulama yöntemlerini, yöntemin gerektirdiği sistem unsurlarını ve projeleme esaslarını bilmesi önemlidir. Aynı şekilde, sulama mühendisinin sulanacak bitkinin ihtiyaç ve hassasiyetlerini bilmesi doğru şekilde projelenmiş, uygulanmış sulama sistemleri için gereklidir.

Yoğun emek ve para harcanarak tesis edilen rekreasyon alanlarının uzun süre yeşil kalması ve hedeflenen düzeyde hizmet etmesi ancak, etkin bir sulama ve bakım ile olasıdır. Önceki dönemlerde hedefleri sadece yeşili korumak olan greenkeeper'lar şimdi bu işi daha az su ve enerji harcayarak yapmak zorundadırlar. Bunun yolu ise sulama projelerinin planlama, projeleme, aplikasyon, işletme ve bakım ile izleme ve değerlendirme aşamalarının çok titizlikle gerçekleştirilmesidir. Bu biçimde sadece emek ve para tasarrufu olmayacak ülkenin toprak ve su kaynaklarının korunması sağlanacaktır.



KAYNAKLAR

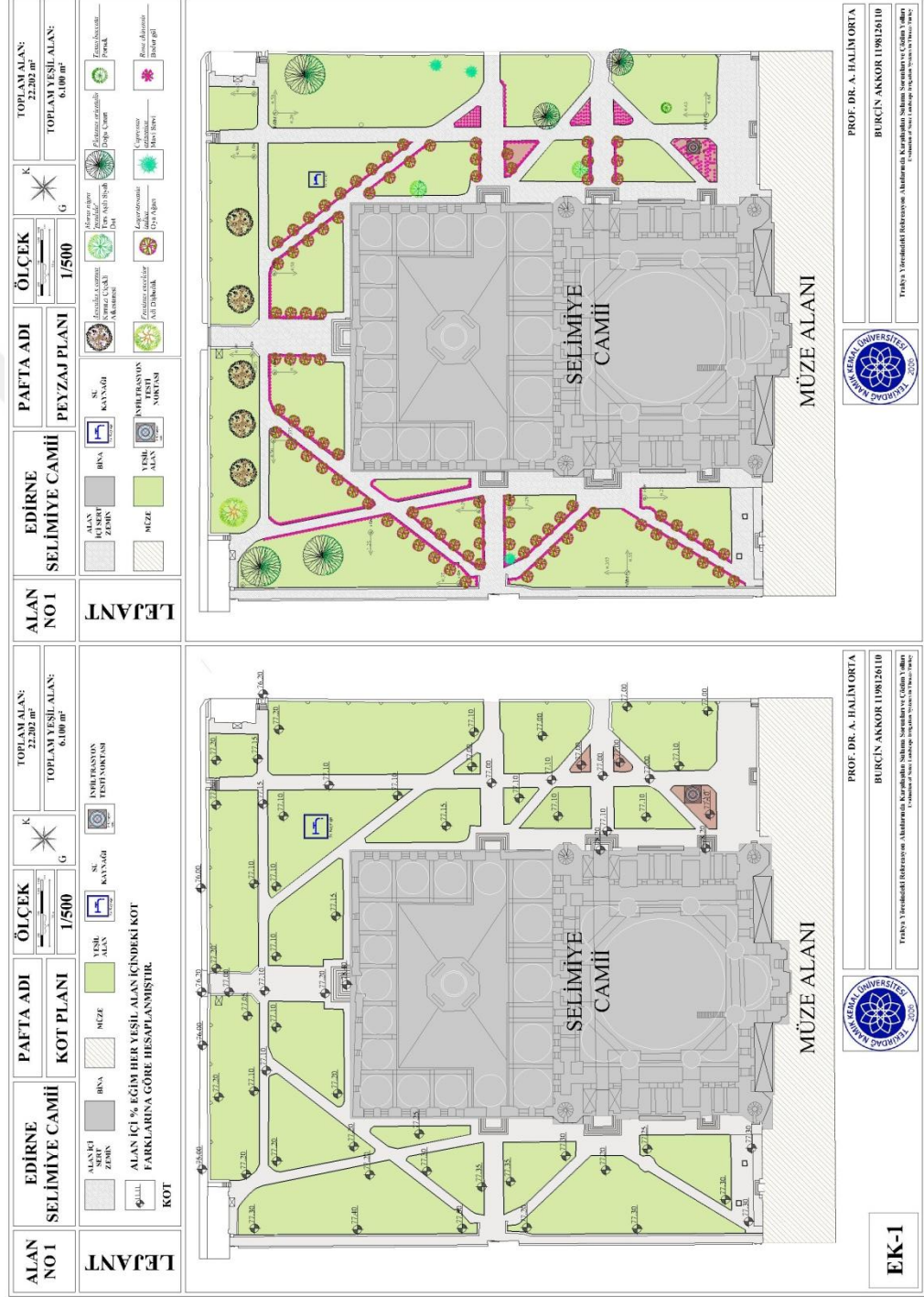
- Akalan, İ. (1983). *Toprak bilgisi*. Ankara: Ankara Üniversitesi Zaat Fakültesi Yayınları.
- Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D. and Smith, M. (1998). FAO Irrigation and drainage paper NO 56. *Crop evapotranspiration (Guidelines for computing crop water requirements)*. Rome: FAO.
- Aras, İ. (2006). Damla sulama yöntemi. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 15(1-2), 49-60.
- Arslan, T. ve Ekici, B. (2023). Kırklareli kent merkezi çocuk oyun alanlarının peyzaj tasarım kriterleri açısından değerlendirilmesi. *Türkiye Peyzaj Araştırmaları Dergisi*, 84-100.
- Aydın, G. B., Yeler, O. ve Elipek, Ç. B. (2022). Park ve bahçelerdeki mevsimlik peyzaj bitkisi sulama suyu kalitesi:Edirne ili örneği. *Review of Hydrobiology*, 15(1-2), 21-30.
- Ayyıldız, M. (1990). *Sulama suyu kalitesi ve tuzluluk problemleri*. Ankara: Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları.
- Bargar, J., Culbert, D. F. and Holzworth, E. (2004). Landscape irrigation evaluation as a water conservation practice. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society*(117), 249-253.
- Bayramoğlu, E., Demirel, Ö. ve Özdemir, I. B. (2012). Peyzaj alanlarında randımanlı su kullanımında damla sulamanın önemi. *İnönü Üniversitesi Sanat ve Tasarım Dergisi*, 2(5), 235-244.
- Bellitürk, K. (2019). Asit ve düşük organik madde içeren toprakların ıslahı: Trakya Bölgesi örneği. *Kireç Dünyası*, 19-22.
- Benami, A. and Diskin, M. (1965). Desing of sprinkling irrigation. *Lowdermilk Faculty of Agricultural Engineering Publication*(23), 1-165.
- Blake, B. G. (1965). Bulk density methods of soil analysis. Madison: Soil Science Society of America.
- Cabrera, R. I., Altland, J. E. and Niu, G. (2018). Assessing the potential of nontraditional water. *American Society for Horticultural Science*, 28(4), 436-444.
- Çakmak, B. ve Gökalp, Z. (2011). İklim değişikliği ve etkin su kullanımı. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, 4(1), 87-95.
- Çakmak, B., Yıldırım, M. ve Aküzüm, T. (2006). Türkiye'de tarımsal sulama yönetimi,sorunları ve çözüm önerileri. *TMMOB 2. Su Politikaları Kongresi*, (s. 215-224).
- Çelik, H. E. (2020). İstanbul yeşil alanlarında sürdürülebilir sulama. *İstanbul Yeşil Alanlar Çalıştayı*, (s. 393-399). İstanbul.
- Çorlu Belediyesi. (2022). 7 Aralık 2023, Erişim adresi: <https://www.corlu.bel.tr/proje-d/3/80/masal-park>

- Demirel, K., Yıldırım, M. ve Çamoğlu, G. (2006). Çanakkale ili belediye sınırları içerisindeki peyzaj alanlarında sulama sistemlerinin projelenmesi ve işletilmesindeki hatalar. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 81-90.
- Dikbaş, M. C. (2018). Konya'nın meram ilçesinde yer alan peyzaj alanlarındaki otomasyon sulama sistemi uygulamalarının irdelenmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans Tezi*. Isparta.
- Doorenbos, J. and Pruitt, W. (1977). *Guidelines for predicting crop water requirements*. 24. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Eroğlu, E. ve Acar, C. (2009). Trabzon ve yakın çevresi bazı yayla alanlarındaki alpin bitkiler ve peyzaj mimarlığı çalışmalarında kullanım potansiyelleri. *Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi Ormancılık Dergisi*, 5(1), 42-59.
- Erpul, G. (2014). *Toprak bilimi ders notları*. Erişim adresi: https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/3266/mod_resource/content/0/Toprak%20Bilimi%20dersi%20el%20notu.pdf
- Glenn, D. T., Endter-Wada, J., Kjellgren, R. and Neale, C. M. (2015). Tools for evaluating and monitoring effectiveness of urban landscape. *Landscape and Urban Planning*(139), 82-93.
- Gu, Z., Qi, Z., Burghate, R. and Jiao, X. (2020). Irrigation scheduling approaches. *Jornal of irrigation and drainage*, 6(146), 1-15.
- Hepcan, Ş., Kaplan, A., Küçükerbaş, E. ve Özkan, B. (2001). Kemalpaşa (İzmir) kentsel dış mekanların yeterliliği. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 38(2-3), 143-150.
- İşbilir, H. ve Erdem, T. (2012). Rekreasyon alanı sulama projelerinin tasarım ve uygulama aşamalarında ortaya çıkan sorunlar ve çözüm önerileri. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 9(2), 57-66.
- Karaman, Ü. (2020). Sürdürülebilir yeşil alanlarda peyzaj sulama sistemlerinin su tüketimi üzerine etkileri ve sulama otomasyonlarının irdelenmesi. *İstanbul Yeşil Alanlar Çalıştayı*, (s. 435-438). İstanbul.
- Korkut, B. A., Şişman, E. E. ve Özyavuz, M. (2010). *Peyzaj mimarlığı* (1 b.). İstanbul: Verda Yayıncılık ve Danışmanlık Hizmetleri.
- Kubaş, A. (2012). *Trakya bölgesinde sınai yapı ve sanayileşme*. (Ö. F. Çolak, Dü.) Türkiye Ekonomi Kurumu.
- Küçüksayan, C. (2010, Eylül). Peyzaj uygulamalarında otomatik sulamanın önemi ve Ankara kent örneğinde uygulanmasının irdelenmesi. *Bartın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi*. Bartın.
- Küçüksayan, C., Gülez, S. ve Cengiz, B. (2011). Peyzaj alanların otomatik sulama sistemi uygulamasının irdelenmesi:Ankara kenti örneği. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 13(19), 52-62.

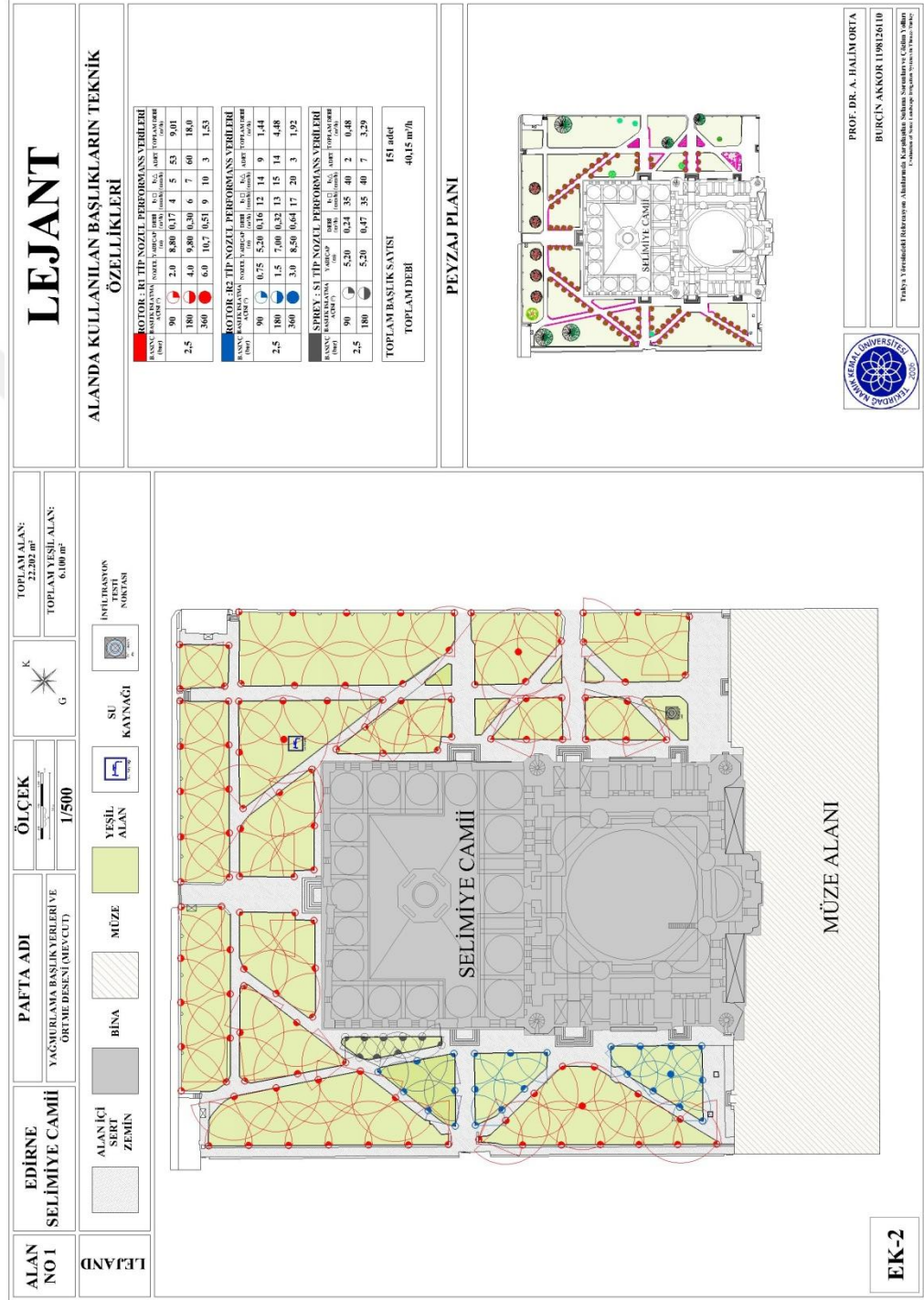
- Manav, S. (2009). Peyzaj Mimarlığı'nda kullanılan sulama Sistemleri, teknolojileri ve rekreasyon alanlarının projelendirilmesi. *Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi*.
- MGM (2020). *Meteoroloji Genel Müdürlüğü Resmi İstatistikler*. T.C. Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı. Erişim adresi: <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=H&m=EDIRNE>
- Milli Eğitim Bakanlığı (2020). *Edirne Çocuk Trafik Eğitim Parkı*. Erişim adresi: <https://edirne.meb.gov.tr/www/edirne-cocuk-trafik-egitim-parki/icerik/4521>
- Mimar Sinan Vakfı (2020). *Mimar Sinan Vakfı*. mimarsinanvakfi.org. Erişim adresi: <https://mimarsinanvakfi.org/edirne/selmye-cam/155/>
- Orhangazi, R. (2017). Harran Ovası'nda biber (*Capsicum annuum* L.) bitkisi için toprak üstü ve toprak altı damla sulama uygulamalarının araştırılması. *Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi*. Şanlıurfa.
- Orta, A.H. (2017). *Rekreasyon alanlarında sulama*. Nobel Akademik Yayıncılık Eğitim Danışmanlık Tic. Ltd. Şti.
- Öztürk, T. (2006). Çevre düzenleme çalışmalarında sulama sistemlerinin ve suyun önemi. *TMMOB Su Politikaları Kongresi Bildiriler Kitabı 1. Cilt* (s. 288-297). içinde Ankara: TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası Ankara Şubesi.
- Öztürk, T. ve Şentürk, N. (2020). Kentsel doku içerisinde yer alan yeşil alanlarda sürdürülebilirlik açısından sulamanın önemi. *İstanbul Büyükşehir Belediyesi Ağaç ve Peyzaj A.Ş. İstanbul Yeşil Alanlar Çalıştayı*, (s. 565-571).
- Pamukçu, K. (2000). *Su politikası*. İstanbul: Bağlam Yayınları.
- Pittenger, D. R., Shaw, D. A. and Richie, W. E. (2004). *Evaluation of weather-sensing landscape irrigation controllers*. University of California Cooperative Extension. California: California Department of Water Resources.
- Polat, A. T. ve Önder, S. (2012). Kentsel peyzaj: tasarım ve uygulamaya yönelik bazı öneriler. *Kentsel Peyzaj Alanlarının Oluşumu ve Bakım Esasları Semineri*. Konya.
- Sarı, E. (2007). Konya kent merkezi yeşil alan sulamasında kullanılan yeraltı sularının su kalitesi yönünden değerlendirilmesi. *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi*. Konya.
- Sarıkoç, E. (2007). Peyzaj alanlarında kullanılan sulama yöntemleri ve bitki su tüketim modellerinin Türkiye'nin üç farklı iklim bölgesinde uygulanması. *Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi*. Trabzon.
- Söğüt, Z. (2018). Türkiye'de yabancı yurtlu bitki türlerinin kullanımının değerlendirilmesi. *TÜCAUM 30. Yıl Uluslararası Coğrafya Sempozyumu* (s. 1344-1353). Ankara: Çukurova Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Peyzaj Mimarlığı Bölümü.

- T.C. Edirne İl Özel İdaresi. (2013). *T.C. Edirne İl Özel İdaresi Coğrafi Bilgiler*. Erişim adresi: <http://edirneozelidare.gov.tr/cografi-yapi-02-03-2013#>
- TAGEM. (2017). Türkiye'de sulanan bitkilerin bitki su tüketimleri. *Bitki Su Tüketimi*. Ankara, Türkiye: T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü.
- Türk Eğitim Derneği. (2020). *TED Edirne Koleji*. Erişim adresi: <https://www.tededirne.k12.tr/>
- Vardar, Y. (1975). *Bitki fizyolojisi dersleri 2*. İzmir: Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Yayınları.
- Yazar, K. (2013). Fethiye ilçe merkezindeki peyzaj alanlarının sulanmasında karşılaşılan sorunlar ve alternatif çözüm önerileri. *Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi*. Aydın.
- Yıldırım, O. (2013). *Sulama sistemlerinin tasarımı (4 b.)*. Ankara: Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü.

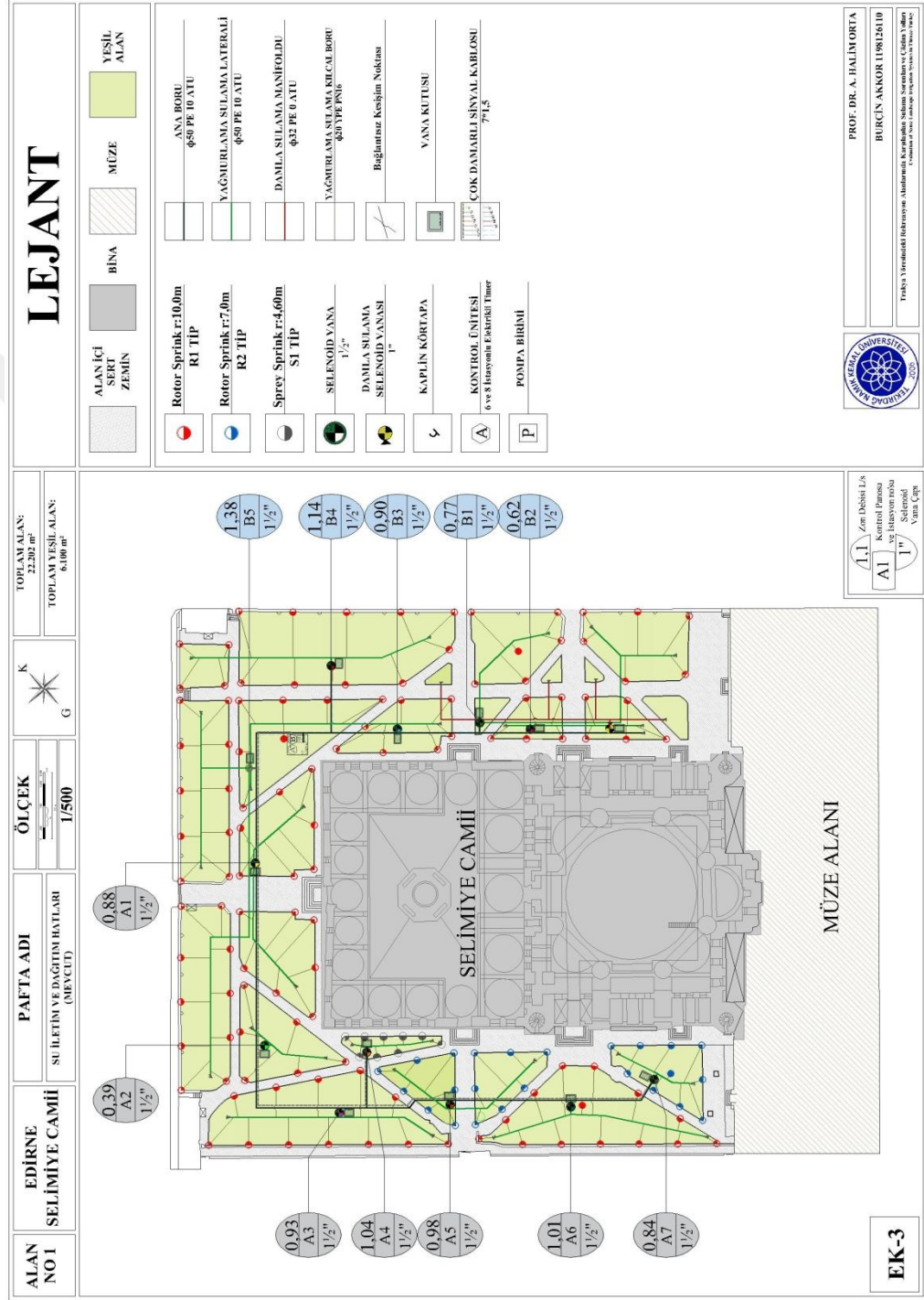
EK-1. ALAN NO 1 KOT VE PEYZAJ PLANI



EK-2. ALAN NO 1 YAĞMURLAMA BAŞLIK YERLERİ VE ÖTME DESENİ (MEVCUT)



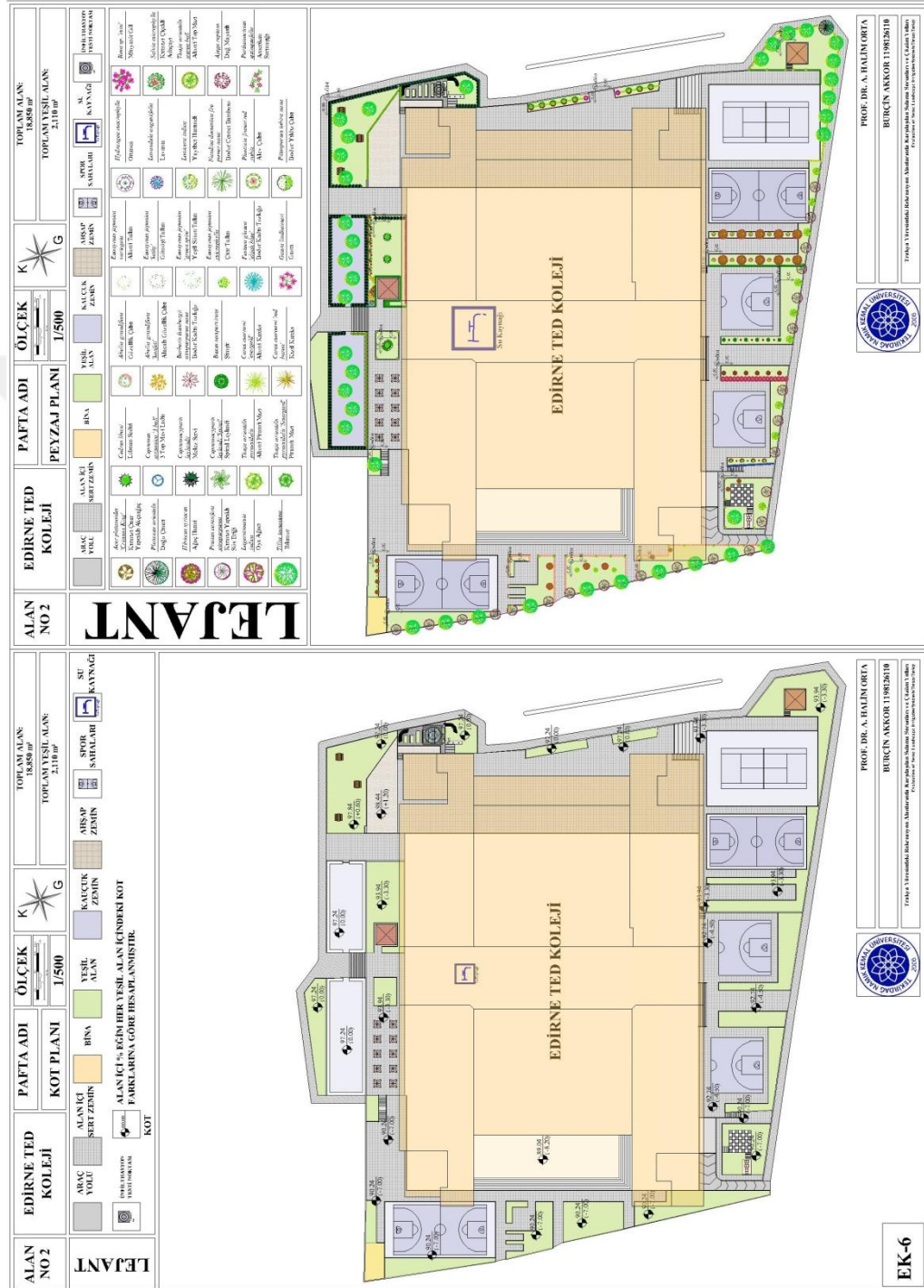
EK-3. ALAN NO 1 SU İLETİM VE DAĞITIM PLANI (MEVCUT)



[illegible]

[illegible]

EK-6. ALAN NO 2 KOT VE PEYZAJ PLANI



[illegible]

ALAN NO 2

EDİRNE TED KOLEJİ

PAFTA ADI

YAGHAURLAMA BASLIK YERLERI VE ÖRNEK DESEN (ÖNERİLEN)

ÖLÇEK

1/500

TOPLAM ALAN: 18.850 m²

TOPLAM YEŞİL ALAN: 2.110 m²

K

G

LEJANT

ARAC YOLU

ALAN İÇİ YERLEŞİM ZEMİNİ

BİNA

YEŞİL ALAN

KAUCUK ZEMİN

AKIŞIP ZEMİN

SPOR SAHALARI

ALANDA KULLANILAN BAŞLIKLARIN TEKNİK ÖZELLİKLERİ

PEYZAJ PLANI

EDİRNE TED KOLEJİ

EDİRNE TED YOLU

TOPLAM BİNA İKİ SAYISI

TOPLAM DİERİ

TOPLAM BİNA İKİ SAYISI

TOPLAM DİERİ

TOPLAM BİNA İKİ SAYISI

TOPLAM DİERİ

TOPLAM BİNA İKİ SAYISI

TOPLAM DİERİ

TOPLAM BİNA İKİ SAYISI

TOPLAM DİERİ

TOPLAM BİNA İKİ SAYISI

TOPLAM DİERİ

TOPLAM BİNA İKİ SAYISI

TOPLAM DİERİ

TOPLAM BİNA İKİ SAYISI

TOPLAM DİERİ

TOPLAM BİNA İKİ SAYISI

TOPLAM DİERİ

EK-9

EDİRNE TED KOLEJİ

EDİRNE TED KOLEJİ

EDİRNE TED KOLEJİ

EDİRNE TED KOLEJİ

EDİRNE TED KOLEJİ

EDİRNE TED KOLEJİ

EDİRNE TED KOLEJİ

EDİRNE TED KOLEJİ

EDİRNE TED KOLEJİ

EDİRNE TED KOLEJİ

EDİRNE TED KOLEJİ

EDİRNE TED KOLEJİ

EDİRNE TED KOLEJİ

EDİRNE TED KOLEJİ

EDİRNE TED KOLEJİ

EK-10. ALAN NO 2 SU İLETİM VE DAĞITIM HATLARI (ÖNERİLEN)



EK-11. ALAN NO 3 KOT VE PEYZAJ PLANI



[illegible]

[illegible]

LEJANT

ARAC YOLU	YAYA YOLU	KAÇUK ZEMİN	BİNA
YAPAY LAHRENT	YESİL ALAN	BİSİKLET YOLU	SU KAYNAĞI

Rotator Sprink r:5.8m R12 TİP 70/200	Rotator Sprink r:4.1m R11 TİP Rotator 70/100	Spray Sprink r:4.0m S6 TİP P83A	Spray Sprink r:3.3m S4 TİP P83A	Spray Sprink r:2.7m S3 TİP P83A	Spray Sprink r:1.8m S2 TİP P83A	Spray Sprink r:1.2m S1 TİP P83A	Spray Sprink r:1.5-4.5m-r:1.5-9.0m S0 TİP SERT SEKİLLİ NZUL

DAMLA SİLAMA MANİFOLDU φ40 PE 8 ATC	DAMLA SİLAMA LATERALİ φ16 YPE 4 ATC - A33 cm	Bağıntısız Kesim Noktası	SELENİD VANA 1/2"	DAMLA SİLAMA SELENİD VANA 1"	KAPIN KÜBESİ VANA	KAPIN KÖRTÜPÜ	KÜRTÜZ KÖRTÜPÜ	ÇOK DANA BİLİ AYVAL KARLESE 9715	VANA KUTUSU	MANOMETRE	KONTROL ÜNİTESİ 8 Kanallı Elektronik Timer	POMPA BİRİMİ

TOPLAM ALAN: 7.500 m ²	TOPLAM YEŞİL ALAN: 1.750 m ²
--------------------------------------	--

ÖLÇEK 1/500	PAFTA ADI SULU İLETİM VE DAĞITIM HATLARI (ÖNERİLEN)
----------------	---

EDİRNE TRAFİK EĞİTİM ÇOCUK PARKI	PAFTA ADI SULU İLETİM VE DAĞITIM HATLARI (ÖNERİLEN)
--	---

ANAL NO 3	PAFTA ADI SULU İLETİM VE DAĞITIM HATLARI (ÖNERİLEN)
--------------	---

TOPLAM ALAN: 7.500 m ²	TOPLAM YEŞİL ALAN: 1.750 m ²
--------------------------------------	--

ÖLÇEK 1/500	PAFTA ADI SULU İLETİM VE DAĞITIM HATLARI (ÖNERİLEN)
----------------	---

EDİRNE TRAFİK EĞİTİM ÇOCUK PARKI	PAFTA ADI SULU İLETİM VE DAĞITIM HATLARI (ÖNERİLEN)
--	---

ANAL NO 3	PAFTA ADI SULU İLETİM VE DAĞITIM HATLARI (ÖNERİLEN)
--------------	---

LEJANT

ARAC YOLU	YAYA YOLU	KAÇUK ZEMİN	BİNA
YAPAY LAHRENT	YESİL ALAN	BİSİKLET YOLU	SU KAYNAĞI

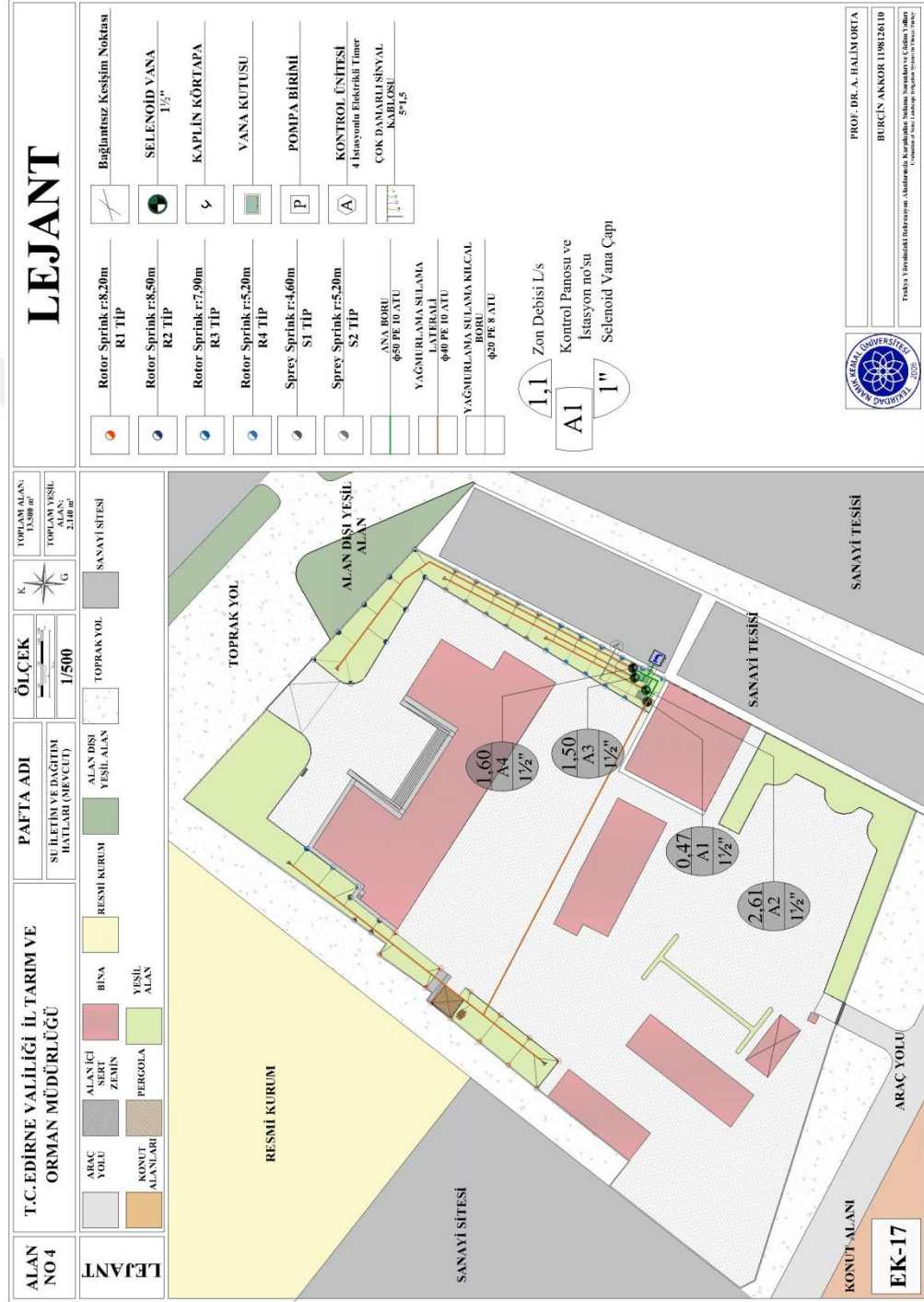
Rotator Sprink r:5.8m R12 TİP 70/200	Rotator Sprink r:4.1m R
---	----------------------------

EK-15. ALAN NO 4 KOT VE PEYZAJ PLANI



[illegible]

EK-17. ALAN NO 4 SU İLETİM VE DAĞITIM HATLARI (MEVCUT)



ALAN NO 4

T.C.EDİRNE VALİLİĞİ İL TARIM VE ORMAN MÜDÜRLÜĞÜ

PAFTA ADI

ÖLÇEK

TOPLAM ALAN:
13.500 m²

TOPLAM YEŞİL ALAN:
2.310 m²

PROF. DR. A. HALİM ORTA

BURÇİN AKKORU 1198126110

Yüksek Mühür ve Mühür

Yüksek Mühür ve Mühür

Yüksek Mühür ve Mühür

ALAN NO 4

T.C.EDİRNE VALİLİĞİ İL TARIM VE ORMAN MÜDÜRLÜĞÜ

PAFTA ADI

ÖLÇEK

TOPLAM ALAN:
13.500 m²

TOPLAM YEŞİL ALAN:
2.310 m²

PROF. DR. A. HALİM ORTA

BURÇİN AKKORU 1198126110

Yüksek Mühür ve Mühür

Yüksek Mühür ve Mühür

Yüksek Mühür ve Mühür

ALAN NO 4

T.C.EDİRNE VALİLİĞİ İL TARIM VE ORMAN MÜDÜRLÜĞÜ

PAFTA ADI

ÖLÇEK

TOPLAM ALAN:
13.500 m²

TOPLAM YEŞİL ALAN:
2.310 m²

PROF. DR. A. HALİM ORTA

BURÇİN AKKORU 1198126110

Yüksek Mühür ve Mühür

Yüksek Mühür ve Mühür

Yüksek Mühür ve Mühür

ALAN NO 4

T.C.EDİRNE VALİLİĞİ İL TARIM VE ORMAN MÜDÜRLÜĞÜ

PAFTA ADI

ÖLÇEK

TOPLAM ALAN:
13.500 m²

TOPLAM YEŞİL ALAN:
2.310 m²

PROF. DR. A. HALİM ORTA

BURÇİN AKKORU 1198126110

Yüksek Mühür ve Mühür

Yüksek Mühür ve Mühür

Yüksek Mühür ve Mühür

ALAN NO 4

T.C.EDİRNE VALİLİĞİ İL TARIM VE ORMAN MÜDÜRLÜĞÜ

PAFTA ADI

ÖLÇEK

TOPLAM ALAN:
13.500 m²

TOPLAM YEŞİL ALAN:
2.310 m²

PROF. DR. A. HALİM ORTA

BURÇİN AKKORU 1198126110

Yüksek Mühür ve Mühür

Yüksek Mühür ve Mühür

Yüksek Mühür ve Mühür

ALAN NO 4

T.C.EDİRNE VALİLİĞİ İL TARIM VE ORMAN MÜDÜRLÜĞÜ

PAFTA ADI

ÖLÇEK

TOPLAM ALAN:
13.500 m²

TOPLAM YEŞİL ALAN:
2.310 m²

PROF. DR. A. HALİM ORTA

BURÇİN AKKORU 1198126110

Yüksek Mühür ve Mühür

Yüksek Mühür ve Mühür

Yüksek Mühür ve Mühür

ALAN NO 4

T.C.EDİRNE VALİLİĞİ İL TARIM VE ORMAN MÜDÜRLÜĞÜ

PAFTA ADI

ÖLÇEK

TOPLAM ALAN:
13.500 m²

TOPLAM YEŞİL ALAN:
2.310 m²

PROF. DR. A. HALİM ORTA

BURÇİN AKKORU 1198126110

Yüksek Mühür ve Mühür

Yüksek Mühür ve Mühür

Yüksek Mühür ve Mühür

ALAN NO 4

T.C.EDİRNE VALİLİĞİ İL TARIM VE ORMAN MÜDÜRLÜĞÜ

PAFTA ADI

ÖLÇEK

TOPLAM ALAN:
13.500 m²

TOPLAM YEŞİL ALAN:
2.310 m²

PROF. DR. A. HALİM ORTA

BURÇİN AKKORU 1198126110

Yüksek Mühür ve Mühür

Yüksek Mühür ve Mühür

Yüksek Mühür ve Mühür

ALAN NO 4

T.C.EDİRNE VALİLİĞİ İL TARIM VE ORMAN MÜDÜRLÜĞÜ

PAFTA ADI

ÖLÇEK

TOPLAM ALAN:
13.500 m²

TOPLAM YEŞİL ALAN:
2.310 m²

PROF. DR. A. HALİM ORTA

BURÇİN AKKORU 1198126110

Yüksek Mühür ve Mühür

Yüksek Mühür ve Mühür

Yüksek Mühür ve Mühür

ALAN NO 4

T.C.EDİRNE VALİLİĞİ İL TARIM VE ORMAN MÜDÜRLÜĞÜ

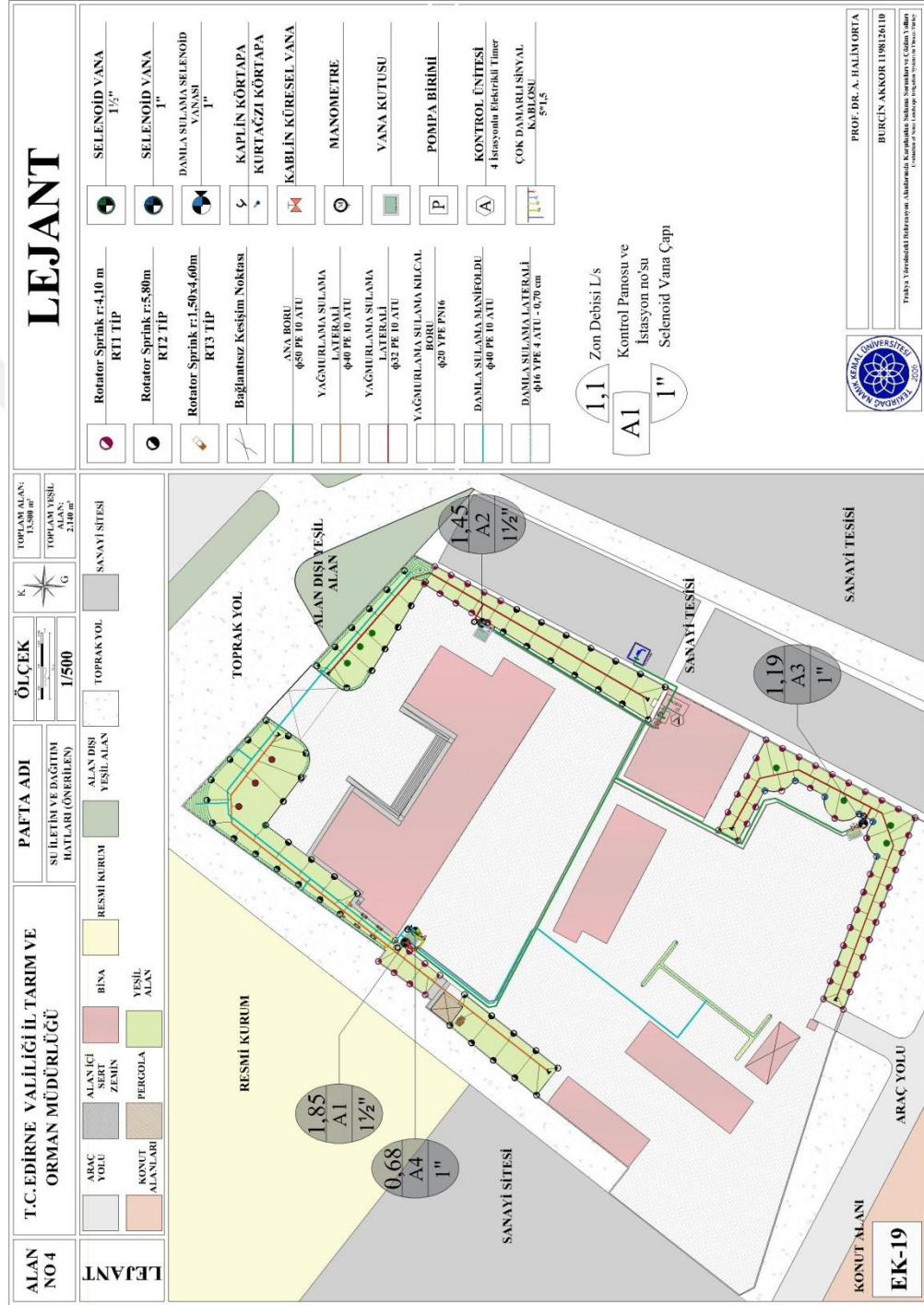
PAFTA ADI

ÖLÇEK

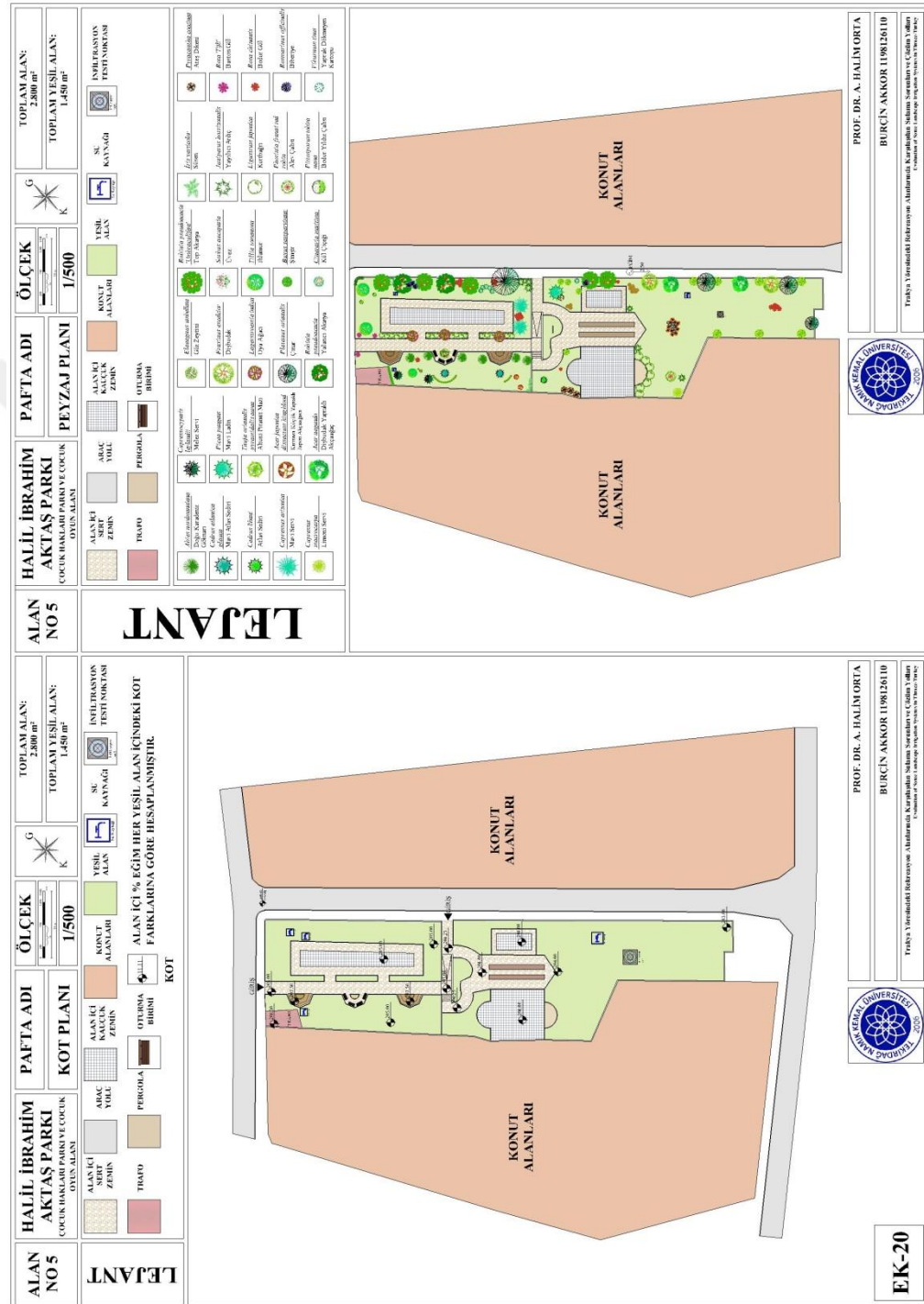
TOPLAM ALAN:
13.500 m²

TOPLAM YEŞİL ALAN:
2.310 m²

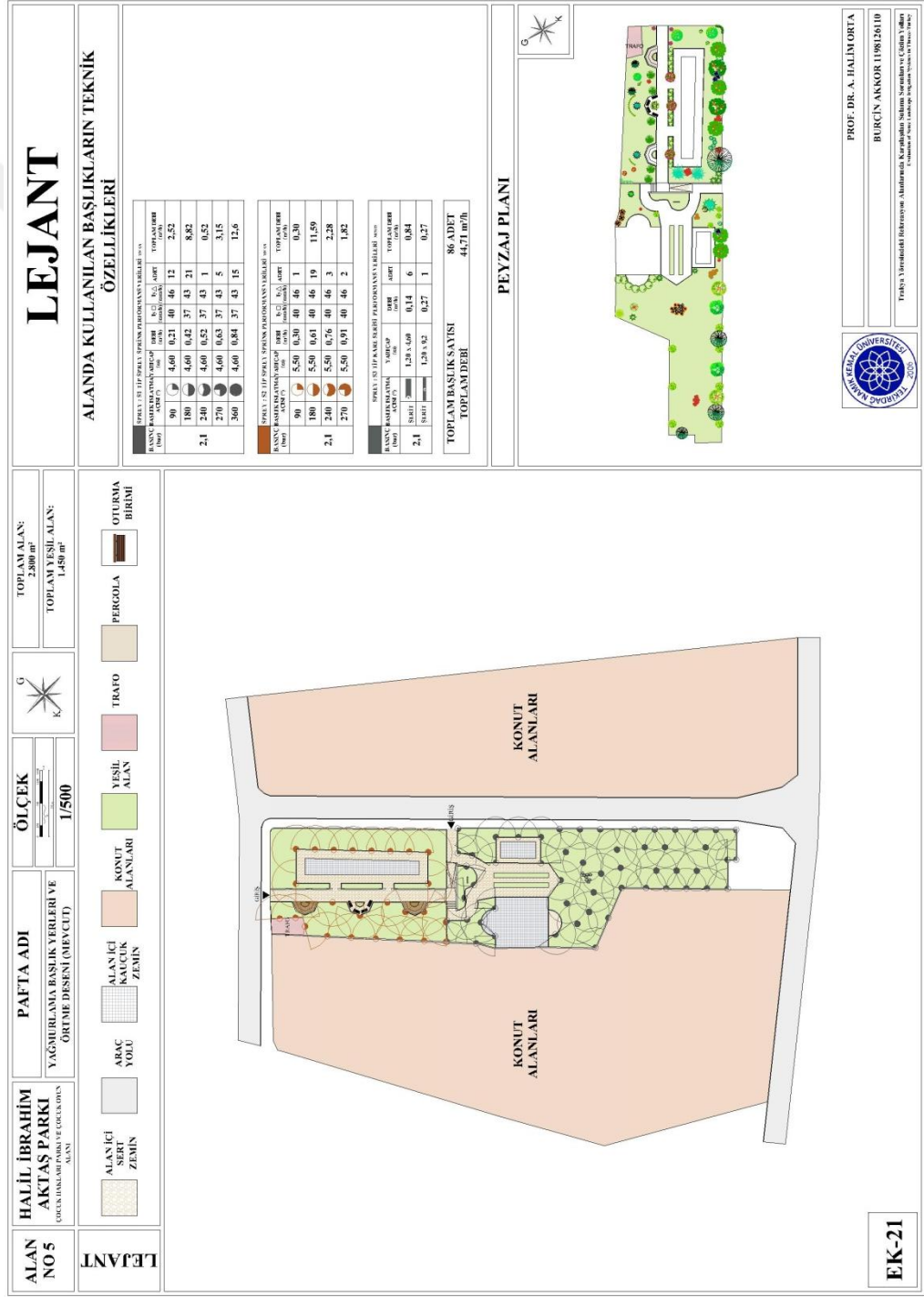
EK-19. ALAN NO 4 SU İLETİM VE DAĞITIM HATLARI (ÖNERİLEN)



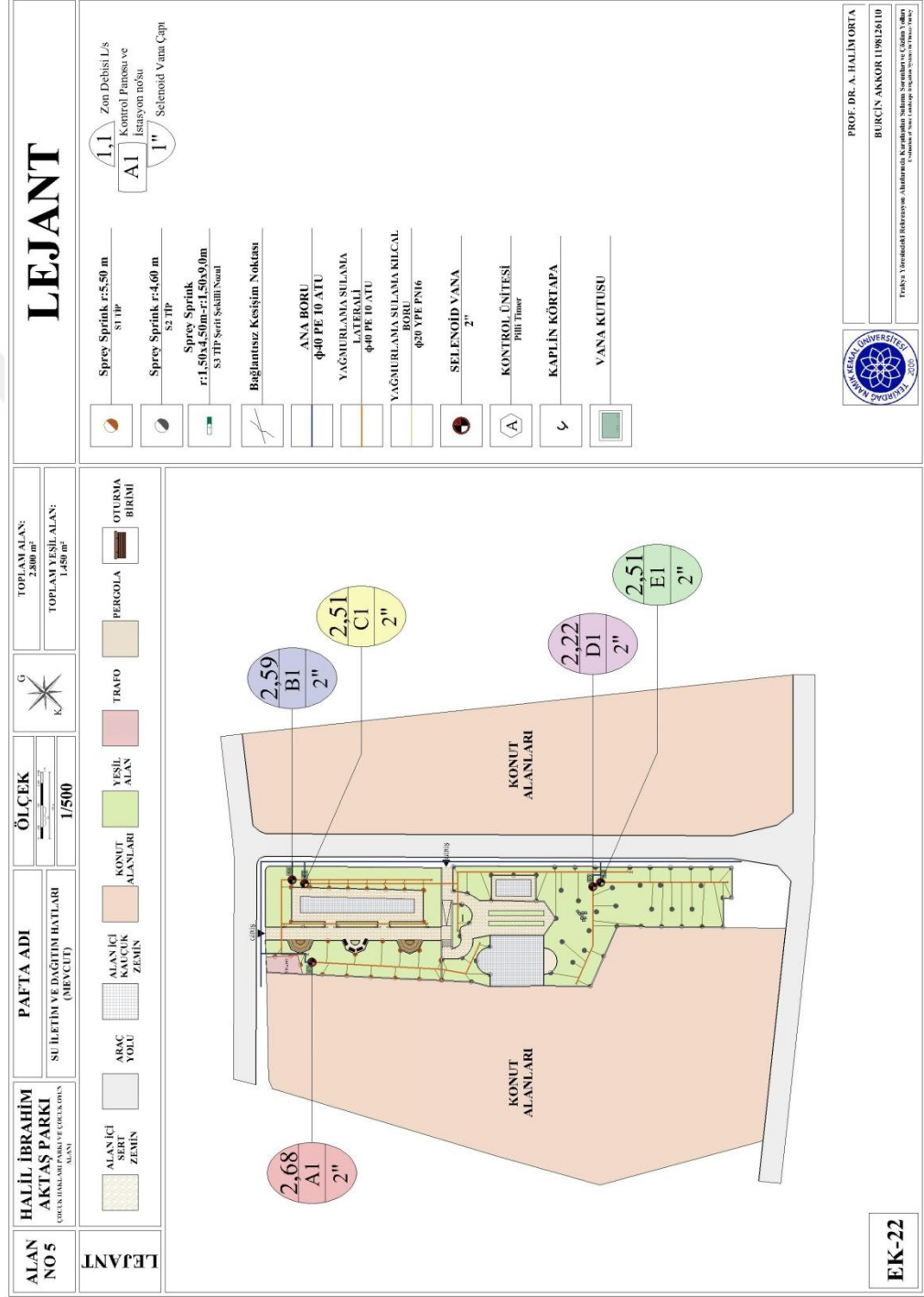
EK-20. ALAN NO 5 KOT VE PEYZAJ PLANI



EK-21. ALAN NO 5 YAĞMURLAMA BAŞLIK YERLERİ VE ÖRTME DESENİ (MEVCUT)

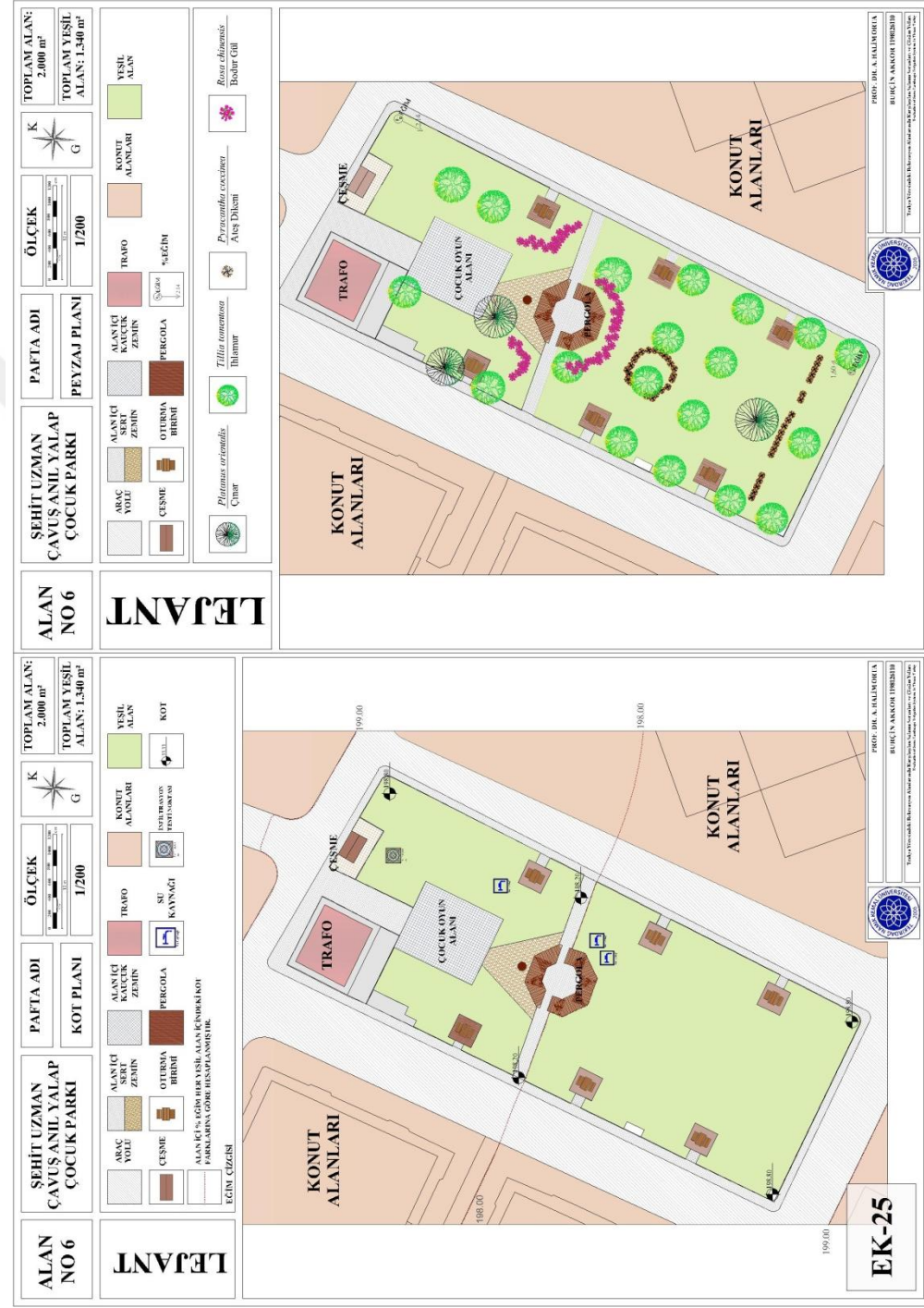


EK-22. ALAN NO 5 SU İLETİM VE DAĞITIM HATLARI (MEVCUT)



[illegible]

EK-25. ALAN NO 6 KOT VE PEYZAJ PLANI



LEJANT

ALANDA KULLANILAN BAŞLIKLARIN TEKNİK ÖZELLİKLERİ

ALAN
ŞEHİT UZMAN
ÇAVUŞ ANIL YALAP
ÇOCUK PARKI
NO 6

SİREY: 51 TİP AYARLANABİLİR NOZUL PERFORMANS VERİLERİ		BASINÇ BOĞULMASIZ AMAÇLI ARIKAT (cm/s)		DREJİ (cm/s)		F _{0.5} (cm/s)		F _{1.0} (cm/s)		ADET		TOPLAM DREJİ (m ² /h)	
90	120	4,60	0,21	40	46	7	1,47						
180	240	4,60	0,33	40	46	2	0,66						
270	360	4,60	0,42	40	46	40	16,8						
		4,60	0,53	40	46	2	1,06						
		4,60	0,63	40	46	1	0,63						
		4,60	0,84	40	46	18	15,12						

TOPLAM BAŞLIK SAYISI
70 ADET

TOPLAM DEBİ
35,74 m³/h

PAFTA ADI
YAĞMUR SUYU BAŞLIK
VERİLERİ VE ÖLÇME DEĞERİ
(MİLYON)

**ŞEHİT UZMAN
ÇAVUŞ ANIL YALAP
ÇOCUK PARKI
NO 6**

KONUT ALANLARI

LEJANT

KONUT ALANLARI

ALAN
ŞEHİT UZMAN
ÇAVUŞ ANIL YALAP
ÇOCUK PARKI
NO 6

KONUT ALANLARI

LEJANT

KONUT ALANLARI

ALAN
ŞEHİT UZMAN
ÇAVUŞ ANIL YALAP
ÇOCUK PARKI
NO 6

KONUT ALANLARI

LEJANT

KONUT ALANLARI

ALAN
ŞEHİT UZMAN
ÇAVUŞ ANIL YALAP
ÇOCUK PARKI
NO 6

KONUT ALANLARI

LEJANT

KONUT ALANLARI

ALAN
ŞEHİT UZMAN
ÇAVUŞ ANIL YALAP
ÇOCUK PARKI
NO 6

KONUT ALANLARI

LEJANT

KONUT ALANLARI

ALAN
ŞEHİT UZMAN
ÇAVUŞ ANIL YALAP
ÇOCUK PARKI
NO 6

KONUT ALANLARI

LEJANT

KONUT ALANLARI

ALAN
ŞEHİT UZMAN
ÇAVUŞ ANIL YALAP
ÇOCUK PARKI
NO 6

KONUT ALANLARI

LEJANT

KONUT ALANLARI

ALAN
ŞEHİT UZMAN
ÇAVUŞ ANIL YALAP
ÇOCUK PARKI
NO 6

KONUT ALANLARI

LEJANT

KONUT ALANLARI

ALAN
ŞEHİT UZMAN
ÇAVUŞ ANIL YALAP
ÇOCUK PARKI
NO 6

KONUT ALANLARI

LEJANT

KONUT ALANLARI

ALAN
ŞEHİT UZMAN
ÇAVUŞ ANIL YALAP
ÇOCUK PARKI
NO 6

KONUT ALANLARI

LEJANT

KONUT ALANLARI

ALAN
ŞEHİT UZMAN
ÇAVUŞ ANIL YALAP
ÇOCUK PARKI
NO 6

KONUT ALANLARI

LEJANT

KONUT ALANLARI

ALAN
ŞEHİT UZMAN
ÇAVUŞ ANIL YALAP
ÇOCUK PARKI
NO 6

KONUT ALANLARI

LEJANT

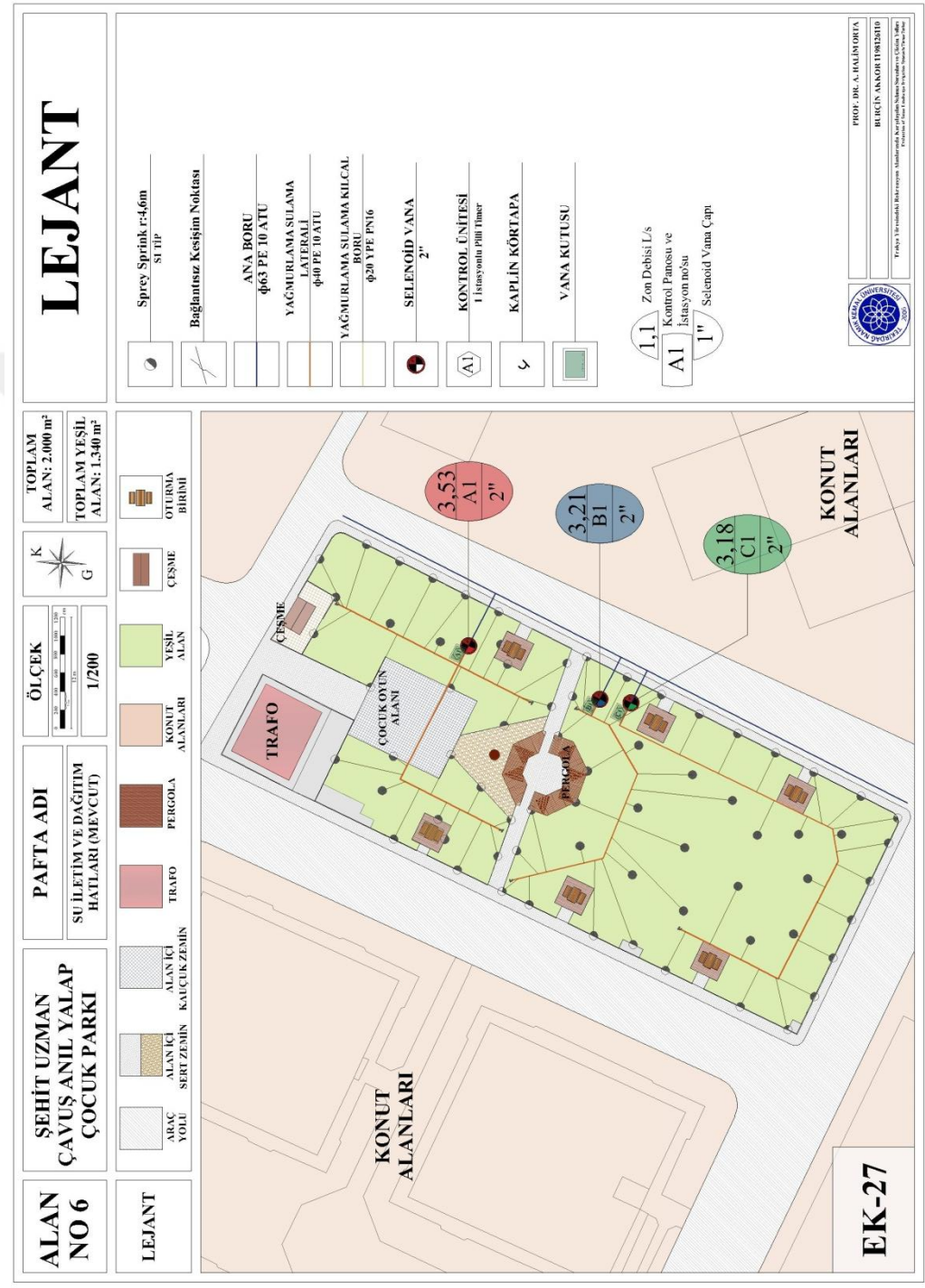
KONUT ALANLARI

ALAN
ŞEHİT UZMAN
ÇAVUŞ ANIL YALAP
ÇOCUK PARKI
NO 6

KONUT ALANLARI

LEJANT

EK-27. ALAN NO 6 SU İLETİM VE DAĞITIM HATLARI (MEVCUT)



LEJANT

ALANDA KULLANILAN BAŞLIKLARIN TEKNİK ÖZELLİKLERİ

PEYZAJ PLANI

ALAN
ÇEVRE UZMAN
ÇAVUŞ ANIL YALAP
ÇOCUK PARKI

PAFTA ADI
YAĞMURLAMA BAŞLIK YERLERİ
VE ÖRTME DESENİ (ÖNERİLEN)

TOPLAM
ALAN: 2.000 m²
TOPLAM YEŞİL
ALAN: 1.340 m²

LEJANT

ŞEHİR UZMAN
ÇAVUŞ ANIL YALAP
ÇOCUK PARKI

TOPLAM
ALAN: 2.000 m²
TOPLAM YEŞİL
ALAN: 1.340 m²

ALAN
ÇEVRE UZMAN
ÇAVUŞ ANIL YALAP
ÇOCUK PARKI

PAFTA ADI
YAĞMURLAMA BAŞLIK YERLERİ
VE ÖRTME DESENİ (ÖNERİLEN)

TOPLAM
ALAN: 2.000 m²
TOPLAM YEŞİL
ALAN: 1.340 m²

LEJANT

ŞEHİR UZMAN
ÇAVUŞ ANIL YALAP
ÇOCUK PARKI

TOPLAM
ALAN: 2.000 m²
TOPLAM YEŞİL
ALAN: 1.340 m²

ALAN
ÇEVRE UZMAN
ÇAVUŞ ANIL YALAP
ÇOCUK PARKI

PAFTA ADI
YAĞMURLAMA BAŞLIK YERLERİ
VE ÖRTME DESENİ (ÖNERİLEN)

TOPLAM
ALAN: 2.000 m²
TOPLAM YEŞİL
ALAN: 1.340 m²

LEJANT

ŞEHİR UZMAN
ÇAVUŞ ANIL YALAP
ÇOCUK PARKI

TOPLAM
ALAN: 2.000 m²
TOPLAM YEŞİL
ALAN: 1.340 m²

ALAN
ÇEVRE UZMAN
ÇAVUŞ ANIL YALAP
ÇOCUK PARKI

PAFTA ADI
YAĞMURLAMA BAŞLIK YERLERİ
VE ÖRTME DESENİ (ÖNERİLEN)

TOPLAM
ALAN: 2.000 m²
TOPLAM YEŞİL
ALAN: 1.340 m²

LEJANT

ŞEHİR UZMAN
ÇAVUŞ ANIL YALAP
ÇOCUK PARKI

TOPLAM
ALAN: 2.000 m²
TOPLAM YEŞİL
ALAN: 1.340 m²

ALAN
ÇEVRE UZMAN
ÇAVUŞ ANIL YALAP
ÇOCUK PARKI

PAFTA ADI
YAĞMURLAMA BAŞLIK YERLERİ
VE ÖRTME DESENİ (ÖNERİLEN)

TOPLAM
ALAN: 2.000 m²
TOPLAM YEŞİL
ALAN: 1.340 m²

LEJANT

ŞEHİR UZMAN
ÇAVUŞ ANIL YALAP
ÇOCUK PARKI

TOPLAM
ALAN: 2.000 m²
TOPLAM YEŞİL
ALAN: 1.340 m²

ALAN
ÇEVRE UZMAN
ÇAVUŞ ANIL YALAP
ÇOCUK PARKI

PAFTA ADI
YAĞMURLAMA BAŞLIK YERLERİ
VE ÖRTME DESENİ (ÖNERİLEN)

TOPLAM
ALAN: 2.000 m²
TOPLAM YEŞİL
ALAN: 1.340 m²

LEJANT

ŞEHİR UZMAN
ÇAVUŞ ANIL YALAP
ÇOCUK PARKI

TOPLAM
ALAN: 2.000 m²
TOPLAM YEŞİL
ALAN: 1.340 m²

ALAN
ÇEVRE UZMAN
ÇAVUŞ ANIL YALAP
ÇOCUK PARKI

PAFTA ADI
YAĞMURLAMA BAŞLIK YERLERİ
VE ÖRTME DESENİ (ÖNERİLEN)

TOPLAM
ALAN: 2.000 m²
TOPLAM YEŞİL
ALAN: 1.340 m²

LEJANT

ŞEHİR UZMAN
ÇAVUŞ ANIL YALAP
ÇOCUK PARKI

TOPLAM
ALAN: 2.000 m²
TOPLAM YEŞİL
ALAN: 1.340 m²

ALAN
ÇEVRE UZMAN
ÇAVUŞ ANIL YALAP
ÇOCUK PARKI

PAFTA ADI
YAĞMURLAMA BAŞLIK YERLERİ
VE ÖRTME DESENİ (ÖNERİLEN)

TOPLAM
ALAN: 2.000 m²
TOPLAM YEŞİL
ALAN: 1.340 m²

LEJANT

ŞEHİR UZMAN
ÇAVUŞ ANIL YALAP
ÇOCUK PARKI

TOPLAM
ALAN: 2.000 m²
TOPLAM YEŞİL
ALAN: 1.340 m²

ALAN
ÇEVRE UZMAN
ÇAVUŞ ANIL YALAP
ÇOCUK PARKI

PAFTA ADI
YAĞMURLAMA BAŞLIK YERLERİ
VE ÖRTME DESENİ (ÖNERİLEN)

TOPLAM
ALAN: 2.000 m²
TOPLAM YEŞİL
ALAN: 1.340 m²

LEJANT

ŞEHİR UZMAN
ÇAVUŞ ANIL YALAP
ÇOCUK PARKI

TOPLAM
ALAN: 2.000 m²
TOPLAM YEŞİL
ALAN: 1.340 m²

ALAN
ÇEVRE UZMAN
ÇAVUŞ ANIL YALAP
ÇOCUK PARKI

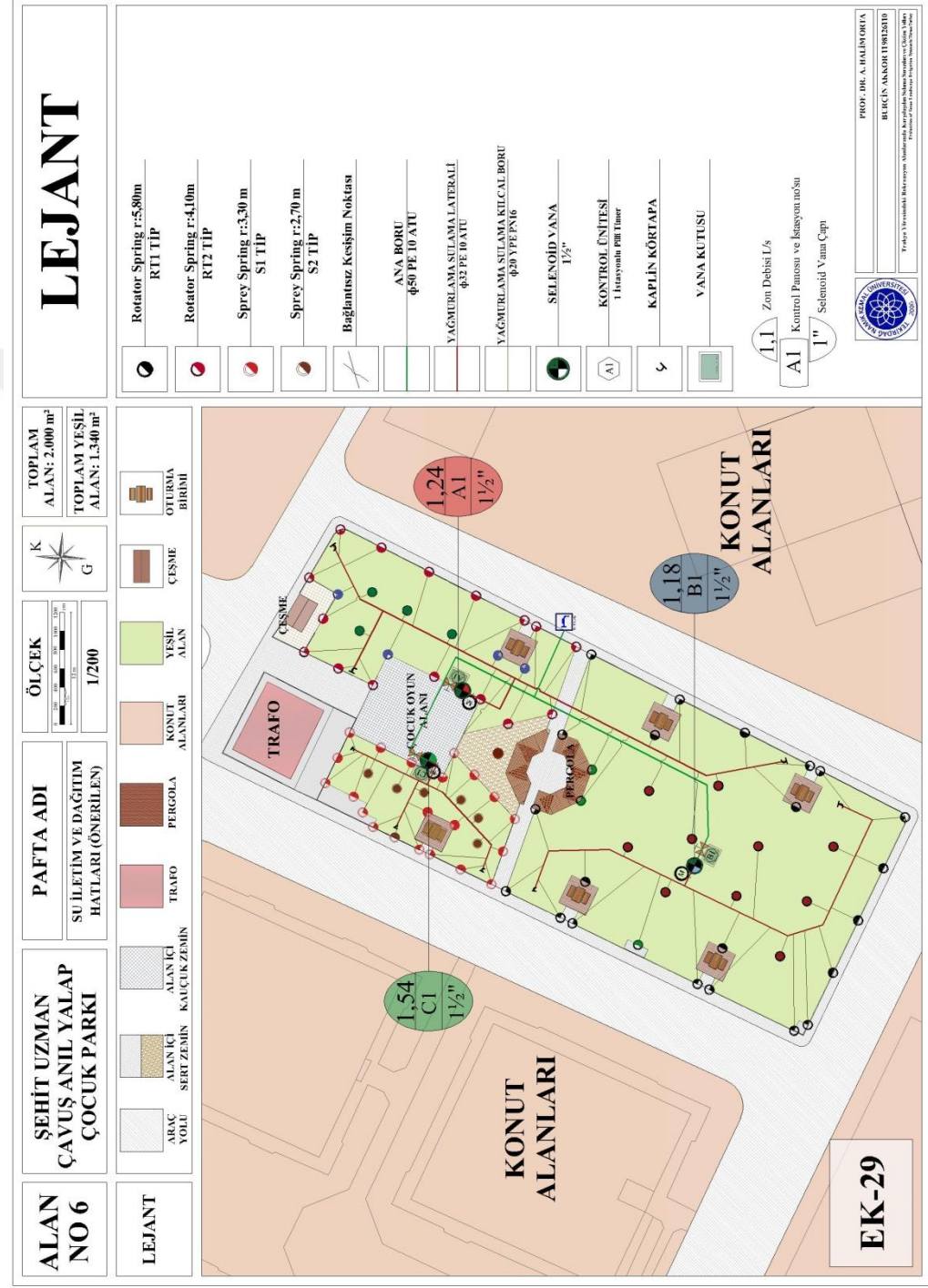
PAFTA ADI
YAĞMURLAMA BAŞLIK YERLERİ
VE ÖRTME DESENİ (ÖNERİLEN)

TOPLAM
ALAN: 2.000 m²
TOPLAM YEŞİL
ALAN: 1.340 m²

LEJANT

ŞEHİR UZMAN

EK-29. ALAN NO 6 SU İLETİM VE DAĞITIM HATLARI (ÖNERİLEN)



EK-30. ALAN NO 7 KOT VE PEYZAJ PLANI



ALAN NO 7

LEJANT

ŞEHİT GÖKTAN ÖZÜPEK ÇOCUK PARKI

PAFTA ADI

KOT PLANI

ÖLÇEK

1/200

TOPLAM ALAN:

1.260 m²

TOPLAM YEŞİL ALAN:

640 m²

ALAN NO 7

LEJANT

ŞEHİT GÖKTAN ÖZÜPEK ÇOCUK PARKI

PAFTA ADI

KOT PLANI

ÖLÇEK

1/200

TOPLAM ALAN:

1.260 m²

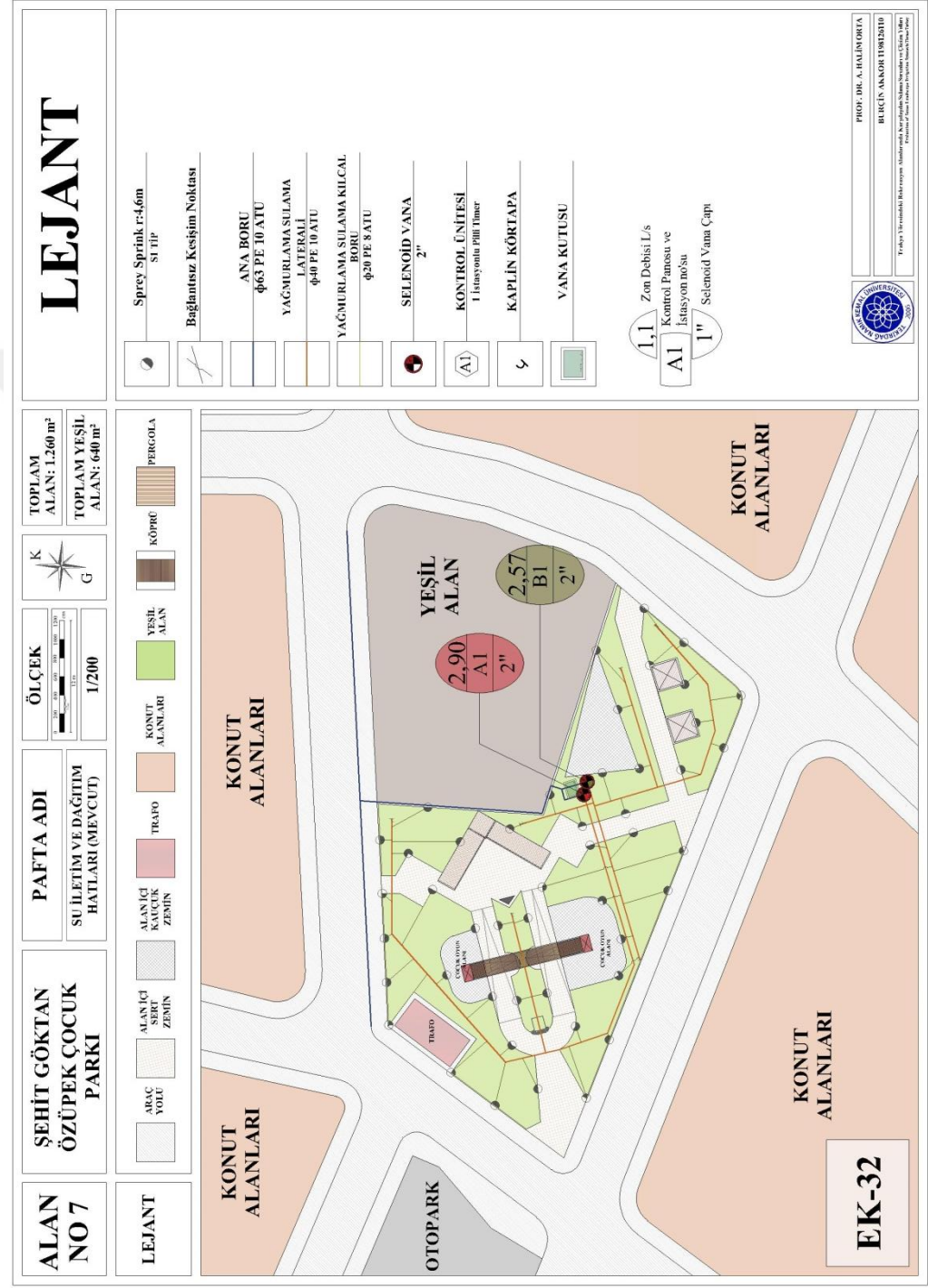
TOPLAM YEŞİL ALAN:

640 m²

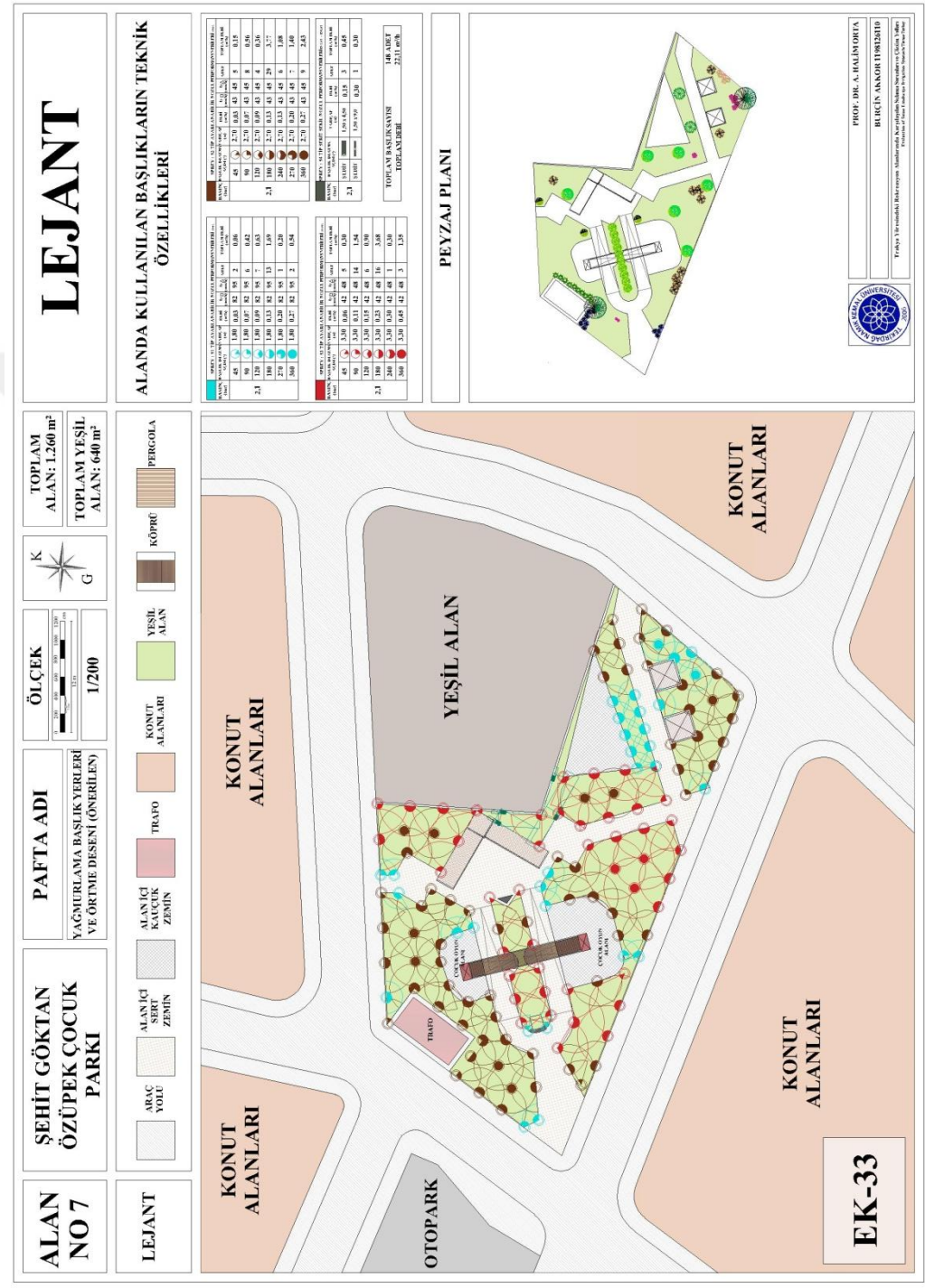
EK-31. ALAN NO 7 YAĞMURLAMA BAŞLIK YERLERİ ÖRTME DESENİ (MEVCUT)



EK-32. ALAN NO 7 SU İLETİM VE DAĞITIM HATLARI (MEVCUT)



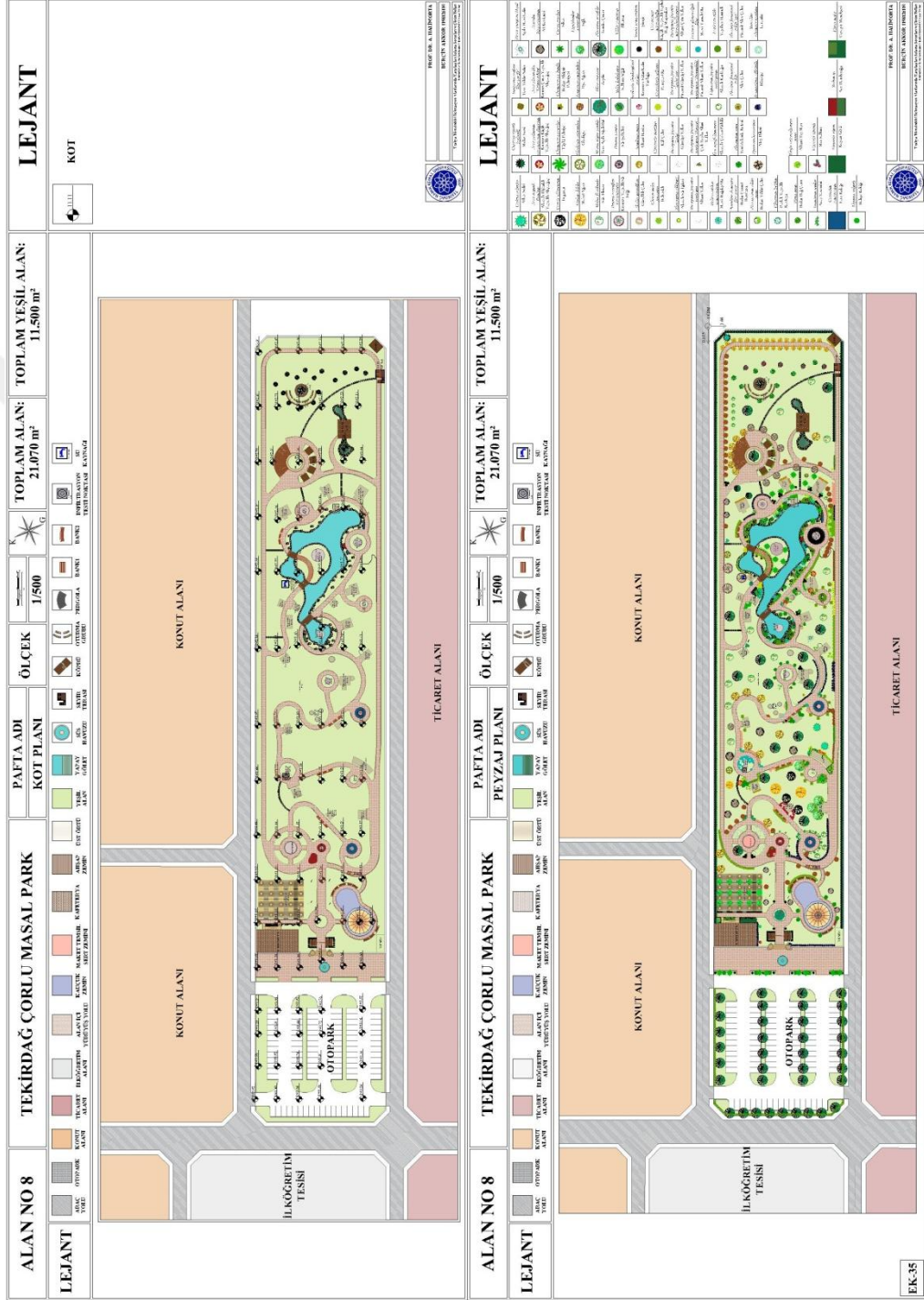
EK-33. ALAN NO 7 YAĞMURLAMA BAŞLIK YERLERİ ÖRTME DESENİ (ÖNERİLEN)



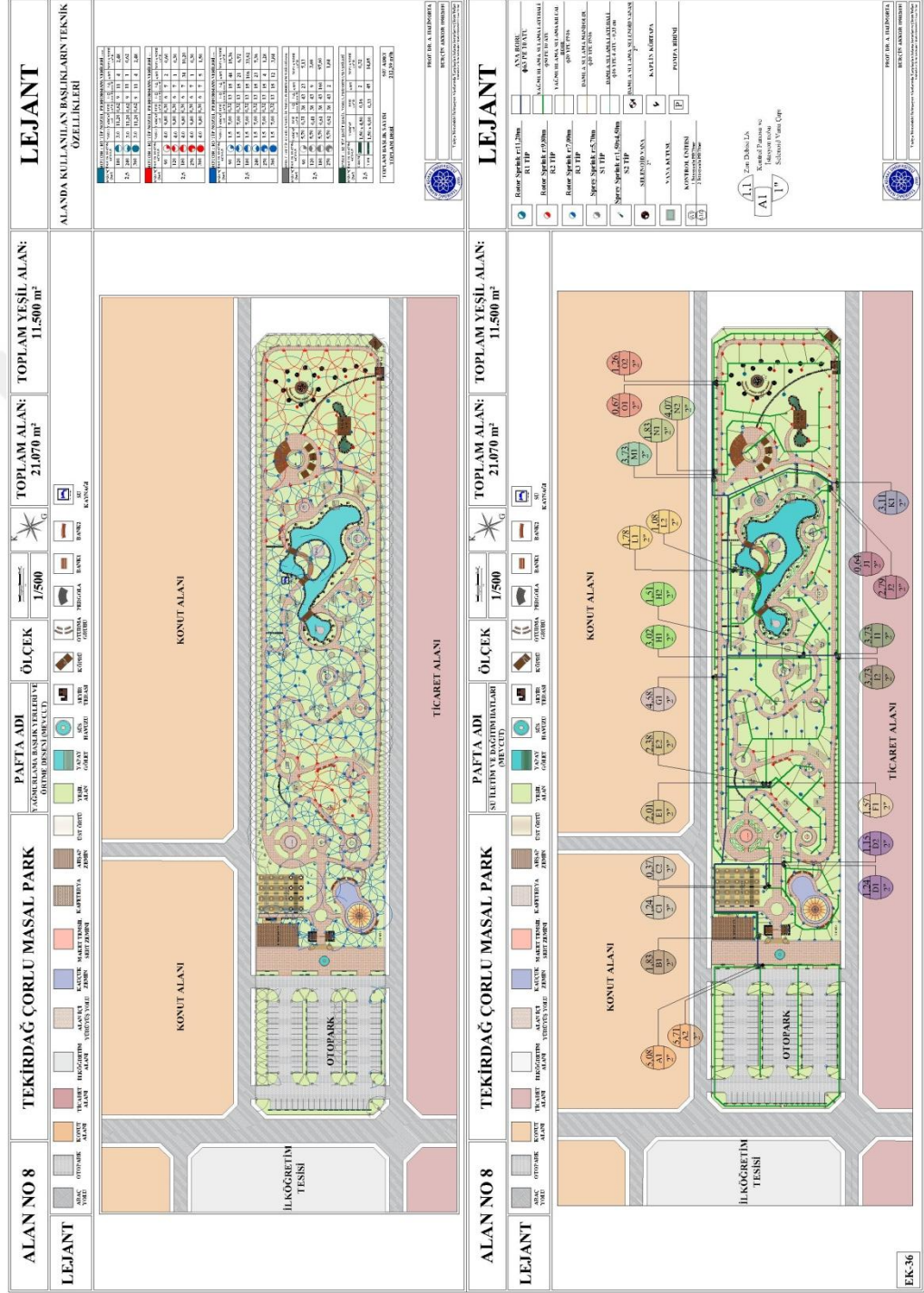
EK-34. ALAN NO 7 SU İLETİM VE DAĞITIM HATLARI (ÖNERİLEN)



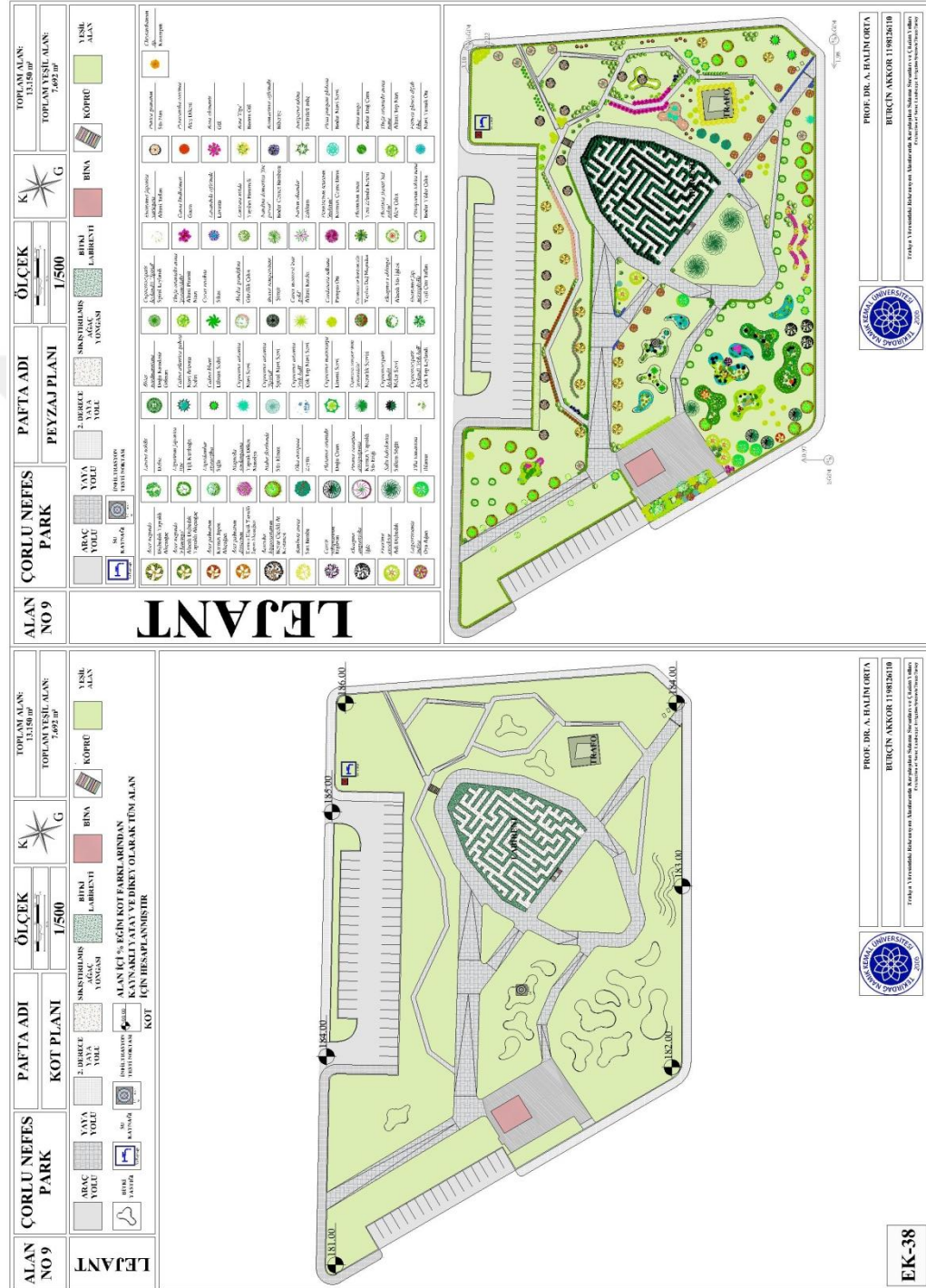
EK-35. ALAN NO 8 KOT VE PEYZAJ PLANI



EK-36. ALAN NO 8 YAĞMURLAMA BAŞLIK YERLERİ ÖRTME DESENİ İLE SU İLETİM VE DAĞITIM HATLARI (MEVCUT)



EK-38. ALAN NO 9 KOT VE PEYZAJ PLANI



ALAN NO 9

ÇORLU NEFES PARKI

PAFTA ADI

SÜREKLİ YATAY HATLARI (NEVCUT)

ÖLÇEK

1/500

TOPLAM ALAN:
13.150 m²

TOPLAM YEŞİL ALAN:
7.692 m²

ABAC YOLU

BİNA

2. DERECE YAYA YOLU

KÖPRÜ

SINIRLILAN

YAYGIN

BİTİMİ

LABİRENTİ

YEŞİL ALAN

ANA BÖLÜ
φ63 PE 10 ATU

BESLEME VE TAHLİYE MANFOLDU
φ63 PE 8 ATU

BESLEME VE TAHLİYE MANFOLDU
φ40 PE 8 ATU

DAMLA SULAMA LATERALI
φ20 PE 40 PNI ISO 8779

DAMLA SULAMA LATERALI
φ20 - 40 cm 2,3 L/h

DAMLA SULAMA LATERALI
φ16 - 40 cm 2,3 L/h

Bağılantısız Keşim Noktası

SUSAYICI

HAVA BACASI (NANTIZ)

TAHLİYE VANASI

KAPLIN KÜRESEL VANA

KONTROL ÜNİTESİ
1. Lüksünle PNI (Sant)

VANA KUTUSU

SELENİD VANA
1" Basınç Regülatörü

SELENİD VANA
1 1/2" Basınç Regülatörü

SELENİD VANA
2" Basınç Regülatörü

ABAC YOLU

BİNA

2. DERECE YAYA YOLU

KÖPRÜ

SINIRLILAN

YAYGIN

BİTİMİ

LABİRENTİ

YEŞİL ALAN

ANA BÖLÜ
φ63 PE 10 ATU

BESLEME VE TAHLİYE MANFOLDU
φ63 PE 8 ATU

BESLEME VE TAHLİYE MANFOLDU
φ40 PE 8 ATU

DAMLA SULAMA LATERALI
φ20 PE 40 PNI ISO 8779

DAMLA SULAMA LATERALI
φ20 - 40 cm 2,3 L/h

DAMLA SULAMA LATERALI
φ16 - 40 cm 2,3 L/h

Bağılantısız Keşim Noktası

SUSAYICI

HAVA BACASI (NANTIZ)

TAHLİYE VANASI

KAPLIN KÜRESEL VANA

KONTROL ÜNİTESİ
1. Lüksünle PNI (Sant)

VANA KUTUSU

SELENİD VANA
1" Basınç Regülatörü

SELENİD VANA
1 1/2" Basınç Regülatörü

SELENİD VANA
2" Basınç Regülatörü

ABAC YOLU

BİNA

2. DERECE YAYA YOLU

KÖPRÜ

SINIRLILAN

YAYGIN

BİTİMİ

LABİRENTİ

YEŞİL ALAN

ANA BÖLÜ
φ63 PE 10 ATU

BESLEME VE TAHLİYE MANFOLDU
φ63 PE 8 ATU

BESLEME VE TAHLİYE MANFOLDU
φ40 PE 8 ATU

DAMLA SULAMA LATERALI
φ20 PE 40 PNI ISO 8779

DAMLA SULAMA LATERALI
φ20 - 40 cm 2,3 L/h

DAMLA SULAMA LATERALI
φ16 - 40 cm 2,3 L/h

Bağılantısız Keşim Noktası

SUSAYICI

HAVA BACASI (NANTIZ)

TAHLİYE VANASI

KAPLIN KÜRESEL VANA

KONTROL ÜNİTESİ
1. Lüksünle PNI (Sant)

VANA KUTUSU

SELENİD VANA
1" Basınç Regülatörü

SELENİD VANA
1 1/2" Basınç Regülatörü

SELENİD VANA
2" Basınç Regülatörü

ABAC YOLU

BİNA

2. DERECE YAYA YOLU

KÖPRÜ

SINIRLILAN

YAYGIN

BİTİMİ

LABİRENTİ

YEŞİL ALAN

ANA BÖLÜ
φ63 PE 10 ATU

BESLEME VE TAHLİYE MANFOLDU
φ63 PE 8 ATU

BESLEME VE TAHLİYE MANFOLDU
φ40 PE 8 ATU

DAMLA SULAMA LATERALI
φ20 PE 40 PNI ISO 8779

DAMLA SULAMA LATERALI
φ20 - 40 cm 2,3 L/h

DAMLA SULAMA LATERALI
φ16 - 40 cm 2,3 L/h

Bağılantısız Keşim Noktası

SUSAYICI

HAVA BACASI (NANTIZ)

TAHLİYE VANASI

KAPLIN KÜRESEL VANA

KONTROL ÜNİTESİ
1. Lüksünle PNI (Sant)

VANA KUTUSU

SELENİD VANA
1" Basınç Regülatörü

SELENİD VANA
1 1/2" Basınç Regülatörü

SELENİD VANA
2" Basınç Regülatörü

ABAC YOLU

BİNA

2. DERECE YAYA YOLU

KÖPRÜ

SINIRLILAN

YAYGIN

BİTİMİ

LABİRENTİ

YEŞİL ALAN

ANA BÖLÜ
φ63 PE 10 ATU

BESLEME VE TAHLİYE MANFOLDU
φ63 PE 8 ATU

BESLEME VE TAHLİYE MANFOLDU
φ40 PE 8 ATU

DAMLA SULAMA LATERALI
φ20 PE 40 PNI ISO 8779

DAMLA SULAMA LATERALI
φ20 - 40 cm 2,3 L/h

DAMLA SULAMA LATERALI
φ16 - 40 cm 2,3 L/h

Bağılantısız Keşim Noktası

SUSAYICI

HAVA BACASI (NANTIZ)

TAHLİYE VANASI

KAPLIN KÜRESEL VANA

KONTROL ÜNİTESİ
1. Lüksünle PNI (Sant)

VANA KUTUSU

SELENİD VANA
1" Basınç Regülatörü

SELENİD VANA
1 1/2" Basınç Regülatörü

SELENİD VANA
2" Basınç Regülatörü

ABAC YOLU

BİNA

2. DERECE YAYA YOLU

KÖPRÜ

SINIRLILAN

YAYGIN

BİTİMİ

LABİRENTİ

YEŞİL ALAN

ANA BÖLÜ
φ63 PE 10 ATU

BESLEME VE TAHLİYE MANFOLDU
φ63 PE 8 ATU

BESLEME VE TAHLİYE MANFOLDU
φ40 PE 8 ATU

DAMLA SULAMA LATERALI
φ20 PE 4

EK-40. ALAN NO 9 SU İLETİM VE DAĞITIM HATLARI (ÖNERİLEN)

