İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....13

1 YÖNETİCİ ÖZETİ.....134

2 GİRİŞ.....26

3 ARITILMIŞ ATIKSUYUN YENİDEN KULLANIMINDA YASAL DÜZENLEMELER.....29

3.1 Mevzuatın Oluşturulması ve Yönetimi.....29
3.2 Arıtılmış Atıksuyun yeniden kullanımında Dağıtım Sistemlerinin Özellikleri.....32
3.3 Kalite Güvence: İzleme Programları.....33
3.4 Grisu Kalite Kriterleri.....34
3.5 Ülkemizde Atıksuların Sulama Suyu Olarak Kullanımına Dair Yasal Düzenleme....41
3.6 Kalite Kriterleri Açısından Değerlendirme ve Öneriler.....45

4 PAYDAŞ ANALİZİ.....47

4.1 Ülkemizde Turizm Sektörü Ve turizm istatistikleri.....47
4.2 Atıksu Geri Kazanımının Sosyal Boyutu ve Kullanıcıların Katılımı.....50
4.3 Proje Paydaş analizi.....53

5 PROJE BÖLGESİ VE PİLOT TURİZM TESİSLERİ BİLGİLERİ.....66

5.1 Pilot Turizm Tesisi Altyapı Bilgilerinin Değerlendirilmesi.....66

5.1.1 Pilot Turizm Tesisi Özellikleri.....66
5.1.2 Atıksu Bertaraf Yöntemi.....69

5.2 Pilot Tuzim Tesislerinin Bulunduğu Bölgelerin Altyapı Durumlarının değerlendirilmesi.....70

5.2.1 İstanbul.....70
5.2.2 Antalya.....79

5.3 Turizm Tesislerinde Su Kullanımı Ve Atıksu Oluşumunun Değerlendirilmesi.86

5.3.1 Otellerde Su Kullanımı ve Atıksu Oluşumu.....87
5.3.1.1 Pilot Şehir Oteli Su Kullanımı.....88
5.3.1.2 Pilot Sayfiye Oteli Su Kullanımı.....92
5.3.2 Otellerde Gri Su Miktarının Belirlenmesi.....99
5.3.2.1 Pilot Sayfiye Oteli Gri Su Miktarı.....100
5.3.2.2 Pilot Şehir Oteli Gri Su Miktarı.....102
5.3.3 Pilot Turizm Tesislerinde Su Kullanımı ve Atıksu Oluşumu Çalışması Sonuçlarının Değerlendirilmesi.....103
5.3.4 Ülkemiz genelinde turizm tesislerinin su kullanımı tahmini.....105

5.3.5 Gri Su Karakterizasyonunun Değerlendirilmesi 106
5.3.5.1 Gri su karakterizasyonu ile ilgili literatür çalışmaları 106
5.3.5.2 Pilot Şehir Oteli Gri Su Karakterizasyonu 113
5.3.5.3 Pilot Sayfiye Oteli Gri su Karakterizasyonu 131
5.3.5.4 Karakterizasyon Çalışması Sonuçlarının Değerlendirilmesi.....150
5.4 Yağış Verilerinin Değerlendirilmesi Ve Yağmur Suyu Hasadı 155
5.4.1 Pilot Turizm Tesislerinin Bulunduğu Bölgelerin Yağış Verilerinin Değerlendirilmesi 155
5.4.2 Pilot Turizm Tesisleri İçin Hasat Edilebilecek Yağmur Suyu Miktarları.....169
5.4.3 Pilot Sayfiye Oteli İçin Hasat Edilebilecek Potansiyel Yağmur Suyu Miktarı ..169
5.4.4 Pilot Şehir Oteli İçin Hasat Edilebilecek Potansiyel Yağmur Suyu Miktarı.....171
6 ALTERNATİF ATIKSU GERİ KAZANIM SENARYOLARI 174
6.1 Otellerde Arıtılmış Atıksuların Kullanım Amacı.....174
6.2 Alternatif Arıtma Teknolojilerinin Değerlendirilmesi 176
6.2.1 Kentsel Atıksu Geri Kazanımında Uygulanan Teknolojilerin İncelenmesi 176
6.2.2 Gri Su Arıtımında Uygulanan Teknolojilerin İncelenmesi 182
6.3 Atıksu Yönetimi Senaryoları.....198
6.3.1 Pilot Sayfiye Oteli Senaryoları 202
6.3.2 Pilot Şehir Oteli Senaryoları 208
7 FAYDA MALİYET ANALİZİ 215
7.1 Finansal Analiz 216
7.1.1 Kabuller.....216
7.1.1.1 Akım Ayırımı ve Borulama İhtiyacı 217
7.1.1.2 Arıtma İhtiyacı 220
7.1.1.3 Pilot turizm tesislerinin bulunduğu bölgelerde su tarifeleri 223
7.1.2 Yatırım Giderleri.....224
7.1.3 İşletme Giderleri.....230
7.1.4 Faydalar.....235
7.1.5 Yağmur Suyu Hasadının Finansal Analizi.....238
7.1.6 Finansal Analizin Sonuçları ve Öneriler.....239
7.1.7 Hassasiyet Analizi ve Kritik Değişkenler.....245
7.1.8 Turizm Tesislerinde Atıksu Geri Kazanımı Modeli 247
7.2 Ekonomik Analiz 248

7.2.1 Merkezi Atıksu Geri Kazanımının Değerlendirilmesi - Antalya Beldibi AAT Örneği.....251
7.2.2 Ekonomik Analiz Sonuçları ve Öneriler 253

8 PİLOT TURİZM TESİSLERİ İÇİN UYGUN ARITMA SİSTEMİNİN SEÇİMİ VE TASARIMI.....263

8.1 Alternatiflerin Teknik, Çevresel Ve Sosyal Kriterler Açısından Karşılaştırılması 264
8.2 Pilot Turizm Tesisleri İçin Alternatif Arıtma Sistemlerinin Boyutlandırılması 275
8.2.1 Şehir Oteli Örneği- Gri Su Geri Kazanım Sistemi 275
8.2.2 Sayfiye Oteli Örneği- Evsel Atıksu Geri Kazanım Sistemi.....287
8.2.3 Pilot Turizm Tesisleri Atıksu Arıtma Sistemleri Özellikleri 296

9 SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....297

REFERANSLAR 306

EKLER.....312

EK 1 - TURİZM TESİSLERİ GÖRÜŞLERİNİN ALINMASINA YÖNELİK BİLGİ FORMU ...313

EK 2 - TURİST ANKETİ SONUÇLARININ DEĞERLENDİRMESİ.....320

EK 3 - TURIST ANKETİ-TÜRKÇE/İNGİLİZCE.....334

EK4 - PİLOT TURİZM TESİSLERİNİN BULUNDUĞU BÖLGELERE AİT ALTYAPI BİLGİLERİ DETAYLARI 342

EK 5 - SAATLİK YAĞIŞ VERİLERİ 358

EK 6 - HİLTON: HİLTON İSTANBUL OTELİ GRİ SU İZLEMESİ.....361

TABLO LİSTESİ

Tablo 1. Arıtılmış Karışık Atıksu, gri su ve Kahverengi Suyun Sulama Amaçlı Kullanımı veya Alıcı Ortama Deşarjında Muhtemel Tehlike ve Etkiler 31

Tablo 2. Texas Eyaleti İçin Kalite İzleme Kriterleri 34

Tablo 3. NSF/ANSI Standart 350 çıkış suyu kriterleri 35

Tablo 4. NSF/ANSI Standart 350-1 yer altı deşarjı için çıkış suyu kriterleri 36

Tablo 5. Tossa de Mar şehri arıtılmış atıksu kriterleri 37

Tablo 6. Queensland /Avustralya'da Yerel Yönetim Tarafından Belirlenmiş Arıtılmış Grisu Çıkış Suyu Kriterleri.....37

Tablo 7. Meksika - Arıtılmış Atıksuyun Tarımsal Sulamada Kullanımı Kriterleri 38

Tablo 8. Japonya'da Arıtılmış Atıksuyun Rezervuarlarda Kullanımı Kriterleri.....38

Tablo 9. Toplanmış yağmur suyunun yeniden kullanımında limit değerler, Environment Agency, UK (2010) 39

Tablo 10. Çin'de Geri Kazanım Kriterleri İle İlgili Uygulamalar 40

Tablo 11. Dünya Sağlık Teşkilatı (WHO, 2006) 41

Tablo 12 Atıksu Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliği Ek-7-Tablo 7.2 limit değerleri 42

Tablo 13 Atıksu Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliği Ek-7-Tablo E7.1 Sulamada geri kullanılacak arıtılmış atıksuların sınıflandırılması.....43

Tablo 14. Atıksu Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliği Tablo 7.7 limit değerlerinin karşılaştırılması 45

Tablo 15 Istanbul'da Su Kaynakları 73

Tablo 16. İstanbul'da yer alan turizm belgeli konaklama tesislerinin türlerine ve sınıflarına göre sayısı (2011) 76

Tablo 17. İstanbul ilindeki tesislere geliş sayısı, geceleme, ortalama kalış süresi ve doluluk oranlarının tesis tür ve sınıflarına göre dağılımı (2011).....77

Tablo 18 Antalya İli İçme Suyu Kaynakları (Antalya İl Çevre Durum Raporu, 2011) 79

Tablo 19. Akdeniz Bölgesi'nde yer alan turizm tesislerinin sayısı (2012) 84

Tablo 20. Antalya ilinde tesise geliş sayısı, geceleme, ortalama kalış süresi ve doluluk oranlarının tesis tür ve sınıflarına göre dağılımı (2011).....85

Tablo 21 Pilot şehir oteli ortalama toplam su kullanımının (bina içi ve bina dışı tüm kullanımlar dahil) misafir başı dağılımı (2012-2013 ve 2014 yılı verileri) 90

Tablo 22 Sayfiye oteli toplam su kullanımının misafir başı dağılımı 94

Tablo 23 Sayfiye oteli yumuşak su kullanımının misafir başı dağılımı 96

Tablo 24 Sayfiye oteli odalarda misafir başı gri su oluşumu 101

Tablo 25 Şehir oteli odalarda misafir başı gri su oluşumu 103

Tablo 26 Pilot turizm tesislerinde misafir başı su kullanımı 104

Tablo 27 Pilot turizm tesislerinde misafir başı gri su oluşumu 105

Tablo 28 Gri su karakterizasyonu 108

Tablo 29 Model Mikrokirleticilerin atıksulardaki konsantrasyon seviyeleri 112

Tablo 30 Model Mikrokirleticilerden bazılarının yüzey sularındaki konsantrasyon seviyeleri 113

Tablo 31. Şehir oteli gri su karakterizasyon parametreleri ve analiz yöntemleri 115

Tablo 32. Haftalık numunelerde analizi yapılan parametrelerin minimum, maksimum ve ortalama değerleri 120

Tablo 33 Yapılan tüm ölçümler için minimum, maksimum ve ortalama değerleri içeren özet tablo 129

Tablo 34 Mikrobiyolojik analiz sonuçları özet tablosu 131

Tablo 35 Pilot sayfiye oteli gri su karakterizasyon parametreleri ve analiz yöntemleri....134

Tablo 36 Haftalık numunelerde analizi yapılan parametrelerin minimum, maksimum ve ortalama değerleri 138

Tablo 37 Günlük numunelerde analizi yapılan bakteriyolojik parametrelerin minimum, maksimum ve ortalama değerleri....144

Tablo 38 Günlük numunelerde analizi yapılan parametrelerin minimum, maksimum ve ortalama değerleri 144

Tablo 39 Saatlik numunelerde analizi yapılan parametrelerin 3 farklı gün için minimum, maksimum ve ortalama değerleri....149

Tablo 40 Barut Sorgun Oteli için yapılan tüm ölçümlerin minimum, maksimum ve ortalama değerleri içeren özet tablo 150

Tablo 41 Gri su karakterizasyonu ve literatürle karşılaştırma....154

Tablo 42 Uzun Dönem ortalama yıllık yağışlar ve mevsimsel ortalamaları....156

Tablo 43 2007-2012 dönemine ait saatlik yağış verileriyle hesaplanan yıllık toplam yağış değerleri 157

Tablo 44 Manavgat, 2007-2012 yılları saatlik veriler kullanılarak oluşturulmuş aylık toplam yağış verileri (mm)....164

Tablo 45 Alanya ve Manavgat istasyonlarına ait 2007-2012 saatlik veriler kullanılarak hesaplanan Side Bölgesini temsilen oluşturulan ortalama aylık yağışlar.....165

Tablo 46 5 istasyona ait 2007-2012 saatlik veriler kullanılarak hesaplanan İstanbul Bölgesini temsilen oluşturulan ortalama aylık yağışlar.....166

Tablo 47 Pilot sayfiye oteli aylara göre toplanabilir yağış miktarı.....170

Tablo 48 Şehir Oteli için aylara göre toplanabilir yağış miktarı.....172

Tablo 49 Su geri kazanımı uygulamaları kategorileri, kısıtlamalar ve karşılaşılan sorunlar (kaynak: Lazarova ve diğ., 2013 ve Urkiaga ve diğ., 2008).....175

Tablo 50. Grisu arıtımda kullanılan arıtma yöntemlerinin çıkış suyu kalitelerinin karşılaştırılması.....190

Tablo 51. Grisu Arıtımda Ülkemizde Gerçekleştirilmiş Bir Çalışmanın Sonuçları.....191

Tablo 52. Gri Atıksu Arıtma Üniteleri ve Proseslerinin, Standartlara Uyumluluğu, Teknoloji Talepleri ve Maliyetleri.....192

Tablo 53 Literatürde yer alan gri su arıtma teknolojilerinin değerlendirilmesi.....194

Tablo 54 Pilot sayfiye oteli için atıksu yönetim senaryoların yıllık geri kazanım miktarı açısından karşılaştırılması.....208

Tablo 55 Pilot şehir oteli için atıksu yönetim senaryoların yıllık geri kazanım miktarı açısından karşılaştırılması.....215

Tablo 56 Şehir Oteli Yatırım Maliyetleri - TL.....226

Tablo 57 Sayfiye Oteli Yatırım Maliyetleri – TL.....228

Tablo 58 Şehir Oteli Yıllık İşletme Giderleri - TL.....231

Tablo 59 Sayfiye Oteli Yıllık İşletme Giderleri - TL.....233

Tablo 60 Şehir Oteli İçin Atıksu Geri Kazanımından Elde Edilecek Faydalar - TL.....236

Tablo 61 Sayfiye Oteli İçin Atıksu Geri Kazanımından Elde Edilecek Faydalar - TL.....237

Tablo 62. Yağmur suyu hasadının maliyet analizi.....239

Tablo 63 Şehir Oteli İçin Atıksu Geri Kazanımının Karlılığı.....242

Tablo 64 Sayfiye Oteli İçin Atıksu Geri Kazanımının Karlılığı.....243

Tablo 65 Pilot Turizm tesislerinde Atıksu Geri Kazanımının Karlılığının Karşılaştırılması.....244

Tablo 66. Şehir oteli için hassasiyet analizi sonuçları.....246

Tablo 67. Sayfiye oteli için hassasiyet analizi sonuçları.....247

Tablo 68 Antalya Beldibi AAT'ye bağlı oteller ve yatak kapasiteleri.....251

Tablo 69 Antalya Beldibi AAT işletme giderleri 253

Tablo 70. Otellerin konvansiyonel teknoloji (aktif çamur, kum filtrasyonu ve klorlama) ile müstakil arıtma kurma durumu 257

Tablo 71. Otellerin MBR teknolojisi ile müstakil arıtma kurma durumu.....259

Tablo 72. Müstakil arıtma kurma durumunda projenin karlılık durumu 261

Tablo 73. Merkezi Biyolojik AAT'den Çıkan Suyun Otellere Satılması 262

Tablo 74. Kriterler listesi.....267

Tablo 75. Turizm Tesisleri Açısından Kriterlerin Önemi 268

Tablo 76. Alternatiflerin teknik, çevresel ve sosyal kriterler açısından karşılaştırılması matrisi 270

Tablo 77. Teknolojilerin teknik, çevresel ve sosyal kriterler açısından karşılaştırılması matrisi 271

Tablo 78. Maliyetin dahil olmadığı durumda alternatiflerin önceliklendirilmesi.....272

Tablo 79. Maliyetin dahil olmadığı durumda teknolojilerin önceliklendirilmesi 273

Tablo 80. Maliyet parametrelerinin kriter puan skalasına dönüştürülmesi 273

Tablo 81. Pilot turizm tesisleri senaryolarının önceliklendirilmesi (maliyet parametreleri dahil), ...274

Tablo 82. Tasarıma esas alınan atıksu miktarı ve gri su karakterizasyonu 277

Tablo 83. Gri su için arıtılmış su kalitesi ve arıtma performas hedefi 277

Tablo 84. Biyolojik sistem tasarımına esas alınan parametreler 280

Tablo 85. Tasarıma esas alınan atıksu miktarı ve evsel atıksu karakterizasyonu 288

Tablo 86. Evsel atıksu su için arıtılmış su kalitesi ve arıtma performans hedefi 289

Tablo 87. Biyolojik sistem tasarımına esas alınan parametreler 290

Tablo 88. Tasarım Özet Tablosu 296

Şekil Listesi

Şekil 1 Atıksu geri kazanımının su kullanımı ve deşarj edilen atıksu miktarına etkisi 27

Şekil 2. Evlerde oluşan tipik gri su kaynaklarının ve bahçe sulamada kullanımının şematik gösterimi 28

Şekil 3. Florida Çevre Koruma Departmanı gerekliliklerine uygun olarak hazırlanmış bir uyarı levhası örneği.....33

Şekil 4. Turizm işletme belgeli konaklama tesislerinde 2011 yılı için tesise geliş sayısı 48

Şekil 5. 2011 yılında tesise geliş sayısının aylara göre dağılımı 49

Şekil 6. 2011 yılı için bazı turistik illerimizde tesise geliş sayısı.....50

Şekil 7. Turizmde sürdürülebilir atıksu yönetimi yaklaşımı 53

Şekil 8. Proje paydaşlarının etki ve önem dereceleri 55

Şekil 9. Arıtılmış atıksuyun yeniden kullanılmasına karşı turistlerin genel bakışları.....57

Şekil 10. Atıksuların yeniden kullanım amacına göre turistlerin tepkileri 59

Şekil 11. Arıtılmış atıksuların bahçe sulamasında kullanımına yönelik turistlerin tepkileri 60

Şekil 12. Arıtılmış atıksuların rezervuar doldurulmasında kullanımına yönelik turistlerin tepkileri.....61

Şekil 13. Turizm tesislerinin atıksuların yeniden kullanım amacına yaklaşımı 62

Şekil 14. Arıtılmış atıksuların bahçe sulamasında kullanımına yönelik turizm tesislerinin tepkileri.....64

Şekil 15. Arıtılmış atıksuların rezervuar doldurulmasında kullanımına yönelik turizm tesislerinin tepkileri 64

Şekil 16. Sarı ve kahverengi suyun kullanımına yönelik turizm tesislerinin tepkileri 65

Şekil 17 Sayfiye Otelinin konumu 67

Şekil 18 Şehir Oteli'nin konumu ve bahçesi 69

Şekil 19.İstanbul arazi kullanımı 71

Şekil 20. İstanbul su rezervuarlarının toplam kapasitesinin 2001-2010 yılları arasında değişimi (2007 yılından itibaren Melen-Yeşilçay Regülatörü ilave edilmiştir).....72

Şekil 21. İstanbul'da toplam su kullanımı ve kişi başı su kullanımının yıllara göre değişimi ..74

Şekil 22. İstanbul'da su kullanımının sektörlere göre dağılımı.....75

Şekil 23 Antalya Havzası Alt havza Bazlı Su Kullanım Miktarları (Antalya HKEP 2013).....82

Şekil 24 Farklı ülkelerde evsel su kullanımının dağılımı 86

Şekil 25 Pilot şehir oteli su kullanım alanları 89

Şekil 26 Şehir oteli misafir başı toplam su kullanımının aylara göre değişimi (2012-2013 ve 2014 yılları) 91

Şekil 27 Şehir otelinde olarak misafir başı toplam su kullanımının doluluğa ve mevsime bağlı olarak değişimi (2012-2013 ve 2014 yılı verileri).....92

Şekil 28 Pilot sayfiye oteli su kullanım alanları.....93

Şekil 29 Sayfiye otelinin toplam su kullanımı ve misafir başı toplam su kullanımının zamana bağlı olarak değişimi (Haziran-Kasım 2013): (a) toplam su kullanımının değişimi, (b) misafir başına toplam su kullanımının değişimi.....95

Şekil 30 Sayfiye otelinin bina içi toplam su kullanımı ve bina içinde misafir başı toplam su kullanımının zamana bağlı olarak değişimi (Haziran-Kasım 2013): (a) bina içi toplam su kullanımının değişimi, (b) bina içi misafir başına toplam su kullanımının değişimi.....96

Şekil 31 Sayfiye otelinin bina içi toplam su kullanımı ve bina içinde misafir başı toplam su kullanımının doluluğa bağlı olarak değişimi (Haziran-Kasım 2013): (a) bina içi toplam su kullanımının değişimi, (b) bina içi misafir başına toplam su kullanımının değişimi.....97

Şekil 32 Sayfiye otelinin toplam su kullanımı ve misafir başı toplam su kullanımının doluluğa bağlı olarak değişimi (Haziran-Kasım 2013): (a) toplam su kullanımının değişimi, (b) misafir başına toplam su kullanımının değişimi.....97

Şekil 33 Sayfiye oteli su kullanımının dağılımı (a) bina içi su kullanımı (b) toplam su kullanımı (bina içi ve bina dışı).....99

Şekil 34 Sayfiye otelinin toplam gri su miktarının ve misafir başı gri su miktarının zamana bağlı değişimi (Haziran-Kasım 2013): (a) toplam gri su miktarının değişimi, (b) misafir başına gri su miktarının değişimi.....100

Şekil 35 Sayfiye otelinin toplam gri su miktarının ve misafir başı gri su miktarının doluluğa bağlı olarak değişimi (Haziran-Kasım 2013): (a) toplam gri su miktarının değişimi, (b) misafir başına gri su miktarının değişimi.....101

Şekil 36 Şehir oteli misafir başı gri su oluşumunun aylara göre değişimi (2012-2013-2014 yılları).....102

Şekil 37 Şehir otelinde misafir başı gri su oluşumunun doluluğa bağlı olarak değişimi (2012-2013-2014 yılları).....103

Şekil 38 . Turistik illerimizde turizm tesislerinin su kullanımı tahmini.....106

Şekil 39. Gri suyun kaynaklarına göre sınıflaması.....107

Şekil 40 İndikatör organizmaların alt grupları (EPA, 2002).....109

Şekil 41. Şehir oteli arıtma tesisi şeması.....113

Şekil 42 Hilton Oteli Ham Grisu KOİ-$BOİ_5$-ÇKOİ Değişimi.....117

Şekil 43 Hilton Oteli Ham Grisu TP-Ortofosfat Değişimi.....118

Şekil 44 Hilton Oteli Ham Grisu NH_4^+-N -TKN Değişimi.....119

Şekil 45 Hilton Oteli Ham Grisu AKM-UAKM Değişimi.....120

Şekil 46 Hilton Oteli Ham Grisu Günlük KOI, ÇKOI ve $BOİ_5$ Değişimi.....121

Şekil 47 Hilton Oteli Ham Grisu Günlük TKN ve NH4-N Değişimi.....122

Şekil 48 Hilton Oteli Ham Grisu Günlük TP-Ortofosfat Değişimi 123

Şekil 49 Hilton Oteli Ham Grisu Günlük AKM ve UAKM Değişimi 124

Şekil 50. Hilton Oteli Ham Grisu Saatlik KOİ, ÇKOİ ve BOİ Değişimi.....125

Şekil 51 Hilton Oteli Ham Grisu Saatlik AKM ve UAKM Değişimi.....126

Şekil 52 Hilton Oteli Ham Grisu Saatlik TKN ve NH_4-N Değişimi 127

Şekil 53. Hilton Oteli Ham Grisu Saatlik TP ve Ortofosfat Değişimi 128

Şekil 54. Hilton oteli gri su mikrobiyolojik analiz sonuçları.....130

Şekil 55 Sayfiye oteli gri su arıtma sistemi akım şeması.....133

Şekil 56 Barut Sorgun Oteli Ham Grisu 18 Haftalık KOİ-$BOİ_5$-ÇKOİ-AKM Değişimi.....135

Şekil 57 Barut Sorgun Oteli Ham Grisu 18 Haftalık Toplam Fosfor Değişimi 136

Şekil 58 Barut Sorgun Oteli Ham Grisu 18 Haftalık TKN Değişimi 136

Şekil 59 Barut Sorgun Oteli Ham Grisu 18 Haftalık Toplam Koliform-Fekal Streptokok Değişimi 137

Şekil 60 Barut Sorgun Oteli Ham Grisu 18 Haftalık Fekal Koliform-E.Koli. Değişimi 137

Şekil 61 Barut Sorgun Oteli Ham Grisu Günlük TKOİ, ÇKOİ, $BOİ_5$Değişimi.....140

Şekil 62 Barut Sorgun Oteli Günlük Ham Grisu TKN ve NH_4^+-N Değişimi.....141

Şekil 63 Barut Sorgun Oteli Günlük Ham Grisu TP ve Ortofosfat Değişimi 142

Şekil 64 Barut Sorgun Oteli Günlük Ham Grisu Fekal Koliform-E. Koli Değişimi.....143

Şekil 65 Barut Sorgun Oteli Ham Grisu Saatlik TKOİ ve ÇKOİ Değişimi.....146

Şekil 66 Barut Sorgun Oteli Günlük Ham Grisu Saatlik TKN ve NH_4^+-N Değişimi 147

Şekil 67 Barut Sorgun Oteli Günlük Ham Grisu Saatlik TP. ve Ortofosfat 148

Şekil 68 Barut Sorgun Oteli Ham Grisu Saatlik AKM Değişimi.....149

Şekil 69 Side bölgesi uzun dönem aylık toplam yağış değerleri kullanılarak kış, ilkbahar, yaz ve sonbahar aylarını temsilen ortalamaları - Örnek; Manavgat istasyonu için 1980 yılında kış ayları ortalama 240 mm yağış almıştır (Aralık, Ocak ve Şubat ayları ayrı ayrı 240 mm yağış almıştır). 159

Şekil 70 Mevsimler bazında hesap edilen yağışların genel toplam yağışlara olan yüzdeleri - Örnek; Manavgat istasyonunda 1980 yılı için kış aylarında yağan yağışın 1980 yılı toplam yağış içindeki payı %65 olarak gerçekleşmiştir. 160

Şekil 71 İstanbul bölgesi uzun dönem aylık toplam yağış değerleri kullanılarak kış, ilkbahar, yaz ve sonbahar aylarını temsilen ortalamaları - Örnek; Kireçburnu istasyonu için 1980 yılında kış ayları ortalaması 134 mm olmuştur. 161

Şekil 72 Mevsimler bazında hesap edilen aylık toplam yağışların genel toplam yağışlara olan yüzdeleri - Örnek; Kireçburnu istasyonunda 1980 yılı için kış aylarında yağan yağışın 1980 yılı toplam yağış içindeki payı %42 olarak gerçekleşmiştir. 162

Şekil 73 Alanya ve Manavgat için 2007-2012 yılları arası aylık toplam yağışlar (mm). Yılların altına yer alan rakamlar o yıl için toplam yağış miktarını belirtmektedir. 163

Şekil 74 Alanya istasyonuna ait 2009 yılı saatlik yağış verileri 164

Şekil 75 İstanbul Üniv. 2009 yılında ölçülen saatlik yağış verileri 166

Şekil 76 Bozcaada, Florya ve Göztepe istasyonları 2007-2012 dönem saatlik yağış verilerinin aylık toplamları. Yıllık toplamlar ayrıca her bir yıl için şekilde belirtilmiştir. 167

Şekil 77 Sayfiye oteli için hasat edilebilir su miktarı, m^3 170

Şekil 78 Sayfiye oteli için (açık olduğu aylar) kümülatif hasat edilebilir yağmur suyu miktarı, m^3 171

Şekil 79 Şehir Oteli için hasat edilebilir su miktarı, m^3 172

Şekil 80 Şehir oteli için kümülatif hasat edilebilir yağmur suyu miktarı, m^3 173

Şekil 81 Dünya genelinde ileri arıtma sonrasında kentsel atıksuların yeniden kullanım amacının dağılımı 174

Şekil 82. Yeniden kullanım amacına göre arıtma yöntemleri 178

Şekil 83. Membran proseslerinin sınıflandırılması 181

Şekil 84 Kaynağına göre gri suların arıtılması yöntemleri 184

Şekil 85. Batık düz tabaka tipi membran modülü şematik gösterimi 185

Şekil 86 Gri suyun RBC ile arıtımı adımları 187

Şekil 87 Örnek RBC Uygulamaları 188

Şekil 88 şehir oteli atıksu geri kazanımı senaryoları 200

Şekil 89 sayfiye oteli atıksu geri kazanımı senaryoları (otel sadece sezon süresince açıktır) 201

Şekil 90 Sayfiye oteli için Senaryo 0- su kütle dengesi 202

Şekil 91 Sayfiye oteli Senaryo 1- su kütle dengesi 203

Şekil 92 Sayfiye oteli Senaryo 2 – su kütle dengesi 204

Şekil 93 Sayfiye oteli Senaryo 3 – su kütle dengesi 205

Şekil 94 Sayfiye oteli Senaryo 4 – su kütle dengesi 206

Şekil 95 Sayfiye oteli Senaryo 5 – su kütle dengesi 207

Şekil 96 Şehir oteli Senaryo 0 – su kütle dengesi 209

Şekil 97 Şehir oteli Senaryo 1 – su kütle dengesi 210

Şekil 98 Şehir oteli Senaryo 2 – su kütle dengesi 211

Şekil 99 Şehir oteli Senaryo 3 – su kütle dengesi 212

Şekil 100 Şehir oteli Senaryo 4 – su kütle dengesi 213

Şekil 101. Şehir oteli Senaryo 5 – su kütle dengesi 214

Şekil 102. Ekonomik analiz senaryoları 250

Şekil 103. Antalya Beldibi AAT Akım Şeması 252

Şekil 104. Müstakil ve merkezi atıksu geri kazanımının su kaynaklarının korunması açısından karşılaştırılması 256

Şekil 105. Gri su arıtım ve geri kazanım şeması.....276

Şekil 106. Maksimum debiye ait birikimli gri su debisi ve pompa debisi 278

Şekil 107. Evsel atıksu arıtım ve geri kazanım şeması 288

Şekil 108. İstanbul'daki ileri biyolojik atıksu arıtma tesisleri, a) Paşaköy AAT, b) Ataköy AAT 357

ÖNSÖZ

Su kaynakları, kirlenme, iklim değişikliği etkileri ve artan su ihtiyacı sebebiyle baskı altındadır. Ülkemizdeki su kaynaklarının korunması amacıyla, atıksu geri kazanım ve yeniden kullanım uygulamalarının yaygınlaştırılmasına, bunun için altyapı ve kapasitenin geliştirilmesine ihtiyaç bulunmaktadır. Bu çerçevede, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, atıksu geri kazanım ve yeniden kullanım uygulamalarının yaygınlaştırılması ve bu konuda gerekli altyapı ve kapasitenin geliştirilmesi amacıyla, turizmde çevre dostu atıksu yönetim modelinin oluşturulmasına yönelik "Türkiye Kıyılarında Yüzme Suyu Profillerinin Belirlenmesi" projesi (Bileşen 2: Turizmde Atıksu Yönetimi alt projesi) 18 Ekim 2012 itibariyle TÜBİTAK MAM Çevre ve Temiz Üretim Enstitüsü tarafından yürütülmeye başlanmış ve 9 Ekim 2014 tarihinde tamamlanmıştır.

Bu proje ile, turizm tesislerinde atıksu geri kazanımı tüm boyutlarıyla ele alınmış ve atıksu geri kazanımının analiz edildiği bir program hazırlanarak sektörün kullanımına sunulmuştur. Bu özellikleri ile, proje çıktıları sektör açısından bir ilk olma niteliği taşımaktadır.

Projenin planlanması, uygulanması ve tüm aşamalarında desteklerini esirgemeyen; Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü, Su ve Toprak Yönetimi Dairesi Başkanlığı'na teşekkürlerimizi sunarız. Ayrıca, projenin gerçekleşmesinde; saha ve laboratuvar çalışmalarında, raporlamada ve programın hazırlanmasında emeği geçen tüm proje çalışanlarına teşekkür ederiz.

Pilot şehir ve sayfiye oteli olarak projede yer alan, HİLTON İstanbul Oteli (Harbiye) ve BARUT Sorgun Oteli Yönetimine (Manavgat), Fayda-Maliyet analizi kapsamında hizmet alımı yapılan Ergenekon Yönetim Danışmanlık Ltd. Şti.'ye, pilot sayfiye oteli verilerinin toplanmasına destek veren, Barut Otelleri Çevre Danışmanı Sn. Ahmet AKÇACIOĞLU'na, pilot sayfiye oteli örnekleme ve analiz çalışmalarında hizmet alımı yapılan Alanya Çevre Analiz Laboratuarı (AÇEV) çalışanlarına, pilot şehir oteli örnekleme ve analiz çalışmalarında hizmet alımı yapılan İstanbul Teknik Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü Öğretim Üyesi Prof. Dr. Bilsen Beler BAYKAL ve Sn. Esra GİRESUNLU'ya, ayrıca turist anketini yapan Türkiye Su Enstitüsü Çalışanlarına teşekkür ederiz.

Projenin planlanan zamanda gerçekleşmesinde gerekli desteği sağlayan TÜBİTAK MAM Çevre ve Temiz Üretim Enstitü Yönetimine, projenin yazışma ve idari işleyişiyle ilgili desteğinden dolayı enstitü sekreteri Sn. Yeşim SAĞIR'a teşekkür ederiz.

1 YÖNETİCİ ÖZETİ

Su kaynaklarının korunması ve yüzme alanlarındaki risklerin tespitine yönelik "Türkiye Kıyılarında Yüzme Suyu Profillerinin Belirlenmesi" projesi 2 bileşen olarak ele alınmaktadır. Bileşen 1'de yüzme suyu alanlarının tanımlanması ve yönetilmesi, Bileşen 2'de ise Türkiye'de su kaynaklarının korunması amacıyla, atıksu geri kazanım ve yeniden kullanım uygulamalarının yaygınlaştırılması ve bu konuda gerekli altyapı ve kapasitenin geliştirilmesi için turizmde çevre dostu atıksu yönetim modelinin oluşturulması hedeflenmektedir.

Bu fizibilite raporu kapsamında, pilot turizm tesislerinin su kullanımı ve atıksu oluşumu verileri değerlendirilmiş, ölçümü ve analizleri yapılan gri su miktarı ve karakterizasyonu çalışması sonuçları sunulmuş, bu sonuçlar kullanılarak, pilot turizm tesisleri için çeşitli atıksu yönetim senaryoları ve alternatif arıtma teknolojilerinin mali açıdan karşılaştırıldığı finansal analiz çalışması gerçekleştirilmiş ve sonuçlar her iki otel açısından değerlendirilmiştir. Bununla birlikte, pilot turizm tesisleri için, en uygun atıksu geri kazanım yöntemi ve arıtma teknolojisi, maliyetle birlikte, teknik, çevresel ve sosyal kriterlerin değerlendirildiği bir çalışma sonucunda seçilmiş ve arıtma prosesi boyutlandırılmıştır. Son olarak, otellerin müstakil atıksu geri kazanımı yapmaları ile merkezi atıksu geri kazanımı yapılması durumu, pilot bir bölge ve arıtma tesisi için analiz edilmiş, sonuçlar toplam su tasarrufu ve maliyetler açısından karşılaştırılmıştır. Bu çerçevede, iş zaman planına uygun olarak, iş paketleri kapsamında yapılan çalışmalar aşağıda özetlenmektedir:

1. Pilot tesiste gri su miktarının ve karakterizasyonunun izlenmesi (İP2.5'te başlamış ve bu rapor dönemine kadar izleme devam ederek tamamlanmıştır)
2. Akım ayrımı yapılması ve yapılmaması durumu için alternatiflerin maliyetlerinin hesaplanması,
3. Paydaş analizinin yapılması (aynı zamanda paydaşlar olan turizm tesisleri ve turistlerle anket çalışmaları da yapılmıştır),
4. Ekonomik analiz yapılması,
5. Arıtılmış su kriterlerinin değerlendirilmesi ve öneriler sunulması,

6. Pilot turizm tesisleri için en uygun atıksu geri kazanım alternatifinin ve arıtma teknolojisinin seçilmesi ve arıtma prosesinin boyutlandırılması,
7. Tüm sonuçların yer aldığı fizibilite raporunun hazırlanması,

Paydaş Analizi çalışması

Proje kapsamında turizm tesisleri ve turistlerle anket yapılarak atıksu geri kazanımına yaklaşımları değerlendirilmiştir. Buna göre;

Turist anketi sonuçları: Turistlere bahçe sulaması ve rezervuarların arıtılmış atıksu ve yağmur suyu ile doldurulması hususları sorulduğundan sulama amaçlı yağmur suyu hasadına olumsuz yaklaşan kimse bulunmazken, arıtılmış gri suyun sulama amaçlı kullanımı %2 oranında, arıtılmış siyah suyun sulama amaçlı kullanımı ise %4 oranında olumsuz karşılanmıştır. İki kaynak için de olumlu görüş bildirenler değerlendirildiğinde arıtılmış gri suyun bahçe sulamada ve rezervuarda kullanımının olumlu karşılanma oranının daha yüksek olduğu görülmektedir. Bununla birlikte, arıtılmış gri suyun rezervuarda kullanımının, gri suyun bahçe sulamada kullanımına göre daha yüksek oranda olumlu olarak değerlendirildiği dikkat çekmektedir. Karışık evsel atıksuda ise tam tersi bir durum söz konusudur, rezervuarda kullanıma olumlu bakanların oranı, bahçe sulamada olumlu bakanlara kıyasla bir miktar daha düşüktür. Her iki kullanım amacı için gri su ve arıtılmış atıksuyun kullanımına olumlu ve nötr yanıtını verenler bir arada değerlendirildiğinde ise gri suyun kullanımının bir miktar daha olumlu olduğu görülmekle birlikte aradaki farkın çok da yüksek olmadığı söylenebilir.

Turizm tesisleri anketi sonuçları: Turizm tesislerinin %83'ü arıtılmış atıksuların bahçe sulama amaçlı yeniden kullanımına olumlu yaklaşmış, bahçe sulamayı sırasıyla %63'le yangın söndürme, %58 ile tuvalet rezervuarlarının doldurulması izlemiştir, oranları daha düşük olmakla birlikte golf sahalarının sulanması, çevre restorasyonu ve araba yıkama da arıtılmış atıksuların yeniden kullanımı açısından olumlu görüş alan alternatifler arasında yer almıştır. Farklı atıksu kaynaklarının bahçe sulaması ve tuvalet rezervuarlarında kullanımı ayrıca sorulduğunda ise sulama amaçlı yağmur suyu hasadına olumsuz yaklaşan kimse bulunmazken, arıtılmış gri suyun sulama amaçlı kullanımı %4,2 oranında, arıtılmış karışık evsel atıksuyun sulama amaçlı kullanımı ise %20,8 oranında olumsuz karşılanmıştır. İki kaynak için de olumlu görüş bildirenler değerlendirildiğinde ise arıtılmış gri suyun bahçe sulamada ve rezervuarda kullanımının olumlu karşılanma oranının arıtılmış karışık evsel

atıksuyun kullanımına göre daha yüksek olduğu görülmektedir. Bununla birlikte, arıtılmış gri suyun rezervuarda kullanımının, gri suyun bahçe sulamada kullanımına göre daha yüksek oranda olumlu olarak değerlendirildiği dikkat çekmektedir. Her iki kullanım amacı için gri su ve arıtılmış atıksuyun kullanımına olumlu ve nötr yanıtını verenler bir arada değerlendirildiğinde ise gri suyun kullanımının daha olumlu karşılandığı görülmektedir. Gri suyun, bahçe sulamada kullanımını, olumlu ve nötr karşılama durumu %83, arıtılmış atıksuyun kullanımını olumlu ve nötr karşılama durumu ise %71'dir. Rezervuarda kullanım için ise, gri su %88 oranında olumlu ve nötr karşılanırken, arıtılmış atıksu %63 oranında olumlu ve nötr karşılanmıştır. Sonuç olarak olumlu ve nötr yanıtların toplamı alınarak yapılan değerlendirmeye göre, atıksu geri kazanımının kabul edilebilirliği sırasıyla arıtılmış gri suların rezervuarda kullanımı (%88), arıtılmış gri suların bahçe sulamada kullanılması (%83), arıtılmış karışık evsel atıksuyun bahçe sulamada kullanılmasıdır (%71). Sarı suyun ve kahverengi suyun ayrılarak çeşitli amaçlarla kullanımı değerlendirildiğinde ise kabul edilebilirliğinin düştüğü görülmektedir. Gerekçe olarak ise, koku yaratacağı düşüncesi, depolama alanı yetersizliği belirtilmiştir.

Pilot tesiste gri su miktarının ve karakterizasyonunun izlenmesi

Pilot turizm tesislerinde, odalarda misafir başına oluşan gri su oluşumunun belirlenebilmesi için şehir turizmi otelinin gri su hattına sayaç takılmış, sayfiye otelinde ise mevcut sayaç bilgileri günlük olarak izlenmiş ve gri su miktarı her iki otelin misafir sayısı bilgisi ile birlikte değerlendirilmiştir. Gri su karakterizasyonunun belirlenebilmesi için, üç şekilde örnekleme gerçekleştirilmiştir. Bunlar; *haftalık rutin izleme*: yıl boyunca değişimi gözlemeye imkân verecek şekilde haftada 1 gün, *günlük değişim izleme*: hafta içindeki değişimleri izlemek üzere her mevsim (yaz ve sonbahar) bir hafta boyunca her gün, *saatlik değişim izleme*: gün içindeki değişimleri gözlemek üzere her mevsim (yaz ve sonbahar) bir gün 24 saat boyunca saat başı. Gri suyun içerdiği öncelikli kirlilik unsurunun organik madde olması nedeni ile karakterizasyonunda birincil parametre olan toplam kimyasal oksijen ihtiyacı parametresi sürekli olarak takip edilmiştir. İzleme şekline göre değişmekle birlikte analizi yapılan parametreler şunlar olmuştur; Toplam Kimyasal Oksijen İhtiyacı, Çözünmüş Kimyasal Oksijen İhtiyacı, Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı, Askıda Katı Madde, Toplam Kjeldhal Azotu, Toplam Fosfor, pH, İletkenlik, Toplam Koliform, Fekal Koliform, Escheria Koli, Fekal Streptokok, Enterokok.

Organik madde açısından, iki otelde gerçekleştirilen tüm ölçümler için ortalama 120 mg/L (şehir oteli) ve 170 mg/L (sayfiye oteli) civarında olan TKOİ değerlerinin literatür verileriyle uyumlu olduğu söylenebilir. Sayfiye otelinde, genel olarak temizlik saatlerinde, temizlik işlerinde kullanılan organiklerden kaynaklanabileceği tahmin edilen organik madde kirliliğinin arttığı gözlenirken (maks. 335 mg/L), şehir otelinde belirgin bir trend gözlenememiştir. Genel olarak, önceden de tahmin edildiği gibi, gri suyun organik madde açısından zayıf evsel atıksu karakterinde olduğu görülmektedir. Ancak iki otelin sonuçları birbirinden bir miktar farklı bulunmuş, sayfiye otelinde çözünmüş kirlilik yüksekken şehir otelinde partiküler kirlilik çoğu zaman baskın olmuştur. Özetle genel olarak gri suyun organik madde açısından zayıf evsel atıksu karakterinde olduğunu, ancak özellikle azot parametresi açısından zayıf evsel atıksuya kıyasla fakir olduğunu söylemek mümkündür. Bununla birlikte, ortofosfat değerleri zayıf atıksu ile karşılaştırılabilir olsa da, toplam fosfor açısından değerler orta kuvvetteki evsel atıksu değerlerini aşabilmektedir. Fosforun önemli bölümünün ise organik kökenli olduğu anlaşılmaktadır. Şehir otelinde beklenenin üzerindeki toplam fosfor/organik fosfor değerlerinin kökeninin fosfor içeriği yüksek olan temizlik ürünlerinden kaynaklandığı, sayfiye otelindeki fosfor değerlerinin şehir oteline göre nispeten daha düşük tespit edilmesinin de kullanılan temizlik ürünlerinin farklılığından oluştuğu düşünülmektedir. Askıda katı madde açısından incelendiğinde pik değerler haricinde elde edilen sonuçların tipik gri su karakterizasyonunda olduğu söylenebilir. Bununla birlikte, literatürden farklı olarak, Şehir otelinde gerçekleştirilen çalışmalar gri suyun aslında bakteriyolojik parametreler açısında tahmin edildiği gibi seyreltik olmadığını göstermiştir. Bu nedenle, gri su bakteriyolojik parametreler açısından da dikkatle değerlendirilmelidir.

Su kullanımı ve atıksu oluşumu verilerinin müşteri profili ile birlikte değerlendirilmesi

Her iki pilot turizm tesisinde de, sadece şebekeden su temin edilmektedir. Misafir başı toplam su tüketimleri, şebeke üstündeki su sayacı verileri ve misafir bilgileri kullanılarak hesaplanmıştır. Pilot sayfiye otelinde çeşitli noktalarda su sayacı bulunması sebebiyle şebeke suyunun çeşitli kullanım alanlarına dağılımı da belirlenebilmiştir.

Pilot şehir otelinde, su ihtiyacının en yüksek olduğu yaz aylarında misafir başı ortalama toplam su tüketimi (bina içi ve dışı) ortalaması yaklaşık 965 L değerine ulaşırken, bu değer kış aylarında 620 L civarında bulunmuştur. Yıl ortalaması alındığında ise misafir başı

ortalama toplam su tüketimi yaklaşık 735 L'dir. Beklendiği üzere, yaz aylarında su tüketimi belirgin bir şekilde artarken, kış aylarında düşmektedir.

Sayfiye otelinde misafir başı ortalama toplam su tüketimi (bina içi ve dışı tüm kullanımlar) yaklaşık 830 L bulunmuştur. Bina içi ve bina dışı tüm su kullanımlarının dağılımına baktığımızda ise, kullanılan toplam suyun % 44'nün bina içinde, %56'sının ise bina dışında kullanıldığı görülmektedir. Bina dışı kullanımın yaklaşık %80'i bahçe sulamada kullanılmaktadır (toplam kullanım %45'i). Havuzların filtrasyonu ve filtrelerin ters yıkamaları ile buharlaşma kayıpları sebebiyle su ihtiyacı ise toplam su kullanımının %11'ini oluşturmaktadır. Bina içinde ise bina içi toplam su kullanımın %43'u odalarda, odalarda kullanılan bu suyun yaklaşık %70'lik kısmı ise duş ve banyoda kullanılmıştır. Odalarda su kullanımı, bina içi ve bina dışı toplam su kullanımının %19'unu oluşturmaktadır. Odalarda duş ve banyolarda su kullanımı (gri su olarak toplanabilecek miktar) ise toplam su kullanımının %13'üdür. Sayfiye oteli verilerine göre, bina içinde misafir başı su kullanımının otel doluluğu ile doğrudan ilişkili olduğu ve doluluk arttıkça misafir başına su kullanımının neredeyse ½ oranında düştüğü görülmektedir. Buna göre, otel boş olsa dahi minimum su kullanımının genel kullanım içinde önemli yer tuttuğunu söylemek mümkündür. Bu kullanım içinde personel kullanımı, genel alanların temizliği, mutfak ve çamaşırhane gibi kullanım alanları sayılabilir. Bununla birlikte bir diğer önemli parametre de kültürel alışkanlıklardır. Örneğin çocukları küveti doldurarak yıkama alışkanlığı olan İskandinav ağırlıklı misafir profiline sahip sayfiye otelinde, çocuk sayısındaki değişiklik bina içinde misafir başına su kullanımını ve gri su miktarını etkileyen parametreler arasında yer almıştır.

Alternatif Atıksu Geri Kazanım Senaryolarının Geliştirilmesi Ve Maliyet Analizi

Uygun atıksu geri kazanım yönteminin belirlenebilmesi ve farklı alternatif çözümlerin maliyet analizlerinin yapılabilmesi amacıyla farklı kademelerde atıksuların geri kazanılmasının değerlendirildiği senaryolar oluşturulmuştur. Bunlar;

Senaryo 0, geri kazanım yapılmaması durumu (su kullanımı ve atıksu miktarının ortaya konması ve referans maliyetlerin belirlenmesi için).

Senaryo 1. Otel içinde oluşan evsel nitelikli atıksuyun arıtılarak yeniden kullanılması, (karışık evsel atıksu),

Senaryo 2. Akım ayrımı yapılması ve gri suyun arıtılarak yeniden kullanılması,

Senaryo 3. Akım ayrımı yapılarak gri suyun geri kazanılması ve çatıdan yağmur suyu hasadı,

Senaryo 4. Tüm evsel nitelikli atıksuların akımlarına ayrılması ve gri, sarı, kahverengi suların arıtılarak yeniden kullanımı (gri suyun geri kazanımı, sarı suyun tarımda gübre olarak kullanımı, kahverengi sudan enerji üretimi),

Senaryo 5. Doğrudan alıcı ortama deşarj yapan turizm tesisinin karışık evsel atıksuyu arıtarak yeniden kullanımı. Alıcı ortama deşarj etme durumunda olan turizm tesisleri sadece karışık atıksuyun geri kazanımı açısından değerlendirilmiştir. Bu tesislerde akım ayrımı yapılması ve sadece gri suyun geri kazanılması durumunda geri kalan atıksuların (siyah su) alıcı ortama deşarjı öncesinde arıtılması gerekmektedir, bu durumda da iki arıtma kurulması durumu ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle, alıcı ortama deşarj etme durumunda olan turizm tesisleri için, karlılığının düşük olacağı beklenen akım ayrımı alternatifleri, hesaplanmamıştır.

Her bir senaryo için geri kazanılacak su miktarları, şebekeden alınacak su miktarları ve kanalizasyona deşarj edilecek atıksu miktarları hesaplanmış ve senaryoların gider ve gelirleri belirlenmiştir. İncelenen maliyetler parametreleri şunlar olmuştur; arıtmanın ilk yatırım ve işletme maliyeti (personel, elektrik, kimyasal, bakım-onarım ve yenileme maliyeti), akım ayrımı gerekli ise ilave borulama maliyeti, arıtılmış su bahçe sulamadan farklı amaçla kullanılacak ise, geri kazanılacak suyun dağıtılacağı hattın maliyeti, şebekeden temin edilen su miktarının azalmasına bağlı olarak suya ödenen maliyetin azalması, deşarj edilen su miktarının azalmasına bağlı olarak atıksuya ödenen maliyetin azalması, sarı suyun ayrılması ve gübre olarak satışı durumunda satış geliri ve nakliye gideri ile kahverengi sudan elde edilecek enerji geliri.

Farklı senaryoların çeşitli teknolojiler açısından değerlendirildiği maliyet analizi sonuçları aşağıda özetlenmiştir.

Geri kazanılan atıksuyun en önemli kullanım amacı peyzaj sulamadır. Ancak, kış aylarında peyzaj sulama ihtiyacı olmamakta ve geri kazanılan atıksuya olan ihtiyaç azalmakta ve kullanım potansiyeli kısıtlı olmaktadır.

Pilot şehir otelinde kış aylarında otel açıktır, kışın arıtılmış atıksuya olan ihtiyaç düşmekte ve yaz ile kış kazanımları arasında büyük farklar olmaktadır. Pilot tesisin bulunduğu İstanbul'da

birim su fiyatının yüksek olması (7,67 TL+KDV/m^3), atıksu geri kazanımının faydasının yüksek, geri ödeme süresinin düşük çıkmasındaki en önemli etkendir. Alternatifler arasında en gelişmiş teknoloji olan MBR uygulanması durumunda gri su geri ödeme süresi yaklaşık 3,2 yıl, karışık evsel atıksuyun sadece sulama amaçlı kullanımı durumunda geri ödeme ise yaklaşık 6,1 yıl bulunmuştur.

Sayfiye otelinde gerçekleştirilen çalışma neticesinde bina içinde oluşan evsel nitelikli tüm atıksuların geri kazanımı ve sulamada kullanılması durumunda dahi sulama için şebekeden su takviyesi yapılması gerektiği ortaya çıkmaktadır. Bu durum benzeri özellikler gösteren yaz aylarının nispeten kurak, sıcaklıkların yüksek olduğu, yeşil alanı büyük olan benzeri tesisler için de geçerli olacaktır. Sayfiye otelinin sezon süresince açık olması ve bu süre boyunca sulama ihtiyacının süreklilik arz etmesi sebebiyle atıksu geri kazanımı açısından en uygun senaryo, en fazla suyun geri kazanılabildiği ve faydanın en yüksek olduğu senaryo olmuştur. Sayfiye oteli örneğinde karışık evsel atıksuyun geri kazanımı ile yaklaşık 180 m^3/gün atıksu geri kazanılabilmektedir ve yatırımın geri ödeme süresi aktif çamur teknolojisinin kullanıldığı durumda yaklaşık 7.4 yıl bulunmuştur. MBR teknolojisinin seçilmesi durumunda ise anlamlı bir geri ödeme süresi ve karlılık yoktur. Bu geri ödeme süreleri şehir oteli ile karşılaştırıldığında yüksektir ve göreceli olarak atıksu geri kazanımının karlılığı düşük görünmektedir. Bunun sebebi birim su fiyatının düşük olması ve atıksu bedelinin su kullanımına bağlı olarak değil yatak başına sabit alınıyor olmasıdır (otelin bulunduğu Manavgat bölgesinde, MATAB tarafından idare edilen su kanalizasyon hizmetleri neticesinde atıksu bedeli yatak başına alınmakta ve otelin kapalı olduğu dönemde de bu bedel ¼ oranında azaltılarak alınmaya devam etmektedir). Bu nedenle, sayfiye oteli örneğinde, atıksu geri kazanımının mali olarak tek kazanımı şebekeden temin edilen su miktarının azalması sebebiyle suya ödenen bedelin azalması ile olmaktadır. Sonuç olarak, sayfiye otelinde daha fazla atıksu geri kazanım potansiyeli olmasına rağmen kârlılığı düşük bulunmuştur..

Her iki pilot turizm tesisinde gri su geri kazanımı ile birlikte yağmur suyu hasadı yapılması ve sadece yağmur suyu hasadı yapılması alternatiflerinin maliyet analizi yapılmıştır. Sulama ihtiyacının yüksek olduğu yaz aylarında hasatlanabilecek yağmur suyu potansiyelinin düşük olması, buna karşın geri kazanılacak atıksuyun kısıtlı kullanım potansiyeli bulunan kış aylarında yağmur suyu potansiyelinin yüksek olması, otellerde yağmur suyu hasadının uygulanabilirliğini kısıtlamaktadır. Sayfiye oteli, yağış potansiyelinin yüksek olduğu, kış,

sonbahar ve erken ilkbahar döneminde kapalıdır ve su ihtiyacı yoktur, şehir otelinde ise gri su geri kazanımı alternatifinde kış, bahar aylarında su fazlası vardır. Bu nedenlerle, her iki otel için de diğer atıksu geri kazanım alternatifleriyle birlikte, yağmur suyu hasadı anlamlı görünmemektedir. Tek başına yağmur suyu hasadı yapılması durumu değerlendirildiğinde ise su tasarrufu sınırlı ve geri ödeme süreleri yüksek bulunmuştur. Ancak, atıksu geri kazanımının anlamlı ve uygulanabilir olmadığı küçük oteller, su tasarrufu açısından yağmur suyu hasadını değerlendirebilirler.

Sarı, kahverengi ve gri suyun tamamının ayrımı değerlendirildiğinde ise net faydanın düşük ve geri ödeme sürelerinin çok yüksek olduğu görülmektedir. Her ne kadar nütrient ve enerji kazanımı söz konusu ise de tahminlerin ve teorik maliyet analizlerinin ötesinde, sarı suyun satışı konusunda da çeşitli belirsizlikler mevcuttur. Problem, otel yönetiminin bu akımları ayırmayı, uygulamayı kabul edip etmemesinin de ötesine geçmekte ve nihai kullanıcı faktörünün belirsizliği de denkleme eklenmektedir. Sarı suyun gübre olarak kullanımının, çiftçiler tarafından kabul edilip edilmeyeceği tam olarak bilinmemektedir. Gerek karlılığının düşük olması, gerekse de ürünün nihai kullanıcısının otel dışında olması, bu suların turizm sektöründe ayrılarak yönetilmesinin kısa dönemde faydalı olmayacağı sonucunu doğurmaktadır.

Kanalizasyon hattının bulunmadığı ve alıcı ortama deşarj etmek durumunda olan turizm tesislerinin durumunu temsilen oluşturulan senaryo 5 değerlendirildiğinde ise kanalizasyon hattının bulunmadığı ve alıcı ortama deşarj etmek durumunda olan turizm tesislerinin, mevcut arıtma yükümlülüklerine ilave olarak yapacakları yatırım sonrasında, atıksularını kullanmalarının karlılığı yüksek bulunmuştur. İlave olarak yapılacak yatırımın geri ödeme süreleri diğer alternatiflere göre oldukça kısadır (şehir otelinde yaklaşık 3 ay, sayfiye otelinde ise yaklaşık 1 yıl). Bu nedenle, bu durumda olan tesislerin geri kazanım yapması, hem alıcı ortamın korunması, hem de su kaynaklarının sürdürülebilir kullanımı açısından avantajlı görünmektedir.

Özetle, sayfiye otelinde karlılığı en yüksek senaryo, karışık evsel nitelikli atıksuların geri kazanımı, şehir otelinde ise gri suların geri kazanımı olmuştur (şehir otelinde karışık evsel atıksuyun geri kazanımının karlılığı gri su geri kazanımına yakın net bugünkü değeri gri su geri kazanımından düşük bulunmuştur.

Pilot Turizm Tesisleri için en uygun atıksu geri kazanım yönteminin ve arıtma teknolojisinin seçimi

Ekonomik olarak en avantajlı teknoloji, konvansiyonel teknoloji olan aktif çamur, filtrasyon ve klorlama ile dezenfeksiyondur. Ancak, oteller bir çevre yatırımına karar verirken çoğu zaman, sadece bütçe analizini değil, aynı zamanda güvenilirlik, arıtma performansının salınım göstermemesi, misafire rahatsızlık vermemesi gibi çeşitli kriterleri de dikkate almaktadır. Bu nedenle, uygun arıtma teknolojisinin seçimi sürecine teknik, çevresel ve sosyal kriterler de eklenmiş, turizm tesislerinin öncelik kriterleri belirlenmiştir. Buna göre, ağırlığı en fazla olan kriterlerin "misafirlere rahatsızlık verme potansiyeli" ve "arıtılmış su kalitesi" olduğu görülmektedir. Eşit puan alan bu iki kriteri, mali kriterler (sırasıyla ilk yatırım maliyeti, geri ödeme süresi ve işletme maliyeti) takip etmektedir. Önemi en düşük kriter ise "getireceği prestij (sertifikasyon avantajı vb.)" kriteri olmuştur. Buna göre oluşturulan çoklu karar matrisine göre senaryoların önceliği sırasıyla yağmur suyu hasadı, karışık evsel atıksuyun sulama amaçlı geri kazanımı ve gri suyun geri kazanımı (sulama+rezervuar) olmuş, en son sırada ise ECOSAN uygulaması kalmıştır. Öncelik sırası puanı eski ve inşaat halindeki otel için ayrı ayrı hesaplanmış, inşaat halindeki otel için gri su ve ECOSAN uygulamalarının puanı bir miktar daha yüksek bulunmuş ancak sıralama değişmemiştir. Pilot şehir ve sayfiye oteli için maliyet parametreleri de eklenerek matris genişletildiğinde karışık evsel atıksu geri kazanımı ve sulama amaçlı kullanımı öncelikli alternatif olmuştur. Gri su geri kazanımı ikinci öncelik sırasında yer almıştır. Yağmur suyu hasadı da yüksek puan almış olmakla birlikte diğer atıksu geri kazanım alternatifleri ile birlikte uygulanması anlamlı değildir. Teknolojilerin maliyet parametresi hariç olarak yapılan değerlendirmesinde en yüksek puanı MBR teknolojisi almış, MBR'ı konvansiyonel aktif çamur teknolojisi izlemiş, en düşük puanı ise doğrudan filtrasyon almıştır. Bu nedenle, hem gri su, hem de karışık evsel atıksu geri kazanımı için MBR teknolojisi seçilmiştir. Performansın süreklilik arz etmesi, fiziksel dezenfeksiyon sağlanması ve buna bağlı olarak klorlama ihtiyacının azalması, atıksu geri kazanımı açısından MBR alternatifini avantajlı kılmaktadır.

Ekonomik analiz sonuçları

Ekonomik analiz kapsamında merkezi atıksu geri kazanımı yapılması ve otellere dağıtılması ile otellerin müstakil olarak karışık evsel atıksuyu geri kazanmaları durumu karşılaştırılmıştır. Bunun için, Beldibi atıksu arıtma tesisi örnek olarak alınmıştır. Halihazırda merkezi arıtma

tesisine yakın durumda olan büyük ve orta büyüklükte 12 otelin, müstakil geri kazanım ve merkezi arıtma tesisinden geri kazanım yapılması durumu karşılaştırılmıştır. Arıtma tesisine yakın konumda olan 12 otelin toplam yatak sayısı 17.462, yaklaşık olarak sulanan yeşil alan büyüklüğü 576.650 m^2, tahmin edilen toplam sulama suyu miktarı yaklaşık olarak yıllık 590.000 m^3'tür. Müstakil atıksu geri kazanımı yapılması durumunda geri kazanılacak atıksu miktarı yıllık 359.000 m^3 civarındayken, merkezi atıksu geri kazanımı yapıldığı durumda ise yıllık 590.000 m^3 sulama suyunun tamamının arıtılmış sudan sağlanması söz konusudur. Bunun sebebi, merkezi atıksu geri kazanımında arz ve talebin dengeleniyor olmasıdır. Bu örnekte, su kaynağının korunması açısından merkezi geri kazanım ile, müstakil geri kazanıma kıyasla yaklaşık %64 daha fazla su tasarrufu sağlanabilmektedir. Merkezi atıksu geri kazanımının bir diğer avantajı birim maliyetlerin çok daha düşük olmasıdır. Bunun yanında sistemin kontrolü, işletmenin daha profesyonel olarak yapılabilmesi de merkezi geri kazanımın avantajları arasındadır. Özetle, müstakil atıksu geri kazanımı yapılması durumunda otellerin konvansiyonel (aktif çamur, kum filtrasyonu, klorlama) ve gelişmiş teknoloji (MBR ve klorlama) için yapmaları gereken yatırım toplamı sırasıyla 3 milyon ve 7 milyon TL civarında olacaktır. Buna karşılık merkezi atıksu arıtma tesisinde geri kazanım ve borulama için yapılacak yatırımın toplam tutarı; konvansiyonel teknoloji (mevcut biyolojik arıtma sonrasında kum filtrasyonu ve klorlama yapılması) ve gelişmiş teknoloji (mevcut biyolojik arıtma sonrasında ultrafiltrasyon ve klorlama yapılması) için sırasıyla 1.5 milyon ve 2 milyon TL civarında olacaktır. Arıtılmış suyun, konvansiyonel uygulamada otellere yaklaşık 0.44 TL, membran teknolojisinde ise yaklaşık 0.66 TL'ye satılması durumunda yatırım 8 yıl sonunda kendini geri ödeyecektir (sadece geri kazanım için yapılacak yatırım esas alınmış, deşarj standartlarını sağlamak için kurulmakla yükümlü olan mevcut biyolojik arıtma tesisinin maliyetleri dahil edilmemiştir). Merkezi atıksu geri kazanımının bir diğer avantajı, arıtma tesisi civarında bulunan ve müstakil atıksu geri kazanımının fizıbıl olmayacağı küçük otellere de su dağıtımı yapılabilecek olmasıdır. Beldibi örneğinde , ilave olarak 12 otele daha arıtılmış su verilebilir durumdadır. Bu otellerin de sulama suyunu arıtılmış sudan sağlaması durumunda yıllık olarak geri kazanılacak, dolayısı ile şebekeden tasarruf edilecek su miktarı 620.000 m^3 civarında olacaktır. Bu miktar müstakil olarak geri kazanılabilecek yıllık 359.000 m^3'ten %73 daha fazladır.

Öneriler

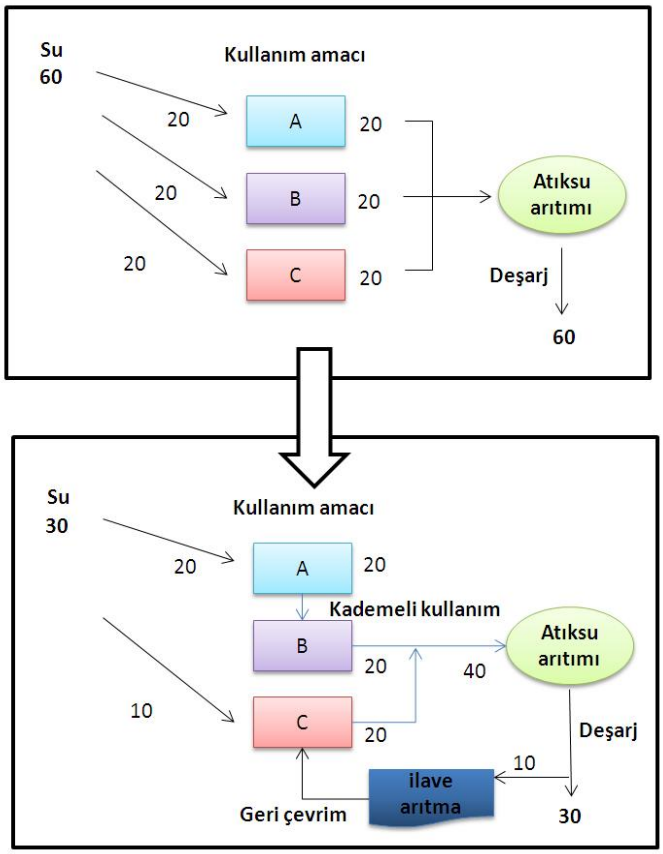
Sonuç olarak topoğrafyanın müsait olduğu ve mesafelerin uygun olduğu bölgelerde öncelikli olarak merkezi atıksu geri kazanımı düşünülmeli, ileri teknoloji (membran filtrasyonu) yatırımı yapılarak arıtılmış su otellere satılmalıdır (Beldibi örneğinde merkezi olarak ultrafiltrasyon sistemi kurulması ve dezenfeksiyon yapılması durumunda bir m^3 arıtılmış su 0,66 TL birim fiyata satıldığı durumda yatırım 8 yılda kendisini ödeyecektir). Merkezi geri kazanım yapılması durumunda arz ve talep dengelenmekte ve daha fazla atıksu geri kazanımı söz konusu olmaktadır. Beldibi örneğinde müstakil geri kazanıma kıyasla en az %64 daha fazla su tasarrufu yapmak mümkün görünmektedir (diğer küçük otellere de verilmesi durumunda %73'lere kadar yükselebilir). Merkezi geri kazanım yatırım kararı alınan kıyı bölgelerinde, kuyu suyu kullanımı yasaklanarak hem tuzlanma probleminin önüne geçmek, hem de ekonomik olarak su tasarrufu sağlamak mümkün görünmektedir. Ancak merkezi arıtma tesisinin yeterli olmadığı, topoğrafyanın uygun olmadığı bölgelerde ve şehir otellerinde ise (örn. İstanbul) müstakil atıksu geri kazanımı anlamlı olabilir. Burada da otellerin yatırım kararını almaları için, bilinçlendirme çalışmalarıyla birlikte, birim su ve atıksu fiyatlarının gözden geçirilmesine ihtiyaç vardır. Şöyle ki, müstakil atıksu geri kazanımı için karlılık açısından, su fiyatı kritik parametreler arasındadır. Bu nedenle, atıksu geri kazanımı ancak su fiyatının yüksek olduğu yerlerde karlı olacaktır. Diğer taraftan, atıksu geri kazanımının otel açısından net faydasının yanında, çevresel ve sosyal fayda da önemlidir. Uzun vadede atıksu geri kazanımının, kısıtlı su kaynaklarının korunmasına, kaynaklar üstündeki baskının azaltılmasına ve kaynakların sürdürülebilir kullanımına fayda sağlayacağı unutulmamalıdır. Bu nedenle, uygulayıcı açısından net faydanın yüksek olmadığı durumlarda, ancak politikalar ve teşvikler ile yaygınlaştırmanın önünün açılacağı göz önünde bulundurulmalı, birim su ve atıksu bedeli belirlenirken, atıksu geri kazanımına olası etkisi de değerlendirilmelidir. Örneğin, sayfiye oteli örneğindeki gibi yatak başına atıksu bedeli uygulanmasının önüne geçilmesi ve atıksu fiyatının kullanılan su miktarına bağlı olarak fiyatlandırılması dolaylı olarak teşvik edici olacaktır.

2 GİRİŞ

Su kaynaklarının kirlenmesi ve iklim değişikliği etkileri, buna karşın nüfusa paralel olarak artan su ihtiyacı, kısıtlı su kaynakları üstündeki baskıları giderek arttırmış ve alternatif su kaynaklarının önemi ortaya çıkmıştır. Bu durum atıksuların arıtılarak yeniden kullanımı ve yağmur suyu hasadı gibi alternatifleri gündeme getirmiştir. Atıksu geri kazanımı gerek temiz su kaynağından temin edilecek su miktarının, gerekse de deşarj edilecek atıksu miktarının azalmasını sağlar. **Şekil 1**'de basit bir şekil üstünde atıksu geri kazanımı durumunda su kullanımları ve atıksu oluşumu gösterilmektedir. Şekil üstünde de görüldüğü üzere, yerinde gerçekleştirilen geri devirler sayesinde, hem şebekeden temin edilen su miktarı, hem de deşarj edilen atıksu miktarı azalır. Böylece aslında yüksek kalitede su ihtiyacı olmayan bir kullanım alanının ihtiyacı atıksudan sağlanırken (örneğin konutlar için tuvalet rezervuarları ya da bahçe sulama), yüksek kalitedeki kullanım suyu korunmuş olur. Atıksu geri kazanımı ve yağmur suyu hasadı uygulamaları kuraklığa dayanma gücünün arttırılması, doğal su kaynaklarının kullanımının azaltılması ve pik içme-kullanma suyu ihtiyacının dengelenmesi için de avantajlıdır. Atıksu geri kazanımı hedeflenildiğinde yapılması gereken ilk iş su kullanımı miktarının ve su kullanım alanlarının belirlenmesidir. Hangi kullanım amacı için ne kadar su kullanıldığının belirlenmesinden sonra yine her bir kullanım için ihtiyaç duyulan minimum su kalitesi kriterlerinin bilinmesi önemlidir. Sonraki adım ise alternatif senaryolar üretilerek, her bir senaryo için su dengesinin kurulması ve buna göre ihtiyaçları karşılama durumunun ortaya konmasıdır. Bu aşamada ihtiyaçları karşılamanın yanında, finansal analiz yapılarak ekonomik açıdan en karlı senaryonun belirlenmesi de uygulayıcının aynı zamanda kar etmesi ve atıksu geri kazanım uygulamalarının yaygınlaşması açısından önem kazanmaktadır. Müstakil atıksu geri kazanımına bir diğer alternatif merkezi atıksu arıtma tesisinde ilave yatırım yapılarak atıksuların geri kazanılmasıdır. Birçok ülkede politika olarak koşulların uygun olduğu durumda merkezi atıksu geri kazanımı yaygın olarak uygulanmaktadır (Kaliforniya, Texas, Singapur, İsrail vb.). Merkezi atıksu geri kazanımında birim maliyetler düşmekte, kontrolün sağlanması kolaylaşmaktadır. Ancak her koşulda merkezi atıksu geri kazanımı yapmak uygun olmayabilir. Örn. yeniden kullanılacak alanın çok uzak olması, kot farkının fazla olması, birbirinden ayrık ve uzak alanlarda kullanılabilme potansiyeli olması vb. Bu durumda müstakil atıksu geri kazanımı seçeneği ön plana çıkmaktadır. Atıksuyun arıtıldıktan sonra yeniden kullanılması ile gerek kaynaktan temin

edilen temiz su miktarı, gerekse de deşarj edilen atıksu miktarı azalacak ve su yetersizliği ile atıksu deşarjlarına bağlı sektörde karşılaşılan problemlerin çözümüne yönelik yol kat edilmiş olacaktır. Bununla birlikte, kuyu suyunun kullanımı engellendiğinde kıyılarda yaşanan tuzlanma probleminin de önlenebileceği değerlendirilmektedir.

Turizm sektörü su kullanımının yoğun olduğu sektörler arasında yer almaktadır. Kullanım alanları incelendiğinde ise özellikle büyük otellerde yeşil alanların sulanması için kullanılan su miktarının oldukça yüksek olduğu görülmektedir. Ancak, yaz ve kış aylarında su kullanım ihtiyaçları, kış aylarında sulama ihtiyacının olmaması sebebiyle farklıdır. Bu nedenle, öncelikle tüm su kullanım alanları dikkate alınarak su kütle dengesinin kurulması ve mevsimlere bağlı değişimin irdelenmesi önemlidir.



Şekil 1 Atıksu geri kazanımının su kullanımı ve deşarj edilen atıksu miktarına etkisi (Kaynak: GEC Sanitation Programı, atıksuyun yeniden kullanımı dokümanından uyarlanmıştır, http://nett21.gec.jp/gesap/themes/themes2.html)

Akım ayrımı ve atıksu geri kazanımı

Akım ayrımı farklı şekillerde kademelendirilebilir. Genel olarak akım ayrımı sonucunda dört farklı fraksiyon elde edilmektedir. Bunlar siyah su, sarı su, kahverengi su ve gri su olarak belirtilmektedir (Werner vd., 2003). Bu fraksiyonların tanımları şu şekildedir:

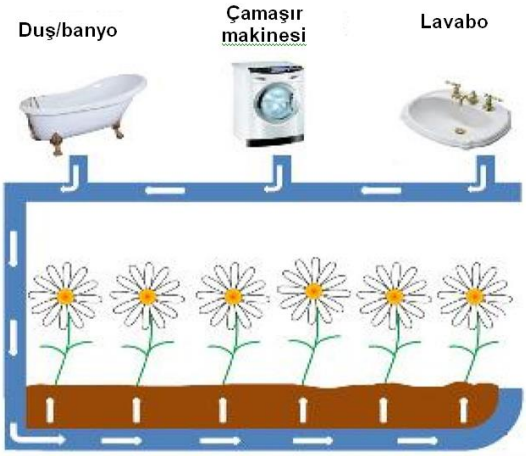
Gri su: duş, banyo ve lavabo atıksuları (tuvalet atıksuyu dışında kalan evsel atıksu),

Siyah su: sifon suyu ile beraber ya da sifon suyu olmaksızın dışkı ve idrar,

Sarı su: sifon suyu ile beraber ya da sifon suyu olmaksızın idrar,

Kahverengi su: ayrı toplanmış dışkı,

Gri suyun tanımı ve hangi kaynakları içerdiği uygulamadan uygulamaya değişmekte ve farklı uygulamalarda farklı değerlendirilmektedir. Örn. tuvalet atıksuyu dışında kalan tüm sular (lavabo, duş, banyo, mutfak, çamaşır ve bulaşık makinesi) karışık gri su olarak nitelendirilmektedir (Eriksson vd., 2002; Otterpohl *vd.,* 2003; Ottoson ve Stenström, 2003). Bazı kaynaklar sadece lavabo ve duş banyo sularını zayıf-seyreltik gri su olarak tanımlamakta, mutfak ve çamaşırhane sularını ise güçlü-konsantre gri su olarak tanımlamaktadır (Zavala *vd.,* 2002). Yine çeşitli kaynaklarda, mutfak suları gri su dışında bırakılmaktadır (Christova-Boal *vd.,* 1996; Little, 2002; Al-Jayyousi, 2003; Wilderer, 2004) (Şekil 2). Arizona yasalarında gri su, duş, banyo, lavabo ve çamaşır makinesi sularını içerir denmektedir. Burada da mutfak ve bulaşık makinesi atıksuları gri su haricinde tutulmuştur.



Şekil 2. Evlerde oluşan tipik gri su kaynaklarının ve bahçe sulamada kullanımının şematik gösterimi
(Kaliforniya, City of Santa Rosa'dan alınmıştır)

3 ARITILMIŞ ATIKSUYUN YENİDEN KULLANIMINDA YASAL DÜZENLEMELER

Bu bölümde halk sağlığından ve çevrenin kalitesinden ödün vermeden, artan yeniden kullanım ihtiyacına karşılık asgari şartları sağlayarak arıtılmış suyun yeniden kullanımında suyun özelliklerinin belirlenmesi üzerinde durularak daha çok atıksuların geri kazanımında yeni veya mevcut mevzuatların düzenlenmesinde dikkat edilecek hususlar ele alınmıştır. Yasal düzenleme ve buna bağlı olarak oluşturulacak standartların aşağıda verilen temel hedefler dikkate alınarak hazırlanması amaçlanmalıdır:

- Yer altı suyunun korunması
- Yüzey sularının korunması
- Ekim alanları ve toprağın korunması
- Halk sağlığı riskinin engellenmesi
- Toplumun atıksuyun yeniden kullanımından kaynaklanabilecek hastalık bulaşmasından korunması
- Çevreye ve halk sağlığına zarar vermeyecek arıtma sistemleri teknolojilerinin kurulması ve kullanılmasını sağlamak (WHO,2006).

3.1 MEVZUATIN OLUŞTURULMASI VE YÖNETİMİ

Politika oluşturma, uyarlama ve uygulama risk yönetimi çözümleri için lokal olarak uygun çözümlerin ve eğilimlerin doğru bir şekilde analizini gerektirir. Bu bilgi karışık atıksu, gri su ve kahverengi suyun tarımsal sulama ve sucul ortamlarda kullanımında karar verme kriterleri ve prosedürlerinin oluşturulmasının temellerini oluşturur. Trend analizinin yeterli bir düzeyde gerçekleştirilmesi politikaların belirlenmesi açısından kritik bir başlangıç noktasıdır.

Karışık atıksu, kahverengi su ve gri suyun yararlı kullanımlarını teşvik edecek olan politikaların her şeyden önce ulusal ölçekte yürütülebilir olması gerekmektedir. Geri kazanım için oluşturulacak politikaların çerçevesi enfeksiyona bağlı sağlık risklerini azaltırken gıda güvenliğini arttırmayı sağlayacak şekilde mevcut çevre, sağlık ve tüketicinin korunması ile ilgili politikalarla uyumlu ve bağlantılı olmalıdır.

Dünya Sağlık Teşkilatı (WHO) rehberleri atıksu, kahverengi su ve gri suyun tarımsal amaçlı veya sucul ortamlarda güvenli olarak kullanılmasında insan sağlığı ve gıda güvenliği için standartların geliştirilmesinde risk analizi yaklaşımını temel alan uluslararası olarak da kullanılabilir temel metodolojileri önerirler (WHO,2006).

Grisu veya karışık atıksuyun güvenli yeniden kullanımı ile ilgili gereklilikleri ve limit değerleri içeren yasal düzenlemelerin oluşturulması veya geliştirilmesinde aşağıda aşamaları verilen bir süreç izlenmelidir:

- Mevcut politikalar ile uyumlu bir mekanizmanın oluşturulması
- Hedeflerin belirlenmesi
- Durum analizi, politikaların değerlendirilmesi ve ihtiyaç analizi
- Politik destek
- Araştırma

Öncelikle yasal düzenlemenin aşağıdaki hususlar dikkate alınarak oluşturulması esas olarak kabul edilmelidir:

- Tehlikeli etkilerin belirlenmesi
- Yönetimi açısından halk sağlığının korunması önlemleri ve sağlık risklerinin tanımlanması
- Sağlık risklerini yönetmede hedefler belirlenme
- Halk sağlığının korunmasına yönelik hedeflere ulaşmak için gerekli ölçümleri gerçekleştirme
- Sistemin değerlendirilmesi ve izleme.

Atıksuların geri kazanımında birincil riskler patojenler ve bazı kimyasallardan kaynaklanır. Yasal düzenlemelerin çerçevesi bu halk sağlığı ve çevresel etkileri tanımlayacak ve engelleyecek nitelikte olmalıdır. Atıksuların kullanımından kaynaklanabilecek tehlikeli etkiler Tablo 1'de verilmektedir (WHO,2006).

Tablo 1. Arıtılmış Karışık Atıksu, gri su ve Kahverengi Suyun Sulama Amaçlı Kullanımı veya Alıcı Ortama Deşarjında Muhtemel Tehlike ve Etkiler
(kaynak: WHO,2006)

Tehlike	Maruziyet	Yorum
Kahverengi Su Patojenleri		
Bakteri (Escheria celi, Vibriyon cholerae,Salmonellaspp.,Shigellaspp.)	Temas/ Tüketim	Bakteriler bitkiler üzerinde diğer patojenlere göre (helmitler vb.) daha kolay ölürler ancak yine de sağlık riski taşırlar. Kolera, dizanteri gibi hastalıklar atıksu, kahverengi su veya gri suyun sulama amaçlı kullanımında görülebilmektedir.
Helmintler Ascaris, Ancylostoma,Necator, Hymenolepis, Strongyloides,Toxocara, Trichuris,Taenia spp.	Temas/ Tüketim	Dezenfeksiyon şartları düşükse veya arıtılmadan kullanılması durumunda yüksek miktarda risk bulunmaktadır. Yumurtaları uzun süreli olarak ortamda kalabilir.
Trematodes (Clonorchis, Opisthorchis, Fasciola, Schistosoma spp.)	Temas/ Tüketim	Tarımsal sulama için kullanılması durumunda yüksek miktarda risk bulunmaktadır. Besin zincirine geçebilirler, schistosomiasis deri teması ile geçiş yapabilir.
Protozoa (Giardia, Cyclospora, Cryptosporidium, Entamoebaspp.)	Temas/ Tüketim	Atıksu ile sulanmış ortamda uzun süre yaşabilmektedirler.
Viruses (hepatitis A and E viruses, adenovirus, rotavirus, norovirus)	Temas/ Tüketim	Karışık atıksu ve kahverengi suda bulunma ve hastalık yapma riskleri yüksektir. Ortamda uzun süre yaşabilirler.
Taşıyıcı Patojenler (Plasmodium spp., dengue virus, Wuchereria bancrofti, Japanese encephalitis virus)	Taşıyıcı ile temas	Organik olarak kirlenmiş sularda bulunabilen patojenlerin çeşitli böcek ve sineklerle taşınma ve hastalık yapma riski bulunmaktadır.
Deri Tahriş Ediciler	Temas	Mikrobiyal ve kimyasal etkiler sebebi ile deriye temasda örneğin egzama benzeri hastalıklar oluşabilir.
Kimyasallar Antibiyotikler (chloramphenicol)	Tüketim	Tarımsal sulamada kullanılmaları durumunda veya alıcı ortama karışmaları durumunda potansiyel riskler taşımaktadırlar.
Cyanobacterial toxins (microcystin-LR)	Temas/ Tüketim	Tarımsal sulamada kullanılmaları durumunda tarımsal ürünler için potansiyel riskler taşımaktadırlar.
Ağır metaller (arsenik, kadmiyum, kurşun, civa)	Tüketim	Bitkilerde, sucul ortamlarda ve canlı hücrelerinde birikim yapabilirler.
Fitalatlar ve fenoller	Temas/ Tüketim	Arıtılmış suların geri kazanımı sonrası sucul ortamlara ulaşması ve içme suları kaynaklarını kontamine etmesi ile besin zincirine geçiş yapabilirler ve bazıları endokrin bozucu etkiye sahiptir.

3.2 ARITILMIŞ ATIKSUYUN YENİDEN KULLANIMINDA DAĞITIM SİSTEMLERİNİN ÖZELLİKLERİ

Halk sağlığının korunması, müşteri memnuniyeti ve güveninin sağlanması için, kaynağına bağlı olarak arıtılmış suyun son kullanıcı açısından uygun şartlarda kullanılması ve dağıtılmasından emin olmak önemlidir. Bunu sağlamanın en önemli adımlarından biri olan kalite kontrol ve izleme programlarının iyi tasarlanmış olması gerekmektedir. Etkin bir kalite kontrol sisteminin oluşturulmasında aşağıda verilen etkenlere dikkat edilmesi önerilir:

- Etkin izleme programı
- Etkin bakım ve proses kontrol programı
- Arıtma ve dağıtım sisteminin işletilmesinden sorumlu yetkin personel
- Örnekleme ve laboratuar analizi programlarının oluşturulması
- Operatörler için detaylı olarak hazırlanmış işletme el kitapları (EPA, 2012)

İnsani Tüketim Amacı Dışında Kullanım İçin Güvenlik Önlemleri

Arıtılmış suyun insani tüketim amaçlı veya dışı kullanımına bağlı olarak halk sağlığını korumak için kalite kriterlerine ihtiyaç olduğu kadar güvenlik önlemlerinin de tanımlanması gereklidir. Güvenlikte öncelik arıtılmış su dağıtım sisteminin tasarım, yapım ve operasyonunun çapraz etkileşmeye karşı korunması önlemlerinin alınması ile ilgili olmalıdır. Çapraz etkileşme içme suyu amacıyla kullanılan şebeke suyu hattının, şebeke suyu olamayan bir su kaynağı hattı ile fiziksel olarak kontamine olmasıdır. Bu nedenle dağıtım sisteminin aşağıda verilen bazı önlemler alınarak tasarlanması gerekir:

- Yanlış/ters bağlantı (cross-connection) engellemek için tasarım, yapım, kurulum ve operasyonla ilgili prosedür ve yasal düzenlemelerin oluşturulması
- Tüm sistemin bileşenlerinin işaretlenmesi için bir yöntemin geliştirilmesi
- Sistemin tüm bağlantılarının operasyonu, bakımı, kontrolü ve onaylanmasından sorumlu olacak personelin oluşturulması ve eğitimi
- Rutin izleme ve denetim programının oluşturulması
- Kullanıcıların bilgilendirilmesi ile arıtılmış suyun uygun olmayan kullanımının engellenmesi

Kullanıcıların veya halkın doğru bir şekilde bilinçlendirilmesi için yönlendirme levhaları ve işaretlerinin doğru olarak seçilmesi gerekmektedir. **Şekil 3**'de örnek olarak görüldüğü gibi

Florida Çevre Koruma Departmanı tarafından tanımlanan gerekliliklere göre uyarı levhasında "içilmez" uyarısı hem İngilizce hem İspanyolca olarak ve uluslar arası işaretler kullanılarak tasarlanmıştır (EPA, 2012).

Şekil 3. Florida Çevre Koruma Departmanı gerekliliklerine uygun olarak hazırlanmış bir uyarı levhası örneği

İşaretleme ve renklendirmeye ilave olarak şebeke suyu ve arıtılmış su hatlarının vana kapaklarının şekillerinin birbirinden farklı olarak tasarlanması sağlanabilir. Boşaltma sübapları sistemin diğer hatları ile benzer renkte olmalı ve işaretlere sahip olmalıdır. Sulama ve diğer kontrol cihazları hem dışarıda hem içeride işaretlenmelidir. Tüm arıtılmış atıksu boru hatları, vanalar ve çıkış hatları diğer su hatlarından ayrılabilmeleri için renk kodları ile veya özel işaretleme yöntemleri ile işaretlenmelidir. Örneğin Florida Çevre Koruma Departmanı gerekliliklerine göre bu hatlar Purple 522 C koduyla tanımlanan mor renktedirler.(EPA, 2012).

3.3 KALİTE GÜVENCE: İZLEME PROGRAMLARI

İzlemenin amacı, sistemin, yönetim sistemi ve arıtımın tasarım ve işletme beklentilerine uygun şekilde çalıştığının gözlenmesidir. İzleme programı yasal düzenlemeler ve izin verilen limitlerin gerekliliklerine uygun bir şekilde sadece çıkış suyu kalitesi değil aynı zamanda sistemin yüksek verim ve etkinlikte çalışması için oluşturulmalıdır. Bu nedenle izleme programları su kalitesi ve arıtma sistemi performansı hedefleri içermeli, bu hedeflerin gerçekleştirilebilmesi için izlenme sağlanmalı, hedeflerin sağlanamadığı durumlar için uygun aksiyonları içermelidir. Tablo 2'de örnek olarak Amerika Birleşik Devletleri Texas eyaletinde uygulanan su kalite gereklilikleri verilmektedir.

Tablo 2. Texas Eyaleti İçin Kalite İzleme Kriterleri

Kategori	İnsan teması var mı?	Örnekler	İzleme Sıklığı	Enterokok (EMS*/100mL)	Fekal Koliform veya E. coli (EMS/100mL)	$CBOİ_5$ veya $BOİ_5$ (mg/L)	Bulanıklık (NTU)
Tip I	Evet	sulama, rekreasyon amaçlı göletler, yangın söndürme, rezervuar suyu	Haftada 2 kez	9/4[1]	75/20**	5	3
Tip II	Hayır	kısıtlı veya uzakta yeniden kullanım	Haftada bir kez	35	800/200[1]	15 ya da 20***	-

*En Muhtemel Sayı Metodu

** ilk değer tek numunenin maksimum değerini, ikinci rakam ise 30-gün ortalama değerini ($BOİ_5$ ve bulanıklık) veya 30-gün geometrik ortalamayı (Fekal Koliform veya E. coli) gösterir.

*** 30-gün ortalama değeri; sadece karbonlu bileşiklerin $BOİ_5$ (nitrifikasyon inhibitörü ilaveli test) konsantrasyonu maksimum 15 mg/L, aynı periyot için $BOİ_5$ değeri 20 mg/L.

İzleme programının oluşturulmasında ilk adım, operasyonel ve yasal olarak karar verme ile ilgili olarak uygun ölçüm parametrelerinin seçilmesidir. Akış hızları, dağıtım sistemi su kalitesi (serbest klor ile ölçülebilir veya bakteriyolojik kalite) ve toplam askıda katı madde genellikle takip edilen parametrelerdir.

Ürün kalitesini izlemek için sistemlerde bazı parametreler online ölçüm cihazları kullanılarak izlenmektedir. Ancak birçok parametre örnek alma programı uygulanarak ölçülmelidir. Örnekleme sıklığı, suyun nihai kullanım amacına bağlı olarak belirlenmeli ve uygulanmalıdır (EPA, 2012).

3.4 GRİSU KALİTE KRİTERLERİ

Yöntem veya kapasiteden bağımsız olarak halk sağlığının korunması için öncelikli ilk gereklilik risk yönetimidir. Bu nedenle politika perspektifinden bakılacak olursa su kalitesi için şeffaf kriterler oluşturmak risk yönetiminin ilk adımıdır. NSF Standart 350 (NSF/ANSI Standart 350, 2011) yerinde kullanılan standartlar için su kalite kriterlerini belirler. Standartlar detaylı olarak değerlendirme, üretim spesifikasyonları, tasarım, yapım, üretim, çıkış suyu kalitesi ve arıtım performansı ile ilgili kriterleri de içerir. NSF/ANSI Standardı debisi 5.7 m^3/gün'e kadar veya daha büyük olan gri su arıtma sistemleri için hazırlanmıştır. Arıtılmış

suyun son kullanımı rezervuarlar gibi bina içi kısıtlanmış kullanım ve bina dışı bahçe sulaması gibi kısıtlanmamış kullanım için uygundur. Standart 350 çıkış kriterleri (Tablo 3) sistemin boyutu, giriş suyu özellikleri veya arıtım yönteminden bağımsız olarak kullanılabilir. Tablo 3'deki çıkış suyu kriterleri konutlarda arıtım için kısıtlanmış bina içi ve kısıtlanmamış bina dışı (Sınıf R), veya çok konutlu ve ticari sistemler için kısıtlanmış bina içi ve kısıtlanmamış bina dışı (Sınıf C) olarak sınıflandırılmıştır.

Tablo 3. NSF/ANSI Standart 350 çıkış suyu kriterleri

Parametre	**Sınıf R**		**Sınıf C**	
	Ortalama	**Tek Örnek (maksimum)**	**Ortalama**	**Tek Örnek (maksimum)**
Biyolojik Oksijen İhtiyacı ($BOİ_5$)	10	25	10	25
Askıda Katı Madde	10	30	10	30
Bulanıklık	5	10	2	5
E. coli (EMS/100mL)	14	240	2.2	200
pH	6.0-9.0	-	6.0-9.0	-
Depolama Tankı Dezenfeksiyonu [(1)] (mg/L)	≥0.5-≤2.5	-	≥0.5-≤2.5	-
Renk	Değer raporlanacak	-	Değer raporlanacak	-
Koku	Tespit edilmemeli		Tespit edilmemeli	
Yağ ve köpük	Tespit edilmemeli	Tespit edilmemeli	Tespit edilmemeli	Tespit edilmemeli
Enerji sarfiyatı	Değer raporlanacak	-	Değer raporlanacak	-

[1]toplam klorür; diğer dezenfektanlar da kullanılabilir

NSF/ANSI Standart 350-1 debisi 5.7 m^3/gün'e kadar olan sistemler içindir. Kapasitesi daha büyük çoklu-bileşenli sistemler için 6 aylık periyotlarda sistem performansının izlenmesi gereklidir. Bu tip sistemlerin son kullanımı daima yeraltı deşarjıdır (Tablo 4).

Tablo 4. NSF/ANSI Standart 350-1 yer altı deşarjı için çıkış suyu kriterleri

Parametre	Ortalama
Biyolojik Oksijen İhtiyacı ($BOİ_5$)	25 mg/L
Askıda Katı Madde	30 mg/L
pH	6.0-9.0
Renk	Değer raporlanacak
Koku	Tespit edilmemeli
Yağ ve köpük	Tespit edilmemeli
Enerji sarfiyatı	Değer raporlanacak

ANSI/NSF 350 ve 350-1 standartlarının gerekliliklerini karşılayabilecek arıtma proseslerinin son üniteleri ileri filtrasyon ve dezenfeksiyon olmalıdır. Membran biyoreaktör (MBR) sistemlerinin yerinde uygulamaları sonucu elde edilen su sulama amaçlı ve bina içinde insani tüketim amaçlar dışında kullanılabilir.

Örnek Çalışmalar (EPA,2012)

1- İspanya Arıtılmış Karışık Atıksu Kalite Standartları

İspanya'da su arıtımı ve geri kazanımı ile ilgili yasal düzenlemeler Royal Decree 1620/2007'de tanımlanmıştır. Geri kazanılmış suyun kalitesi parazitik helmint yumurtası, E. coli, askıda katı madde ve bulanıklık olmak üzere 4 ana parametre esas alınarak tanımlanmıştır. Legionella sp gibi diğer mikrokirleticiler ve fiziko-kimyasal parametreler arıtılmış suyun özel bazı kullanımları için kullanılmaktadır. Uygunluk durumuna, suyun geri kazanımı periyodu süresince kalite parametreleri ölçümlerinin %90'nının standardın şartlarını sağlaması ile karar verilir. İspanya'da Tossa de Mar şehri atıksularının yol ve bahçe sulama amacıyla kullanıldığı karışık atıksuların geri kazanımının gerçekleştirildiği 840 m^3/gün arıtma tesisi koagülasyon – flokülasyon, çöktürme, hızlı kum filtresi ve klorlama UV dezenfeksiyon ünitelerinden oluşmaktadır. Yakın gelecekte suyun evlerde bahçe sulaması için dağıtımı planlanmaktadır. Arıtılmış suyu kısıtlanmamış kentsel kullanımı ve bahçe sulaması için kabul edilebilir limit değerleri Tablo 5'de verilmektedir:

Tablo 5. Tossa de Mar şehri arıtılmış atıksu kriterleri

Parametre	**Limit Değer (kentsel sulama ve yol yıkama)**	**Limit Değer (bahçe sulama)**
Askıda Katı Madde	20 mg/L	10 mg/L
Bulanıklık	10 NTU	2 NTU
Parazitik helmitler	1 egg/10L	1 egg/10L
E. coli	200 cfu/100mL	bulunmayacak (cfu/100 mL)

2- Avustralya-Arıtılmış Grisu Kalite Standartları

Queensland /Avustralya'da tüm grisu arıtma tesisleri işletme için Queensland Altyapı ve Planlama Deparmanı'ndan izin almak zorundadır. Resmi onay, arıtılmış grisuyun 26 hafta boyunca izlenmesi ve limit değerlere uygun olduğunun görülmesi sonucu verilmektedir. Queensland yerel düzenlemelerine göre arıtılmış grisuyun rezervuarlar, çamaşır makineleri, araç yıkama gibi amaçlarla kullanılabilmesi için mimimumTablo 6'de verilen kriterleri sağlaması gerekmektedir.

Tablo 6. Queensland /Avustralya'da Yerel Yönetim Tarafından Belirlenmiş Arıtılmış Grisu Çıkış Suyu Kriterleri

Parametre	**Limit Değer (kentsel sulama ve yol yıkama)**	**Limit Değer (bahçe sulama)**
Biyolojik Oksijen İhtiyacı ($BOİ_5$)	<10 mg/L	10 mg/L
Askıda Katı Madde	<10 mg/L	
Bulanıklık	<5 NTU (max) <2 NTU (% 95)	2 NTU
Parazitik helmitler	1 egg/10L	1 egg/10L
E. coli	<10 cfu/100 mL (max) <1 cfu/100 mL (% 95)	bulunmayacak (cfu/100 mL)

3- Meksika - Arıtılmış Atıksuyun Tarımsal Sulamada Kullanımı

Arıtılmış karışık atıksuyun kullanılmasına yönelik olarak Meksika Çevre Mevzuatında yer alan düzenlemeler bulunmaktadır. Bu düzenlemelere göre tarımsal sulama ile ilgili limit değerler Tablo 7'de verilmektedir.

Tablo 7. Meksika - Arıtılmış Atıksuyun Tarımsal Sulamada Kullanımı Kriterleri

Parametre	**Limit Değer (Tarımsal Sulama)**
Biyolojik Oksijen İhtiyacı (BOİ)	40 mg/L
Toplam Fosfor	15 mg/L
Askıda Katı Madde	30 mg/L
TKN	25 mg/L
Fekal coli	1000 /100 mL

4- Japonya- Arıtılmış Atıksuyun Rezervuarlarda Kullanımı

Ülke genelinde yaklaşık 2500 binada atıksular yerinde toplanıp arıtılmakta ve geri kazanılmakta, ayrıca çatıdan yağmur suyu toplanarak çeşitli amaçlarla kullanılmaktadır. Yerinde atıksu geri kazanım uygulamarında, arıtılmış suyun en yaygın kullanım amacı tuvalet rezervuarlarında kullanım olmakla birlikte, yeşil alan sulama, soğutma, araç yıkama ve yangın söndürme amacıyla da kullanılabilmektedir (EPA 2012). Japonya'da, restoranlarda ve ofislerde oluşan gri su ve soğutma kulesi tahliye sularının arıtıldıktan sonra tuvalet rezervuarlarında kullanımına izin verilmekte, ancak tuvalet atıksularının (siyah su) yeniden kullanımına izin verilmemektedir. Japonya'da arıtılmış atıksuyun rezervuarlarda kullanımı için gerekli şartlar Tablo 8'de verilmektedir.

Tablo 8. Japonya'da Arıtılmış Atıksuyun Rezervuarlarda Kullanımı Kriterleri

Parametre	**Limit Değer**
Biyolojik Oksijen İhtiyacı (BOİ)	20 mg/L
Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)	30 mg/L
Serbest Klor	0,1 mg/L (serbest) 0,4 mg/L (bağlı)
E. coli	bulunmamalı
pH	5,8-8,6
Koku	olmamalı
Renk ve şeffaflık	Renksiz ve şeffaf

5- İngiltere- Yağmur Suyu Hasadı

İngiltere'de Ulusal Çevre Ajansı tarafından yayınlanmış olan rehber dokümanda, yağmur suyunun yeniden kullanımında dikkate alınması gereken parametre ve sınır değerleri Tablo 9'da verilmiştir.

Tablo 9. Toplanmış yağmur suyunun yeniden kullanımında limit değerler, Environment Agency, UK (2010)

Parametre	Rehber Verileri		Sistem Tipi
Kullanım amacı	Basınçlı yıkama ve bahçe fıskiyeleri	Bahçe sulama ve WC rezervuar	
Escherichia Koli sayısı/100 mL	1	250	Tek bölge ve ortak ev sistemleri
Toplam koliform sayısı/100 mL	10	1,000	Tek bölge ve ortak ev sistemleri
Legionella sayısı/L	100	-	Risk değerlendirmesine bağlı olarak analiz gerektiğinde
Bağırsak enterokoku sayısı/100 mL	1	100	Tek bölge ve ortak ev sistemleri
Depolanan arıtılmış suda çözünmüş oksijen	>10 % doygunluk veya >1 mg/L oksijen		Tüm sistemler
Askıda katı madde	Tüm kullanımlar icin görsel olarak berrak ve askıda madde olmamalı		Tüm sistemler
Serbest klor	<0.5 mg/L bahçe sulamada <2 mg/L diğer tüm kullanımlarda		Tüm sistemler, kullanıldığı durumda
Serbest bromür	<2 mg/L diğer tüm kullanımlarda		Tüm sistemler, kullanıldığı durumda
Renk	gözlenmemeli		Tüm sistemler
Bulanıklık	<10 NTU (UV dezenfeksiyonu için)		
pH	5-9		Tek bölge ve ortak ev sistemleri

*: Bu tablo “The Government’s Market Transformation Programme (MTP) tarafından Rainwater and Grey Water: Review of water quality standards and recommendations for the UK raporu kapsamında hazırlanmıştır.

6- Çin- Farklı Arıtılmış Atıksuların Farklı Kullanım Amaçları İçin Kullanımı

Tablo 10. Çin'de Geri Kazanım Kriterleri İle İlgili Uygulamalar

Parametreler	ÇİN GB/T18920-2002, GB/T18921-2002, GB3838-2002					
	Sınırlı yeniden kullanım	Sınırlandırılmamış yeniden kullanım	Tuvalet rezervuarı	sulama	Yıkama amaçlı	Yüzey suyu standardı
Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı ($BOİ_5$) mg/L	<6	<6	<10	<20	<10	<4
Askıda Katı Madde (AKM), mg/L	-	-	-	-	-	-
Bulanıklık, NTU	-	<5	<5	<20	<5	-
Fekal Koliform, sayı/100 mL	10000	500	3	3	3	10000
Toplam Koliform, sayı/100 mL	-	-	-	-	-	-
Toplam Çözünmüş Madde (TÇM), mg/L	-	-	<1500	<1000	<1000	-
Toplam Fosfor (TP), mg/L	0.5	0.5	-	-	-	0.05
Toplam Azot (TN), mg/L	15	15	-	-	-	1
Amonyum Azotu (NH_4^+-N), mg/L	<5	<5	<10	<20	<10	<1
Serbest Klor, mg/L	-	-	-	>1 (30 dak. sonra) >0.2 (kullanma noktası)	-	-
Renk, 1/m	30	30	30	30	30	-
Görünüş	-	-	-	-	-	-
Koku	-	-	-	-	-	-
pH	-	-	-	-	-	-

7- Dünya Sağlık Teşkilatı Kriterleri

Tablo 11. Dünya Sağlık Teşkilatı (WHO, 2006)

Parametreler	**WHO (Doğu Akdeniz), Ürdün WHO-EM/CEH/125/E, GW yeniden kullanım parametreleri**		
	süs bitkisi, meyva ağaçları and yem bitkileri	**Pişirilmeden yenen sebzeler**	**Tuvalet rezervuarı**
Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı ($BOİ_5$) mg/L	≤ 240 (örnek/ay)	≤ 20 (2 örnek/ay)	≤ 10 (örnek/hafta)
Askıda Katı Madde (AKM), mg/L	≤ 140 (örnek/ay)	≤ 20 (2 örnek/ay)	≤ 10 (örnek/hafta)
Bulanıklık, NTU	-	-	-
Fekal Koliform, sayı/100 mL	≤ 1000 (2 örnek/ay)	≤ 200 (örnek/2 hafta)	≤ 10 (örnek/hafta)

3.5 Ülkemizde Atıksuların Sulama Suyu Olarak Kullanımına Dair Yasal Düzenleme

Çevre Mevzuatında tarımsal amaçlı sulama sularının ve sulama suyu olarak kullanılacak arıtılmış atıksuların kriterlerine Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği, Atıksu Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliği (20.03.2010) içinde yer verilmiştir. Sulama suyu kriterleri tebliğinin eki olan "EK 7-Arıtılmış Atıksuların Sulama Suyu Olarak Geri Kullanım Kriterleri'nde verilmektedir. Tebliğe göre Evsel nitelikli atıksuların EK7-Tablo E7.1' de belirtilen parametrelerin temelinde yapılan analiz sonucuna göre aynı Tablonun Sınıf A veya Sınıf B bölümünde belirlenen alanlarda ve bitki türlerinde sulama suyu olarak kullanılmasına izin verilir. Kentsel nitelikli atıksularda Tablo E7.1'e ilaveten Tablo E7.2'de belirtilen parametreler temelinde yapılacak analiz sonuçlarına göre Tablo E7.3, Tablo E7.4, Tablo E7.5 ve Tablo E7.6'da belirtilen bitkilerin hassasiyet durumları da sulamada dikkate alınır. Sanayi tesislerinden kaynaklanan atıksuların Tablo E7.1, Tablo E7.2 ve Tablo E7.7'de belirtilen parametreler temelinde yapılacak analiz sonuçlarına göre yapılacak değerlendirme neticesinde sulama suyu olarak kullanılmasına izin verilmektedir. Tablo 12'de sulama suyu için kimyasal kalite kriterleri verilmiştir. Evsel nitelikli atıksular hariç sulamada geri kullanılacak arıtılmış atıksuların da bu kimyasal kriterleri sağlaması gerekmektedir.

Tablo 12 Atıksu Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliği Ek-7-Tablo 7.2 limit değerleri

Parametreler		Birimler	Kullanımında zarar derecesi		
			Yok (I. sınıf su)	Az – orta (II. sınıf su)	Tehlikeli (III. sınıf su)
Tuzluluk					
İletkenlik		µS/cm	< 700	700-3000	>3000
Toplam çözünmüş Madde		mg/L	< 500	500-2000	>2000
Geçirgenlik					
SAR_{Tad}	0-3	EC	≥ 0.7	0.7-0.2	< 0.2
	3-6		≥ 1.2	1.2-0.3	< 0.3
	6-12		≥ 1.9	1.9-0.5	< 0.5
	12-20		≥ 2.9	2.9-1.3	< 1.3
	20-40		≥ 5.0	5.0-2.9	< 2.9
Özgül iyon toksisitesi					
Sodyum (Na)					
Yüzey sulaması		mg/L	< 3	3-9	> 9
Damlatmalı sulama		mg/L	< 70	> 70	
Klorür (Cl)					
Yüzey sulaması		mg/L	< 140	140 –350	> 350
Damlatmalı sulama		mg/L	< 100	> 100	
Bor (B)		mg/L	< 0.7	0.7-3.0	> 3.0

Arıtılmış suyun sulamada kullanılması için iki değişik sınıf oluşturulmuş olup, bu kriterler minimum gereksinimleri sağlamakta ve bazı özel uygulamalarda ilave kriterler de uygulanabilmektedir (Tablo 13). Ticari olarak işlenmeyen gıda ürünlerinin ve park, bahçe gibi kentsel alanların sulanmasında, hem yenen ürün ile hem de park, bahçe gibi alanlarda insanların bitkileri ile su teması olabileceği için iyi kalitede sulama suyu gerekmektedir. Sulama suyunun mikrobiyolojik kalitesi çok iyi kontrol edilmelidir. Bunun yanında, ticari olarak işlenen gıda ürünleri (Meyve bahçeleri ve üzüm bağları), çim üretim ve kültür tarımı gibi halkın girişinin kısıtlı olduğu yerler ve otlak hayvanları için mera ve saman yetiştiriciliğinde, sulama suyu daha düşük kalitede olabilmektedir.

Tablo 13 Atıksu Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliği Ek-7-Tablo E7.1 Sulamada geri kullanılacak arıtılmış atıksuların sınıflandırılması

Geri kazanım türü	Arıtma tipi	Geri kazanılmış suyun kalitesi[a]	İzleme periyodu	Uygulama mesafesi[b]
Sınıf A				
a-Tarımsal sulama: Ticari olarak işlenmeyen gıda ürünleri[l] b-Kentsel alanların sulanması				
a)Yüzeysel ve yağmurlama sulama ile sulanan ve ham olarak direkt olarak yenilebilen her tür gıda ürünü b)Her türlü yeşil alan sulaması (Parklar, golf sahaları vb.)	-İkincil arıtma[c] -Filtrasyon[d] -Dezenfeksiyon[e]	-pH=6-9, -BOİ5 < 20 mg/L, -Bulanıklık < 2 NTU, -Fekal koliform: 0/100 mL[g,h] -Bazı durumlarda, spesifik virüs, protozoa ve helmint analizi istenebilir. -Bakiye klor > 1 mg/L[i]	-pH: Haftalık -$BOİ_5$: Haftalık -Bulanıklık: Sürekli -Koliform: günlük -Bakiye klor: sürekli	İçme suyu temin edilen kuyulara en az 50 m mesafede
Açıklamalar: *-Tarımsal sulamada tavsiye edilen ağır metal analizlerine dikkat edilmelidir., -Standartları sağlamak üzere filtrasyon öncesinde koagülant ilavesi yapılabilir., -Geri kullanılacak arıtılmış atıksu renksiz ve kokusuz olmalıdır., -Virüs ve diğer parazitlerin yok edilmesi için daha uzun dezenfeksiyon temas süreleri kullanılabilir. -Arıtılmış atıksu dağıtım sisteminde (en son uygulama noktasında) bakiye klor değeri 0.5 mg/L'nin üzerinde olmalıdır. -Virüs ve diğer parazitlerin yok edilmesi için daha uzun dezenfeksiyon temas süreleri kullanılabilir. -Yüksek nütrient içeriği besinleri büyüme aşamasında etkileyebilir.*				
a-Tarımsal sulama: Ticari olarak işlenen gıda ürünleri[m] b-Girişi kısıtlı sulama alanları c- Tarımsal sulama: Gıda ürünü olmayan bitkiler				
a)Meyve bahçeleri ve üzüm bağları gibi ürünlerin salma sulama ile sulanması b)Çim üretimi ve kültür tarımı gibi halkın girişinin kısıtlı olduğu yerler c)Otlak hayvanları için mera sulaması	-İkincil arıtma[c] -Dezenfeksiyon[e]	-pH=6-9, -BOİ5 < 30 mg/L, -AKM < 30 mg/L, -Fekal koliform < 200 ad/100 mL[g,j,k] -Bazı durumlarda, spesifik virüs, protozoa ve helmint analizi istenebilir. -Bakiye klor > 1 mg/L[i]	-pH: Haftalık -$BOİ_5$: Haftalık -AKM: günlük -Koliform: günlük -Bakiye klor: sürekli	-İçme suyu temin edilen kuyulara en az 90 m mesafede. -Yağmurlama sulama yapılıyor ise halkın bulunduğu ortama en az 30 m mesafede
Açıklamalar: *-Tarımsal sulama için tavsiye edilen limitlerde göz önünde bulundurulmalıdır. -Püskürtmeli sulama yapılıyor ise AKM < 30 mg/L olmalıdır. -Yüksek nütrient içeriği besinleri büyüme aşamasında etkileyebilir. -Süt hayvanlarının meralara girişi sulama yapıldıktan 15 gün sonra olmalıdır. Bu süre kısa olması gerektiği durumlarda, Fekal koliform değeri en fazla 14 ad/100 mL olabilir.*				

[a]Aksi belirtilmedikçe, arıtılmış atıksu kalitesini belirtmektedir.
[b]Su kaynalarını ve dolayısıyla insanları arıtılmış atıksuyun etkisinden korumak için konuluş bir sınırlamadır.
[c]İkincil arıtma, aktif çamur sistemleri, biyodisk, damlatmalı filtreler, stabilizasyon havuzları, havalandırmalı lagünleri vb içerebilir.
[d]Kum filtreleri veya mikrofiltrasyon ile ultrafiltrasyon gibi membran filtreler olabilir.
[d]ezenfektan olarak klor kullanılması, diğer dezenfeksiyon yöntemlerinin de kullanımını kısıtlamaz.
[f]Tavsiye edilen bulanıklık değeri dezenfeksiyon öncesinde sağlanmalıdır. Hiçbir zaman 5 NTU'yu geçmemelidir. Bulanıklık yerine AKM'nin kullanıldığı durumlarda, AKM değeri 5 mg/L'nin altında olmalıdır.
[g]7günlük ortalama değerleri karakterize eder.
[h]Fekal koliform değeri hiç bir zaman 14 ad/100 mL'yi geçmemelidir.
[i]Bakiye klor değeri 30 dk temas süresi sonrasındaki değeri kazakterize etmektedir.
[j]Fekal koliform değeri hiç bir zaman 800 ad/100 mL'yi geçmemelidir.
[k]Stabilizasyon havuzları Fekal koliform değerini dezenfeksiyon olmadan da sağlayabilir.
[l]İleri arıtma uygulanmalıdır.
[m]Ticari olarak işlenen gıda ürünleri halka satılmadan önce patojen mikroorganzmaların öldürülmesi için fiziksel veya kimyasal bir işlemden geçirilen ürünlerdir.

Atıksuların araziye verilmeye veya sulamaya uygun olup olmadığını belirlemek için incelenmesi gereken en önemli parametreler şunlardır:

- Su içindeki çözünmüş maddelerin toplam konsantrasyonu ve elektriksel iletkenlik,
- Sodyum iyonu konsantrasyonu ve sodyum iyonu konsantrasyonunun diğer katyonlara oranı,
- Bor, ağır metal ve toksik olabilecek diğer maddelerin konsantrasyonu,
- Bazı şartlarda Ca^{+2} ve Mg^{+2} iyonlarının toplam konsantrasyonu,
- Toplam katı madde, organik madde yükü ve yağ gres gibi yüzen maddelerin miktarı,
- Patojen organizmaların miktarı.

Atıksudaki çözünmüş tuzlar, bor, ağır metal ve benzeri toksik maddeler yörenin iklim şartlarına, toprakların fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerine bağlı olarak ortamda birikebilmekte, bitkiler tarafından alınabilmekte veya suda kalabilmektedir. Bu nedenle, arıtılmış atıksuların arazide kullanılması ve bertarafı söz konusu ise suyun fiziksel, kimyasal ve biyolojik parametreler açısından öngörülen sınır değerlere uygunluğunun yanı sıra, bölgenin toprak özellikleri iklim, bitki türü ve sulama metodu gibi etkenler de dikkate alınmalıdır. Ek-7 Tablo 7.7'de ise toksik özellikteki ağır metallerin arıtılmış atıksu içindeki konsantrasyonları ve bu değerlere göre sınıflandırması yapılmıştır (Tablo 14).

Tablo 14. Atıksu Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliği Tablo 7.7 limit değerlerinin karşılaştırılması

Parametreler	İzin verilen maksimum konsantrasyonlar	
	Her türlü zeminde sürekli sulama yapılması durumun da sınır değerler (mg/L)	pH değeri 6,0-8,5 arasında olan killi zeminlerde 24 yıldan daha az sulama yapıldığında (mg/L)
Alüminyum (Al)	5.0	20.0
Arsenik (As)	0.1	2.0
Berilyum(Be)	0.1	0.5
Bor (B)	-[3]	2.0
Kadmiyum (Cd)	0.01	0.05
Krom (Cr)	0.1	1.0
Kobalt (Co)	0.05	5.0
Bakır (Cu)	0.2	5.0
Florür (F)	1.0	15.0
Demir (Fe)	5.0	20.0
Kurşun (Pb)	5.0	10.0
Lityum (Li)[1]	2.5	2.5
Mangan (Mn)	0.2	10.0
Molibden (Mo)	0.01	0.05[2]
Nikel (Ni)	0.2	2.0
Selenyum (Se)	0.02	0.02
Vanadyum (V)	0.1	1.0
Çinko (Zn)	2.0	10.0

[1] *Sulanan narenciye için 0.075 mg/L'dir.*

[2] *Yalnız demir içeriği fazla olan asitli killi topraklarda izin verilen konsantrasyondur.*

[3] *Tebliğ Ek 7 Tablo E7.6'da verilmiştir.*

Tablo 7.2 ve Tablo 7.7'de verilen genel değerlendirmeleri yapılan suların sulama suyu olarak kullanımları durumunda, sulaması yapılacak bitki ve toprak türüne göre ilave değerlendirmelerin yapılması gerekmektedir. Yine tebliğe bağlı EK 7'de yer alan Tablo E7.3'de çeşitli bitkiler ve bunların tuzluluğa olan hassaslıkları verilmiştir. Tablo E7.4'de sulama suyunda bulunan sodyumun değişik bitkiler için toleransı verilmiştir. Klorür de benzer şekilde zarar vermektedir. Klorürün etkisi daha çok kavak gibi ağaçlarda olmaktadır. Sebze ve tarla bitkileri, SAR değeri çok yüksek değilse, sodyum ve klorürden etkilenmemektedir. Tablo E7.5'de, değişik bitkilerin yapraklarına zarar veren klorür konsantrasyonları belirtilmiştir. Tablo E7.6'de bitkilerin bora karşı dayanıklılık dereceleri verilmiştir.

3.6 Kalite Kriterleri Açısından Değerlendirme ve Öneriler

Bu bölümde yukarıdaki başlıklar altında karışık atıksular, gri su ve yağmur sularının arıtımı sonrası geri kazanımının yönetimi için oluşturulacak yasal düzenlemelerin oluşturulmasında

dikkate alınması gereken kriterler ele alınmıştır. Bu kriterlerin ortaya konulması için Dünya Sağlık Teşkilatı (WHO) tarafından 2006 yılında, arıtılmış atıksuların geri kazanımı ile ilgili politika ve düzenlemelerin oluşturulması kapsamında yayınlanan rehber doküman, Amerikan Çevre Ajansı (EPA) tarafından 2012 yılında yine arıtılmış suların kullanımına ilişkin yayınlanan rehber doküman ve çeşitli ülkelerin uygulama örnekleri incelenmiştir.

Bu proje kapsamında karışık atıksu, gri su ve yağmur suyunun turizm tesislerinde su kaynağı olarak bahçe sulama ve rezervuarlarda kullanımı için yöntem ve teknoloji önerileri geliştirilerek projelendirilmesi çalışmaları gerçekleştirilecektir. Bu suların arıtıldıktan sonra kullanım amaçları çıkış suyunda izlenmesi gereken parametreler açısından dikkate alınacak en önemli etkendir. Yukarıda bahsedilen rehber doküman ve örnek uygulamalarda da bahsedildiği gibi öncelikle izleme programının oluşturulmasında ilk adım, uygun ölçüm parametrelerinin seçilmesidir. Öncelikle sistemin bakteriyolojik su kalitesi E. coli/Fekal koliform ve Toplam Koliform parametrelerinden biri ile veya dezenfeksiyon sonrası serbest klor ile organik kirlilik yükü açısından biyolojik oksijen ihtiyacı ve toplam askıda katı madde, pH ve renk parametrelerinin takip edilmesi önerilir.

Sulamada tekrar kullanılacak arıtılmış atıksulardaki en büyük risk, mikroorganizmalar tarafından bulaştırılabilecek hastalıklardır. Bu mikroorganizmalar, bakteriler, virüsler, helmintler ve protozoa olabilir. Helmintler (otlak hayvanları için mera sulamada dikkat edilmelidir.) ve protozoalar genellikle, bağırsak parazitleri olarak adlandırılır. Arıtılmış atıksuyun mikrobiyolojik kalitesi, suyun kullanılabilirliği hakkında bilgi verir. Bu riskler, arıtma tesisinin ve arıtılmış atıksuyun uygulandığı yerin birlikte kontrol edilmesi ile azaltılabilir.

Hazırlanacak düzenlemelerde çıkış suyu kalitesinin arıtma sisteminin kapasitesi de dikkate alınarak izleme sıklığının da tanımlanması önemlidir. İzleme yöntemlerinin yanı sıra arıtılmış suyun dağıtım sisteminin özellikle insani tüketim amaçlı şebeke suları hatlarını kontamine etmesini engellemek üzere güvenlik önlemleri ile ilgili gereklilikleri içermelidir.

4 PAYDAŞ ANALİZİ

Bu bölümde Ülkemizde turizm sektörünün önemi ve turizm istatistikleri, atıksu geri kazanımının sosyal boyutu ve kullanıcıların katılım ve proje paydaş analizi başlıklarına yer verilmiştir.

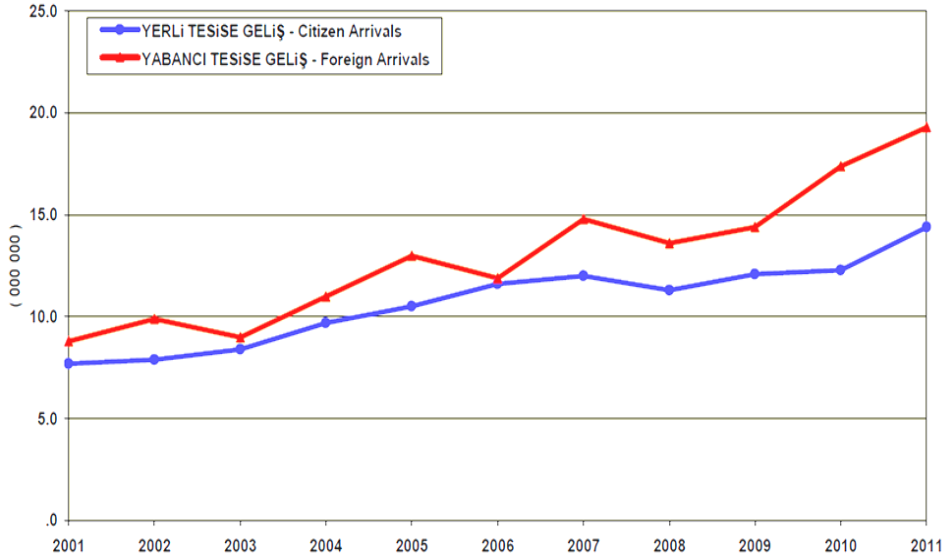
4.1 ÜLKEMİZDE TURİZM SEKTÖRÜ VE TURİZM İSTATİSTİKLERİ

Ülkemiz doğal güzelliklerinin yanında kültürel özellikleri, tarihi yerleşim yerleri ve eserleri ile yabancı ve yerli turistlerin uğrak yeri konumundadır. T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı Yatırım ve İşletmeler Genel Müdürlüğü raporlarına göre 2011 yılında işletme belgeli tesislerde toplam tesise geliş sayısı 33,6 milyondur. Bunun % 57,3 'ini yabancılar, % 42,7'sini yerli turist teşkil etmektedir. Buradan gelen Turizm geliri ise 2011 yılında yaklaşık 23 milyon USD'dır ve 2011 yılı itibariyle Türkiye dünya sıralamasında gelen turist sayısı bakımından 6. sıraya yükselmiştir. Ülkemizde turizm bölgelerinde görülen bu artış, gerek temiz su temini, gerekse de atıksu bertarafı açısından altyapı sistemlerini zorlamaktadır. Mevsimler arasında hizmet verilen nüfus çok farklıdır ve pik su ihtiyacı ile sezon dışında ortalama su ihtiyacı karşılaştırıldığında büyük bir uçurum dikkat çekmektedir. Bu duruma, Antalya Havzası için hazırlanan Havza Koruma Eylem Planlarında da yer verilmiş ve turizm faaliyetleri baskı unsurları arasında belirtilmiştir (Antalya HKEP 2013). Bununla birlikte, çevre üstündeki baskılardan bir diğeri yeraltı suyu kaynakları üstündedir. Yaz aylarında turizm tesisleri ve ikincil konutların, yeraltından çok fazla su çekmesine bağlı olarak geri dönüşü çok güç olan tuzlanma problemiyle karşı karşıya kalınmaktadır. Bir diğer baskı da atıksu altyapı sistemleri üstündendir. Artan atıksu debisi ile birlikte atıksu altyapısı da zorlanmakta, çoğu zaman kapasitesinin sınırında çalışan arıtma tesisleri, yaz aylarında yaşanan ani yağış durumlarında yeterli olamamakta ve yağmur suyu ile birlikte arıtılmamış atıksu deşarjları ile karşılaşılmaktadır. Bu durum, Havza Koruma Eylem Planları arasında da işaret edilmiş ve yaz nüfusunda yaşanan aşırı artışlar sonucu artan su kullanımları ile beraber evsel atıksu debileri arttığı ve bunun sonucunda da havzada alıcı ortamlara deşarj edilen arıtılmamış atıksuların, yüzey ve yeraltı sularının kirlenmesine neden olduğu belirtilmiştir (Antalya HKEP 2013). Tüm bu problemler ve baskılar, uzun vadede turizm sektörünün de etkilenmesine, gelen turist sayısında ya da niteliğinde değişiklikler olmasına sebep olabilir. Bu nedenlerle,

her turizm bölgesi, su ihtiyacı ve atıksu arıtımı açısından analiz edilmeli, ihtiyaçları ve zayıf yönleri doğrultusunda etkin bir su ve atıksu yönetimi stratejisi geliştirilerek uygulanmalıdır.

Turizm İstatistikleri

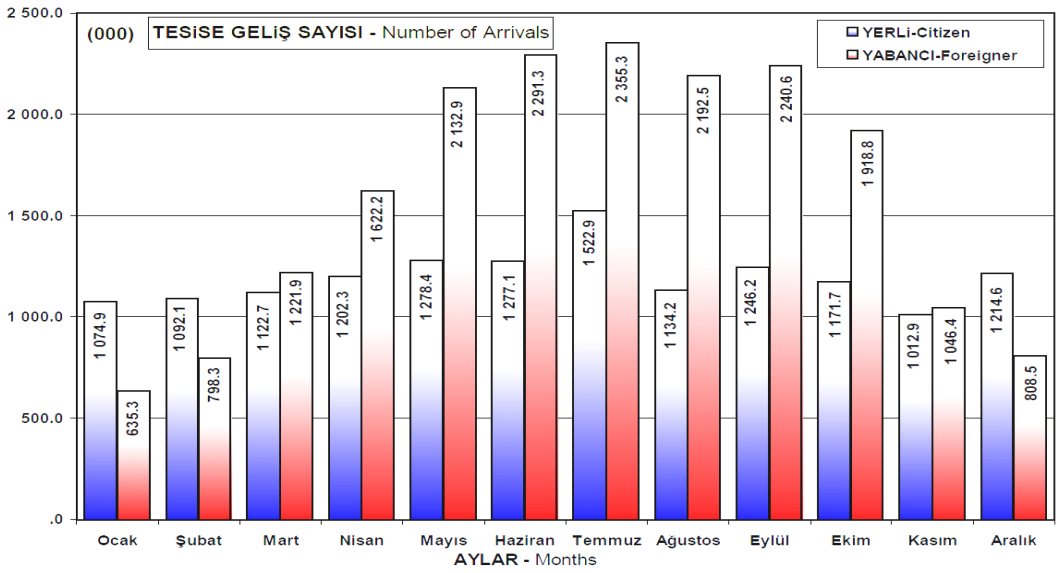
Turizm sektörünün gelişimi ve turist sayısındaki değişim su ve atıksu yönetiminin değerlendirilmesi açısından önemlidir. 2011 yılında toplam geceleme sayısı 106,5 milyondur. Bunun %74,1 'ini yabancı turistin gecelemeleri, %25,9 'unu ise yerli turistin gecelemeler oluşturmaktadır. Turizm işletme belgeli konaklama tesislerinde yıllara göre turist sayısında değişimi Şekil 4'de gösterilmektedir. Tesiste ortalama kalış süresi yabancılar için yıllık ortalama 4 gece, yerliler için 2 gecedir. Yatak üzerinden yıllık ortalama doluluk oranı ise % 51,5'dir. Doluluk oranının en yüksek olduğu ay % 52,4 yabancı ile Eylül ayı, % 17,4 yerli ile Temmuz ayı ve % 65,9 toplamla da Temmuz ayıdır.



Şekil 4. Turizm işletme belgeli konaklama tesislerinde 2011 yılı için tesise geliş sayısı

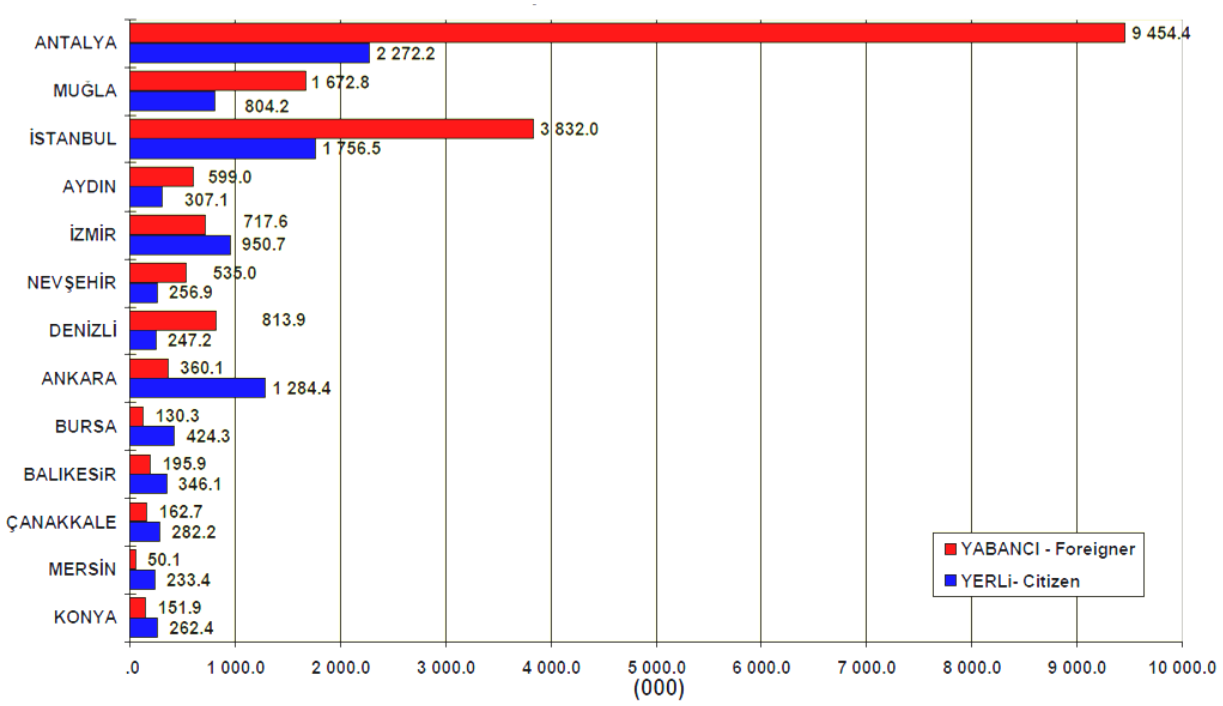
Şekil 5'te toplam tesise geliş sayısı ve gecelemelerin aylara göre dağılımı yerli ve yabancı turist için ayrı ayrı verilmiştir (http://www.ktbyatirimisletmeler.gov.tr/TR,9853/istatistikler.html). Tesis cins ve sınıflarına göre yabancılar için ortalama kalış süresinin en uzun olduğu tesis türü 6,0 gece ile Oberjlerdir. Bunu 5,7 gece ile Turizm Kompleksleri, 5,3 gece ile Tatil Köyleri izlemektedir. Yerliler için ortalama kalış süresinin en uzun olduğu tesis türü 3,5 gece ile Tatil Köyleridir. Bunu 3,4 gece ile Apart Oteller, 3,0 gece ile Turizm Kompleksleri izlemektedir.

Yabancı doluluk oranının en yüksek olduğu tesis türü yıllık ortalama % 64,4 ile golf tesisleridir. Bunu % 53,1 ile tatil köyleri, % 46,3 ile turizm kompleksleri izlemektedir. Yerli doluluk oranının en yüksek olduğu tesis türü % 40,8 ile oberjlerdir. Bunu %34,6 doluluk oranı ile çiftlik evi-köy evi , %32,8 ile dağ evi izlemektedir. Turizm işletmesi belgeli konaklama tesislerine giriş yapan toplam 19,3 milyon yabancının 4,7 milyonunu Almanlar gerçekleştirmiş olup, toplam yabancılar içinde % 24,4 ile ilk sırayı almaktadır. Bunu 2,6 milyon (% 13,3) ile Rusya Federasyonu, 1,4 milyon (% 7,5) ile İngiltere izlemektedir. Toplam 78,9 milyon yabancı gecelemenin 23,7 milyonu (% 30,0) Almanlar, 12,5 milyonu (% 15,9) Rusya Federasyonu, 7,2 milyonu (%9,2) İngiltere tarafından gerçekleştirilmiştir. Belgeli konaklama tesislerinde en uzun süre kalan yabancılar 6,2 gece ile Kosova olup, bunu 5,4 gece ile Lüksemburg, 5,2 gece ile Avusturya izlemektedir.



Şekil 5. 2011 yılında tesise geliş sayısının aylara göre dağılımı

Şekil 6'da 2011 yılı için bazı turistik illerimizde tesise geliş sayısını göstermektedir. Buna göre, beklendiği üzere Antalya en fazla yerli ve yabancı turistin geldiği ilimiz olmuş, Antalya'yı sırasıyla Muğla ve İstanbul takip etmiştir.



Şekil 6. 2011 yılı için bazı turistik illerimizde tesise geliş sayısı

4.2 ATIKSU GERİ KAZANIMININ SOSYAL BOYUTU VE KULLANICILARIN KATILIMI

Fayda maliyet analizinin ve fizibilite çalışmasının sonuçları bir projenin uygulanabilirliği açısından karar vericilerin kullanacağı başlıca kriterlerdir. Bu çalışmalarının sonuçlarının olumsuz olması büyük olasılıkla projenin uygulamaya geçirilmemesine sebep olacaktır. Ancak olumlu sonuçlar projenin uygulanması için tek başına yeterli değildir. Sosyal sebepler de uygulanabilirliği etkilemektedir. Örneğin, A.B.D.'de birçok yerleşim biriminde ortak çamaşır makineleri kullanılmaktadır. Türkiye'deki birçok şehirli, orta halli ev hanımı için ise başkasının çamaşırlarını yıkadığı makineyi kullanmak düşünülemez. Bu şartlar altında "kirli" olduğu düşünelen geri kazanılacak suyun sadece park-bahçe sulaması için kullanılması dahi çeşitli kültürler için sorun haline gelebilir. Bu nedenle, maliyet analizi yapılmış ve faydalı olduğuna karar verilmiş projelerin hayata geçirilebilmesi ve sürdürülebilir şekilde uygulanabilmesi için öncelikli olarak geri kazanılmış suyun, "kirli" olmadığına dair farkındalık yaratılması, projenin uygulanabilirliğini etkileyecek en önemli sosyal unsurdur.

Halkın atıksu geri kazanımına yaklaşımı, su temininde karşılaştığı güçlükler, suya olan ihtiyacı, suyun maliyeti, sosyo kültürel yapısı, alışkanlıkları ve çevre bilincine göre değişiklik göstermekle birlikte, çoğu zaman atıksu geri kazanımının güvensiz ve sağlıksız olduğu düşüncesi ağır basmakta ya da daha genel olarak atıksuyun yeniden kullanımı fikrine genel bir isteksizlik duyulmaktadır. Buna karşın geri dönüştürülmüş suyun içme hariç, sifon suyu ve yeşil alan sulama gibi alanlarda kullanımına halkın yaklaşımının pozitif olduğunu belirleyen çeşitli çalışmalar bulunmaktadır (Lazarova vd. 2003). Sydney, Avustralya'da yapılan bir çalışma, katılımcıların %95'inin, arıtılmış gri suyun bahçe sulamada kullanımına, olumlu baktığını göstermiştir. Aynı çalışmada, olumlu cevapların, arıtılmış atıksu ile doğrudan insan teması olup olmamasıyla direk ilgili olduğu belirtilmiştir. Örneğin, arıtılmış gri suyun tuvalet rezervuarlarında sifon suyu olarak kullanımı, arıtılmış gri suyun araba ya da çamaşır yıkamada kullanımı ile karşılaştırıldığında çok daha yüksek oranda kabul edilebilir bulunmuştur (Brown ve Davies 2007).

Ortadoğu'da yapılan bir çalışmada iki farklı ülkenin (Umman ve Filistin) gri su geri kazanımına yaklaşımı değerlendirilmiştir (Allen vd., 2010). Amman'da yapılan ankete katılımcıların çoğunluğu (%76) gri su geri kazanımını ve arıtılmış gri suyun sulamada kullanımını kabul etmiştir. Olumsuz olarak cevaplayan katılımcılara gerekçeleri sorulduğunda sırasıyla şu şekilde cevaplar alınmıştır: güvenilir değil (olumsuz yaklaşanların %88'i), dini hassasiyetler sebebiyle kullanmak istemiyorum (olumsuz yaklaşanların %60'ı), çevreye zararı olacağını düşünüyorum (olumsuz yaklaşanların %53'ü) (Jamrah vd. 2008). Her ne kadar Suudi Arabistan'da İslami Âlimler Konseyi (CLIS) 1978 yılında, arıtılmış atıksuların bir sağlık riski teşkil etmediği sürece yeniden kullanılabileceği görüşünü yayınlamış (Al-Jayyousi 2010) olsa da Amman örneğinde olduğu gibi atıksuyun yeniden kullanımının İslam dini inançları ile uyumlu olmadığı şeklinde algı oluşabilmektedir. Filistin'de yapılan anket çalışmasında ise sonuçlar şu şekilde olmuştur. Anket çalışması, Qebia Kadın Kooperatifi projesiyle gri su geri kazanım sistemi kuran ve arıtılmış gri suyu bahçe sulamada kullanan ailelerle yapılmıştır. Anket sonuçları, ailelerin %89'unun gri su geri kazanım sistemi kurmadan önce de gri suları arıtmadan doğrudan sulamada kullandıklarını göstermiş ancak kullananlardan %53'nün arıtılmamış gri suyun topraklarını ve bitki gelişimini olumsuz etkilediklerini düşündüğünü, %36'sı ise arıtılmamış gri suların kullanımının insan sağlığı açısından sakıncalar doğurabileceğini düşündüğünü belirtmiştir (Burnat ve Eshtayah 2010).

Gri suyun geri kazanımı ile ilgili endişeler genel olarak sağlık riski, atıksuyun arıtılma maliyetinin yüksek olacağı ve yaşam standartlarında düşüş olacağı şeklindedir. Barselona'da (İspanya) yapılan bir çalışmada, çalışmaya katılanların %84'ü gri su geri kazanımını güvenli ve düşük ya da çok düşük sağlık riski taşıdığını belirtmiştir. Aynı çalışmada halkın gri su geri kazanımını kabul etmesini etkileyen faktörlerin, algılanan sağlık riski, gri su geri kazanımının maliyeti, sistemin işletilmesi için harcanan çaba ve çevre bilinci olduğu belirlenmiştir (Domenech ve Sauri 2010).

Farklı ülkelerde ve birbirinden çok farklı sosyo ekonomik düzey ve kültürlere sahip ülkelerde yapılan tüm bu çalışma sonuçları değerlendirildiğinde, gri su geri kazanımının halk tarafından kabul edilmesini etkileyecek temel kriterler şu şekilde sıralanabilir:

- güvenli ve sağlık açısından risksiz arıtılmış su elde edilmesi
- yatırım maliyeti ve geri ödeme süresi
- kültürel ve dini değerlere uygunluk,
- uygulama kolaylığı
- çevre bilinci ve konu hakkında bilgisi

Yapılan çalışmalar göstermektedir ki, halkın konu hakkında bilgisinin arttırılması ve konuya olan desteğinin sağlanması için eğitim ve kampanyaların rolü önemlidir. Bu nedenlerle, gri su geri kazanım sistemlerinin yaygınlaşması ve kullanıcılar tarafından kabul edilmesi için kullanıcılar aktörler arasında yer almalı, sürece başından dahil olmalı ve böylece kullanıcı ihtiyaçları ve endişeleri de projenin başlangıcında göz önünde bulundurulmalıdır. Tüm bu çalışmaları yaparken, halkla iletişim kurabilmek için ortak bir dilin oluşturulması ilk adım olmalıdır. Arıtılmış suyun yararlı kullanımı için en çok 'atıksuyun yeniden kullanımı/geri kazanımı' ifadeleri kullanılmaktadır. Belirlenen yeniden kullanım uygulaması için uygun olarak belirlenen arıtılmış atıksuya genellikle geri kazanılmış su ya da ıslah edilmiş su adı verilmektedir. Ancak halkın geri dönüştürülmüş kâğıt, cam, plastik ve diğer evsel atıklara aşina olması ve geri dönüşüm söz öbeğinin ne anlama geldiğini iyi bilmesinden ötürü, 'geri dönüştürülmüş su' ifadesi de tercih edilebilir. Bazı ülkelerde geri dönüştürülmüş atıksu için başka ifadeler de kullanılabilmektedir. Bunlara birkaç örnek olarak, Fransa'da "endüstriyel" su, Singapur'da "NeWater", Hollanda'da "Eko-Su" ifadesi kullanılmaktadır (Lazarova vd. 2010).

Sonuç olarak, su kaynakları yönetiminde, ekonomik ve sosyal gelişmişliğin önemi açıktır. Sosyal gelişmişlik ve ekonomik gelişmişliğin bir arada bulunması durumunda, su kaynakları yönetimi sürdürülebilir olmakta ve her açıdan yaşanabilir bir çevre ile sonuçlanmaktadır. Ancak bu öğelerden herhangi birisi eksik kaldığında örneğin sosyal gelişmişlik ve iş imkânları yeterli değilse ulaşılan sonuç sürdürülebilir olamamaktadır. Ekonomik gelişmişlik ve sosyal gelişmişlik ile su kaynakları yönetiminin ilişkisi aşağıda turizmde sürdürülebilir atıksu yaklaşımı örneğinde (Şekil 7) gösterilmiştir.

Şekil 7. Turizmde sürdürülebilir atıksu yönetimi yaklaşımı
(Lazarova vd. 2012'den uyarlanmıştır)

4.3 PROJE PAYDAŞ ANALİZİ

Bir projenin sonuçlarının uygulanabilirliğinin sağlanabilmesi için, paydaşların proje başlangıcında belirlenmesi ve proje sürecine katılımlarının sağlanması önemlidir. Paydaş Analizi, projenin kilit paydaşlarını belirlemek, projeyle ilgilerini ve projeye etkilerini değerlendirmek için sistematik bir şekilde bilgi toplama ve analiz sürecidir.

Bu amaçla, ilk olarak projenin paydaş tanımları yapılmış, projeye etkileri belirlenmiştir. Bu kapsamda, Türkiye Su Enstitüsü (SUEN) ile birlikte sürdürülen çalışmanın bir sonucu olarak

doğrudan projeye katılımının sağlanması mümkün olmayan bir paydaş olan turistlerin (turizm tesislerinin kullanıcılarının) yaklaşımlarını ölçmek amacıyla anket uygulaması gerçekleştirilmiştir. Turizm alanındaki yatırım ve işletmecilerin görüşlerini almak üzere hazırlanan bir bilgi formu ise web sitesi üzerinden kullanıcılara açılmış ve görüşleri alınmıştır.

Paydaş Analizi sürecinde gerçekleştirilen toplantılar ve çalıştay (23-24/07/2013) ile aşağıdaki çalışmalar tamamlanmıştır. Çalışmalara ÇTÜE uzmanları ve proje ekibi ile SUEN ekibi ve moderatör olarak konu uzmanı katılmıştır.

1. Paydaşların belirlenmesi
2. Paydaşların ilgilerinin ve çıkarlarının tespiti
3. Paydaşların güçlerinin ve etkilerinin saptanması
4. Paydaş analizi matrisi

Bir projenin paydaşları o projeyi olumlu ya da olumsuz, doğrudan ya da dolaylı etkileyebilen ya da projenin uygulanması ile sonuçlardan etkilenecek bütün kişi, grup, kurum ve işletmelerdir. Paydaşlar tanımlanırken öne çıkan hususlar projeyi etkileme ve projeden etkilenme, proje kaynaklarına katkıda bulunma ve proje çıktılarından yararlanma durumudur. Kilit paydaşlar ise proje üzerinde önemli ölçüde etki sahibidirler ya da projenin başarısı için katılımları önemlidir. Paydaşların projenin başında doğru olarak tanımlanması projenin başarısı için son derece önemlidir.

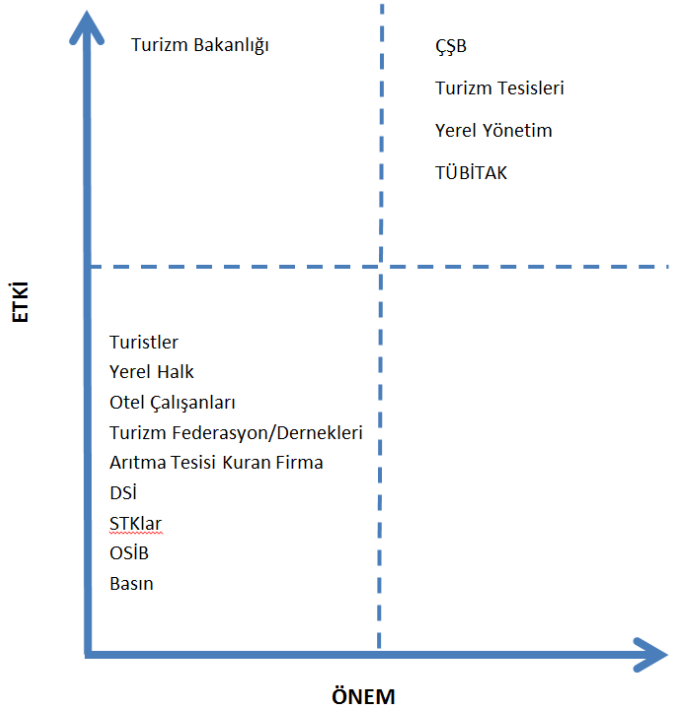
Birincil paydaşlar hedef gruplar ve nihai yararlanıcılardır. İkincil paydaşlar ise birincil paydaşlara hizmet sağlamada aracılık edecek kişi, kurum ya da kuruluşlardır. Projenin paydaşları belirlendikten sonra her bir paydaşın etki ve önemi değerlendirilir. Etki, paydaşların proje üzerindeki gücü olarak tanımlanır. Resmi kontrol ya da uygulamayı engelleyici veya kolaylaştırıcı gayri resmi kontrol olarak ortaya çıkar. Önem, paydaşın aktif katılımının proje amaçlarının gerçekleştirilmesinde oynadığı rol ile belirlenir. Etkisi yüksek paydaşlarla iletişim kurulması “yaptık-oldu” yerine tercih edilmelidir.

Yukarıda verilen bilgiler temel alınarak yapılan paydaş analizi çalışmasında aşağıdaki paydaşlar belirlenmiştir.

1. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (ÇŞB)
2. Turizm Tesisleri
3. Yerel Yönetimler

4. Turistler
5. Orman ve Su İşleri Bakanlığı (OSİB)
6. Kültür ve Turizm Bakanlığı
7. Yerel Halk
8. TÜBİTAK (ÇTÜE)
9. Turizm Federasyonu ve Dernekleri
10. Otel Çalışanları
11. Sivil Toplum Kuruluşları
12. Basın
13. Arıtma tesisi kuran firmalar
14. Pilot turizm tesisleri
15. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü (DSİ)

Söz konusu paydaşların projeye etkileri ve proje amaçları açısından önemleri değerlendirildiğinde Şekil 8'de verilen matris ortaya çıkmıştır.



Şekil 8. Proje paydaşlarının etki ve önem dereceleri

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı projenin destekleyicisi ve aynı zamanda da çıktıların dolaylı olarak nihai yararlanıcısıdır. Turizm tesisleri uygulayıcı işletmelerdir ve proje sonuçlarından mali olarak etkilenme durumları vardır, projenin nihai yararlanıcısı konumundadır. Su ve kanalizasyon hizmetlerini sağlamakta olan yerel yönetimler, sonuçlardan istifade edecek paydaşlardır. TÜBİTAK ise Paydaş Analizi kavramı içinde verilen tarifiyle projenin teknik olarak yürütüldüğü kuruluştur. Bu üç kuruluş, yapılan çalışmada hem etki hem de önem olarak öne çıkan birincil paydaşlardır.

Yerel yönetimler hariç diğer paydaşlar bilfiil projenin parçasıdır ve görev üstlenmişlerdir. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Kalkınma Bakanlığı'ndan aldığı bütçe ile projenin finansmanını sağlamaktadır ve proje sürecine aktif katılımı söz konusudur. TÜBİTAK projeyi yapan kuruluştur. Seçilen iki adet pilot turizm tesisi ile protokol imzalanmıştır ve teknik çalışma için gerekli veriler bu tesislerden toplanmaktadır. Ayrıca daha fazla turizm tesisine ulaşabilmek amacıyla turizm tesislerine yönelik bir anket, yüz yüze görüşme ve web üzerinden Türkiye Otelciler Federasyonu (TÜROFED ve TUROB) desteğiyle uygulanmıştır. Anket sonuçları aşağıda turist anketi ile birlikte değerlendirilmiştir. Anket aracılığı ile turizm tesislerinin projeye katılımları sağlanmıştır (anket örneği EK-1'te sunulmuştur).

Turistlerin yapılan analizde projeye etkileri ve önemleri düşük olarak çıkmıştır, çünkü projenin sonuca ulaşmasını doğrudan etkilememektedirler. Karar alma sürecinde resmi bir kontrolleri yoktur. Projenin uygulanmasını engelleyici ya da kolaylaştırıcı bir konumda değillerdir. Proje amaçlarının geliştirilmesi için aktif katılımları gerekmemektedir. Ancak, teknoloji değerlendirmesi ve seçilmesinde izlenmesi gereken adımlar olan teknik analiz, mali analiz ve ekonomik analiz sonuçları ne olursa olsun, turistlerin önerilen sistemleri kabulleri, doğrudan doğruya proje sonuçlarının uygulanabilirliğini etkileyebilir.

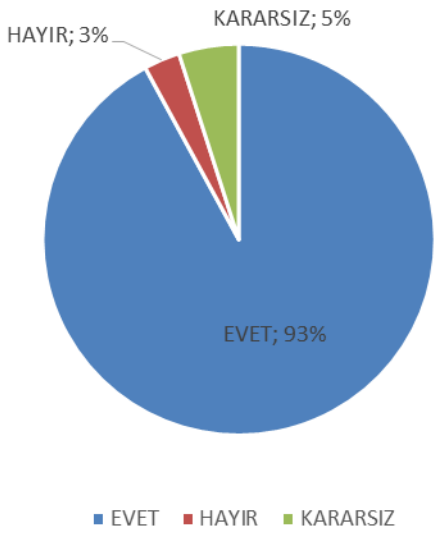
Turistlerin projeye etkilerinin ve önemlerinin düşük çıkması, proje amacının tanımlanma şeklinden kaynaklanmaktadır. Projenin amacı, çevre dostu, en uygun atıksu geri kazanım modelinin belirlenmesi olarak tanımlanmıştır. Yüklenici (TÜBİTAK MAM ÇTÜE) proje sonuçlarının uygulamaya geçirilmesinden sorumlu değildir. Projenin tamamlanması ile birlikte Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın resmi karar verici olarak proje sonuçlarına dayanarak stratejileri belirlemesi ve mevzuat hazırlaması söz konusudur. Bu durumda turist tercihleri projenin başarıyla sonuçlanması açısından değil, proje sonuçlarının başarıyla uygulanabilmesi için önemlidir.

Yapılan paydaş analizi sonucunda, projenin yapılması açısından birincil paydaş olmamakla birlikte sonuçların uygulanabilirliğinin değerlendirilmesi açısından turist tercihlerinin belirlenmesinin öneminin ortaya çıkmasıyla, çalıştay sırasında turistlere uygulanacak anketin ana hatları belirlenmiştir. Anket ile turistlerin tatil beklentileri, tercihleri ve tüketim alışkanlıkları ile çevresel göstergelerin bu hususları nasıl etkilediği üzerinde durulmasına karar verilmiştir.

Turist Anketi: turist anketi, Ekim 2013'te Sultanahmet'te SUEN uzmanları tarafından 100 yabancı turiste uygulanmıştır. Paydaş Analizi Turist Anketi Sonuçları ile ilgili rapor EK -2'te verilmektedir.

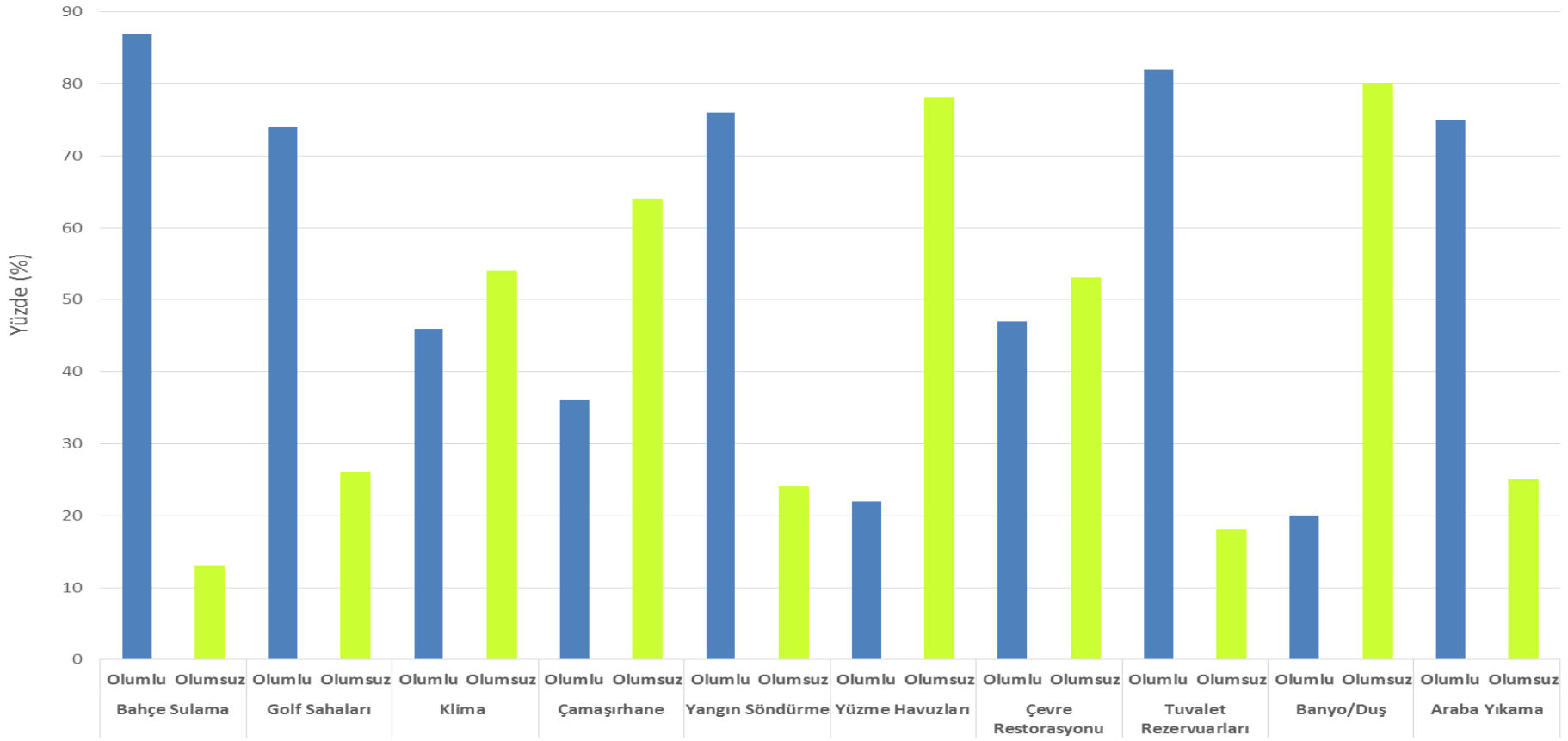
Çalışmanın yapılabilmesi için veri toplama amaçlı, çoklu seçenekli 32 soruluk bir anket hazırlanmıştır (EK-3 **). Seçilen pilot turizm tesislerini kullanan yabancı misafir oranı göz önüne alınarak hedef kitle olarak yabancı turistler belirlenmiştir. Hedef kitle üzerinde hiçbir demografik ayrım gözetilmemiş, iyi bir temsil oranı yakalayabilmek için Sultanahmet semti ve sezon dönemi tercih edilmiştir. Türkiye Su Enstitüsü'nden dört kişilik bir ekip iki gün boyunca yüz yüze mülakatlar ile anketi 100 yabancı turiste uygulamıştır.

Elde edilen sonuçlara göre hiçbir demografik ayrım söz konusu olmadan %93'ünün arıtılmış atıksuyun yeniden kullanımından yana olduğu görülmüştür. Katılımcıların %4'ü kararsız kalırken sadece %3'ü olumsuz görüş bildirmiştir (Şekil 9).



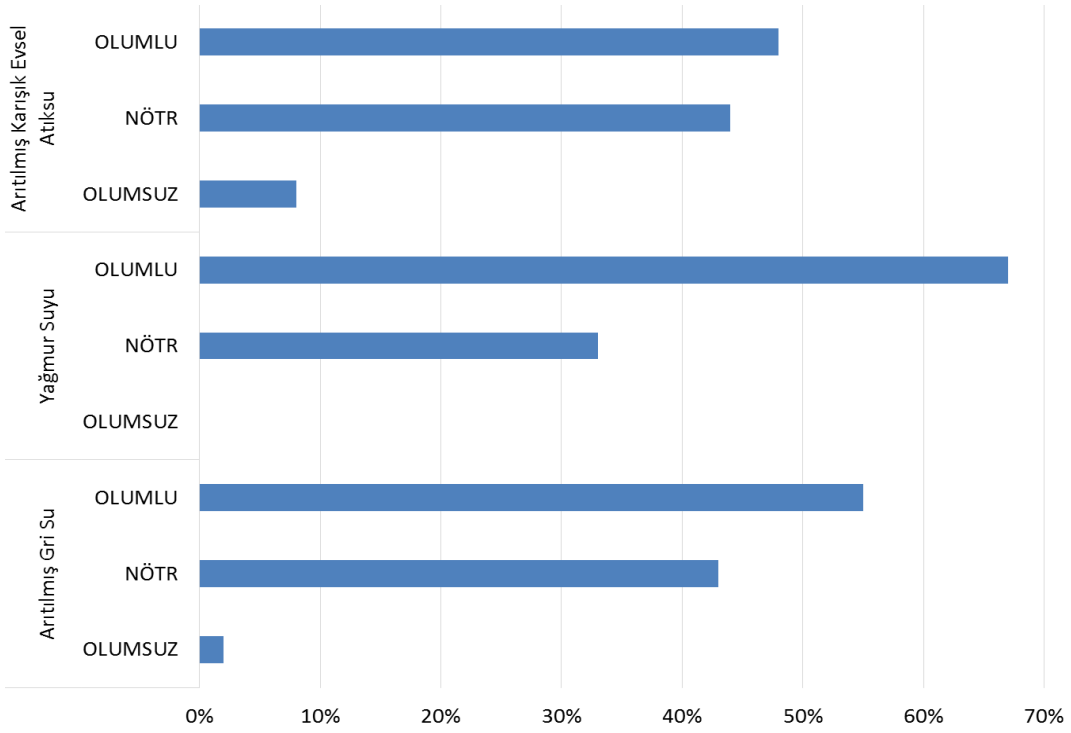
Şekil 9. Arıtılmış atıksuyun yeniden kullanılmasına karşı turistlerin genel bakışları

Örnekleme grubunun %87'si arıtılmış atıksuların yeniden kullanımı bahçe sulama amaçlı olduğunda konuya olumlu yaklaşmış, tuvalet rezervuarlarında kullanım söz konusu olduğunda bu oran %82'ye düşmüştür. Golf sahalarının sulanması, yangın söndürme ve araba yıkama amaçlı geri kazanılmış su kullanımı %70'in üzerinde olumlu karşılanmakla beraber iklimlendirme (klima), çamaşırhane, yüzme havuzlarının doldurulması, çevre restorasyonu, banyo/duş amaçlarıyla kullanım için olumlu görüş %50'nin altına düşmektedir (Şekil 10).

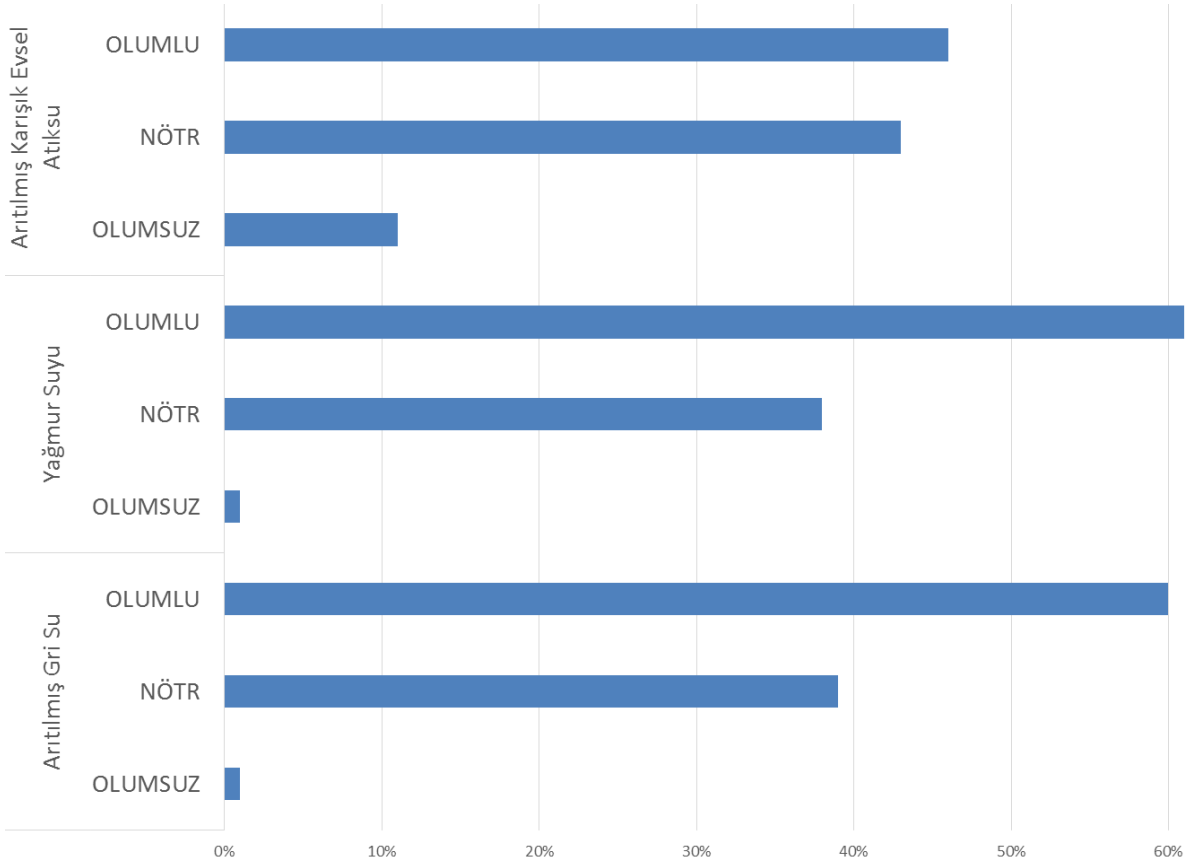


Şekil 10. Atıksuların yeniden kullanım amacına göre turistlerin tepkileri

Bahçe sulaması ve rezervuarda kullanım ayrıca sorulduğundan sulama amaçlı yağmur suyu hasadına olumsuz yaklaşan kimse bulunmazken, arıtılmış gri suyun sulama amaçlı kullanımı %2 oranında, arıtılmış karışık evsel atıksuyun sulama amaçlı kullanımı ise %4 oranında olumsuz karşılanmıştır. İki kaynak için de olumlu görüş bildirenler değerlendirildiğinde arıtılmış gri suyun bahçe sulamada ve rezervuarda kullanımının olumlu karşılanma oranının daha yüksek olduğu görülmektedir (Şekil 11 ve Şekil 12). Bununla birlikte, arıtılmış gri suyun rezervuarda kullanımının, gri suyun bahçe sulamada kullanımına göre daha yüksek oranda olumlu olarak değerlendirildiği dikkat çekmektedir. Karışık evsel atıksuda ise tam tersi bir durum söz konusudur, rezervuarda kullanımı olumlu yanıtlayanların oranı, bahçe sulama kullanımı olumlu yanıtlayanlara kıyasla bir miktar daha düşüktür. Her iki kullanım amacı için gri su ve arıtılmış atıksuyun kullanımına olumlu ve nötr yanıtını verenler bir arada değerlendirildiğinde ise gri suyun kullanımının bir miktar daha olumlu olduğu görülmekle birlikte aradaki farkın çok da yüksek olmadığı söylenebilir.



Şekil 11. Arıtılmış atıksuların bahçe sulamasında kullanımına yönelik turistlerin tepkileri



Şekil 12. Arıtılmış atıksuların rezervuar doldurulmasında kullanımına yönelik turistlerin tepkileri

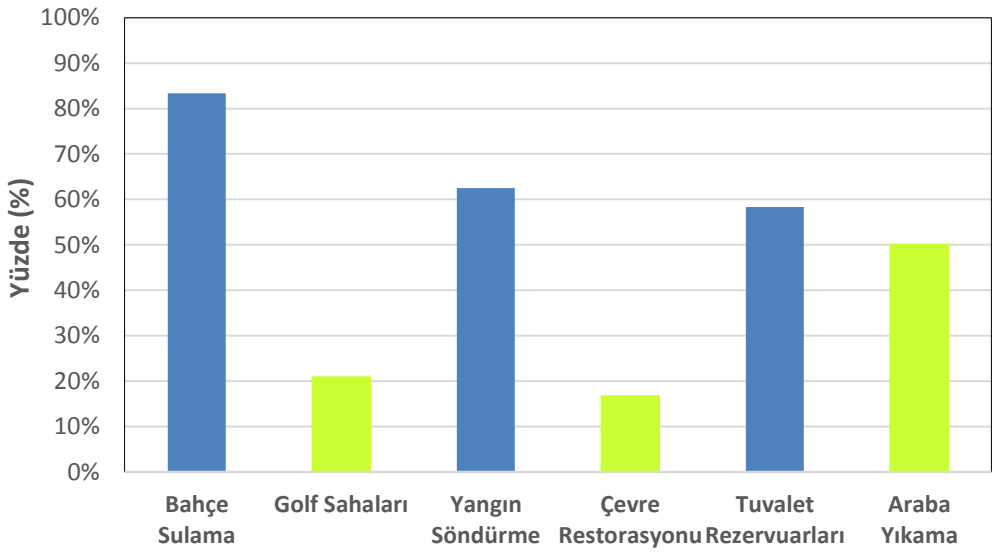
Otellerin çevre performansının, turistlerin tercihleri konusunda belirleyici bir faktör olmadığı görülmüştür. Bilgilendirmenin yaygın bir şekilde yapılması ve bilgi akışının güvenilen kaynaklar tarafından sağlanıyor olması, turistlerin farkındalığını etkileyebilmektedir.

Turizm Tesisleri Anketi: turizm tesislerinin atıksu geri kazanımına bakışları toplam 24 otelin teknik müdürleri tarafından doldurulan anketler üzerinden değerlendirilmiştir. Anket 8 otelle yüz yüze görüşme ile doldurulmuştur.

Ankette, tesis bilgileriyle birlikte farklı atıksu geri kazanım alternatiflerinin çoklu seçenekli olarak sorulduğu sorular yer almıştır. Bununla birlikte otel yöneticilerinin, çevre yatırımlarının kararı alınırken dikkate alınan kriterleri öncelik sırasına göre puanlamaları istenmiştir Puanlama sonuçları çoklu kriter analizinde kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre tüm turizm tesislerinin arıtılmış atıksuyun kullanımına pozitif yaklaştıkları görülmüştür. Bununla

beraber, otel misafirlerinin çevre koruma ve sürdürülebilirlik konularındaki duyarlılığına dair otel yöneticilerinin değerlendirmeleri şu şekildedir; verilen cevapların %13'ü otel misafirleri bu konuya dikkat ediyor derken, %38'i bazı misafirlerin bu konuya dikkat ettiğini ifade etmiştir. %8 oranında bu konuda bir duyarlılık olmadığı ifade edilirken, %29 bu konuda olumlu veya olumsuz fikir beyan edememiştir. Çevre duyarlılığının maliyetlere yansımasının ise %42 oranında otel misafirlerince kabullenilmeyeceği, %29 oranında az bir fiyat farkının kabul bulacağı ifade edilmiştir. Otel yöneticilerinin %21'i bu konuda fikir beyan etmemiştir.

Atıksuların yeniden kullanım amacı söz konusu olduğunda ise, turizm tesislerinin %83'ü arıtılmış atıksuların bahçe sulama amaçlı yeniden kullanımına olumlu yaklaşmış, bahçe sulamayı sırasıyla %63'le yangın söndürme, %58 ile tuvalet rezervuarlarının doldurulması izlemiştir, oranları daha düşük olmakla birlikte golf sahalarının sulanması, çevre restorasyonu ve araba yıkama da arıtılmış atık suların yeniden kullanımı açısından olumlu görüş alan alternatifler arasında yer almıştır (**Şekil 13**).

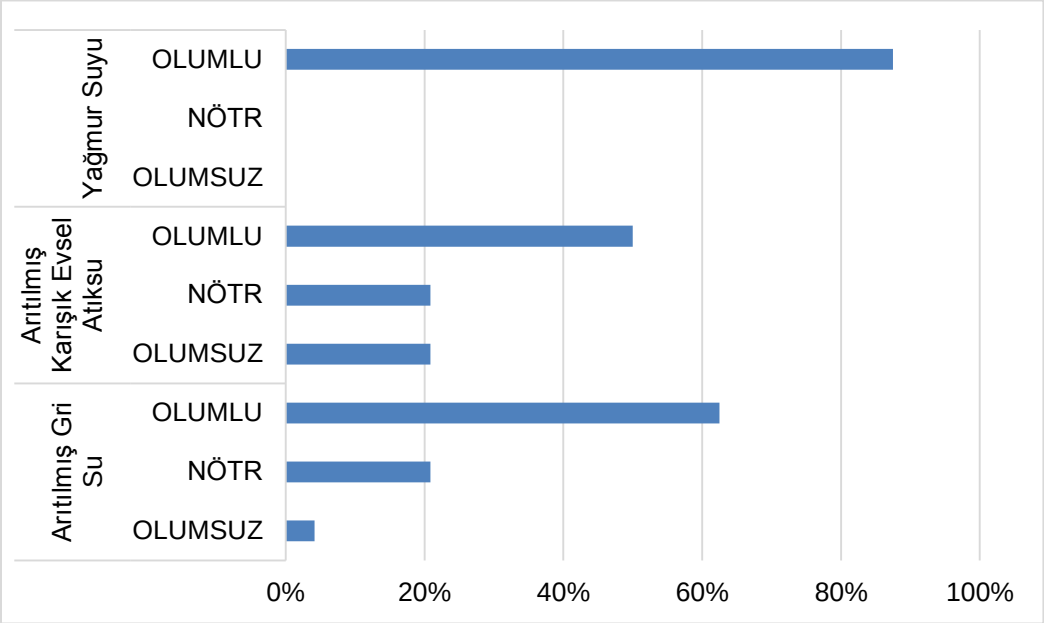


Şekil 13. Turizm tesislerinin atıksuların yeniden kullanım amacına yaklaşımı

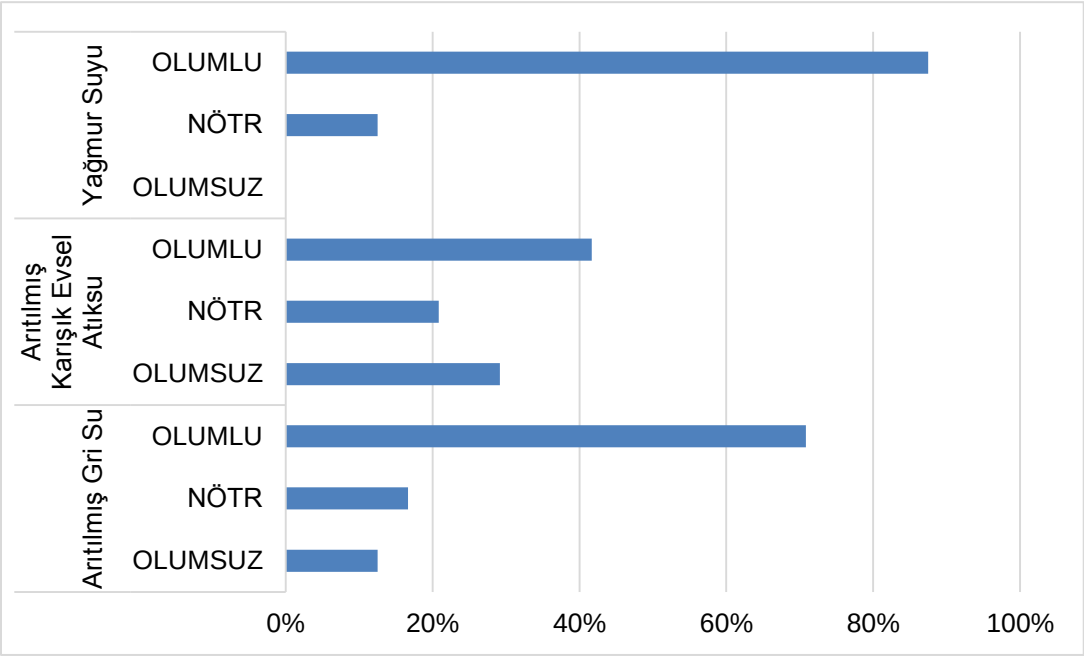
Farklı atıksu kaynaklarının bahçe sulaması ve tuvalet rezervuarlarında kullanımı ayrıca sorulduğunda ise sulama amaçlı yağmur suyu hasadına olumsuz yaklaşan kimse bulunmazken, arıtılmış gri suyun sulama amaçlı kullanımı %4,2 oranında, arıtılmış evsel atıksuyun sulama amaçlı kullanımı ise %20,8 oranında olumsuz karşılanmıştır. İki kaynak

için de olumlu görüş bildirenler değerlendirildiğinde arıtılmış gri suyun bahçe sulamada ve rezervuarda kullanımının olumlu karşılanma oranının arıtılmış karışık evsel atıksuyun kullanımına göre daha yüksek olduğu görülmektedir (Şekil 14, Şekil 15)). Bununla birlikte, arıtılmış gri suyun rezervuarda kullanımının, gri suyun bahçe sulamada kullanımına göre daha yüksek oranda olumlu olarak değerlendirildiği dikkat çekmektedir. Karışık evsel atıksuda ise tam tersi bir durum söz konusudur, rezervuarda kullanımı olumlu yanıtlayanların oranı, bahçe sulamada kullanımı olumlu yanıtlayanlara kıyasla daha düşüktür. Her iki kullanım amacı için gri su ve arıtılmış atıksuyun kullanımına olumlu ve nötr yanıtını verenler bir arada değerlendirildiğinde ise gri suyun kullanımının daha olumlu karşılandığı görülmektedir. Gri suyun, bahçe sulamada kullanımını, olumlu ve nötr karşılama durumu %83, arıtılmış atıksuyun kullanımını olumlu ve nötr karşılama durumu ise %71'dir. Rezervuarda kullanım için ise, gri su %88 oranında olumlu ve nötr karşılanırken, arıtılmış atıksu %63 oranında olumlu ve nötr karşılanmıştır (Şekil 14, Şekil 15). Sonuç olarak olumlu ve nötr yanıtların toplamı alınarak yapılan değerlendirmeye göre, atıksu geri kazanımının kabul edilebilirliği sırasıyla arıtılmış gri suların rezervuarda kullanımı (%88), arıtılmış gri suların bahçe sulamada kullanılması (%83), arıtılmış karışık evsel atıksuyun bahçe sulamada kullanılması (%71), arıtılmış karışık evsel atıksuyun rezervuarda kullanımıdır (%63). Bu değerlendirmelere esas teşkil eden anket sorusunda 24 otel işletmesinin 21 ila 22 sinin ilgili soruya cevap verdiği, 2 ila 3 işletmenin Şekil 14'i oluşturan soruya yanıt vermediği ifade edilmelidir.

Sarı suyun ve kahverengi suyun ayrılarak çeşitli amaçlarla kullanımı değerlendirildiğinde, sarı suyun otel bahçesinde kullanımı %42 oranında olumlu karşılanırken, sarı suyun ayrılması %33 oranında olumlu bulunmuştur. Sarı suyun tarımsal amaçlı kullanımı ise %29 oranında olumlu bulunmuştur. Kahverengi suyun ayrılarak enerji eldesi ise %38 oranında olumlu karşılanmıştır (Şekil **16**). Kahverengi suyun ayrı toplanması ve arıtılarak enerji elde edilmesi konusunda olumsuz görüşler, koku yaratacağı düşüncesi, depolama alanı yetersizliği ile gerekçelendirilirken olumlu görüşler, alternatif enerji kaynağı olması ile gerekçelendirilmiştir. Bir otel tarafından fizibilite çalışması gerekliliği ifade edilerek işin yatırım maliyetinin önemli bir husus olduğunun altı çizilmiştir.

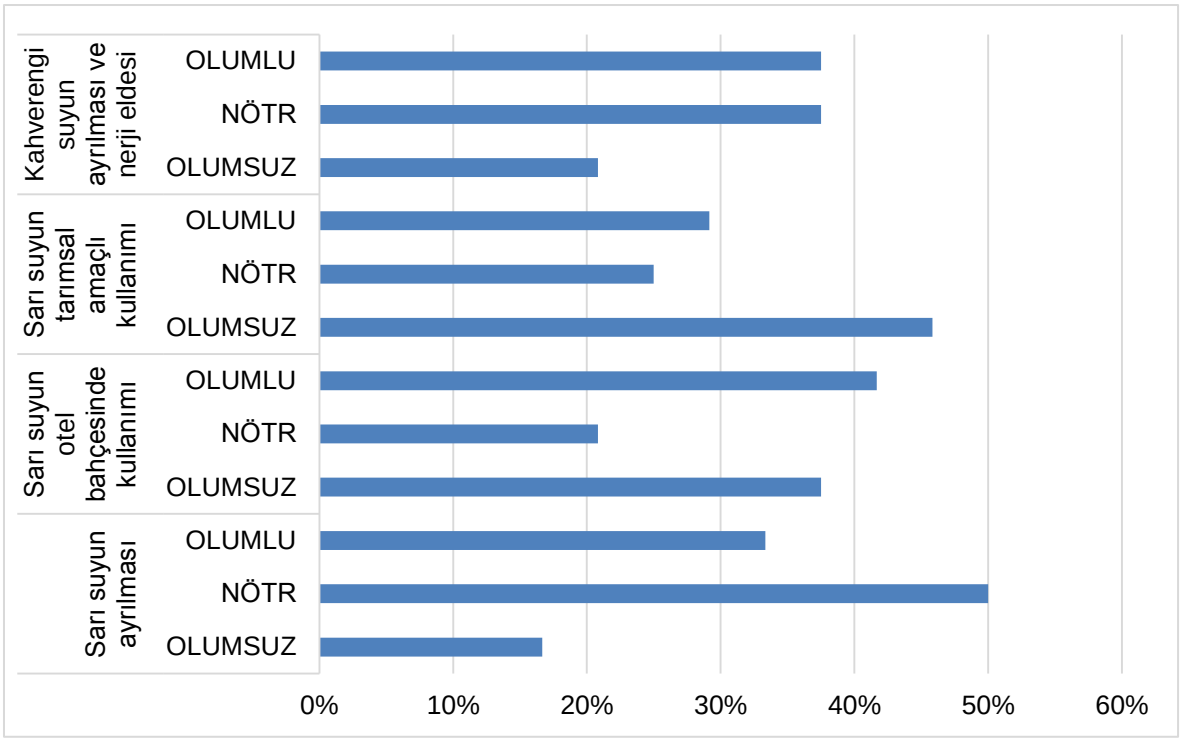


Şekil 14. Arıtılmış atıksuların bahçe sulamasında kullanımına yönelik turizm tesislerinin tepkileri



Şekil 15. Arıtılmış atıksuların rezervuar doldurulmasında kullanımına yönelik turizm tesislerinin tepkileri

Sarı suyun gübre olarak değerlendirilmesini ve otelin bahçesinde, yeşil alanda kullanımını olumlu değerlendiren otel işletmelerinde gerekçeler, suyun geri kazanımına, atık değerlendirmeye ve su tasarrufuna dair hassasiyet olarak kaydedilmiştir. Bu başlığa dair olumsuz yanıtlar ise koku ve hijyen endişesi, misafirlerin konuya mesafeli duracağı ve rahatsızlık duyacağı şüphesi olarak görülmektedir. Otelin yeterli yeşil alanı olmaması da olumsuz yanıt oluşturmuştur. Sarı suyun yakında otel alanında depolanması ve sonrasında tarıma satışı konusundaki olumsuz yaklaşımın nedenleri otelin tarım alanlarına uzaklığı, yeterli depolama alanı olmayışı, koku yaratacağı düşüncesi, olumlu yaklaşımın nedenleri ise gübre sağlanacağı, organik tarım açısından olumlu olacağı şeklinde sıralanmıştır.



Şekil 16. Sarı ve kahverengi suyun kullanımına yönelik turizm tesislerinin tepkileri

5 PROJE BÖLGESİ VE PİLOT TURİZM TESİSLERİ BİLGİLERİ

5.1 PİLOT TURİZM TESİSİ ALTYAPI BİLGİLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Turizm tesislerinde ve otellerde su kullanım alışkanlıkları ve buna bağlı olarak oluşan atıksuyun karakterizasyonu değişiklik gösterebilmektedir. Bu nedenle atıksuyun yeniden kullanımına yönelik sektörel öneriler belirlenmeden önce durumun ortaya konması önemlidir. Bunun ilk aşaması ise temsil edici ve farklı nitelikte tesislerde izleme yaparak müşterilerin su kullanım alışkanlıklarının, bu alışkanlıkların zamana bağlı değişiminin ve buna bağlı olarak oluşan atıksu karakterizasyonunun analiz edilmesidir.

Misafirlerin su kullanım alışkanlıkları, mevsim, konaklama amacı (deniz tatili, sağlık ve termal turizmi, çeşitli sebeplerle şehir otelinde konaklama - toplantı, konferans vb.), misafirin kültürel yapısı, konaklama süresi, kişinin su kullanım alışkanlığı, kişinin çevre bilinci gibi faktörlere bağlı olarak değişir. Bunun yanında otelin sunduğu hizmetler de örneğin odada jakuzi bulunup bulunmaması da su kullanımını etkileyen faktörler arasındadır.

5.1.1 Pilot Turizm Tesisi Özellikleri

Proje kapsamında, seçilen pilot otellerden birisi Sayfiye Oteli (Deniz Turizmi) diğeri ise Şehir Otelidir. Aşağıda, özellikleri açısından her iki pilot tesis, kısaca değerlendirilmiştir.

Sayfiye/Deniz Turizmi Oteli Özellikleri

Yeri: Antalya, Sorgun (Şekil 17)

Büyüklüğüne göre sınıfı: oda sayısı 300'ün üstündedir (310) ve büyük otel sınıfında yer almaktadır.

Çalışma süresi: Sezonluk, otel Mayıs-Kasım ayları süresince açıktır.

Konfor ve kalite açısından sınıfı: 5 yıldızlı.

Genel misafir profili: yüksek gelir grubuna hitap eden otel, ağırlıklı olarak İskandinav ülkeleri vatandaşları tarafından tercih edilmektedir.

Yeşil alan: 40.000 m^2 (30.000 m^2 çim), damla ve yağmurlama sulama yapılmaktadır.

Çamaşırhane: tam kapsamlı bir çamaşırhane bulunmamakla birlikte personel çamaşırları ve plaj havluları vb. otelde yıkanmaktadır. Odalara ait çamaşırlar hizmet alımı yoluyla dışarıda yıkanmaktadır.

Gri su ayrımı olan oda sayısı: 176 oda.

Şekil 17 Sayfiye Otelinin konumu

Şehir Oteli Özellikleri

Yeri: Taksim, İstanbul (Şekil 18)

Büyüklüğüne göre sınıfı: oda sayısı 300'ün üstündedir (499) ve büyük otel sınıfında yer almaktadır.

Çalışma süresi: Sürekli açık.

Konfor ve kalite açısından sınıfı: 5 yıldızlı.

Genel misafir profili: yüksek gelir grubundan yerli ve yabancı ülkelerden turistler tarafından tercih edilmektedir.

Yeşil alan: 35.000 m^2 çim.

Çamaşırhane: tüm çamaşırlar otelde yıkanmaktadır.

Gri su ayrımı olan oda sayısı: 242 oda ve 15 adet personel duş/lavabosu.

Şekil 18 Şehir Oteli'nin konumu ve bahçesi

5.1.2 Atıksu Bertaraf Yöntemi

Şehir Turizm oteli örneğinde gri su ile kondens ve soğutma suları geri kazanılmakta, diğer atıksular ise şehir kanalizasyon hattına verilmektedir. Gri su olarak sadece bir kısım odalar ve çalışan banyolarının atıksuları toplanmakta, genel mekânlardan çamaşırhane, sauna-hamam atıksuları toplanmamaktadır. Geri kazanılan atıksular, yazın yeşil alan sulanmasında

kullanılmakta, sulama ihtiyacı olmayan kış aylarında ise süs havuzlarında ve tuvalet rezervuarlarında kullanılmaktadır.

Sayfiye oteli örneğinde ise bir kısım odaların gri suları geri kazanılmakta, diğer atıksular ise şehir kanalizasyon hattına verilmektedir. Geri kazanılan gri su, yeşil alan sulamasında kullanılmaktadır. Bunun yanında, havuz sularının filtrasyonu sonrasında oluşan kum filtrelerinin ters yıkama suları da çöktürme işlemi uygulandıktan sonra geri kazanılmaktadır.

Her iki otel örneğinde de, su kullanımı ve atıksu oluşumu belirlenmesi için, geri kazanılan akımlar dikkate alınmış, geri kazanım yokmuş gibi değerlendirilerek, geri kazanılan su miktarları ilgili kullanım amacına ilave edilmiş ve su kullanım profili ortaya konmuştur.

5.2 PİLOT TUZİM TESİSLERİNİN BULUNDUĞU BÖLGELERİN ALTYAPI DURUMLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

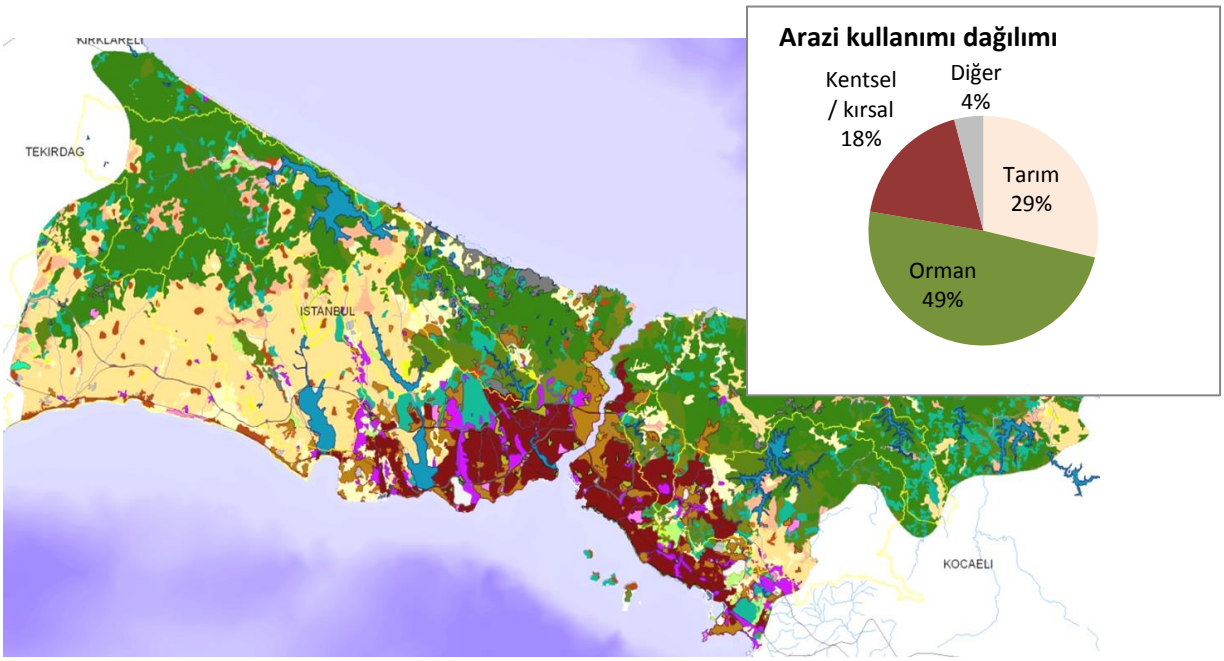
5.2.1 İstanbul

İstanbul yaklaşık 13 milyon nüfusu ile ülkemiz nüfusunun yaklaşık% 18'nin yaşadığı Türkiye'nin en kalabalık şehridir. İstanbul Avrupa'nın en hızlı büyüyen şehirlerinden (birisidir ve son yıllardaki, kentleşme oranı ortalama % 90 artmıştır (DPT, 2000). İstanbul'un büyüklüğü ve kentleşmedeki artış aslında İstanbul'un yönetiminin ne kadar zor olduğunu ve çevresel problemlerle karşılaşma riskinin yüksek olduğunu göstermektedir. Bunun yanında 1980'lerden sonra, kentsel nüfusun artan hızına bağlı olarak arazi kullanımında bazı değişiklikler olmuştur. Nüfusun yaklaşık 99%'u kentsel alanlarda yaşarken, sadece% 1 kırsal kesimde yaşamaktadır. Kentsel nüfus yoğunluğu km^2 başına yaklaşık 2.450 kişidir. Kişi başına düşen yeşil alan İstanbul Büyükşehir alanında 1.13 m^2 olup; Avrupa ortalaması olan (WWF-Tr, 1999) 40 m^2 ile karşılaştırıldığında oldukça düşüktür.

Bölge genelinde işlevsel birlikteliğinin sağlanması için 1/100.000 ölçekli İstanbul Çevre Düzeni Planı hazırlanmıştır. Hazırlanan bölgesel gelişme şeması ile sürdürülebilirlik ilkesi temelinde kontrolsüz büyüme ve nüfus artışı gibi tehditlerin önüne geçilmesi, kentin mekânsal ve demografik sınırları ortaya çıkarılarak, çok merkezli bölgesel gelişme yaklaşımı benimsenmiştir. Bu çalışmalar doğrultusunda; İstanbul gelişme stratejisi ve planlama yaklaşımı öncelikli olarak toplu konut alanları ve mevcut konut stoğunun rehabilitasyonu ve yenilenmesi, kent merkezinde sanayi ve üretim alanları yerine bilgi teknolojilerine dayalı

servis hizmetlerinin ve kültürel faaliyetlerin önceliklendirilmesi, gelişme stratejisi özellikle raylı sistem ve deniz ulaşım altyapısı ile desteklenerek, gelişme alanlarının bu sistem üzerinde alt merkezlerin çevresinde odaklanması hedeflenmiştir.

İstanbul'un arazi kullanımı incelendiğinde (IBB, 2010) (Şekil 19); 2006 yılında arazi kullanımının %29 tarımsal kullanım, %49 orman ve doğal ekim alanları, %18 kentsel ve kırsal aktiviteler (konut, köyler, endüstriyel alanlar, parklar, yollar vb.) ve %4 diğer (kumsallar, maden çıkartma vb.) olduğu görülmektedir.



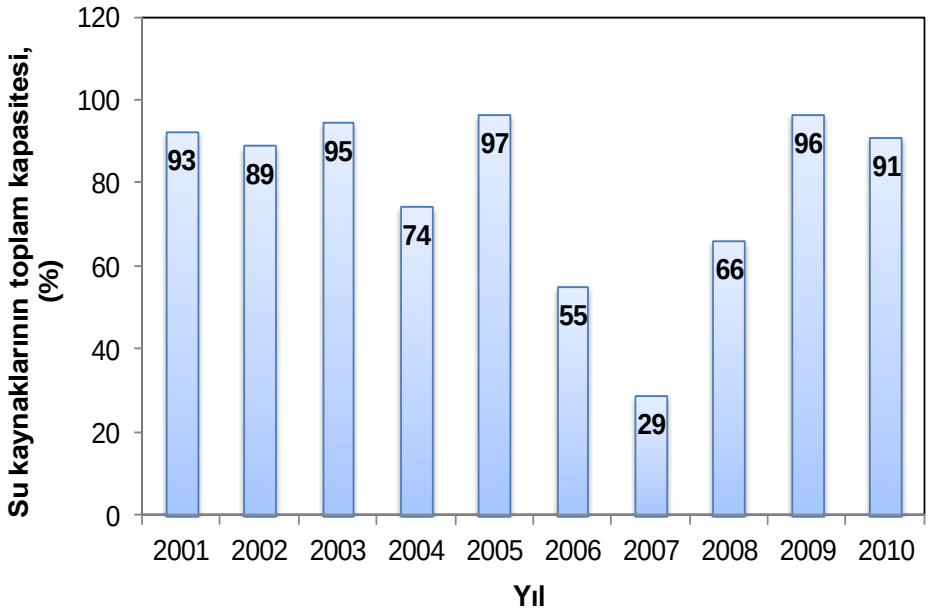
Şekil 19.İstanbul arazi kullanımı

İstanbul'da Mevcut Su Kaynaklarının Değerlendirilmesi

İstanbul'da hızlı yapılaşma ve artan nüfus sebebiyle su kaynakları üstünde bir baskı mevcuttur ve su kaynakları insan faaliyetlerinden ciddi oranlarda etkilenmiştir. Barajlar su kalitesi açısından korunmaya çalışılmakta ve su kalitesi izlenmektedir. Şehre verilen içme suyu kriterleri karşılayacak şekilde İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi (İSKİ) tarafından arıtılmakta ve 16.600 km içme suyu şebekesi ile dağıtılmaktadır. Ayrıca İSKİ hizmetlerinin etkinliğini artırmak için coğrafi bilgi sistem (CBS) tabanlı ISKABIS Altyapı Bilgi Sistemini

geliştirmiştir. ISKABIS projesi, ağırlıklı içme suyu dağıtımı sistemleri, su havzalarının korunması, atıksu toplama ve bertaraf sistemlerinin yönetimi için kullanılmaktadır.

İstanbul'da yüzeysel su kaynaklarından 910,2 milyon m^3/yıl, kayıtlı kaynaklara göre yeraltı sularından ise 30 milyon m^3/yıl su kullanılmaktadır. İstanbul İlinin en önemli su kaynaklarından biri toplam ihtiyacın yaklaşık% 32'nin sağlandığı Ömerli Barajıdır (Bolen, 2000). Yüzeysel su kaynakları kapasiteleri ile birlikte Tablo 15'de verilmiştir, kapasite değişimleri ise Şekil 20'de verilmiştir. Görüldüğü üzere su kaynaklarının yoğunluğu Asya Yakasında olmasına karşın nüfus yoğunluğu Avrupa Yakasında fazladır. Bu nedenle işletme esnekliği sağlamak ve her iki yakaya da yeterli su dağıtımı yapmak amacıyla rezervuarlar arasında geçiş yapmaya sağlayacak tünel ve pompa altyapısı kullanılmaktadır. Artan su talebini güvenli bir şekilde karşılayabilmek için yüksek maliyetli "Istıranca ve Melen Projeleri" Devlet Su İşleri (DSİ) tarafından uygulamaya konulmuştur. Melen Havzası, İstanbul'a yaklaşık 180 km uzaklıktadır. İstanbul'da mevcut su kaynaklarının kapasite değişimleri incelendiğinde ise kurak dönemlerin olduğu görülmektedir (örneğin 2006 ve 2007 yılları). Kurak dönemlerin uzun sürmesi durumunda alternatif kaynaklara ihtiyaç ortaya çıkmaktadır.



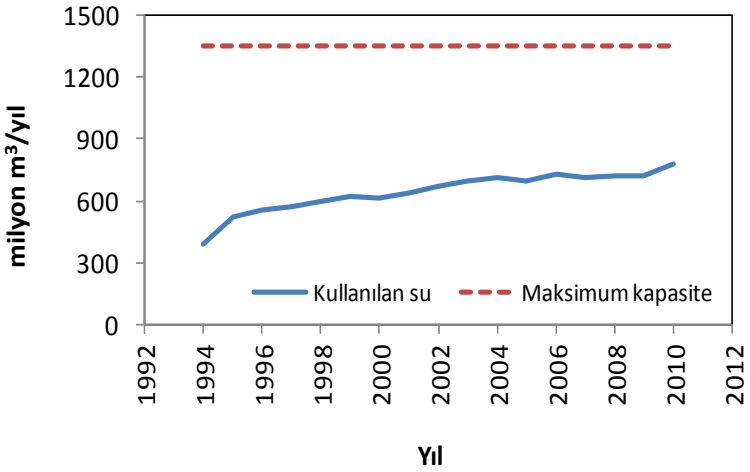
Şekil 20. İstanbul su rezervuarlarının toplam kapasitesinin 2001-2010 yılları arasında değişimi (2007 yılından itibaren Melen-Yeşilçay Regülatörü ilave edilmiştir)
(TÜBİTAK MAM, Prepared 2011)

Tablo 15 Istanbul'da Su Kaynakları
(TÜBİTAK MAM, Prepared 2011)

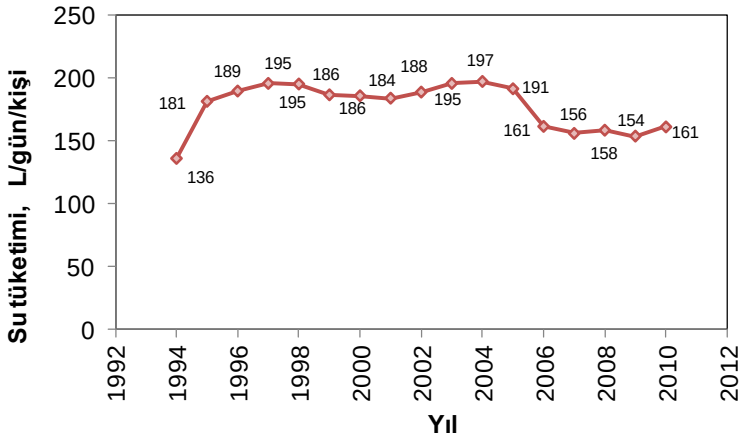
Su kaynağı	Kapasite (milyon m^3/yıl)
Asya Yakası	
Elmalı Barajı	15.0
Ömerli Barajı	220.0
Darlık Barajı	97.0
Şile Kuyuları	30.0
Avrupa Yakası	
Terkos Barajı	142.0
Alibeyköy Barajı	36.0
Büyükçekmece Barajı	100.0
Sazlıdere Barajı	55.0
İstanbul dışında bulunan regülatörler	
Istranca Dereleri	
Yeşilvadi yapısı	10.0
Düzdere Barajı	4.5
Kuzuludere Barajı	11.3
Büyükdere Barajı	28.4
Sultanbahçedere Barajı	19.4
Elmalıdere Regülatörü	11.6
Kazandere Barajı	100.0
Pabuçdere Barajı	60.0
Melen Projesi	
Yeşilçay Regülatörü	145.0
Melen Barajı	268.0
Toplam	**1,353.2**

1994 ve 2008 yılları arasında kişi başına düşen su kullanımı Şekil 21'de göstermektedir. Şekilden de görüldüğü üzere kişi başı su kullanım değeri 2005 yılından bu yana azalmış ve 2010 yılında kişi başı su kullanımı 161 L / gün (yılda 59 m^3/kişi) değerine ulaşmıştır. Kişi başı su kullanımı değeri arıtma tesisleri sonrasında dağıtılan su miktarına göre hesaplanmıştır. Yapılan hesaplama kayıpları, kaçakları ve diğer sektörel kullanımını da (örn. sulama, endüstriyel su kullanımı vb) içermektedir. 2005 yılından itibaren su kullanımında gözlenen azalmanın ana sebebi su dağıtım şebekeleri ve boru hatlarının iyileştirilmesi sonucu hatlarda su kayıplarının azaltılması ile açıklanabilir. 2006 ve 2007 yıllarında yaşanan kuraklık neticesinde hız verilen su tasarrufu kampanyalarının da bu sonuç üzerinde olumlu etkisi

olduğu tahmin edilmektedir. İstanbul için hesaplanan kişi başı yıllık su kullanım değeri, Avrupa Çevre Ajansının 2010 yılında (EEA,2010) Avrupa Birliği ülkeleri için verdiği kişi başı su kullanım miktarı ile (50-150 m^3/kişi-yıl) ile uyumludur.



a) Toplam su kullanımı ve maksimum kapasite



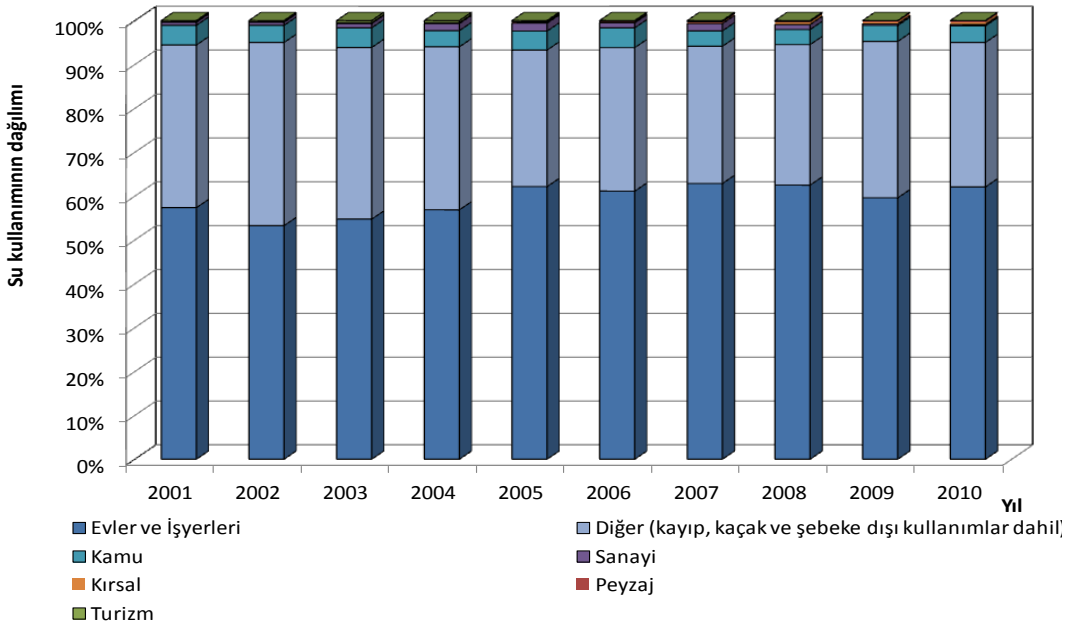
b) Kişi başı su kullanımının değişimi

Şekil 21. İstanbul'da toplam su kullanımı ve kişi başı su kullanımının yıllara göre değişimi (TÜBİTAK MAM, Preparat 2011)

Su kullanımının dağılımı

İstanbul'da su tüketimi sektörel olarak konut, ticari, endüstriyel, kırsal kullanım, turizm ve sulamada kullanımı içermektedir. Şekil 22'de sektörlere göre su kullanımı dağılımının yıllara göre değişimi görülmektedir. Şekilden de görülebileceği gibi ev, iş yerleri ve kamu

binalarında evsel amaçlı su kullanımı toplam su kullanımının önemli bir kısmını oluşturmaktadır. Evsel amaçlı su kullanımının toplam su kullanımı içinde payı 2001-2010 yılları arasında % 60-80 arasında değişmiştir.



Şekil 22. İstanbul'da su kullanımının sektörlere göre dağılımı
(TÜBİTAK MAM, Prepared 2011)

İstanbul'da Atıksu Arıtma Tesisleri Durumu ve Kapasiteleri EK'te verilmiştir.

İstanbul'da Turizm Verileri

2011 yılı verilerine göre İstanbul'da turizm yatırımı belgeli tesis sayısı 106, turizm işletmesi belgeli tesis sayısı ise 386'dır. Toplam oda sayısı 50.000 civarında, toplam yatak sayısı ise yaklaşık 102.000'dir. İstanbul'da bulunan turizm tesisleri bilgileri Tablo 16' da verilmiştir (T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı Yatırım ve İşletmeler Genel Müdürlüğü raporları, 2011, http://www.ktbyatirimisletmeler.gov.tr/TR,9853/istatistikler.html). Toplam 492 tesisin yaklaşık %40'ı 4 ve 5 yıldızlı otellerdir. Bu otellerin toplam yatak sayısının toplam yatak sayısı içindeki yeri ise yaklaşık %35'dir. 2011 yılında İstanbul'a yaklaşık %70'i yabancı toplam 5.588.545 turist gelmiştir (Tablo 16). Bu turistlerin yaklaşık 3.5 milyonu 4 ve 5 yıldızlı otellerde konaklamaktadır.

Tablo 16. İstanbul'da yer alan turizm belgeli konaklama tesislerinin türlerine ve sınıflarına göre sayısı (2011)

TÜRÜ	SINIFI	TURİZM YATIRIMI BELGELİ			TURİZM İŞLETMESİ BELGELİ		
		TESİS SAYISI	ODA SAYISI	YATAK SAYISI	TESİS SAYISI	ODA SAYISI	YATAK SAYISI
	5 YILDIZLI	38	9 799	21 010	44	11 951	24 624
	4 YILDIZLI	23	3 203	6 420	87	9 569	19 177
OTELLER	3 YILDIZLI	15	1 499	2 927	84	4 976	9 681
	2 YILDIZLI	3	220	333	58	2 154	4 152
	1 YILDIZLI	1	16	32	12	488	933
OTEL TOPLAMI		**80**	**14 737**	**30 722**	**285**	**29 138**	**58 567**
MOTELLER					1	32	64
PANSİYONLAR		2	10	20	1	10	19
KAMPİNGLER					1	116	350
APART OTELLER		4	575	1 915	3	57	128
ÖZEL TESİS		6	182	406	83	2 802	5 603
TURİZM KOMPLEKSİ		2	885	1 876			
BUTİK OTEL		12	432	809	10	470	960
B TİPİ TATİL SİTESİ					2	249	860
GENEL TOPLAM		**106**	**16 821**	**35 748**	**386**	**32 874**	**66 551**

Tablo 17. İstanbul ilindeki tesislere geliş sayısı, geceleme, ortalama kalış süresi ve doluluk oranlarının tesis tür ve sınıflarına göre dağılımı (2011)

TESİS TÜR VE SINIFI	TESİSE GELİŞ SAYISI			GECELEME			ORTALAMA KALIŞ SÜRESİ			DOLULUK ORANI %		
	YABANCI	YERLİ	TOPLAM	YABANCI	YERLİ	TOPLAM	YABANCI	YERLİ	TOPLAM	YABANCI	YERLİ	TOPLAM
OTEL												
5 YILDIZ	1 232 781	700 252	1 933 033	2 669 207	1 159 166	3 828 373	2.2	1.7	2.0	29.78	12.93	42.72
4 YILDIZ	1 224 028	446 882	1 670 910	3 154 562	754 314	3 908 876	2.6	1.7	2.3	48.31	11.55	59.86
3 YILDIZ	618 464	283 655	902 119	1 503 064	453 644	1 956 708	2.4	1.6	2.2	37.72	11.38	49.10
2 YILDIZ	167 516	152 251	319 767	405 028	254 362	659 390	2.4	1.7	2.1	26.19	16.45	42.64
1 YILDIZ	58 230	40 403	98 633	137 823	80 159	217 982	2.4	2.0	2.2	29.71	17.28	46.99
OTEL TOPLAMI	**3 301 019**	**1 623 443**	**4 924 462**	**7 869 684**	**2 701 645**	**10 571 329**	**2.4**	**1.7**	**2.1**	**36.63**	**12.57**	**49.20**

Tablo 17. İstanbul ilindeki tesislere geliş sayısı, geceleme, ortalama kalış süresi ve doluluk oranlarının tesis tür ve sınıflarına göre dağılımı (2011)

TESİS TÜR VE SINIFI	TESİSE GELİŞ SAYISI			GECELEME			ORTALAMA KALIŞ SÜRESİ			DOLULUK ORANI %		
	YABANCI	YERLİ	TOPLAM	YABANCI	YERLİ	TOPLAM	YABANCI	YERLİ	TOPLAM	YABANCI	YERLİ	TOPLAM
MOTEL	168	72	240	192	84	276	1.1	1.2	1.2	0.82	0.36	1.18
PANSİYON	972	676	1 648	3 036	972	4 008	3.1	1.4	2.4	45.33	14.51	59.84
KAMPİNG	15 724	10 293	26 017	38 025	14 394	52 419	2.4	1.4	2.0	29.77	11.27	41.03
ÖZEL TESİS	396 593	86 136	482 729	955 443	183 881	1 139 324	2.4	2.1	2.4	44.30	8.52	52.82
BUTİK OTEL	57 519	22 084	79 603	135 474	36 194	171 668	2.4	1.6	2.2	39.07	10.44	49.51
APART OTEL	3 589	2 294	5 883	13 018	5 833	18 851	3.6	2.5	3.2	27.86	12.49	40.35
B TİPİ TATİL SİTESİ	56 451	11 512	67 963	87 583	17 629	105 212	1.6	1.5	1.5	27.90	5.62	33.52
GENEL TOPLAM	**3 832 035**	**1 756 510**	**5 588 545**	**9 102 455**	**2 960 632**	**12 063 087**	**2.4**	**1.7**	**2.2**	**37.14**	**12.08**	**49.22**

5.2.2 Antalya

Bu bölümde, pilot turizm tesisinin ulunduğu Antalya Bölgesinin su ve atıksu altyapısı ile ilgili durumu özetlenmiş, yeraltı suyu kullanımı neticesinde karşılaşılan tuzlanma problemi ile ilgili bilgi verilmiş ve son olarak su ve atıksu yönetimi açısından önem arz eden bölgenin turizm istatistiklerine yer verilmiştir. Antalya İli İçme Suyu Kaynakları ve Barajları, Manavgat ilçesi su kaynakları ve Antalya Havzası Evsel AAT Yapı Mevcut Durumu EK olarak verilmiştir. Bölgede yer alan ve merkezi atıksu geri kazanımı örneği olarak ekonomik analiz kapsamında incelenen Beldibi AAT'ye ait bilgiler 7. Bölümde sunulmuştur.

Antalya İli İçme Suyu Kaynakları ve Barajlar

Antalya İli sınırları içinde toplam 7 adet baraj bulunmaktadır. Bunlar; 1- Antalya Manavgat Oymapınar Barajı, 2 - Antalya Manavgat Barajı, 3 - Antalya Karacaören 2 Barajı, 4 - Antalya Finike Alakır Barajı, 5 - Antalya Korkuteli Barajı, 6 - Antalya Elmalı Çayboğazı Barajı, 7 - Antalya Alanya Dim Barajı'dır. İl genelinde içme suyu kaynağı olarak kullanılan yer üstü su kaynakları ve kapasiteleri Tablo 18'de verilmektedir.

Tablo 18 Antalya İli İçme Suyu Kaynakları (Antalya İl Çevre Durum Raporu, 2011)

Yerüstü su kaynakları	Kapasite, (milyon m^3/yıl)
Eşen-Karaçay	454,12
Demre Deresi	163,89
Finike-Karasu	161,28
Finike-Başgöz Çayı	118,69
Finike-Tekke Pınarı	211,61
Finike-Alakır Çayı	181,87
Finike-Salur Pınarı	83,07
Kırgözler Çayı	396,34
Düden Çayı	671,66
Aksu Çayı	913,13
Köprüçay	2917,71
Manavgat Çayı	4226,00
Karpuz Çayı	131,15
Alara Çayı	971,31
Kargı Çayı	215,61
Dim Çayı	463,55
Sedre Çayı	86,32
Bıçkıcı Çayı	153,89
Diğerleri	2597,05
TOPLAM	15118,25

Antalya'da Denize Yakın Yerleşimlerde Yapılan Sondajların Toprak Yapısına Etkileri

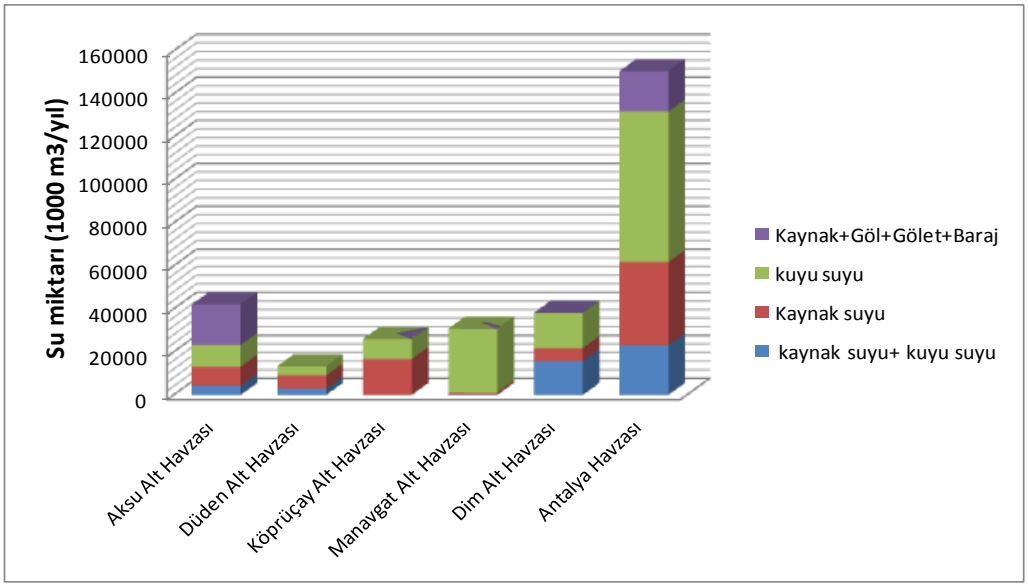
Genel olarak, Antalya Havzası karstik bir yapıya sahiptir ve karstik yapılarda su yerüstünden çok yeraltındadır. Bu yüzden yüksek kesimler çoğunlukla susuzluk sorunu yaşarken; alçak kesimlerde, kıyı ve vadi boylarında, sular karstik kaynaklar şeklinde ortaya çıkmaktadır. Karstik akiferlerdeki yeraltı sularının beslenim koşulları diğer tipteki (taneli ve kırıklı-çatlaklı) akiferlere göre daha elverişlidir. Yeraltı suyunun beslenimi; düdenler aracılığıyla doğrudan beslenim (süzülme), geçici doğal yüzey birikintilerinden yaygın süzülme ve yağmur ve kar erimesi sularının genişletilmiş eklem, çatlak ve çözünme kanalları ağı aracılığıyla doğrudan süzülmesi şeklinde meydana gelmektedir (Kaçaroğlu, F. 2006).

Antalya'da özellikle otellerde bahçe sulama ve köylerde tarım amaçlı sulama amacıyla açılmış olan birçok sondaj kuyusu bulunmaktadır. Bu sondaj kuyuları yerin altındaki suyu çekmektedir. Ancak sondaj kuyularının denize yakın olan mesafelerinde sondaj kuyularından çekilen su miktarı, eğer doğal yer altı tatlı su gelirinden daha fazla olursa, kıyı diplerinden deniz suyu kara içlerine hareket eder. Bu kara içlerine ilerleyen deniz suyu sondaj kuyusuna kadar ilerlediği vakit bu noktadan tuzluluğu artmış yeraltı suyu olarak karşımıza çıkar. Sondaj kuyusuna gelen bu yeraltı suyu farkında olmadan tarlalarda kullanıldığı vakit yüzey toprağında çok ciddi anlamda tuz birikmesine, bunun sonrasında da toprağın verimini gün geçtikçe kaybetmesine neden olur. Ayrıca bu yeraltı suyu kıyıdan bulunduğu bölgeye kadar bütün yeraltı suyunu kullanılamaz hale getirecektir. Bu çok vahim bir durumdur. Bunun sonucunda insanlık için faydalı iki unsur olan toprak ve denizin hatalı sondajlarla doğru değerlendirilmemesi bu tehlikeli sonucu doğurmaktadır, kilometrelerce uzunluktaki tarlalarda tuzlusu birikerek böyle bir tehlike arz ettiği zaman elinizdeki bütün tarlanın hiçbir ekonomik değeri ve getirisi kalmayacaktır. Nitekim, Kaman H. Ve Diğ. 2011 tarafından yapılan çalışma sonuçları, Antalya'da tarımsal faaliyetlerin yoğun olarak yapıldığı 24.420 ha genişliğindeki Köprüçay sulama sahasında Aksu Çayı ile Köprüçay Irmağı arasında yer alan Acısu Deresinin güney havzasında taban suyu elektriksel iletkenlik (EC) değerlerinin yer yer deniz suyu elektriksel iletkenlik değerine yakın değerlere kadar yükseldiğini göstermektedir. Özellikle denize yakın kıyı kesimlerdeki olası deniz suyu girişiminin, gerek taban suyunun niceliği ve niteliğine gerekse toprak tuzluluğuna olumsuz etkileri olabilmektedir. Bu araştırmada, Acısu Deresi boyunca denizden iç kısımlara doğru olası deniz suyu girişiminin irdelenmesi; EC, pH ve nitratın (NO_3) denizden uzaklaştıkça değişkenliğinin belirlenmesi

amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda, 2010 yılı haziran ayında, Acısu Deresinin denize mansaplandığı noktadan membaaya doğru ortalama 200 m aralıklarla 10 km'lik bir akarsu kesitinde örnekleme yapılmıştır. Su örnekleri; dere ekseninden ve su yüzünden itibaren yaklaşık 50 cm derinlikten ve 48 noktadan alınmıştır. Alınan su örneklerinde elektriksel iletkenlik (EC), pH ve NO_3 analizleri yapılmıştır. Acısu Deresinin mansaptan membaaya doğru 10 km'lik kesimi için ortalama EC değeri 4.70 dSm^{-1} bulunmuştur. Minimum ve maksimum tuzluluğunun sırasıyla 1.18 ve 9.37 dS m^{-1} olduğu belirlenmiştir. Ortalama pH değeri 7.98 olup, 7.89 – 8.09 arasında bir değişim göstermiştir. Benzer şekilde minimum ve maksimum NO_3 değerleri 2.20 – 9.24 mg/L arasında olup ortalama değer 3.01 mg/L hesaplanmıştır. Dere ekseni boyunca, mansaptan membaaya doğru gidildikçe EC değerleri için azalan bir trendin varlığı belirlenmiştir. Acısu Deresinin Akdeniz'e döküldüğü noktada tuzluluk 44.20 dSm^{-1} iken, denizden yaklaşık 6.5 km'lik mesafeden sonra tuzluluğun 3 dSm^{-1}, den daha küçük değerler aldığı saptanmıştır. Dereye atıkların karıştığı noktalarda NO_3 konsantrasyonlarında artışlar gözlenmiştir. Elde edilen bulgular, Acısu Deresi aracılığıyla denizden içeri doğru önemli oranda tuzlu su girişinin varlığını ortaya koymaktadır (Kaman H. Ve Diğ. 2011).

Yeraltı sularının bir diğer özelliği ise su kaynaklarının dolaylı olarak beslenmesi ve seviyelerinin korunmasıdır. Yeraltı suları yeraltındaki geçirgen tabakada topuk vazifesi görür. Yani toprağın çökelmesini engeller. Ancak yeraltı suyu gelirinden fazla su çekilmeye başlanırsa, toprak aşağıya doğru çöküntü vermeye başlayacaktır Bunun sonucunda yerüstünde çökmeler görülmektedir Bir de aşırı derecede sondaj kuyularından su çekilmesiyle, yeraltı suyu seviyesi düşer. Daha sonra düşen bu yeraltı su seviyesi yeryüzündeki su kaynaklarınında yerin altına doğru hareket etmesine neden olur. Bunun sonucu olarak da gölleri besleyen derelere su gitmemeye ve bunun sonucunda da, göllere gelen suyun azlığından dolayı göllerin bile kurumasına neden olabilir.

Antalya Havzasının alt havza bazlı su kullanım miktarları Şekil **23**'de verilmiştir (Antalya HKEP 2013). Buna göre, kullanılan toplam kuyu suyu miktarının, toplam su kullanımı içinde ciddi bir payının olduğu görülmektedir. Bu nedenle, her ne kadar Antalya Havzasının karstik yapısı dolayısıyla yeraltı su kaynakları fazla da olsa, yeraltı suyunun kullanımında ihtiyatlı davranılmasında ve özellikle tuzlanma açısından riskin nispeten yüksek olduğu kıyı kesiminde kontrol altında olmasında fayda vardır.



Şekil 23 Antalya Havzası Alt havza Bazlı Su Kullanım Miktarları (Antalya HKEP 2013)

Antalya Havzasında bulunan su kaynaklarının kirlenme açısından değerlendirilmesi gerekirse, gerek yeraltı, gerekse de yerüstü kaynaklarında çok ciddi bir kirlenme olmadığı göze çarpmaktadır. Ancak ihtiyatlı yaklaşılması gereken durumlar mevcuttur. Alt havza bazında su kaynaklarının kirlenmesi durumu aşağıda özetlenmiştir. Manavgat nehri havzasında gerek yüzey gerekse yeraltı sularında genelde kirlenme mevcut değildir. Havzanın memba kesimlerinde topografyanın yoğun olduğu yerleşime imkan vermeyecek derecede sarp olması, yüzey ve yeraltı sularının beslenme alanında yüzeylenen litolojik birimlerin gerek fiziksel gerekse kimyasal kirliliğe neden olacak mineralojik ve kimyasal yapıya sahip olmayan karbonat kayaçlarından oluşması, kirliliğin çok düşük düzeyde kalmasını sağlamıştır (Türkiye Çevre Atlası, ÇOB, 2004). Köprüçay havzasında kirlenme, mansaptaki düzlükler dışında organik-inorganik kökenli değildir. Memba kesiminde hakim olan ofiyolitli birimlerden oluşan demir, nikel, krom gibi ağır metallerce zengin birimlerden oluşmaktadır. Taşkın yağışları ve uzun süre duran kar örtüsünün erimesiyle birlikte akarsuya taşınan partiküller akarsu kalitesinin membadan itibaren bozulmasına neden olmaktadır (Türkiye Çevre Atlası, ÇOB, 2004). Aksu Çayı havzası diğer havzalardan farklı bir özelliğe sahiptir. Manavgat ve Köprüçay havzaları komşu havzalarla hidrolojik açıdan doğrudan ilişkili değildirler. Aksu Çayı ise kuzeyden Kovada Çayı kanalıyla Kovada Gölü, buradan da Eğirdir Gölü ile ilişkilidir. Endüstrinin bulunmadığı havzada kirlenme bugün düşük düzeyde olup bir

tehlike oluşturmamaktadır (Türkiye Çevre Atlası, ÇOB, 2004). Antalya Traverten Platosu'nda su kaynakları daha çok yeraltı suyundan oluşmaktadır. Travertenin hidrojeolojik yapısı nedeniyle kalitede hızla düşüş meydana gelmektedir. Traverten ileri derecede karstlaşmıştır. Bunun sonucunda atmosferik su veya yüzey suyu kalitesinde değişime neden olabilecek kirleticiler çok hızlı bir şekilde yer altı suyuna iletilebilmektedir. Karstik ortamda yeraltı suyu akımının gözenekler yerine geniş boşluklar, erime kanalları ve mağaralarda meydana gelmesi nedeniyle kirli suyun doğal ortamda filtrelenmesi de söz konusu olamamaktadır (Türkiye Çevre Atlası, ÇOB, 2004).

Manavgat Çayı Alt Havzası Atıksu Arıtma Tesisi Bilgileri

Projede evsel atıksu akım ayırımı sistemi ve gri su arıtma tesisi karakterizasyon amacıyla pilot olarak kullanılacak işletme Barut Otelleri grubuna ait olup otel Side/Sorgun'da bulunmaktadır. Side ülkemizdeki 25 su havzasından biri olan "Antalya Havzası"nın alt havzası olan "Manavgat Çayı Alt Havzası"nda yer almaktadır.

Manavgat Çevre Koruma Turizm Altyapı Tesisleri Yapma ve İşletme Birliği (MATAB) 1986 yılından beri Manavgat Bölgesi'ne ve turizme hizmet vermektedir. Bölgede MATAB'a bağlı Kumköy, Titreyengöl ve Manavgat biyolojik arıtma tesisleri bulunmaktadır. Manavgat Çayı alt havzasında yerleşim yerleri ve turizm tesislerinden kaynaklanan atıksuların arıtımı bölgede bulunan Kumköy AAT, Manavgat AAT, Titreyengöl AAT tesislerinde gerçekleşmektedir:

Antalya'da Turizm Verileri

2012 yılı verilerine göre Antalya'da turizm işletmesi sayısı 1027'dir. Toplam oda sayısı 38.886 civarında, toplam yatak sayısı ise 94.102'dir. Antalya'da bulunan turizm tesisleri bilgileri Tablo 19'da verilmiştir (T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı Yatırım ve İşletmeler Genel Müdürlüğü raporları, 2011, http://www.ktbyatirimisletmeler.gov.tr/TR,9853/istatistikler.html). Akdeniz Bölgesi'ndeki toplam 1818 tesisin yaklaşık %56'sı, toplam odaların ise %71'i Antalya'da yer almaktadır. 2011 yılında Antalya'ya %81'i yabancı olmak üzere toplam 11.726.601 turist gelmiştir (Tablo 20). Bu turistlerin yaklaşık 9.1 milyonu 4 ve 5 yıldızlı otellerde konaklamaktadır.

Tablo 19. Akdeniz Bölgesi'nde yer alan turizm tesislerinin sayısı (2012)

TESİS TÜRÜ	TESİS SAYISI	ODA SAYISI	YATAK SAYISI
OTEL	982	41 140	98 956
MOTEL	51	833	2 386
PANSİYON	766	12 061	32 864
TATİL KÖYÜ	3	178	728
KAMPİNG	14	706	1 944
KAPLICA	2	119	269
TOPLAM	1 818	55 037	137 147
ANTALYA	**1 027**	**38 886**	**94 102**
DİĞER İLLER *	791	71	69

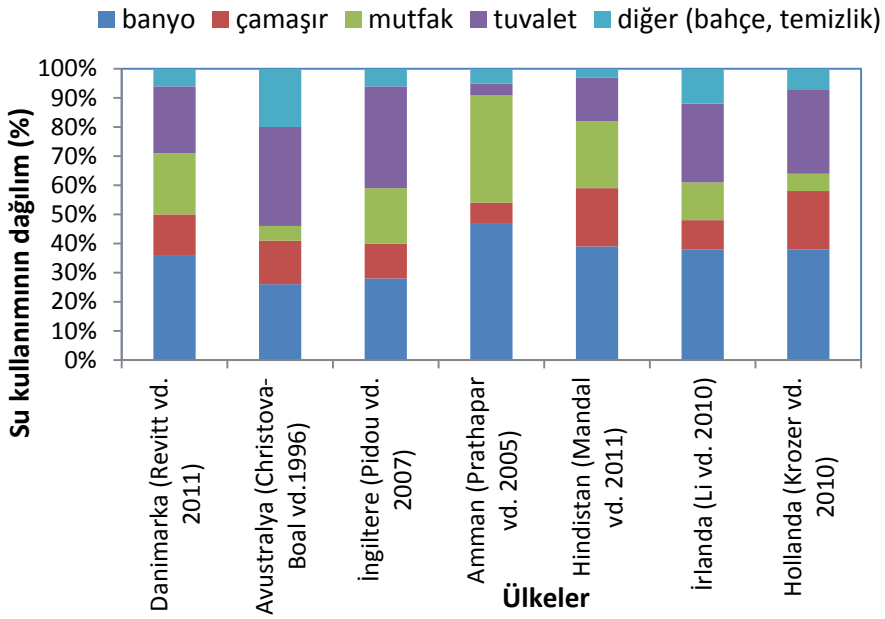
* Isparta, Burdur, Adana, Mersin, Hatay, Kahramanmaraş, Osmaniye

Tablo 20. Antalya ilinde tesise geliş sayısı, geceleme, ortalama kalış süresi ve doluluk oranlarının tesis tür ve sınıflarına göre dağılımı (2011)

	TESİSE GELİŞ SAYISI			GECELEME			ORTALAMA KALIŞ SÜRESİ			DOLULUK ORANI %		
TESİS TÜR VE SINIFI	**YABANCI**	**YERLİ**	**TOPLAM**	**YABANCI**	**YERLİ**	**TOPLAM**	**YABANCI**	**YERLİ**	**TOPLAM**	**YABANCI**	**YERLİ**	**TOPLAM**
OTEL												
5 YILDIZ	5 171 638	1 443 849	6 615 487	27 250 725	4 391 683	31 642 408	5,3	3,0	4,8	49,09	7,91	57,00
4 YILDIZ	2 201 442	286 949	2 488 391	12 754 798	853 941	13 608 739	5,8	3,0	5,5	58,27	3,90	62,17
3 YILDIZ	593 461	199 212	792 673	3 057 153	478 766	3 535 919	5,2	2,4	4,5	51,70	8,10	59,80
2 YILDIZ	107 879	87 595	195 474	585 359	219 685	805 044	5,4	2,5	4,1	40,28	15,12	55,40
1 YILDIZ	30 158	6 876	37 034	206 453	26 035	232 488	6,8	3,8	6,3	49,90	6,29	56,20
OTEL TOPLAMI	**8 104 578**	**2 024 481**	**10 129 059**	**43 854 488**	**5 970 110**	**49 824 598**	**5,4**	**2,9**	**4,9**	**51,48**	**7,01**	**58,49**
PANSİYON	4 000	7 095	11 095	17 252	17 659	34 911	4,3	2,5	3,1	14,32	14,66	28,98
TATİL KÖYÜ	1 043 248	156 459	1 199 707	5 909 579	616 585	6 526 164	5,7	3,9	5,4	56,32	5,88	62,19
GOLF TESİSİ	51 971	6 792	58 763	94 346	13 441	107 787	1,8	2,0	1,8	64,36	9,17	73,52
TURİZM KOMPLEKSİ	59 839	21 651	81 490	343 663	64 870	408 533	5,7	3,0	5,0	46,29	8,74	55,03
ÖZEL TESİS	23 731	52 661	76 392	109 528	141 720	251 248	4,6	2,7	3,3	10,01	12,95	22,96
BUTİK OTEL	-	24	24	-	24	24	-	1,0	1,0	-	0,07	0,07
APART OTEL	166 995	3 076	170 071	649 326	11 975	661 301	3,9	3,9	3,9	55,61	1,03	56,63
GENEL TOPLAM	**9 454 362**	**2 272 239**	**11 726 601**	**50 978 182**	**6 836 384**	**57 814 566**	**5,4**	**3,0**	**4,9**	**51,50**	**6,91**	**58,41**

5.3 TURİZM TESİSLERİNDE SU KULLANIMI VE ATIKSU OLUŞUMUNUN DEĞERLENDİRİLMESİ

Konutlarda yürütülen çalışma sonuçlarına göre, gri su tipik olarak evsel atıksu miktarının %60-70'ini oluşturmaktadır. Ancak bu miktar kullanıcı alışkanlıkları, sosyo-ekonomik durum, suya erişim kolaylığı, tuvalet rezervuar hacmi gibi birçok faktöre bağlı olarak değişebilmektedir. Bu çerçevede, literatürde yer alan çalışmalarda gri suyun evsel atıksu miktarı içindeki oranı oldukça geniş bir aralıkta (%50- %80) bulunmuştur (Nolde 1999; Friedler ve Hadari, 2006; Hocaoglu vd., 2010). Aşağıda farklı ülkelerde, konut içinde evsel su kullanım alanları ve oranları verilmiştir (Şekil 24). Buna göre konutun bahçesinin bulunup bulunmamasına, kültürel alışkanlıklara, kullanılan tuvalet özellikleri gibi birçok faktöre bağlı olarak oranların geniş bir aralıkta değiştiği görülmektedir. Benzer şekilde, gri su oranı da değişiklik göstermektedir. Dolayısıyla gri suyun toplam atıksu içindeki oranı genel bir bilgi vermesi açısından faydalı görünmekle birlikte, hesaplarda kişi başı su kullanımı ve gri su miktarı değerlerinin dikkate alınması daha anlamlı görünmektedir.



Şekil 24 Farklı ülkelerde evsel su kullanımının dağılımı (Boyjoo vd. 2013'ten uyarlanmıştır.)

Literatürde kişi başı gri su oluşumu 90-120 L/gün olarak verilmiştir. Ancak bu değer, kişinin alışkanlıkları, hayat tarzı ve su sıkıntısı olup olmamasına bağlı olarak farklılık göstermekte örneğin su sıkıntısı yaşayan ve su temininde sorunlar yaşanan düşük gelirli ülkelerde 20-30 L/kişi-gün'e kadar düşebilmektedir (Morel ve Diener, 2006). Ülkemizde lojman olarak kullanılan 28 dairenin atıksuları üstünde gerçekleştirilen bir çalışmada kişi başı toplam su kullanımı 197 L/kişi-gün, gri su oluşumu ise 80 L/kişi-gün bulunmuştur (Hocaoglu vd. 2010). Burada kişi başı yüksek su kullanımı, tuvaletlerde kullanılan rezervuar hacminin büyük olması (9 L) ile açıklanmıştır. Siyah su karakterizasyonunun tipik değerlere kıyasla bir miktar düşük olması bu değerlendirme ile uyumludur. Dolayısıyla, tuvalet rezervuar hacmi, toplam su kullanımını ve gri suyun toplam atıksu içindeki oranını etkilemektedir.

5.3.1 Otellerde Su Kullanımı ve Atıksu Oluşumu

Oteller su kullanımının yoğun olduğu sektörler arasında yer almaktadır. Genel olarak su kullanım alanları şu şekildedir:

- odalar,
- çamaşırhane ve mutfak,
- genel alanlar (spor salonu, sauna, genel alanlardaki tuvaletler vb.),
- bahçe sulama,
- golf sahası sulama
- yüzme havuzlarının beslenmesi,
- süs havuzları ve göletlerin beslenmesi,
- iklimlendirme (soğutma kulesi ve kazanlarda)

Otellerde su kullanımı otelin sınıfına (5 yıldız, 4 yıldız vb.), fiziksel özelliklerine (yüzme havuzu olup olmaması, golf sahası bulunup bulunmaması, sauna bulunması vb.), otel yönetim sistemine (su tasarruflu ekipmanların bulunup bulunmaması ve su tüketimini azaltmaya yönelik stratejilerinin bulunup bulunmamasına) bağlı olarak değişmektedir (Bohdanowicz vd. 2007; Tortella vd. 2011). Çeşitli modeller kullanılarak yapılmış bir çalışmada, bu faktörler arasında su kullanımını etkileyen en önemli kriterin otelin büyüklüğü, yüzme havuzu ve golf sahasının bulunup bulunmaması ve otel yönetim sistemine bağlı

olduğu gösterilmiştir, sauna bulunması su tüketimini etkilemekle birlikte etki oranı daha düşük bulunmuştur (Tortella vd. 2011).

Bununla birlikte, otelde su kullanım alanlarının bazıları misafir sayısından bağımsızdır. Mevsimsel olarak değişkenlik göstermekle birlikte misafir sayısından pek etkilenmemektedir. Örneğin yeşil alan ya da golf sahasının sulanması için gereken su miktarı ya da yüzme havuzlarının besleme suları. Bu çerçevede, misafir başına hesaplanan toplam su tüketimi doluluğa bağlı olarak değişecektir.

Uluslararası Hilton Oteli ve Avrupa'da Scandic Otellerinin su tüketiminin incelendiği Bohdanowicz (2007) tarafından yapılan bir çalışmada, yaklaşık olarak yıllık su tüketiminin tahmin edilebilmesi için aşağıdaki bağıntı geliştirilmiştir.

$$ST, m^3 = 0.177A + 0.088YA + 0.165MS + 0.0006YS + 1015{,}52HV - 1891{,}35$$

Burada;

ST: yıllık su tüketimi, m^3

A: otelin toplam kapalı alanı, m^2

YA: düzenlenmiş/sulama yapılan yeşil alan, m^2

MS: yıllık toplam misafir sayısı

YS: satılan toplam yemek sayısı

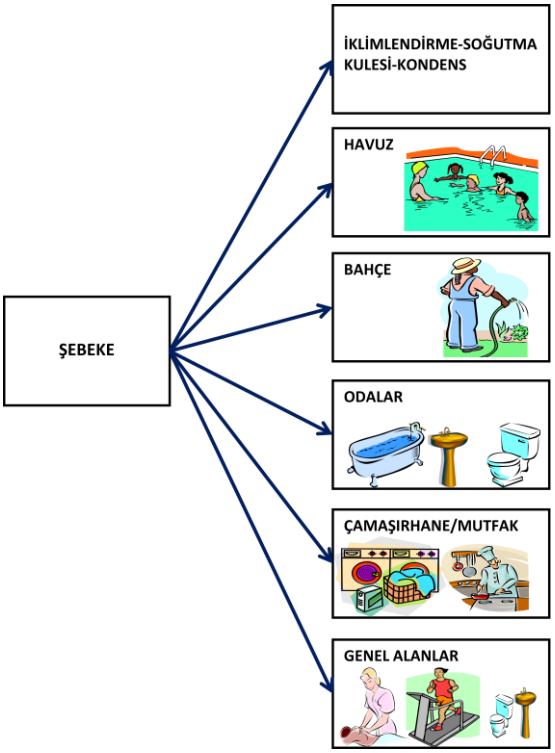
HV: havuz ve sauna olup olmaması, var ise 1 yok ise 0 alınacaktır

Su kullanımı ile ilgili yapılan çalışmalarda ulaşılan veriler arasında çeşitli farklılıklar dikkat çekmektedir. Örneğin farklı ülkelerde bulunan Hilton otelleri ve Scandic otelleri verileri ile yapılan çalışma sonucunda ortalama misafir başı tüketim 516±334 L/gün, Scandic otellerinde ise ortalama misafir başı tüketim 216±59 L/misafir-gün olarak bulunmuştur.

5.3.1.1 Pilot Şehir Oteli Su Kullanımı

Pilot şehir oteli örneğinde şebekeden temin edilen su, havuzların beslenmesi, bahçe sulama, odalarda su kullanımı, çamaşırhane ve mutfak, genel alanlar (kongre sarayı, sauna, spor

salonu, genel alanlardaki tuvaletler vb.) ile iklimlendirme (soğutma kulesi ve kazanlarda) amacıyla kullanılmaktadır (**Şekil 25**).



Şekil 25 Pilot şehir oteli su kullanım alanları

Oteldeki bina içi ve bina dışı tüm su ihtiyacı şebekeden sağlanmakta ve otelde şebekeden temin edilen su miktarının ölçüldüğü bir su sayacı bulunmaktadır.

2012, 2013 ve 2014 yılı su sayacı verileri ve misafir sayısı bilgileri kullanılarak misafir başı toplam su tüketimi (bina içi ve dışı) hesaplanmıştır. **Tablo 21**'da yaz ayları olarak ifade edilen sulama ihtiyacı olan mayıs ve ekim ayları arasını, kış ayları olarak ise sulama ihtiyacının neredeyse hiç olmadığı ekim ve mayıs ayları arasını ifade etmektedir. Buna göre, su ihtiyacının en yüksek olduğu yaz aylarında misafir başı ortalama toplam su tüketimi (bina içi ve dışı) ortalaması yaklaşık 965 L değerine ulaşırken, bu değer kış aylarında 620 L civarında bulunmuştur (**Tablo 21**). Yıl ortalaması alındığında ise misafir başı ortalama toplam su tüketimi yaklaşık 735 L'dir. Misafir başına su kullanımının, aylara göre değişimi şekil üstünde gösterilmiştir. Buna göre yaz aylarında su tüketiminin belirgin bir şekilde arttığı, kış

aylarında ise düştüğü görülmektedir. Yaz aylarındaki artışın temel sebebi bahçe sulamada ve havuzlarda su kullanımıdır.

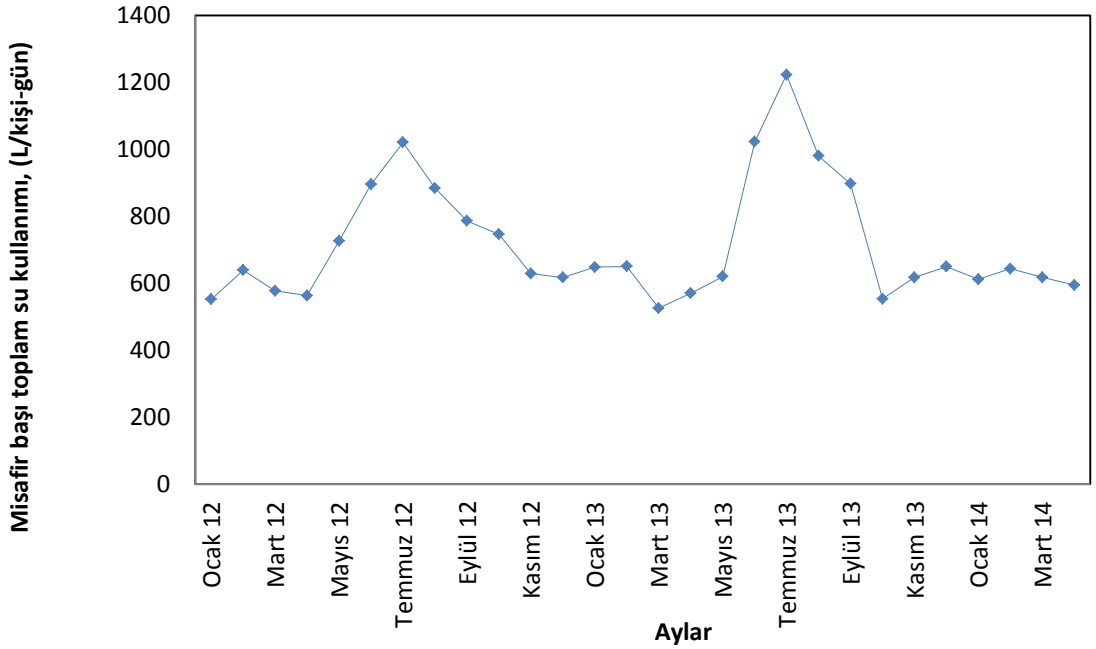
Tablo 21 Pilot şehir oteli ortalama toplam su kullanımının (bina içi ve bina dışı tüm kullanımlar dahil) misafir başı dağılımı (2012-2013 ve 2014 yılı verileri)

Turizm tesisi	**Misafir başı su kullanımı* (L/misafir-gün)**					
	Tüm yıl		Yaz ayları** (mayıs-ekim arası)		Kış ayları** (ekim-mayıs arası)	
	Ortalama/ Std. sapma	Min.-Maks.	Ortalama/ Std. sapma	Min.-Maks.	Ortalama/ Std. sapma	Min.-Maks.
Şehir Oteli	735±190***	525-1220	965±130	790-1220	620±55***	525-745

* Oteldeki toplam su kullanımı üzerinden değerlendirilmiştir.

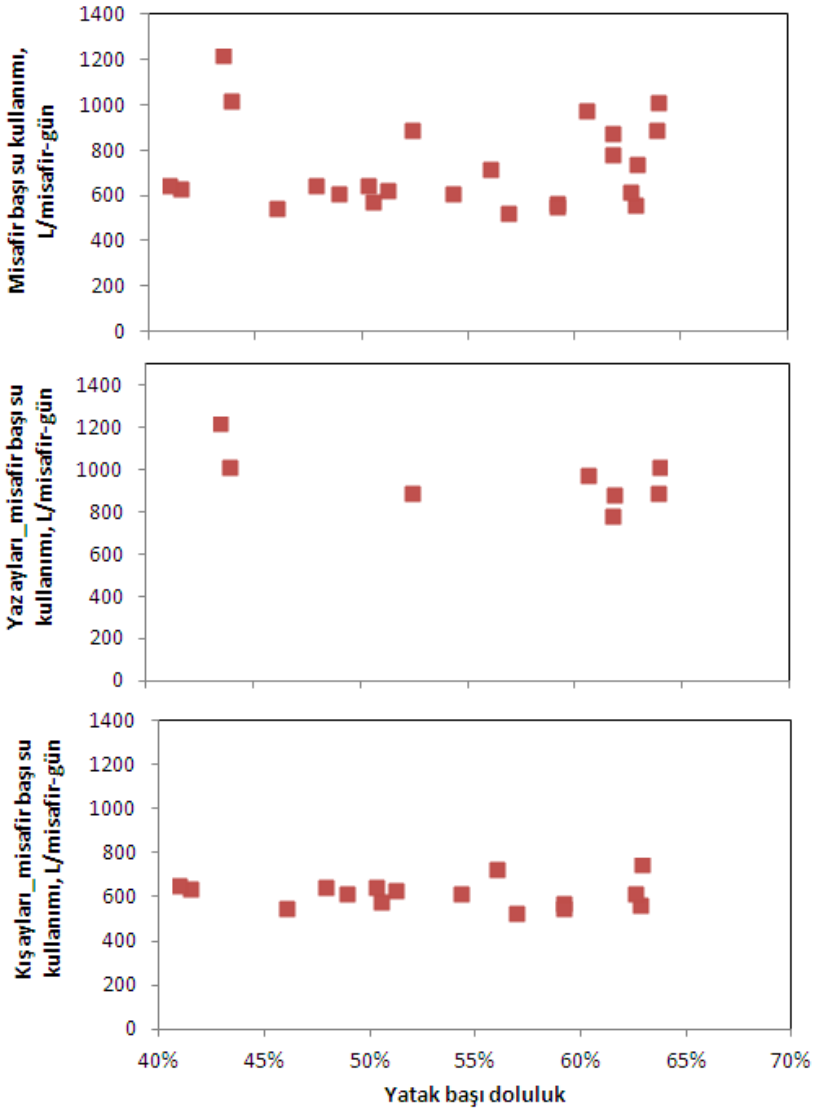
** Su kullanımındaki değişim dikkate alınmış ve bahçe sulama ihtiyacına göre yaz-kış ayrımı yapılmıştır.

*** 2014 yılının tamamının verisi olmadığı için tüm yılın ortalama değeri hesabına dahil edilmemiştir. Kış ayları ortalaması ise 2014 yılı verilerini de içermektedir.



Şekil 26 Şehir oteli misafir başı toplam su kullanımının aylara göre değişimi (2012-2013 ve 2014 yılları)

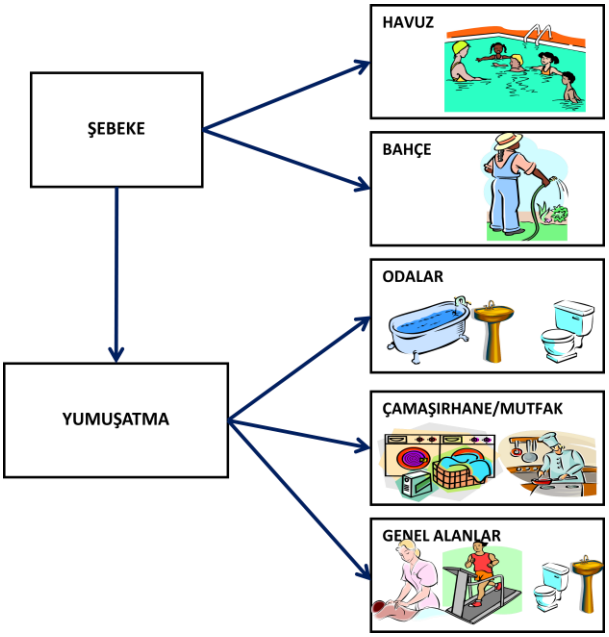
Misafir başına toplam su kullanımı doluluğa bağlı olarak ve mevsime bağlı olarak gruplanmış doluluğa bağlı toplam su kullanımı **Şekil 27**'da gösterilmiştir. Buna göre, şehir oteli doluluğunun (yatak sayısına göre) %40 ile %65 arasında değiştiği görülmektedir (2012 ve 2013 yılları verileri). Buna göre misafir başı su kullanımının doğrudan dolulukla değişmediği salınımların aynı zamanda mevsimsel değişimlerden kaynaklandığı (sulama ve havuz besleme suyu ihtiyacı) tahmin edilmiştir.



Şekil 27 Şehir otelinde olarak misafir başı toplam su kullanımının doluluğa ve mevsime bağlı olarak değişimi (2012-2013 ve 2014 yılı verileri)

5.3.1.2 Pilot Sayfiye Oteli Su Kullanımı

Pilot sayfiye oteli örneğinde ise havuzların beslenmesi ve bahçe sulama için doğrudan şebeke suyu kullanılmakta, bina içinde kullanılan su ise öncelikle bir yumuşatma işlemine tabi tutulmakta ve sonrasında odalar, çamaşırhane ve mutfak ile genel alanlara (sauna, spor salonu, genel alanlardaki tuvaletler vb.) dağıtılmaktadır (**Şekil 28**).



Şekil 28 Pilot sayfiye oteli su kullanım alanları

Otelde, şebeke girişinde, yumuşatma sistemi sonrasında, havuz besleme hattında ve çamaşırhanede ayrı su sayaçları bulunmaktadır. Bunun yanında gri su atıksu hattında da bir su sayacı bulunmaktadır.

Bina içi ve dışı toplam su tüketimi

Buna göre su sayacı verileri ve misafir sayısı bilgileri kullanılarak misafir başı toplam su tüketimi hesaplanmış (**Tablo 22**) ve otelde su kullanımının dağılımı belirlenmiştir. Sayfiye oteli sadece sezon süresince (mayıs-kasım) açık olduğu için yaz/kış ayrımı yapılmamıştır. Mayıs - Kasım 2013 ayları verileri değerlendirildiğinde misafir başı ortalama toplam su tüketimi (bina içi ve dışı tüm kullanımlar) yaklaşık 830 L bulunmuştur.

Otelin günlük toplam su kullanımının eylül ayı ile birlikte düştüğü görülmektedir (**Şekil 29**). Eylül ayındaki düşüş bina içindeki su tüketimi ile ilişkilidir. Ekim ve kasım aylarında otelin günlük azalan toplam su tüketiminin ise bahçe sulama suyu miktarının azalması ve aynı zamanda da doluluğunun düşmesi ile ilgili olduğu tahmin edilmektedir. Buna karşın misafir başına su kullanımının zamana bağlı değişimi incelendiğinde günler arasında havuz suları filtrasyon sistemi geri yıkaması, depolama vb. sebeplerle iniş çıkışlar gözlenmektedir. Bununla birlikte eylül aynıda misafir başı su tüketiminin bir miktar düştüğü görülmektedir.

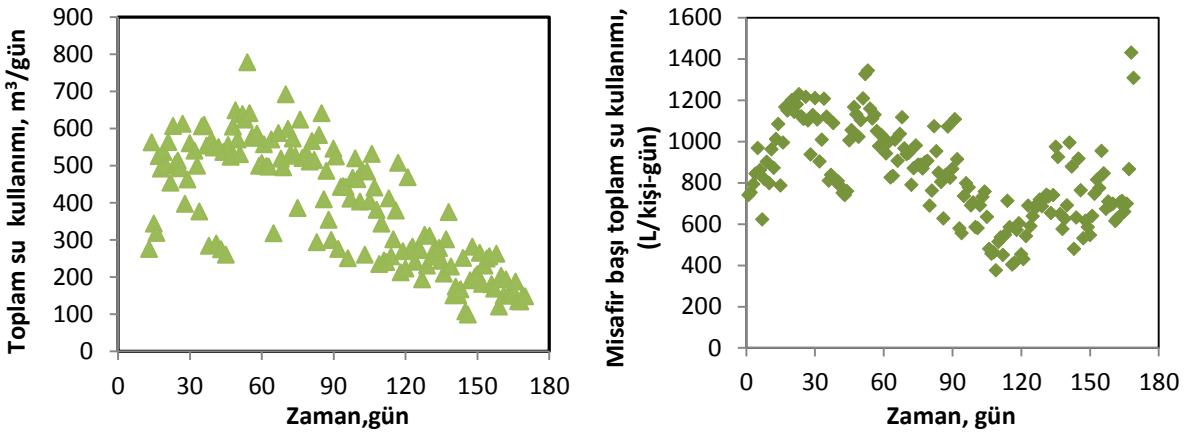
Bina içi su tüketim verileri ile beraber incelendiğinde düşüşün sebebinin bina içindeki su kullanımının azalmasıyla ilişkili olduğu görülmektedir. Düşüşün en önemli sebebinin eylül ayında otelde kalan çocuk sayısındaki azalmaya bağlı olarak banyolarda su kullanımındaki düşüş olduğu tahmin edilmiştir (oteli misafirleri, büyük oranda İskandinav ülkelerinden gelmektedir ve burada çocuklar genellikle küvet doldurularak yıkanmaktadır). Bununla birlikte ağustos ayı sonunda bazı otel odalarının duş başlıkları tasarruflu başlıklarla değiştirilmiştir. Aynı ay gözlenen gri su miktarındaki düşüş bu bulguyu doğrular niteliktedir. Ayrıca otelin doluluğu da misafir başına su tüketimini etkileyen faktörler arasındadır. Otel boş olsa dahi sabit kullanılan bir su miktarı vardır (örn. sulama suyu, havuz besleme suları, genel alanların temizliği, çalışanların su kullanımı vb.). Bu nedenle doluluğun düştüğü durumlarda birim su tüketimleri yükselmekte, doluluk arttıkça ise misafir başı değerler düşmektedir.

Tablo 22 Sayfiye oteli toplam su kullanımının misafir başı dağılımı

Turizm tesisi	**Misafir başı su kullanımı* (L/kişi-gün)**	
	Açık olduğu süre boyunca (Mayıs-Kasım)**	
	Ortalama/Std. sapma	Min.-Maks.
Sayfiye Oteli	830±250	360-1460

* Oteldeki toplam su kullanımı üzerinden değerlendirilmiştir.

**Sayfiye oteli kasım-mayıs ayları arasında kapalı olduğundan yaz-kış ayrımı yapılmamıştır.



Şekil **29** Sayfiye otelinin toplam su kullanımı ve misafir başı toplam su kullanımının zamana bağlı olarak değişimi (Haziran-Kasım 2013): (a) toplam su kullanımının değişimi, (b) misafir başına toplam su kullanımının değişimi

Bina içi toplam su tüketimi

Sayfiye otelinin bina içinde kullanılan su öncelikle bir yumuşatma işlemine tabi tutulmakta ve sonrasında odalar, çamaşırhane ve mutfak ile genel alanlara (sauna, spor salonu, genel alanlardaki tuvaletler vb.) dağıtılmaktadır. Buna göre bina içinde ortalama misafir başı toplam su kullanımı 330 L/gün olarak bulunmuştur. Bina içinde su kullanımının değişimi aşağıda **Tablo 23** ve **Şekil 30** üstünde gösterilmiştir. Şekil üstünde görüldüğü üzere, bina içinde misafir başına toplam su tüketimi değeri de değişmiş, bina dışı kullanımı trendine benzer şekilde eylül ayı tüketiminde bir miktar düşüş gözlemlenmiştir. Düşüşün en önemli sebebinin %60 doluluğun olduğu eylül ayında otelde kalan çocuk sayısındaki azalma olduğu tahmin edilmiştir. Bununla birlikte ağustos ayı sonunda bazı otel odalarının duş başlıkları tasarruflu başlıklarla değiştirilmiştir. Bu sebeplerle, eylül ayında gri su miktarında da benzer düşüş gözlemlenmiştir. Genel olarak çocukların banyoda su kullanımı ve yetişkinlerin su kullanımında önemli bir fark öngörülmemesine karşın, sayfiye otelinde kalan misafirlerin (%95 İskandinav) su kullanım alışkanlıkları farklılık gözlenmesine sebep olmuştur. Şöyle ki, İskandinav ülkelerinde çocuklar yıkanırken duş aldırılmamakta, küvet doldurularak çocuğa banyo yaptırılmaktadır. Ortalama bir küvet 200 L civarında su ile dolmaktadır, buna karşın 10-12 dk. süreyle duş alındığında ise, tasarruflu duş başlığı kullanılıyorsa (ortalama 8-10

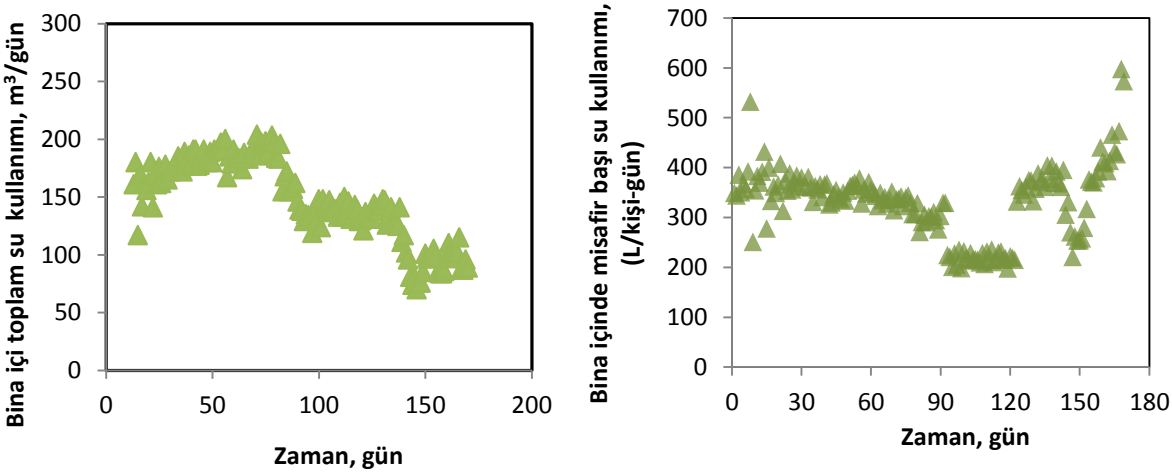
L/dk) toplam 100 L civarında su kullanılmaktadır. Bununla birlikte otel doluluğunun düşmesine bağlı olarak ekim ve kasım ayında artış gözlemlenmiştir.

Tablo 23 Sayfiye oteli yumuşak su kullanımının misafir başı dağılımı

Turizm tesisi	**Misafir başı su kullanımı (L/kişi-gün)***	
	Açık olduğu süre boyunca (Mayıs-Kasım)**	
	Ortalama/Std. sapma	Min.-Maks.
Sayfiye Oteli	330±70	200-730

* Oteldeki toplam su kullanımı üzerinden değerlendirilmiştir.

**Sayfiye oteli kasım-mayıs ayları arasında kapalı olduğundan yaz-kış ayrımı yapılmamıştır.

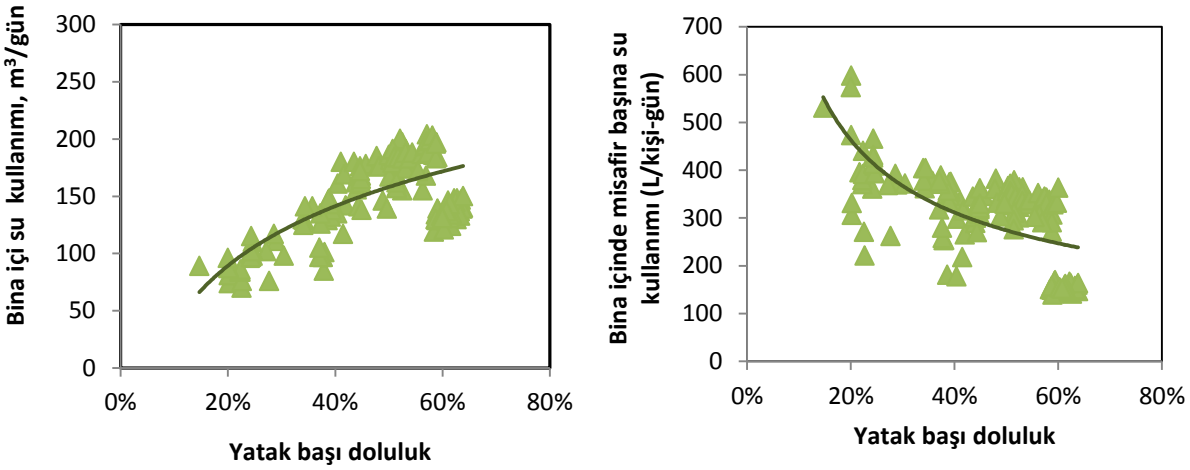


(a) (b)

Şekil 30 Sayfiye otelinin bina içi toplam su kullanımı ve bina içinde misafir başı toplam su kullanımının zamana bağlı olarak değişimi (Haziran-Kasım 2013): (a) bina içi toplam su kullanımının değişimi, (b) bina içi misafir başına toplam su kullanımının değişimi

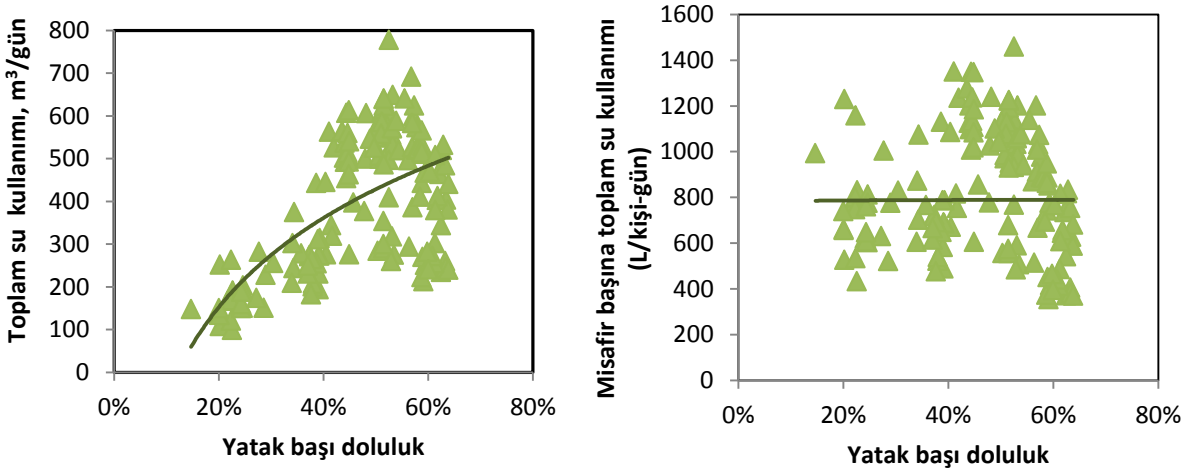
Toplam yumuşak su kullanımının ve misafir başı yumuşak su kullanımının otelin doluluğuna göre değişimi aşağıda şekil üstünde gösterilmiştir (**Şekil 31**). Buna göre misafir başı kullanımının otel doluluğu ile doğrudan ilişkili olduğu ve doluluk arttıkça misafir başına su kullanımının neredeyse ½ oranında düştüğü görülmektedir. Buna göre, otel boş olsa dahi minimum su kullanımının genel kullanım içinde önemli yer tuttuğunu söylemek mümkündür. Bu kullanım içinde sulama, havuz, personel kullanımı, genel alanların temizliği gibi kullanım

alanları sayılabilir. Toplam su kullanımının ve misafir başı toplam su kullanımının otelin doluluğuna göre değişimi ise aşağıda **Şekil 32** üstünde gösterilmiştir.



(b) (b)

Şekil 31 Sayfiye otelinin bina içi toplam su kullanımı ve bina içinde misafir başı toplam su kullanımının doluluğa bağlı olarak değişimi (Haziran-Kasım 2013): (a) bina içi toplam su kullanımının değişimi, (b) bina içi misafir başına toplam su kullanımının değişimi



(a) (b)

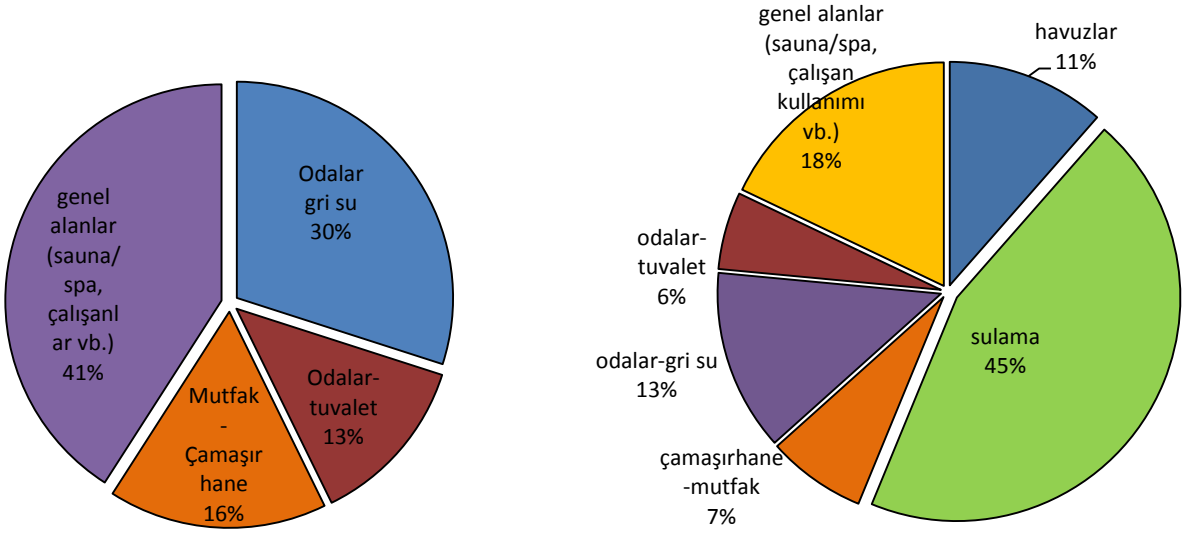
Şekil 32 Sayfiye otelinin toplam su kullanımı ve misafir başı toplam su kullanımının doluluğa bağlı olarak değişimi (Haziran-Kasım 2013): (a) toplam su kullanımının değişimi, (b) misafir başına toplam su kullanımının değişimi

Sayfiye otelinin toplam su kullanımı ve toplam yumuşak su kullanımının yıl ortalamasının kullanım amacına göre dağılımı aşağıda gösterilmiştir (Şekil 33). Buna göre bina içi su kullanımı, odalarda duş ve banyolarda kullanım (gri su), odalarda tuvalette rezervuar suyu olarak kullanım, mutfak ve çamaşırhanede kullanım ve genel alanlarda kullanım olarak gruplanmıştır. Toplam su kullanımı ise, bahçe sulama, havuzlar ve bina içi kullanım (odalarda gri su, odalarda tuvalette rezervuar suyu, mutfak ve çamaşırhane ve genel alanlar) olarak gruplanmıştır. Burada,

- toplam yumuşak su kullanımı: su sayacı verisi,
- gri su: sayaç verisi,
- tuvalet rezervuarlarında kullanım: tuvalet rezervuar hacmine göre tahmin (şehir oteli rezervuar hacmi: 7 L, sayfiye oteli rezervuarları iki kademeli hacmi: 3- 6 L),
- çamaşırhane: sayaç verisi,
- mutfak: literatürden tahmin (Can, 2000),
- genel alanlar: toplam yumuşak su kullanımı ile diğer kullanımlar arası fark,
- havuz: sayaç verisi,
- bahçe sulama: otel teknik servisi çalışanlarının tahmini olarak alınmıştır (bahçe sulama suyu miktarı toplam su tüketimi ve bina içi su kullanım verisi ve havuz verisi farkı alınarak kontrol edilmiştir).

Buna göre, bina içi toplam su kullanımın %43'ü odalarda kullanılmakta, odalarda kullanılan bu suyun yaklaşık %70'lik kısmı ise duş ve banyoda kullanılmaktadır. Bir diğer ifadeyle bina içinde kullanılan toplam suyun %30'u odalarda duş ve banyoda, %13'ü ise odalarda tuvalet rezervuarlarında kullanılmaktadır. Bina içi ve bina dışı tüm su kullanımlarının dağılımına baktığımızda ise, kullanılan toplam suyun % 44'nün bina içinde, %56'sının ise bina dışında kullanıldığı görülmektedir (sulama ihtiyacının yüksek olduğu temmuz-ağustos aylarında bu oran bina içinde %37, bina dışında ise %63 değerlerine kadar ulaşabilmektedir). Bina dışı kullanımın yaklaşık %80'i bahçe sulamada kullanılmaktadır (toplam kullanım %45'i). Havuzların filtrasyonu ve filtrelerin ters yıkamaları ile buharlaşma kayıpları sebebiyle su kullanımı ise toplam su kullanımının %11'ini oluşturmaktadır. Odalarda su kullanımı, bina içi ve bina dışı toplam su kullanımının %20'sini oluşturmaktadır. Odalarda duş ve banyolarda su kullanımı (gri su olarak toplanabilecek miktar) ise toplam su kullanımının %13'üdür. Mevcut çamaşırhane sadece çalışan kıyafetleri ve plaj havluları gibi bir kısım çamaşırların

yıkanmasında kullanılmaktadır (otelde tam kapsamlı bir çamaşırhane hizmeti yoktur. Odalara ait nevresim vb. hizmet alımı yoluyla otel dışında yıkatılmaktadır. Bu nedenle, bu alanda su kullanımının tipik otel kullanımına göre düşük olduğu tahmin edilmektedir. Bunun yanında, sayfiye otelinde su tasarruflu musluk başlıklarının kullanılıyor olması sebebiyle otelin su kullanımının aynı özelliklerdeki bir başka otele kıyasla nispeten düşük olduğu düşünülmektedir. Otelde kullanılan tasarruflu duş başlığının su tüketimi ve tasarruflu olmayan ortalama bir duş başlığının su tüketimi karşılaştırıldığında, gri su açısından ortalama %20 kadar bir fark olabileceği tahmin edilmektedir. Gri su karakterinin, şehir oteline kıyasla daha konsantre olması bu yorumla uyumludur. Bu çerçevede, şehir otelinin su kullanımı ile sayfiye otelinin su kullanımı karşılaştırıldığında, sayfiye otelinin su kullanımının bir miktar düşük olmasının bir sebebi olarak, sayfiye otelinin su tasarruf politikası olduğu tahmin edilmektedir.



(a) (b)

Şekil 33 Sayfiye oteli su kullanımının dağılımı (a) bina içi su kullanımı (b) toplam su kullanımı (bina içi ve bina dışı)

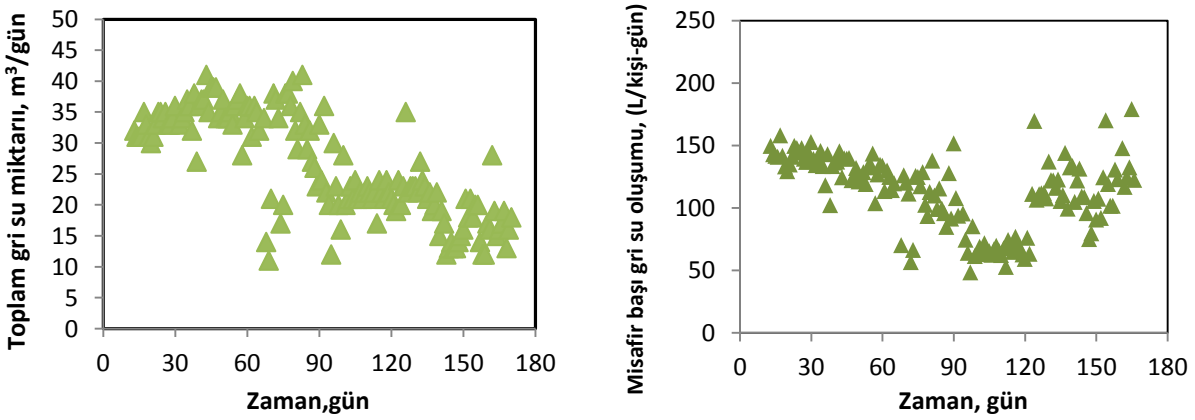
5.3.2 Otellerde Gri Su Miktarının Belirlenmesi

Oteller konutlara göre su kullanımının yüksek olduğu sektörlerdir. Otellerde bina içinde kullanılan suyun önemli bir miktarı odalarda ve duşlarda kullanılmaktadır. Otellerde misafir başına odalarda tuvalet harici kullanılan su miktarının (gri su) belirlenebilmesi için her iki pilot

turizm tesisinde gri su hattında bulunan su sayaçları verileri ve misafir bilgileri kullanılmış ve aşağıda sonuçlar değerlendirilmiştir.

5.3.2.1 Pilot Sayfiye Oteli Gri Su Miktarı

Sayfiye otelinin gri su hattında bulunan sayaç bilgileri otelin açık olduğu süre boyunca izlenmiştir (**Şekil 34**). Şekil incelendiğinde, belli bir trend olduğu ve zamana bağlı belirgin bir değişim olmadığı görülmektedir. Misafir başı gri su oluşumunun 40 L ile 215 L arasında değişmiş, misafir başına gri su miktarı ortalama 110 L/misafir-gün olarak bulunmuştur (**Tablo 24**). Sayfiye otelinde misafirler her şey dahil konsepti ile kalmakta ve zamanlarının büyük kısmını otelde geçirmektedirler.

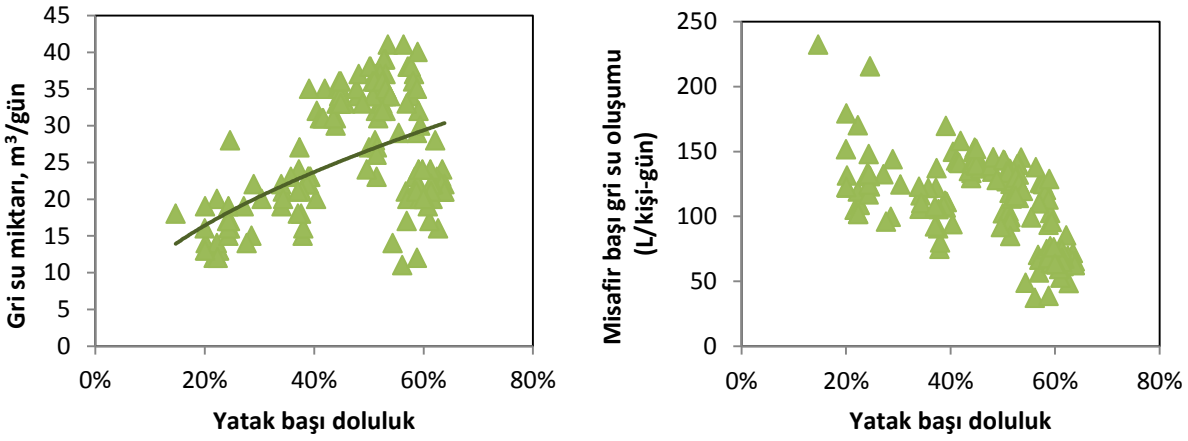


(a) (b)

Şekil 34 Sayfiye otelinin toplam gri su miktarının ve misafir başı gri su miktarının zamana bağlı değişimi (Haziran-Kasım 2013): (a) toplam gri su miktarının değişimi, (b) misafir başına gri su miktarının değişimi

Gri su miktarının doluluk ile ilişkisi değerlendirildiğinde ise, genel olarak otelde oluşan toplam gri su miktarının doluluğa bağlı arttığı görülmektedir (**Şekil 35**). Buna karşın misafir başı gri su oluşumu bir miktar azaldığı görülmektedir. Aslında nispeten doğrusal olması beklenen misafir başı gri su oluşumunda bir miktar düşüşün, odaların banyolarında yapılan temizliğin odada kalan kişi sayısından bağımsız olmasıyla ilişkili olduğu düşünülmektedir. Düşüşün bir diğer sebebi ise %60 doluluğun olduğu eylül ayı döneminde kalan çocuk sayısındaki önemli

düşüşe bağlı olarak banyoda su kullanımının azalmasıdır. Gri su miktarındaki azalma aynı dönem bina içinde toplam su kullanımında görülen azalma ile de uyumludur. Genel olarak çocukların banyoda su kullanımı ve yetişkinlerin su kullanımındaki farkı irdeleyen bir çalışmaya rastlanmamıştır, ancak genel olarak çok büyük fark olması tahmin edilmemektedir. Ancak sayfiye otelinin misafir profili (%95 İskandinav) bu farkı nispeten açıklamaktadır. İskandinav ülkelerinde çocuklar yıkanırken duş aldırılmamakta, küvet doldurularak çocuğa banyo yaptırılmaktadır. Ortalama bir küvet 200 L civarında su ile dolmaktadır, buna karşın 10-12 dk. süreyle duş alındığında ise, tasarruflu duş başlığı kullanılıyorsa (ortalama 8-10 L/dk) toplam 100 L civarında su kullanılmaktadır.



(a) (b)

Şekil 35 Sayfiye otelinin toplam gri su miktarının ve misafir başı gri su miktarının doluluğa bağlı olarak değişimi (Haziran-Kasım 2013): (a) toplam gri su miktarının değişimi, (b) misafir başına gri su miktarının değişimi

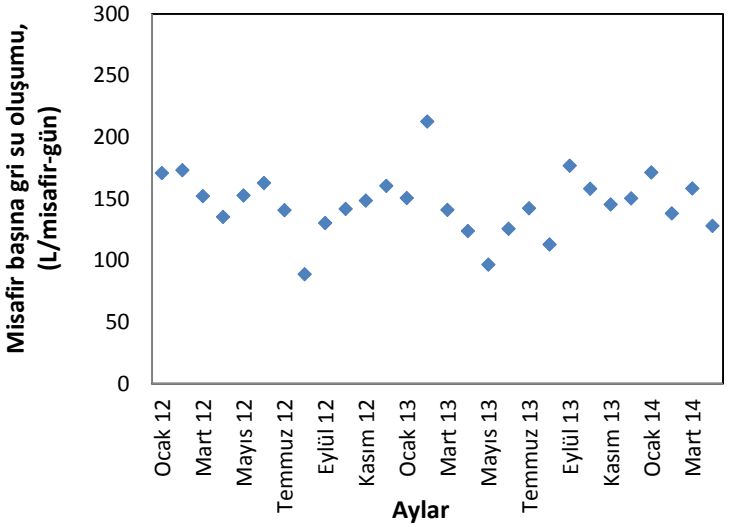
Tablo 24 Sayfiye oteli odalarda misafir başı gri su oluşumu

	Misafir başı gri su oluşumu (sadece odalardaki banyolardan) (L/misafir-gün)	
Turizm tesisi	Açık olduğu süre boyunca (Mayıs-Kasım)*	
	Ortalama/Std. sapma	Min.-Maks.
Sayfiye Oteli	110±30	40-215

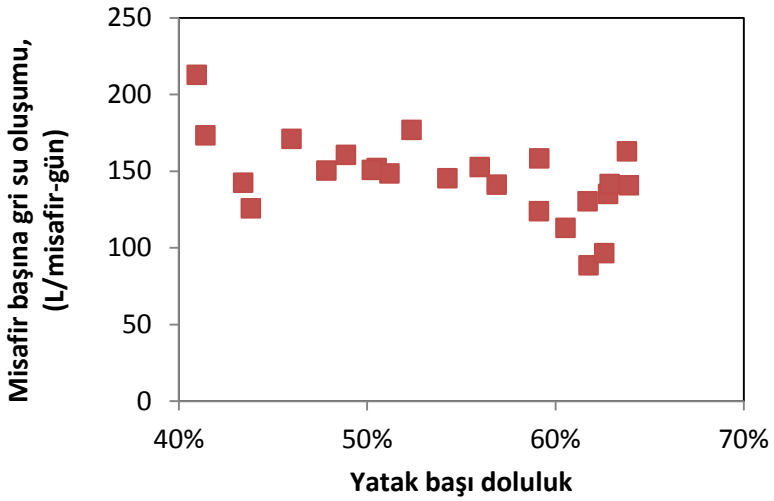
*Sayfiye oteli kasım-mayıs ayları arasında kapalı olduğundan yaz-kış ayrımı yapılmamıştır.

5.3.2.2 Pilot Şehir Oteli Gri Su Miktarı

Şehir otelinin gri su hattında bulunan sayaç bilgileri (2012, 2013 ve 2014 yılları aylık ortalamaları) değerlendirilmiş, sonuçlar şekil üstünde özetlenmiştir. Buna göre, **Şekil 36** incelendiğinde, şehir otelinde misafir başı gri su oluşumunun 90 L/misafir-gün ile 215 L/misafir-gün arasında aylara göre değişkenlik gösterdiği görülmektedir. Yaz aylarında misafir başı gri su oluşumu daha düşük olurken (90-180 L/misafir-gün), kış aylarında misafir başı su kullanımları daha yüksek (100-215 L/misafir-gün) olmuştur. Yıl ortalaması 145 L/misafir-gün, yaz ayları ortalaması 135 L/misafir-gün, kış ayları ortalaması 150 L/misafir-gün olarak hesaplanmıştır (**Tablo 25**). Şehir otelinde misafirler daha çok oda kahvaltı seçeneğini tercih etmekte ve çoğunlukla konferans, toplantı gibi iş amacı ile ya da şehri gezme amacı ile konaklamaktadır. Dolayısıyla, genel olarak, sayfiye oteline kıyasla şehir otelinde, misafirler daha fazla otel dışında vakit geçirmektedir. Yaz ve kış aylarındaki gri su oluşumundaki fark bu durum ile açıklanabilir. Yaz aylarında otel dışında vakit geçirme ve şehri gezme imkânının fazla olması ve bu nedenle duşta kalma süresinin daha düşük olması, buna karşın ise kış aylarında gezme imkanının daha az olması ve duşta kalma süresi, küveti doldurma alışkanlığının daha fazla olması gri su oluşumunu etkileyecektir.



Şekil 36 Şehir oteli misafir başı gri su oluşumunun aylara göre değişimi (2012-2013-2014 yılları)



Şekil 37 Şehir otelinde misafir başı gri su oluşumunun doluluğa bağlı olarak değişimi (2012-2013-2014 yılları)

Tablo 25 Şehir oteli odalarda misafir başı gri su oluşumu

Turizm tesisi	Misafir başı gri su oluşumu (odalardaki duş-lavabo suları) (L/misafir-gün)					
	Tüm yıl		Yaz ayları* (mayıs-ekim arası)		Kış ayları* (ekim-mayıs arası)	
	Ortalama/Std. sapma	Min.-Maks.	Ortalama/Std. sapma	Min.-Maks.	Ortalama/Std. sapma	Min.-Maks.
Şehir Oteli	145±25	90-215	135±30	90-180	150±25	100-215

* su kullanım verileriyle karşılaştırılabilir olması için, yaz/kış ayları gruplaması, Tablo 1'dekine benzer şekilde yapılmıştır.

5.3.3 Pilot Turizm Tesislerinde Su Kullanımı ve Atıksu Oluşumu Çalışması Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Sayfiye otelinde misafir başı toplam su kullanımının yıl ortalaması 830 L, Şehir otelinde ise 735 L bulunmuştur. Şehir otelinin kış aylarında da açık olması, yıl ortalamasını düşürmüştür. Sadece yaz sezonunun ortalaması değerlendirildiğinde ise şehir otelinin ortalama 965 L ile su kullanımının, sayfiye otelinin misafir başına birim su kullanımının üstünde olduğu

görülmektedir. Bunun temelde iki sebebi olabilir, (i) şehir otelinde sulanan çim alanın sayfiye oteline kıyasla (%15 civarında) daha büyük olması ve buna bağlı olarak sulamada kullanılan suyun daha fazla olması, (ii) şehir otelinde bina içinde su kullanımının sayfiye oteline kıyasla daha fazla olması. Aşağıda görüldüğü üzere şehir otelinde gri su oluşumu sayfiye oteline kıyasla bir miktar daha yüksektir. Bu durum sayfiye otelinde misafirlerin neredeyse gününün tamamının otel içinde, kumsal ya da havuzda geçirmesi ve sahilde duş alması ve bunun sonucunda da odalarda duş alma süresinin kısa olması ile açıklanabilir. Bununla birlikte, bu fark üstünde otellerin su tasarruf politikasının da etkisi olduğu düşünülmektedir. Her ne kadar şehir otelinde de tasarruflu duş başlıkları kullanılıyor olsa da, sayfiye otelinin yeni olması ve sahip olduğu sürdürülebilirlik sertifikaları ve buna bağlı olarak gerçekleştirilen denetimler sonucunda su tasarruf politikasının daha sıkı uygulandığı düşülmektedir.

Tablo 26 Pilot turizm tesislerinde misafir başı su kullanımı

Turizm tesisi	Misafir başı toplam su kullanımı-yıl ortalaması (L/kişi-gün)		Misafir başı toplam su kullanımı-yaz sezonu** (L/kişi-gün)		Bina içinde misafir başı su kullanımı* (L/kişi-gün)	
	Ortalama/Std. sapma	Min.-Maks.	Ortalama/Std. sapma	Min.-Maks.	Ortalama/Std. sapma	Min.-Maks.
Sayfiye Oteli	830±250	360-1460	880±260	360-1460	330±70	200-730
Şehir Oteli	735±190	525-1220	965±130	790-1220**	-	-

*Şehir otelinde ayrı sayaç bulunmamaktadır

** Mayıs-Ekim ayları verileri

Her iki otelin gri su oluşumu karşılaştırıldığında (**Tablo 27**), sayfiye oteli ile şehir otelinin misafir başı gri su oluşumunun farklı olduğu görülmektedir. Sayfiye otelinde misafir başı gri su oluşumu ortalama 110 L/misafir-gün iken, şehir otelinde bu değer 145 L/misafir-gün'dür. Sayfiye otelinde gri su oluşumunun şehir oteline kıyasla düşük olması misafirlerin neredeyse gününün tamamının otel içinde, kumsal ya da havuzda geçirmesi ve sahilde duş alması ve bunun sonucunda da odalarda duş alma süresinin kısa olması ile açıklanabilir. Bununla birlikte, her ne kadar şehir otelinde de tasarruflu duş başlıkları kullanılıyor olsa da sayfiye

otelinde uygulanan sıkı su tasarruf politikasının da bu fark üstünde bir miktar etkisi olduğu düşünülmektedir.

Tablo 27 Pilot turizm tesislerinde misafir başı gri su oluşumu

Turizm tesisi	Misafir başı gri su oluşumu (sadece odalardaki banyolardan) (L/misafir-gün)	
	Ortalama/Std. sapma	Min.-Maks.
Sayfiye Oteli	110±30	40-215
Şehir Oteli	145±25	90-215

5.3.4 Ülkemiz genelinde turizm tesislerinin su kullanımı tahmini

Turizm tesislerinin su ihtiyacı, ziyaret eden toplam turist sayısı (Şekil 6) ve ortalama geceleme sayısı ile proje kapsamında tahmin edilen ortalama bina içi su kullanımı ve toplam su kullanımı verileri dikkate alınarak kabaca tahmin edilmeye çalışılmıştır (Şekil 38). Hesaplarda dikkate alınan değerler;

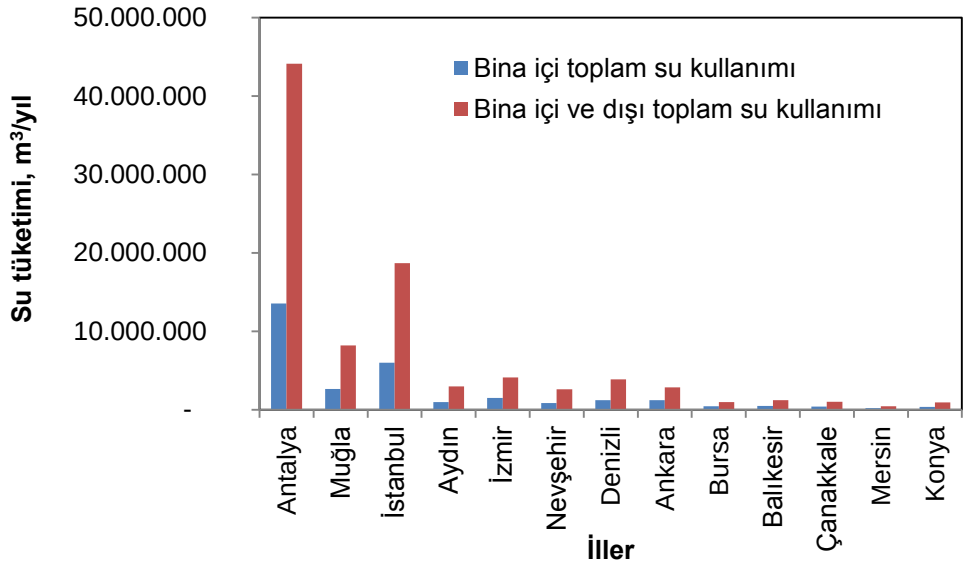
Misafir başına birim su kullanımı (bina içi): 300 L/misafir-gün (genel ortalamanın pilot turizm tesisleri ortalamalarının %10 altında olacağı kabul edildi),

Misafir başına birim toplam su kullanımı (bina içi ve bina dışı): 800 L/misafir-gün (genel ortalamanın pilot turizm tesisleri ortalamalarının %10 altında olacağı kabul edildi),

Tesiste ortalama kalış süresi: yabancılar için yıllık ortalama 4 gece, yerliler için yıllık ortalama 2 gece,

Buna göre, turistik illerde yer alan turizm tesislerinin yıllık su tüketimleri; bina içi su kullanımı yaklaşık 30 milyon m^3/yıl, bina içi ve dışı kullanımların toplamı ise yaklaşık 90 milyon m^3 mertebelerindedir. Turistik illerin kendi içinde dağılımına baktığımızda ise Antalya ilinde turizm tesislerinin su kullanımı tahmini dikkat çekicidir. Bina içi kullanımlar yaklaşık 13.5 milyon m^3, bina içi ve dışı toplam kullanım ise 44 milyon m^3 civarında tahmin edilmiştir. Bu rakam Antalya'da yıllık yaklaşık 148 milyon m^3 su kullanımı ile uyumludur (Şekil 23). Buna göre, havzada yıllık kullanılan toplam suyun yaklaşık %30'unun turizm tesisleri tarafından kullanıldığı tahmin edilmektedir. Yoğun turizm sezonun Haziran-Ekim ayları arasında olduğu

düşünülürse, bu toplam su miktarın, büyük çoğunun yine aynı aylar arasında kullanılacağı tahmin edilebilir. Benzer şekilde, ikincil konutların su ihtiyacının da yaz aylarında artacağı aşikardır. Sektörün su tüketiminin yüksek olduğu bir diğer il ise İstanbul olarak görülmektedir. Ancak İstabul'un Antalya'dan en büyük farkı ve avantajı, şehir otellerinin yıl boyunca benzer dolulukta olması sebebiyle, söz konusu su ihtiyacının yıl boyunca büyük oranda eşit dağılacak olmasıdır. Bu açıdan değerlendirildiğinde, Antalya ve Muğla en fazla baskı altında olan şehirler olarak görülmektedir. Turizm tesisleri yoğunluğu ve buna bağlı olarak su ihtiyaçları dikkate alındığında, pilot turizm tesislerinin birisinin Antalya, diğerinin ise İstanbul'da olması yerinde olmuştur. Su kaynakları üstündeki baskıya azaltabilmek için yerinde geri kazanım alternatifine karşılık, Antalya ilinde seçilen bir merkezi atıksu arıtma tesisi arıtılmış suyunun yeniden kullanılmak üzere otellere iletilmesi ekonomik analiz kapsamında değerlendirilmiştir.



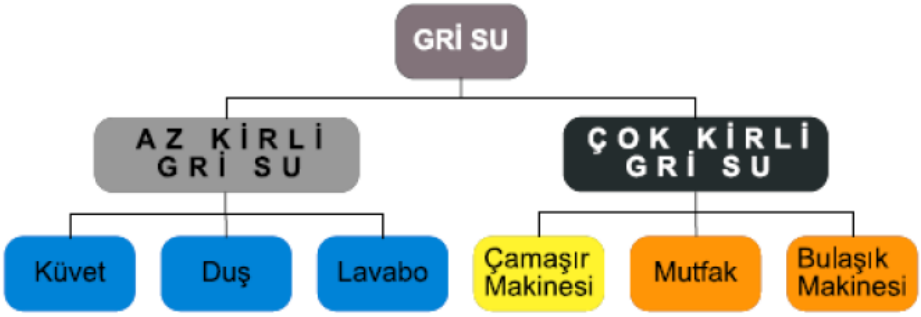
Şekil 38 . Turistik illerimizde turizm tesislerinin su kullanımı tahmini

5.3.5 Gri Su Karakterizasyonunun Değerlendirilmesi

5.3.5.1 Gri su karakterizasyonu ile ilgili literatür çalışmaları

Gerek ECOSAN yaklaşımına göre tüm bileşenlerin (sarı su dahil ayrılması) gerekse de sadece siyah ve gri su ayrımı olarak yapılması durumunda gri su miktarı ve karakterizasyonu

etkilenmeyecektir. Yapılan literatür araştırması sonucu ulaşılan gri su karakterizasyon bilgileri Tablo 28'de verilmiştir. Gri su karakteristik olarak düşük seviyede besin maddesi içermektedir. Toplam azot konsantrasyonu 2-28 mg/L arasında değişirken, toplam fosfor konsantrasyonu 5-16 mg/L aralığında raporlanmıştır. Bunun yanında gri su, siyah suya kıyasla daha az patojen içermektedir (Masi vd., 2010; Hocaoğlu vd., 2010). Zavala vd. (2002) çalışmalarında, gri suyun kendi içinde kuvvetli gri su (mutfak lavabosu ve çamaşır makinesi atıksuları) ve zayıf gri su (duş, küvet, lavabo atıksuları) olarak iki alt akıma ayrılabileceğini (Şekil 39) böylelikle karakterizasyonu farklı iki gri su akımı oluşturulabileceğini raporlamıştır. Literatürde, zayıf gri su karakteri çalışmalarından elde edilen karakterizasyon değerlerinden bazıları Tablo 28'de verilmektedir.



Şekil 39. Gri suyun kaynaklarına göre sınıflaması

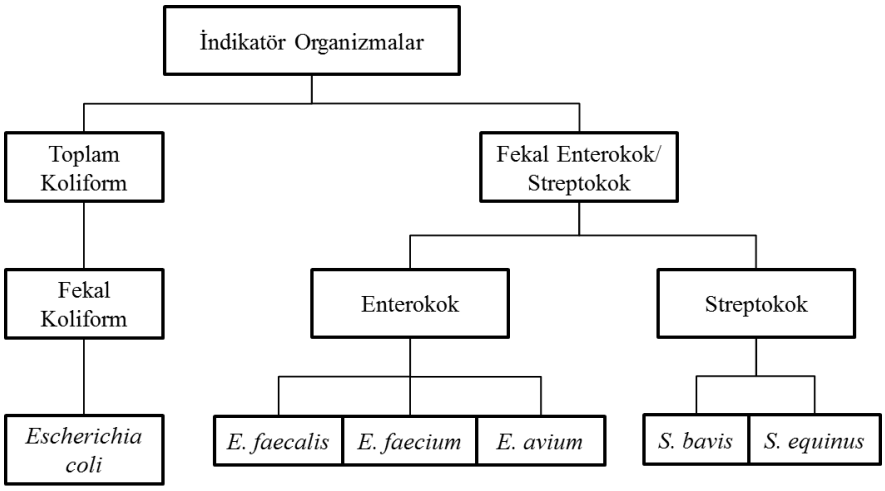
Gri Sularda Mikrobiyolojik Parametreler

Toplam koliform, Fekal koliform, E. Koli ve son yıllarda WHO tarafından önerilen ve yaygınlaşmaya başlayan enterokok indikatör organizmaları, su ve atıksu mikrobiyolojisinde patojenik kirlenme göstergesi olduklarından ötürü önem taşımaktadırlar. İndikatör organizmalara ait alt gruplar Şekil 40'de gösterilmiştir.

Tablo 28 Gri su karakterizasyonu

Parametreler	Bu çalışma				Gri su Hocaoğlu vd. 2010	Gri su Lamine vd. 2007	Banyo Almeida vd. 1999	Banyo-duş Nolde vd. 1999	Duşlar Regelsberger vd. 2007 (Fas)
	Sayfiye Oteli Gri Suları		Şehir Oteli Gri Suları						
	Ortalama	Min.-maks	Ortalama	Min.-maks	Ortalama ±sd				
pH	7,45	7,12-7,71	-	-	7.2 ±0.3	7.5	-	-	7.4
T. KOİ, mg/L	168	75-334	105	<30-470	295±79	102	210	100-200	180
Ç. KOİ, mg/L, mg/L	122	77-268	47	<30-297	191±54	-	184	-	-
$BOİ_5$, mg/L	113	48-225	32	<1-93	111±33	97	-	50-100	90
TKN, mg/L	4,6	1,40-12,3	7,4	<0,5-43	7.4±3.7	8	-	-	-
NH_4^+-N, mg/L	0,9	<0,05-5,9	1,44	<0,05-6,8	1.6±1.4	7	1.1	-	12
T.P, mg/L	0,75	0,17-2,67	3,2	0,4-8,8	7.3±3.1			0.2-0.6	2.0
PO_4-P, mg/L	0,25	0,03-1,53	1,27	0,04-3,12		3.5	5.3		
AKM, mg/L	49	16-108	66	10-468	63±30	33	54	-	200
UAKM, mg/L	-	-	42	<5-288	47±23	-	9	-	-
İletkenlik, µs/cm	635	257-2694	-	-	492±114	-	-	-	628
T. Koliform./100 ml	$2,7x10^6$	$1,4x10^5$-$9,2x10^6$	$8x10^5$	-	-	-	-	10^2-10^3	-
F. Koliform /100ml	$1,8x10^5$	$1,9x10^4$-$5,6x10^5$	$2x10^5$	-	-	-	-	10^{-1}-10^1	$2x10^6$
E.Koli /100ml	$1,7x10^5$	$1,8x10^4$-$5,4x10^5$	$2x10^5$	-	-	-	-	-	-
Fekal Streptokok /100ml	$6,2x10^5$	$2,2x10^4$-$3,6x10^6$	$5x10^3$	-	-	-	-	-	-

sd: standart sapma



Şekil 40 İndikatör organizmaların alt grupları (EPA, 2002)

Toplam koliformlar Enterobacteriaceae ailesine dahil olup aerobik ve fakültatif aerobik, gram negatif, spor oluşturmayan ve çubuksu bakterilerin safra tuzu varlığında, 37^0C'de laktozdan asit ve gaz üretebilen bakterilerdir. Bu grup, Citrobacter, Enterobacteri Escherichia, Hafnia, Klebsiella, Serratia ve Yersinia türlerini içermekte olup insan ve hayvan dışkılarında bulunmasına rağmen tamamı dışkı haricinde kaynaklardan da gelebilmektedir (Mara ve Horan, 2003; Bitton, 2011). Atıksu arıtma tesislerinin arıtma verimini gösteren en önemli parametrelerden olan toplam koliformlar, geri kazanılmış suların mikrobiyolojik güvenliğinin anlaşılmasında da kullanılmaktadır (Grabow, 1990). Fekal koliformlar, toplam koliformların kesinlikle dışkı kaynaklı olan ve 45^0C'de büyüme ve laktoz fermantasyonu yapabilme özelliğine sahip olan alt grubudur. Esasen Escherichia Coli olan bu grupta 45^0C'de gelişme gösteren ve hastalık yapıcı özelliği bulunmayan koliformlar da yer almaktadır (Mara ve Horan, 2003). Fekal koliform grubu ve özellikle Escherichia Coli, sulardaki fekal kirlenmenin belirlenmesi açısından en iyi sonuç veren indikatörler olarak bilinmektedir (Edberg vd., 2000). Fekal koliformların bağırsak dışında çok nadir gelişme göstermesine rağmen, oluşabilecek bazı özel durumlarda bağırsak dışında da gelişme gösterebilmektedir (Mara ve Horan, 2003; Bitton, 2011). Fekal enterokoklar/streptokoklar, Enterokoklar ve Streptokoklar'ı kapsamakta olup bağırsaklarda görülen, ve buna bağlı olarak insan ve sıcak kanlı hayvanların dışkılarında izlenebilen bakterilerdir (Leclerc vd., 1996). Enterokoklar genellikle insan dışkısında bulunmakta olup, Streptokoklar ise genellikle hayvan dışkısı kaynaklıdır.

Enterokoklar doğada çoğalamamakta olup dezenfeksiyona karşı fekal koliformlara göre iki kat dayanıklıdırlar (Godfree vd., 1997).

Nolde ve diğ. (1999) tarafından yapılan çalışmada tesise giren gri suda toplam koliform 100mL'de 10^2 ila 10^3, Fekal koliform ise 100mL'de 10^{-1} ila 10^1 düzeylerinde gözlemlenmiştir. Gri su ile ilgili yapılan bir başka çalışmada (Atasoy ve Diğ. 2007), konutlarda oluşan gri suda bakteriyolojik parametrelerden toplam koliform 100mL'de $1{,}3x10^4$, Fekal koliform ise 100mL'de $3.5x10^3$ ölçülmüştür. Mikrobiyolojik kirlilik gri su kaynağı ile doğrudan ilişkilidir, bu nedenle farklı çalışmalarda oldukça yüksek değerlere de rastlanmaktadır. Sadece banyo ve duş ve el yıkamadan kaynaklı gri suya çamaşır makinesi ve mutfak suları eklenince toplam koliform ve E.coli sayıları arttığı görülmektedir (Bullermann ve diğ. 2001). Ancak, gri suların mikrobiyolojik içeriği ile ilgili genel kanı, gri sularda fekal koliformun genellikle düşük olduğu ve bu nedenle sulama amaçlı kullanımında hastalık bulaştırma riskinin evsel atıksuya kıyasla az olduğu yönündedir.

Gri Sularda Bulunan Mikrokirleticiler

Doğada tespit edilen mikro kirleticilerin ana kaynağı evsel atıksulardır ve gri sulardaki miktarları ng/L-µg/L civarındadır. Yapılan araştırmalarda sucul ortamda oldukça fazla zararlı etkileri olan mikro kirleticilerin gri sudaki kaynağı kullanmış olduğumuz ilaçlar ve kişisel bakım ürünlerinin bileşenleridir. Bu bileşiklerin birçoğunun endokrin bozucu etkiye sahip olduğunu gösteren çalışmalar mevcuttur. Endokrin bozucular, endokrin sistemin gelişimi ve fonksiyonunu değiştiren maddelerden oluşur. Bu maddeler, hormonların faaliyetleri, degredasyonları ve vücuttan atılmasına etki eder. Endokrin bozucular doğal veya farklı sentetik ve endüstriyel ürünlerde, endüstride, tarımda veya evlerde kullanılan farklı ürünlerin içinde bulunabilirler. Kişisel bakım ürünleri ise ilaçlar, kozmetikler, temizlik maddeleri ve çok çeşitli gıda katkılarından oluşur. Toprak ve sıvı ortama bu kirleticilerin geçerek, istenmeyen çevre kirliliğinin oluşmasını engellemek amacıyla gri suyun geri kazanımında uygun yöntemlerin kullanılması son derecede önemlidir. Bunun sonucu olarak da atıksudan mikrokirleticilerin (endokrin salgılanmasını bozan bileşikler, metaller, pestisitler ve kişisel bakım ürünleri) giderimi konusu önem kazanmaya başlamıştır. Literatürde, gri suda kişisel bakım ürünlerden kaynaklanan mikro kirleticilerin belirlendiğine dair bilimsel yayınlar bulunmasına rağmen bunların gri su arıtımında giderim verimlerinden çok az bahsedilmektedir.

Grisuyun geri kazanımı kentsel temiz su ihtiyacını azaltma potansiyeline sahip olsa da toplum sağlığı ve çevre açısından risk taşımadığını garanti altına almak önemlidir. Günümüze kadar yapılan grisu geri kazanımı ve risk değerlendirme ile ilgili pek çok çalışma konvansiyonel su kalitesi izleme parametreleri, az sayıda çalışma da mikrokirleticiler üzerinde yoğunlaşmıştır (Hernandez ve diğ., 2010, Andersen ve diğ., 2007; Eriksson ve diğ., 2003; Palmquist ve Hanaeus, 2005). Sucul ortamda oldukça fazla zararlı etkileri olan mikro kirleticilerin gri sudaki kaynağı kullanmış olduğumuz temizlik ürünleri ve kişisel bakım ürünlerinin bileşenleridir (Ternes ve Joss, 2006).

Grisudaki bu bileşiklerin MBR ile arıtımlarına yönelik oldukça az bilgi mevcuttur. MBR kullanılarak yapılan çalışmalar mikrokirleticilerin grisuda ya farklı prosesler kullanılarak yada karışık atıksuda özellikle farmasötiklerin giderimine yöneliktir. Temizlik ürünleri ve kişisel bakım ürünleri içerisinde bulunma olasılıkları yüksek olan bileşenlerden bazıların örnek olarak aşağıdaki bileşikler verilebilir:

UV-filtre etkisi yapan güneş koruyucu kozmetikler içinde bulunma olasılığı yüksek etilheksil metoksisinamat (EHMC) endokrin bozucu etki yapabilen bir bileşiktir. Koruyucu olarak kişisel bakım ürünlerinde kullanılan paraben bileşikleri (metil-, etil-, propil-, butil-paraben) bu ürünlerin çoğunluğunda bulunması açısından önemlidir. (Golden vd., 2005, Eriksson vd., 2008a, Gonzalez-Marino vd. 2009). Bir antimikrobiyal (biyosid) olan triklosan orta seviyede biyobirikim yapan ($\log K_{OW}$= 4.76), orta seviye aerobik biyobozunabilirliğe sahip ve sucul organizmalar için akut toksik bir bileşiktir. Östrojenik etkisi yüksek bir yüzey aktif madde olan nonilfenol (Routledge vd., 1998) Su Çerçeve Direktifi (European Comission, 2009a) inde öncelikli kirleticiler listesinde yeralan bir mikrokirleticidir. Ticari olarak kullanımı Avrupa'da yasaklanmasına rağmen atıksu deşarjlarında hala 15 ug/L seviyelerinde tespit edilmektedir. Bisfenol-A epoksi reçine ve polikarbonat plastik üretiminde kullanılan bir monomerdir. Kolay biyoparçalanabilir, orta hidrofobik özelliktedir (logKOW=3.32). Yapılan birkaç çalışmada östrojenik aktivitesi ve kanser yapıcı etkisi ispatlanmıştır (Sharma vd., 2009). Galaxolide biyoparçalanabilir olmayan, yüksek biyobirikim yapma potansiyeline sahip (logKOW= 5.9) endokrin bozucu etkiye sahip olduğu ispatlanmış bir bileşiktir (Schreurs vd., 2005).

Yukarıda bahsedilen mikrokirleticilerin atıksu akımlarındaki konsantrasyonlarına ilişkin yapılmış bazı çalışmalardan örnekler Tablo **29** ve Tablo 30'de verilmektedir. Tablolardaki

değerler incelendiğinde konsantrasyon seviyelerinin genellikle µg/L ve ng/L seviyelerinde olduğu görülmektedir.

Tablo 29 Model Mikrokirleticilerin atıksulardaki konsantrasyon seviyeleri (Hernandez-Leal L., 2010'den uyarlanmıştır)

Bileşik	Atıksudaki Konsantrasyonu (µg/L)	Bileşik	Atıksudaki Konsantrasyonu (µg/L)
Etilparaben	4.5-5.5[l]	***Bisfenol-A***	0.25-5.62[l]
	0.1[k]		14.6[k]
	0.129[m]		0.473[m]
	0.06[p]	***Nonilfenol***	0.24-19[r]
	0.020-12.5 [c]		0.2[s]
	9.71±5.09 [b]		12.8-15.3[b]
	1.99±0.14[d]	***EHMC***	0.146±0.023[g]
Metilparaben	0.62 [k]		<0.003[g]
	2.95 [f]		0.4 [h]
	1.9-5.1[l]		3.3[j]
	0.724[m]	***Triklosan***	1.35[k]
	0.81[n]		5.2[f]
	0.86[p]		<0.05-0.936[l]
			0.45[h]
			2.8[j]
Propilparaben	0.73[k]	***Galaxolide***	1.65 [a]
	1.1-1.3[l]		1.25[a]
	0.43[m]		3.00 [a]
	5.27[n]		1.85[f]
	0.27[p]		
Butilparaben	0.11[k]		
	0.15-0.18[l]		
	0.211[m]		
	0.026[p]		

a Zhou vd. (2009) b Simonich vd. (2002) c Heberer (2003)
d Kreuzinger vd. (2004) e Bester (2004) f Oppenheimer vd. (2007)
g Rodil vd. (2009) h Loraine ve Pettigrove (2006) j Balmer vd. (2005)
k Lee vd. (2005) l Gonzalez-Marino vd. (2009) m Jonkers vd. (2009)
n Canosa vd. (2006a) p Canosa vd. (2006b) r Vethaak vd. (2005)
s Espejo vd. (2002)

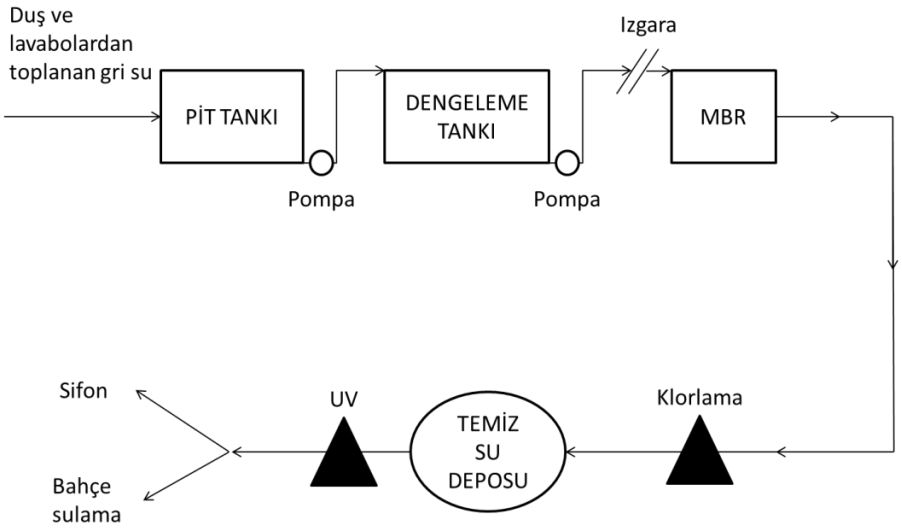
Tablo 30 Model Mikrokirleticilerden bazılarının yüzey sularındaki konsantrasyon seviyeleri (Montagner C. C. vd., 2013)

Bileşik	ölçüm sayısı	Konsantrasyon Aralığı (ng/L)	Medyan (ng/L)	Referanslar
Triclosan	710	<0.1–2300	48	United States-Boyd vd., 2004; Loraine ve Pettigrove, 2006; Benotti vd., 2009; Dougherty vd., 2010;Romania – Moldo-van, 2006; United Kingdom –Kasprzyk-Horden vd., 2008; South Korea –Kim vd., 2009; Yoon vd., 2008,
Galaxolide	282	64–12 470	160	
Paraben*	6	15–400	-	
EHMC	22	1.1–4450	1.9	

*tüm paraben bileşikleri dahildir

5.3.5.2 Pilot Şehir Oteli Gri Su Karakterizasyonu

Proje kapsamında akım ayrımı yolu ile arıtma tesisine iletilen gri suyun karakterizasyonu akımının ilk toplanma yeri olan ve MBR sistemini besleyen, tesiste “pit tankı” adı ile anılan noktadan yapılan örneklemeler ile gerçekleştirilmektedir. Mevcut arıtma sistemi akış şeması aşağıda verilmiştir (Şekil **41**)



Şekil 41. Şehir oteli arıtma tesisi şeması

Örnekleme programı

Hilton İstanbul Oteli grisu karakterizasyon çalışmasının aşağıda maddeler halinde verilen programa uygun olarak izlenmesi planlanmış ve gerçekleştirilmiştir:

1. **Haftalık Rutin İzleme:** Yıl boyunca değişimi gözlemeye imkan verecek şekilde bir yıl boyunca her hafta bir kez Perşembe günleri saat 9:00-10:00 arası örnekleme ve analizlerinin yapılması,
2. **Günlük Değişim İzleme:** Hafta içindeki değişimleri izlemek üzere her mevsim bir hafta boyunca Temmuz ve Ekim ayları her gün olacak şekilde hafta boyunca 7 gün saat 09:00-10:00 arası örnekleme ve analizlerinin yapılması,
3. **Saatlik Değişim İzleme:** Günlük değişimleri gözlemek üzere ise her mevsim bir gün 24 saat boyunca saat başı otomatik numune alıcıyla numune alınarak 2 saatlik 12 numune hazırlanarak analizlerinin yapılması,

Hilton İstanbul otelinin örnekleme ve analiz çalışmaları İstanbul Teknik Üniversitesi Çevre Mühendisliği tarafından gerçekleştirilmiştir. Alınan numuneler İTÜ Çevre Mühendisliği Bölümü Laboratuvarlarına nakledilmiş aynı gün analizlerine başlanmış, gerektiğinde asit ilavesi yapılmak suretiyle numune saklama önlemleri alınarak buzdolabında saklanmıştır.

Karakterizasyon parametreleri ve analiz yöntemleri

Gri suyun içerdiği öncelikli kirlilik unsurunun organik madde olması nedeni ile karakterizasyonunda birincil parametre toplam kimyasal oksijen ihtiyacı olmak üzere aşağıda analiz yöntemleri ile birlikte verilen parametrelerin dikkate alınmasına karar verilmiştir (**Tablo 31**).

Tablo 31. Şehir oteli gri su karakterizasyon parametreleri ve analiz yöntemleri

PARAMETRE	ANALİZ YÖNTEMİ
Toplam Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)	SM*, 5220 B Kimyasal Oksijen İhtiyacı, Kapalı Reflux Metodu
Çözünmüş Kimyasal Oksijen İhtiyacı (ÇKOİ)	0,45 µm filtrasyonundan sonra ÇKOİ
Biyolojik Oksijen İhtiyacı ($BOİ_5$)	SM 5210 Biyolojik Oksijen İhtiyacı, 5210 B. 5-Günlük BOD Test
Askıda Katı Madde (AKM)	SM, 2540 D. Toplam Askıda Katı Madde (103-105 ^{0}C'de Kurutma)
Uçucu Askıda Katı Madde UAKM	
Toplam Kjeldhal Azotu (TKN)	SM, 4500-Norg Nitrogen (Organik), 4500-Norg B. Makro Kjeldahl Metodu
Amonyum azotu (NH_4^+-N)	SM, 4500 F.-NH_3 Azotu (Amonyum), NH3 Amonyum Seçici Elektrot Metodu
Toplam Fosfor (TP)	SM, Toplam Fosfor, 4500-P, B. Kalay Klorür Metodu
Ortofosfat (PO_4)	SM, Fosfat, 4500-P D. Kalay Klorür Metodu
Bakteriyolojik Parametreler	
Toplam Koliform (sayı/100 ml)	TS EN ISO 9308-1:2004
Fekal Koliform (sayı/100 ml)	SM 9222 D:2012
Escheria Koli (sayı/100 ml)	TS EN ISO 9308-1:2004
Fekal Stretokok (sayı/100 ml)	TS EN ISO 7899-2:2002

(*)Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater

Deneysel Sonuçlar

Bu rapor döneminde, bir yıl boyunca devam edilecek olan her hafta yapılan rutin izleme, yaz dönemi haftanın her günü yapılan örneklemelerle haftalık değişim izleme ve yaz dönemi 24 saatlik günlük değişim izleme karakterizasyon sonuçları verilmektedir.

Haftalık, günlük ve saatlik değişimlerin izlenmesi amacıyla alınan numunelerde aşağıdaki parametrelerin analizleri gerçekleştirilmiştir:

- Toplam Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)
- Çözünmüş Kimyasal Oksijen İhtiyacı (ÇKOİ)
- Biyolojik Oksijen İhtiyacı ($BOİ_5$)
- Askıda Katı Madde (AKM)
- Uçucu Askıda Katı Madde UAKM
- Toplam Kjeldhal Azotu (TKN)
- Amonyum Azotu (NH_4^+-N))

- Toplam Fosfor (TP)
- Ortofosfat (PO_4)

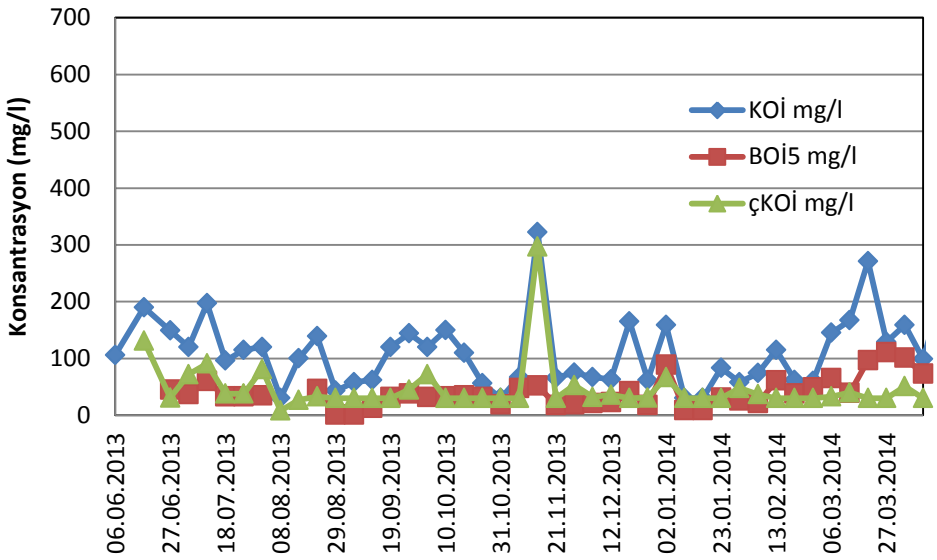
Haftalık Rutin İzleme Sonuçları

Yıl boyunca değişimi gözlemeye imkan verecek şekilde bir yıl boyunca her hafta bir kez Perşembe günleri saat 9:00-10:00 arasında alınan numunelerin analizi yapılmıştır. Örnekleme çalışmalarına Haziran 2013'de başlanmıştır.

06.06.2013-17.04.2014 tarihleri arasında haftalık olarak, gri su akımının ilk toplanma yeri olan ve arıtma sistemini besleyen pit tankından alınan toplam 45 adet numunenin KOİ, ÇKOİ, BOİ, TP, ortoP, TKN, NH_4^+-N, AKM ve UAKM analiz sonuçları **Şekil 42** - **Şekil 45**'de verilmektedir.

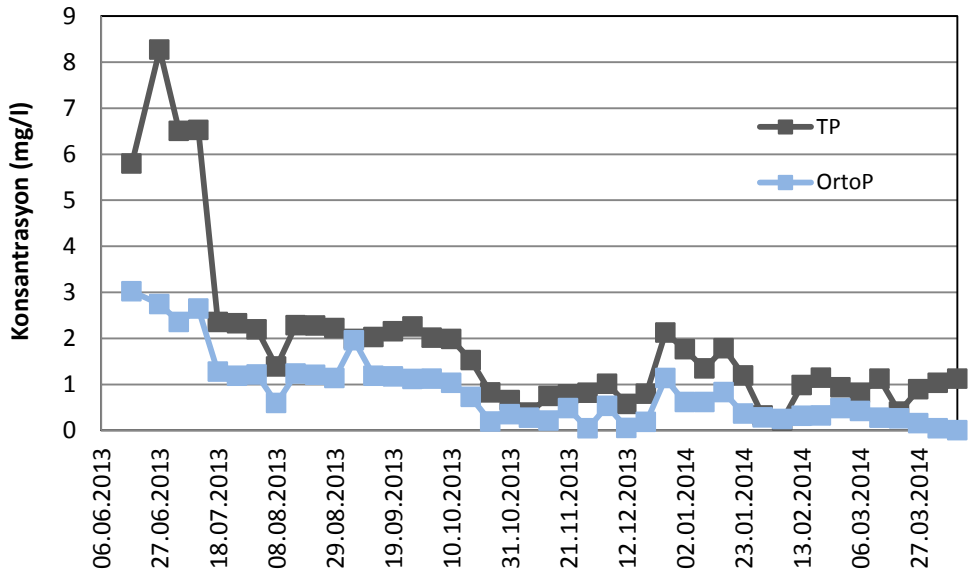
$BOİ_5$ parametresinin herhangi bir kimyasal yöntem ile korunmadan 6 saat için analizinin başlatılması gerekmektedir. Tatil günleri alınan numunelerde ya da sonuç okuma günü olan 5. günün tatil gününe gelmesi durumunda $BOİ_5$ deneyleri gerçekleştirilememiştir (Hilton İstanbul Oteli örnekleme ve analiz çalışmalarının gerçekleştirildiği İstanbul Teknik Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü laboratuvarında tatil günleri ölçüm yapılamamaktadır). $BOİ_5$ sonucu elde edilemeyen günler için organik madde izlemesi KOİ ve ÇKOİ parametreleri ile yapılmıştır.

Sonuçlar (Şekil 42), evsel atıksuyun sınıflandırmasını gösteren (Metcalf & Eddy, 2003) ile karşılaştırıldığında gri suyun organik madde açısından zayıf atıksu karakteri taşıdığı görülmektedir. Yapılan 47 adet rutin izlemenin KOİ ortalamaları 121 mg/L olup, örnekleme yapılan süre boyunca üç kez haricinde toplam KOİ değerleri zayıf evsel atıksu KOİ değeri olan 250 mg/L'nin altında kalmıştır. (Metcalf & Eddy, 2003)'de zayıf evsel atıksu için verilen BOİ limiti 110 mg/L'dir. Rutin izlemede elde edilen BOİ değerleri ortalaması 44 mg/L olarak bulunmuştur, dolayısı ile BOİ açısından da zayıf evsel atıksu karakteriyle uyum mevcuttur. Çözünmüş KOİ sonuçlarına bakıldığında ise konutlarda oluşan tipik gri su karakterinden (Hocaoğlu vd. 2013) farklı olarak bu fraksiyonun nispeten düşük olduğu, KOİ'nin daha büyük kısmının partiküler formda bulunduğu görülmektedir. Ortalamalar dikkate alındığında çözünmüş KOİ, toplam KOİ'nin %38'ine karşılık gelmektedir.



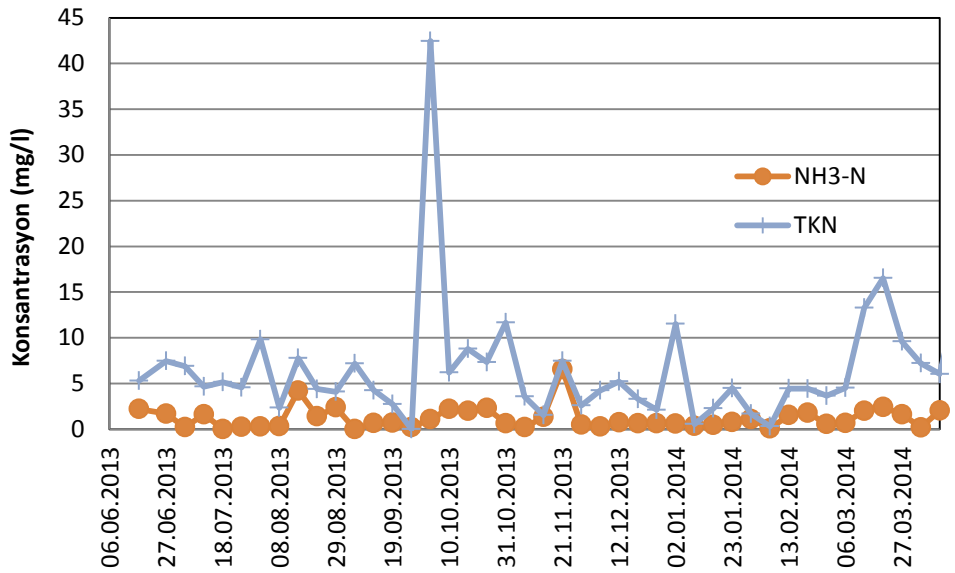
Şekil 42 Hilton Oteli Ham Grisu KOİ-$BOİ_5$-ÇKOİ Değişimi
(< 30 lar 30 olarak gösterilmiştir.)

Ölçüm yapılan dönem boyunca toplam fosfor değerleri 2,5 mg/L'nin altında kalmıştır (Şekil 43). Genel ortalama olarak da 2 mg/L'nin altında seyretmektedir. Bu değerler de zayıf evsel atıksu sınırı olan 4 mg/L'nin altında kalmaktadır. İzlemenin başladığı ilk aylarda ise Toplam Fosfor yüksek değerlerde seyretmiş ve bir nokta ile dahi olsa, orta kuvvette evsel atıksu değerini aşmıştır. Buna karşılık ortofosfat değerleri maksimum 3 mg/L olup ortalama olarak 1 mg/L'nin altında kalmıştır.



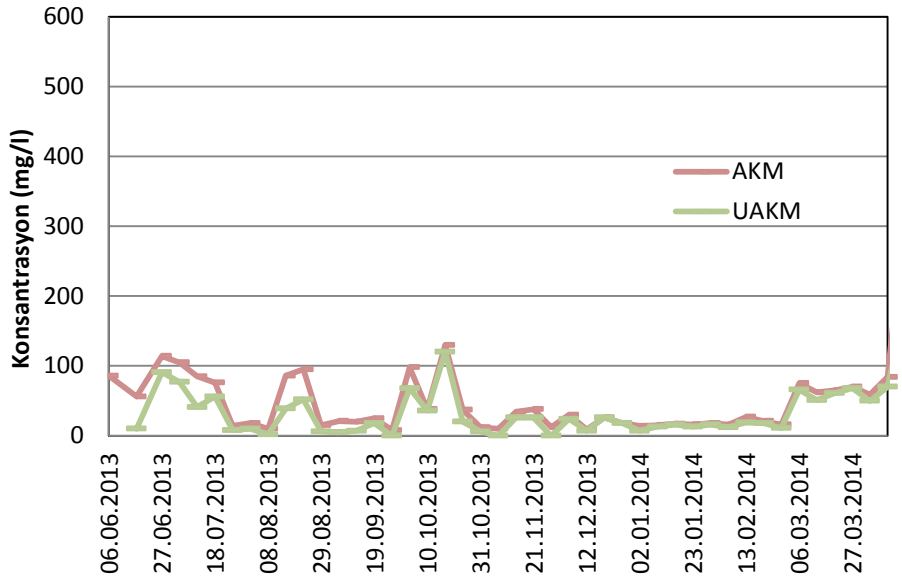
Şekil 43 Hilton Oteli Ham Grisu TP-Ortofosfat Değişimi

Azot parametreleri ekim ayında gözlenen ve nedeni hakkında bir ipucuna rastlanmayan 43 mg/L'lik bir nokta haricinde TKN değerleri maksimum 17 mg/L, ortalama ise 6 mg/L civarındadır (Şekil 44). Bu değerler (Metcalf & Eddy, 2003) ile karşılaştırıldığında gri su üst limiti 20 mg/L olan zayıf evsel atıksu karakteriyle uyum göstermektedir. Benzer şekilde amonyum azotu için bu değerler maksimum 6,6 mg/L, ortalama 1,2 mg/L olup aynı tabloda zayıf atıksu için verilen 12 mg/L sınırının belirgin bir şekilde altında kalmaktadır. Amonyum azotu TKN'nin küçük bir bölümünü oluşturmakta olup azotun ağırlıklı olarak organik formda bulunduğu anlaşılmaktadır.



Şekil 44 Hilton Oteli Ham Grisu NH_4^+-N -TKN Değişimi

Membran çatlağı etkisinin belirginleşerek pik yaptığı son haftalar haricinde AKM maksimum 130 mg/L, genel ortalama ise 61 mg/L olmuştur. UAKM için benzer değerler 120 mg/L, genel ortalama ise 43 mg/L olarak bulunmuştur. Bu değerlerle gri suyun yüksek seviyelerde askıda katı madde içermediği, genelde zayıf evsel atıksu karakteriyle uyum gösterdiği, UAKM ile AKM'nin paralel ve neredeyse örtüşen değerlerde seyrettiği görülmekte ve buna göre katı maddenin esasen organik içerikli olduğu anlaşılmaktadır.



Şekil 45 Hilton Oteli Ham Grisu AKM-UAKM Değişimi

Yaz dönemi boyunca haftalık, her zaman aynı saatte (09:00-10:00) alınan 45 adet grisu numunesinin analiz sonuçlarının minimum, maksimum ve ortalama değerleri **Tablo 32**'de verilmektedir.

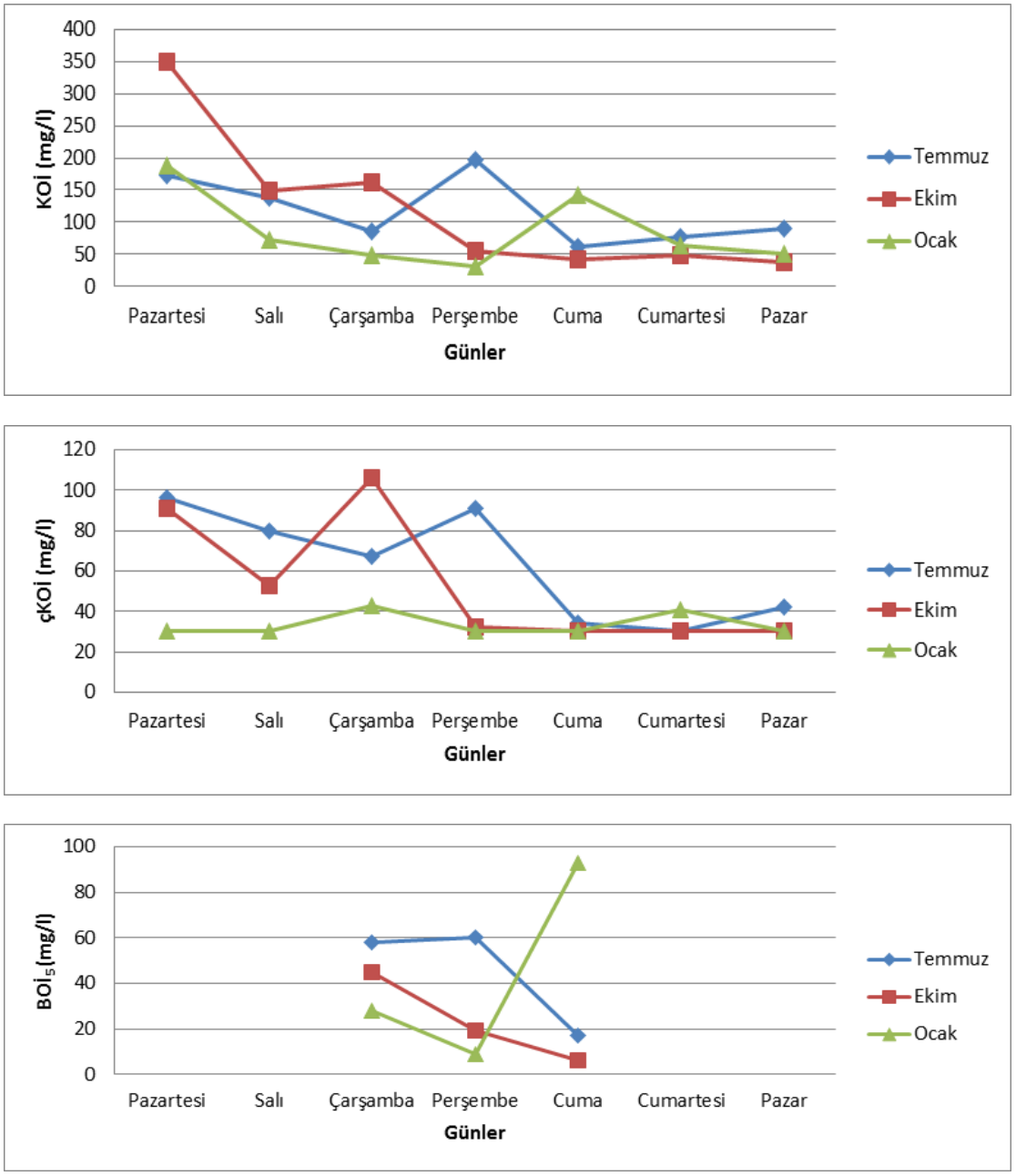
Tablo 32. Haftalık numunelerde analizi yapılan parametrelerin minimum, maksimum ve ortalama değerleri

parametre → / haftalık ölçümler ↓	KOİ (mg/L)	BOİ5 (mg/L)	ÇKOİ (mg/L)	TP (mg/L)	OrtoP (mg/L)	NH_4-N (mg/L)	TKN (mg/L)	AKM (mg/L)	UAKM (mg/L)
minimum	30	9	8	0,2	-	-	-	8	-
maksimum	615	111	297	8,3	3,0	6,6	17	570	468
ortalama	121	44	46	1,9	0,8	1,2	6,1	61	43

Günlük Değişim İzleme Sonuçları

Hafta içindeki değişimleri izlemek üzere yaz, sonbahar ve kış mevsimlerinde olmak üzere birer hafta boyunca saat 09:00-10:00 arası alınan numunelerin analizi yapılmıştır. Günlük olarak, gri su akımının ilk toplanma yeri olan ve arıtma sistemini besleyen pit tankından

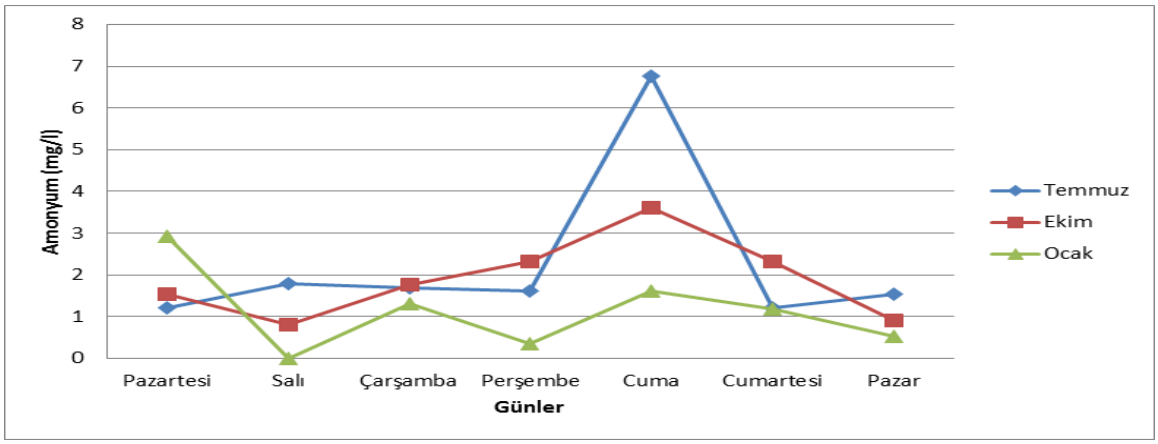
alınan numunelerin TKOİ, ÇKOİ, BOİ, analiz sonuçları karşılaştırmalı olarak Şekil 46'da verilmektedir.

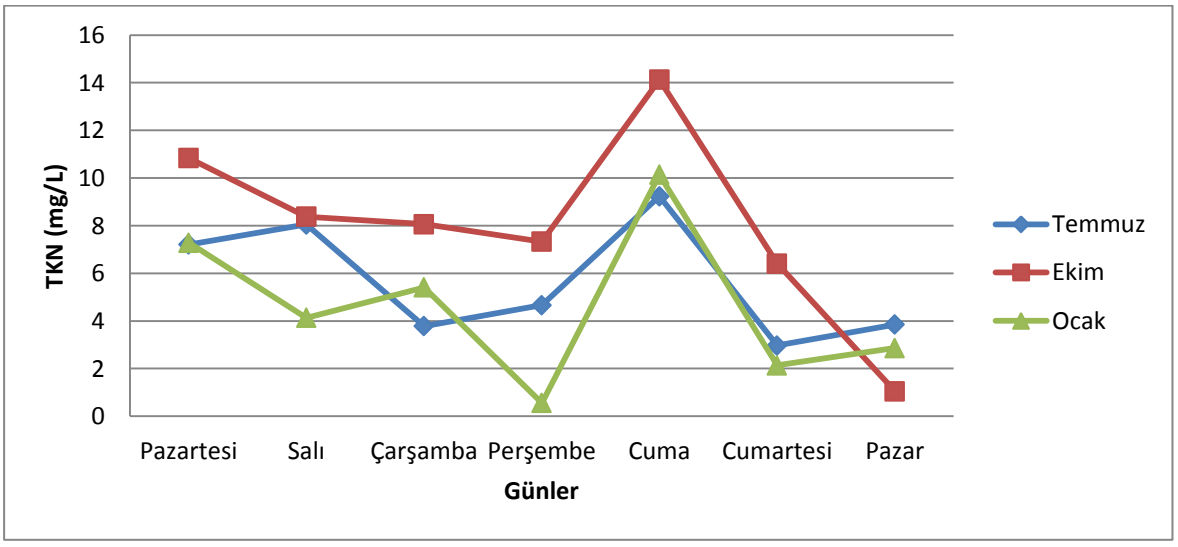


Şekil 46 Hilton Oteli Ham Grisu Günlük KOI, ÇKOI ve $BOİ_5$ Değişimi

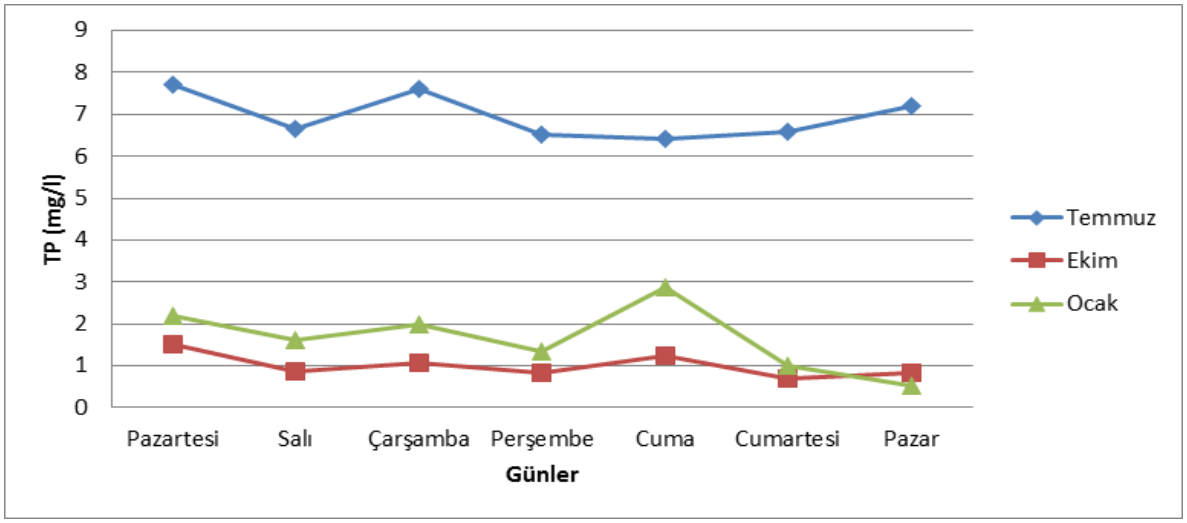
Gri suyun içerdiği besin maddelerindeki değişim azot parametreleri için (TKN, NH_4-N parametreleri) karşılaştırmalı olarak Şekil 47'de, fosfor parametreleri için ise Şekil 48'de

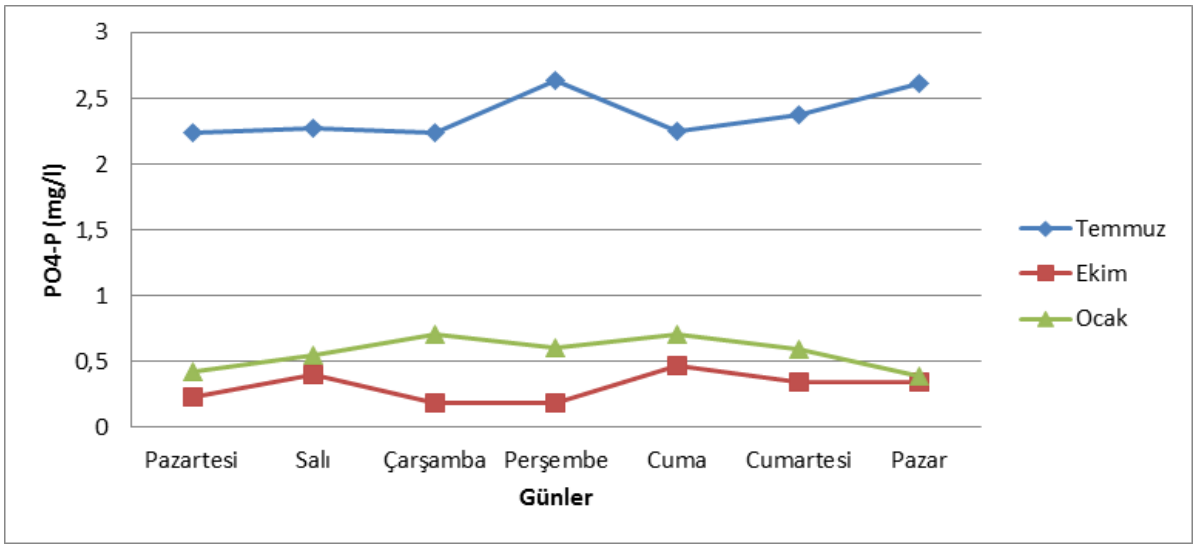
verilmiştir. Azot parametrelerindeki değişim değerlendirildiğinde, her iki dönemde de maksimum değerlerin Cuma günlerine denk geldiği görülmektedir. Hafta boyunca yapılan izlemelerde ayrıca Cumartesi ve Pazar günkü hafta sonu değerlerinin hafta içi değerlerine göre bir miktar daha düşük olduğu saptanmıştır.





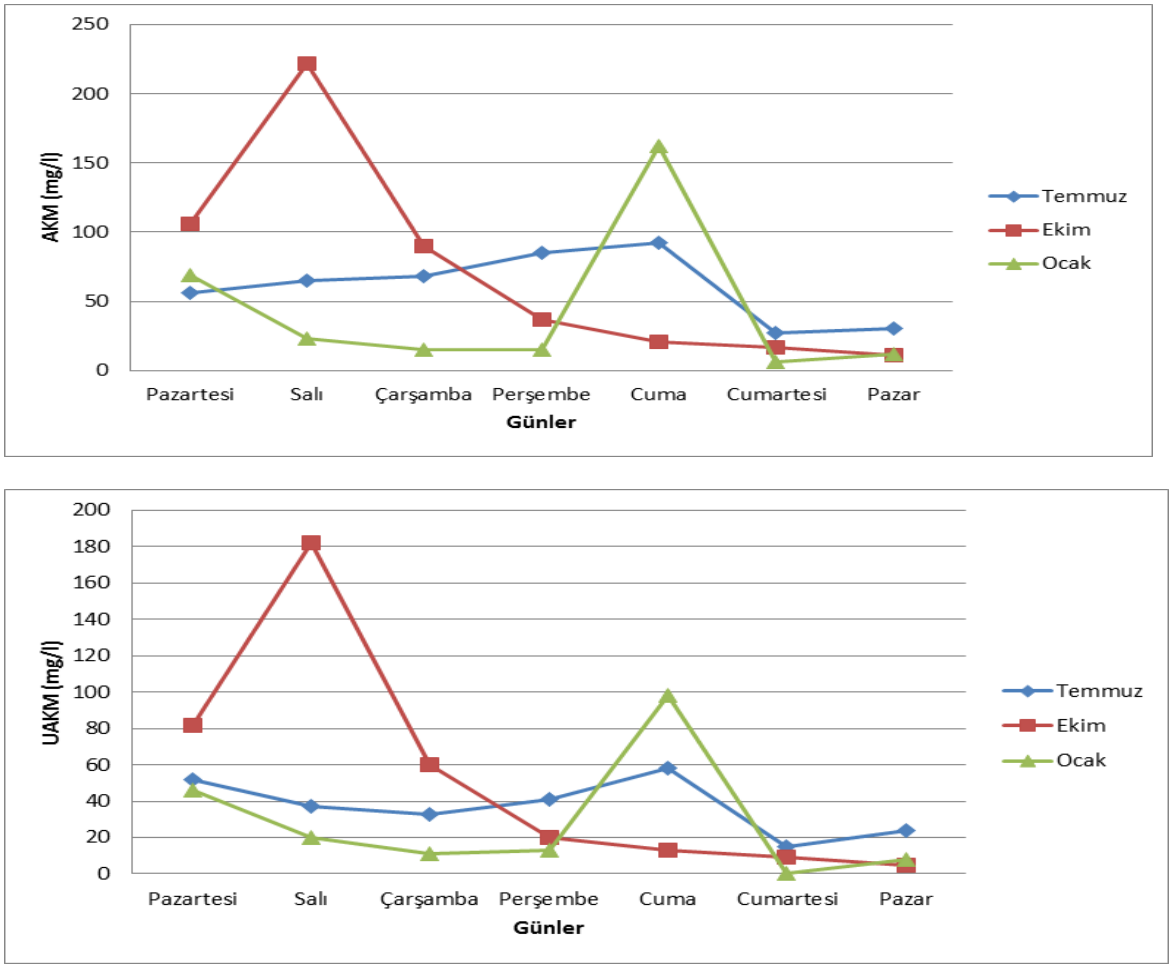
Şekil 47 Hilton Oteli Ham Grisu Günlük TKN ve NH4-N Değişimi





Şekil 48 Hilton Oteli Ham Grisu Günlük TP-Ortofosfat Değişimi

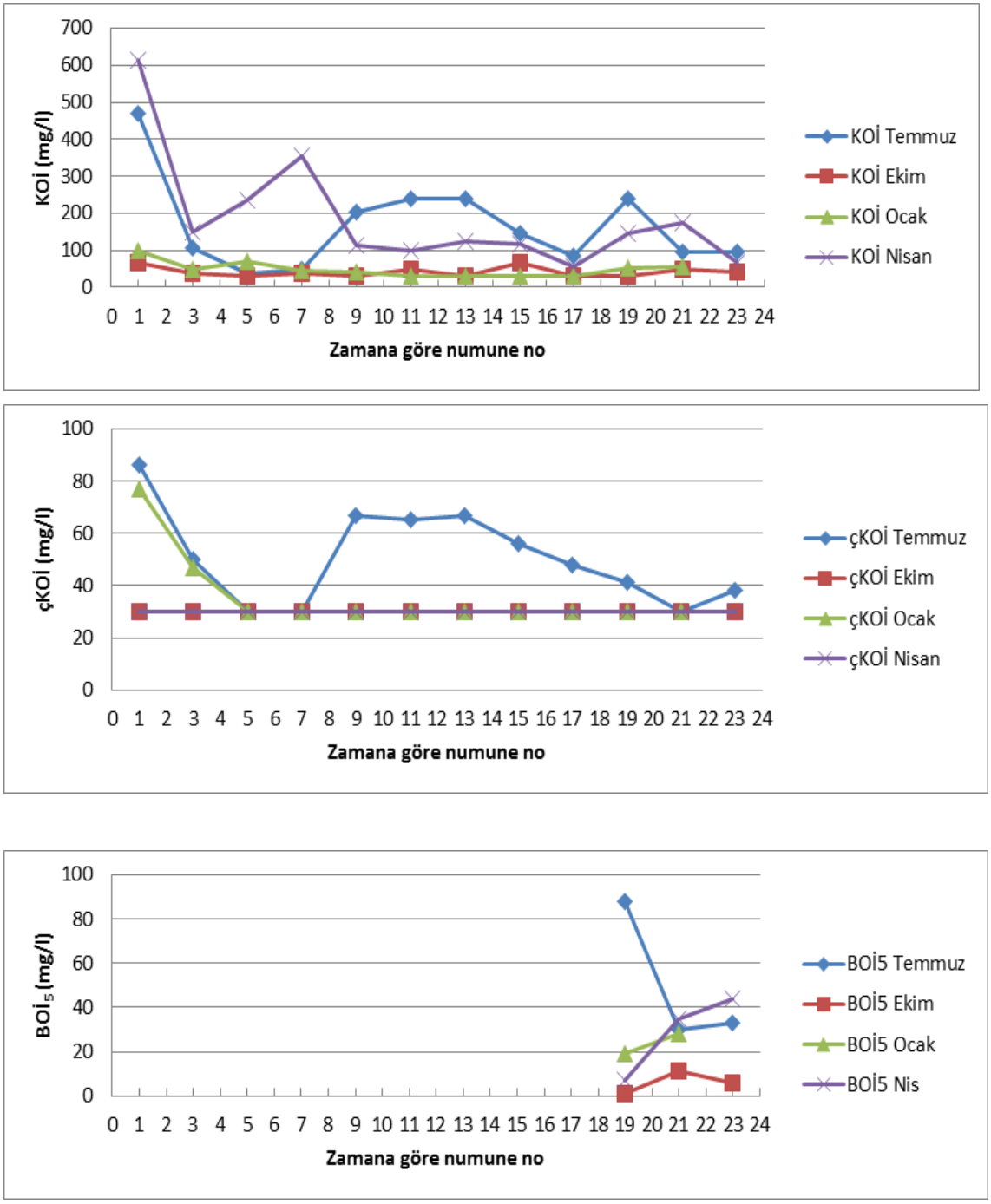
Gri suyun içerdiği katı madde parametresindeki değişim AKM, UAKM parametreleri karşılaştırmalı olarak Şekil 49'te verilmiştir.



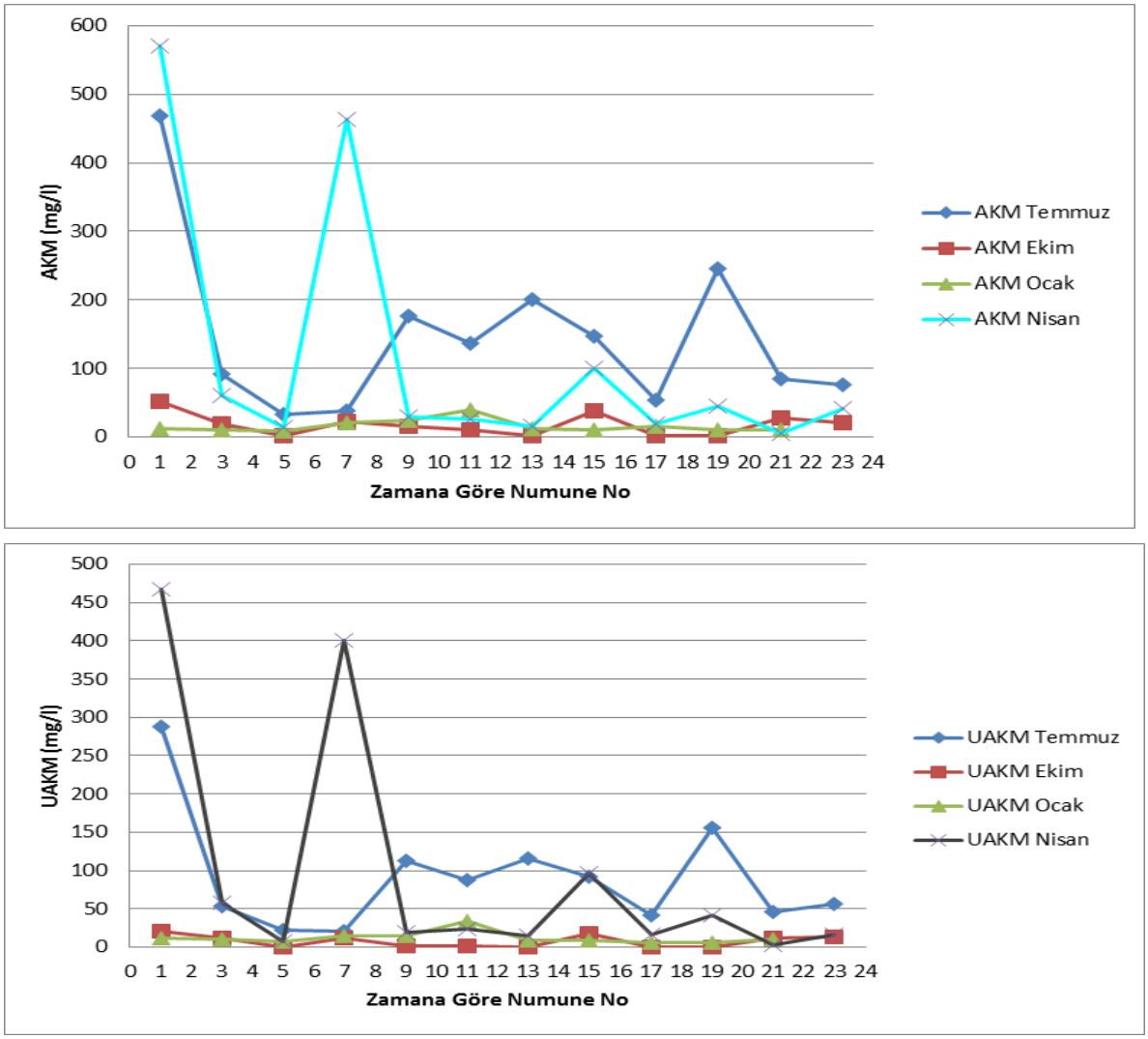
Şekil 49 Hilton Oteli Ham Grisu Günlük AKM ve UAKM Değişimi

Saatlik Değişim İzleme Sonuçları

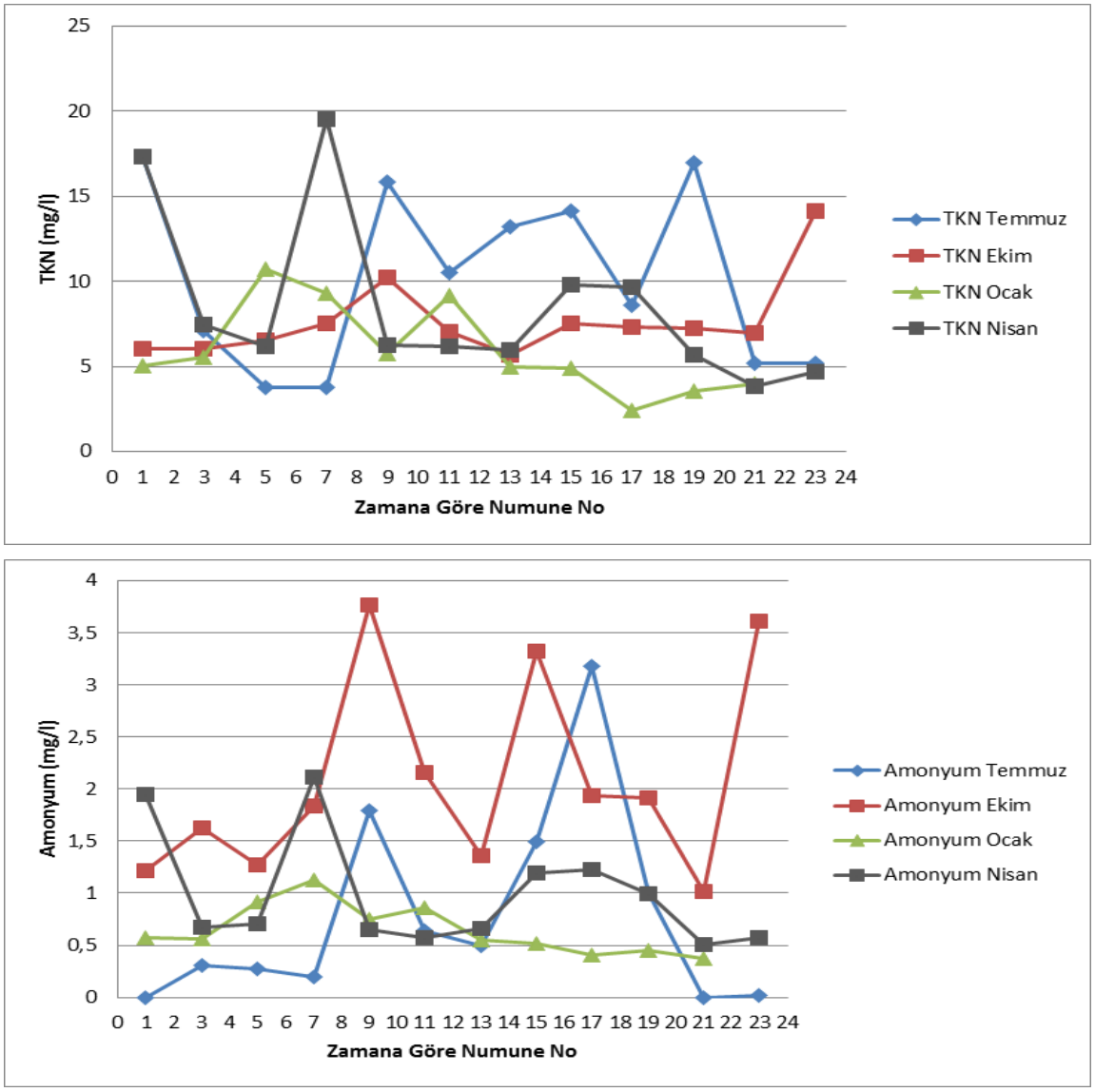
Gün içindeki grisu karakterizasyonundaki değişimleri gözlemek üzere yaz ve sonbahar mevsimlerinde birer gün olmak üzere 24 saat boyunca saat başı otomatik numune alma cihazı ile 2 saatlik 12 adet numune hazırlanarak analizler yapılmıştır. Numunelerin analiz sonuçları Şekil **50** ve Şekil **53**'de verilmektedir.



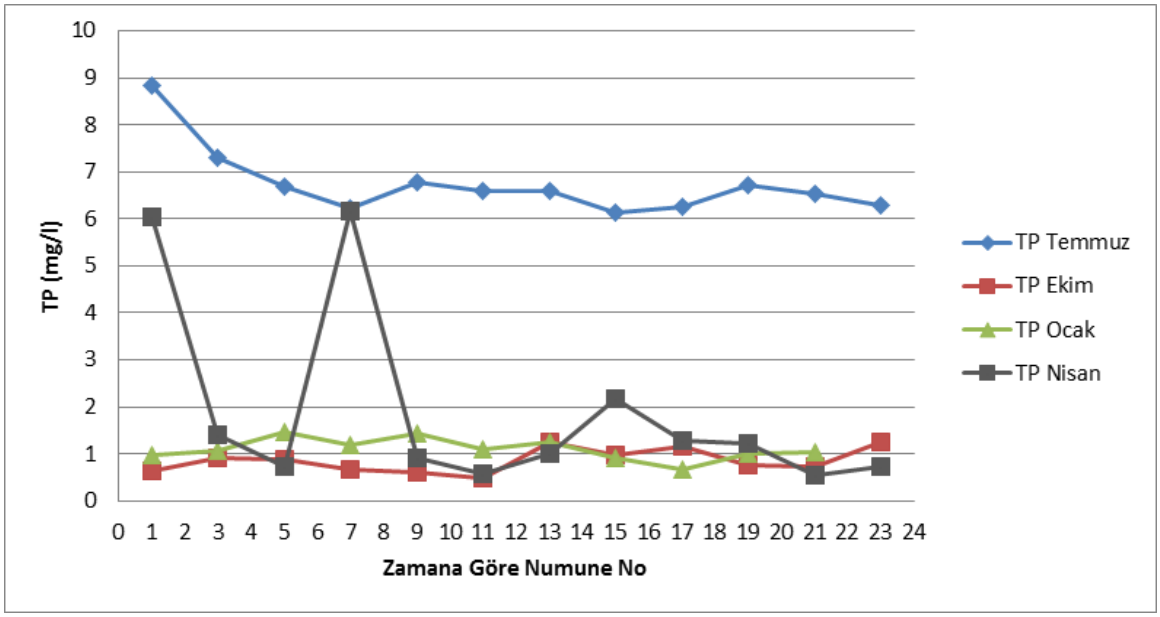
Şekil 50. Hilton Oteli Ham Grisu Saatlik KOİ, ÇKOİ ve BOİ Değişimi

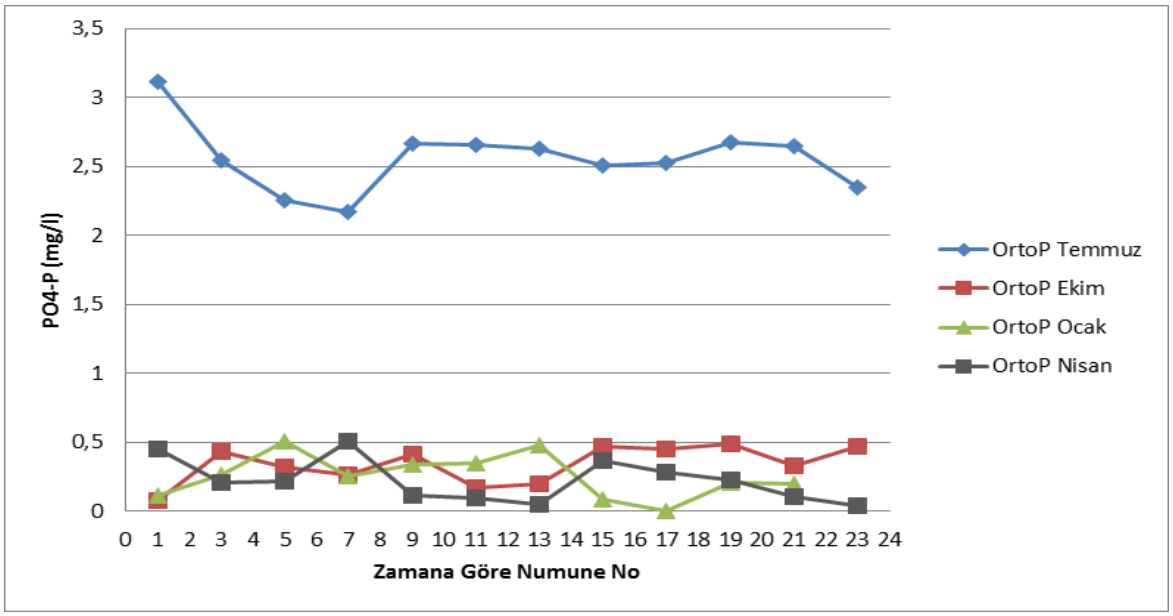


Şekil 51 Hilton Oteli Ham Grisu Saatlik AKM ve UAKM Değişimi



Şekil 52 Hilton Oteli Ham Grisu Saatlik TKN ve NH_4-N Değişimi





Şekil 53. Hilton Oteli Ham Grisu Saatlik TP ve Ortofosfat Değişimi

Günlük değişimleri gözlemek üzere yaz mevsimi için bir gün 24 saat boyunca saat başı otomatik numune alıcıyla numune alınarak 2 saatlik 12 numune hazırlanarak gerçekleştirilen grisu analiz sonuçlarının minimum, maksimum ve ortalama değerleri **Tablo 33**'da verilmektedir.

Tablo 33 Yapılan tüm ölçümler için minimum, maksimum ve ortalama değerleri içeren özet tablo

Parametre ⇒ Saatlik ölçümler ⇓	KOİ (mg/L)	BOİ5 (mg/L)	ÇKOİ (mg/L)	TP (mg/L)	OrtoP (mg/L)	NH_4-N (mg/L)	TKN (mg/L)	AKM (mg/L)	UAKM (mg/L)
minimum	30	1	8	0,2	-	-	-	1	-
maksimum	615	111	297	8,8	3,1	6,8	42,5	570	468
ortalama	111	37	43	2,5	0,9	1,3	7,1	59	41

Her iki grup veri de tamamı itibariyle incelendiğinde gerek hafta boyu, gerekse gün boyu değişimler için belirgin bir patern gözlenmemektedir. Genel itibariyle bakılırsa, kış mevsimi değerlerinin diğer mevsim değerlerinden bir miktar altında kaldığı gözükmektedir.

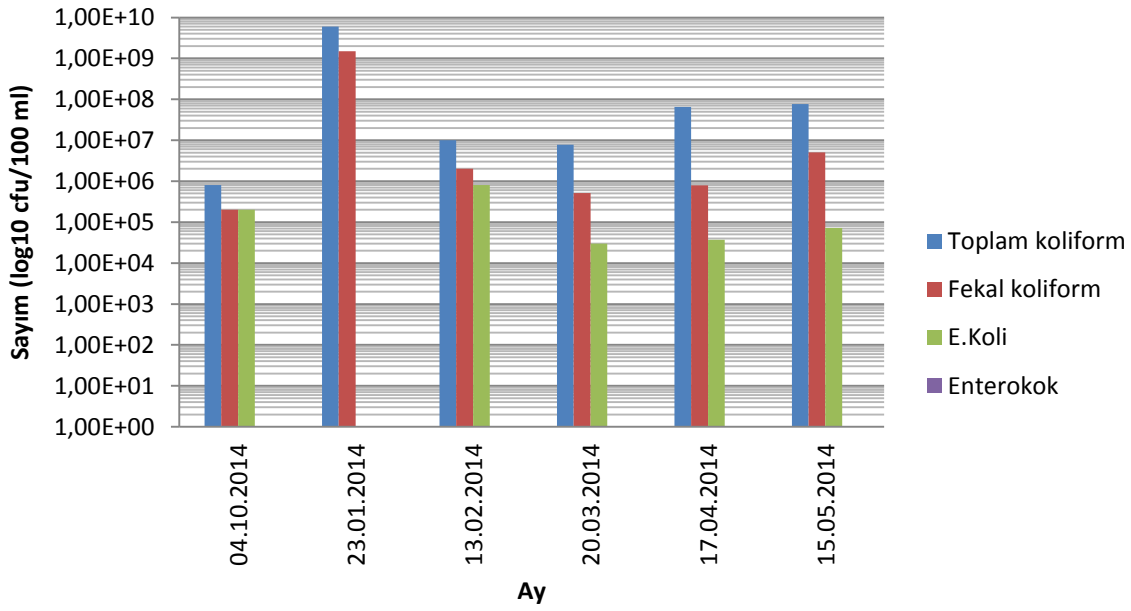
Genel itibariyle gerek hafta boyu, gerekse gün boyu değişimlerde sürekli izlenen dokuz fiziksel/kimyasal parametrenin hiçbirinde tam olarak döngüsel (cyclic) gidişatı tanımlayan bir durum belirlenmemiştir. Şu ana kadar elde edilen bulgular çerçevesinde turistik/yazlık bölgelerde beklenenin aksine İstanbul kent merkezi otelinde hafta boyu ve gün içi tekrar eden bir patern bulunmadığı sonucuna ulaşılmaktadır. Bunun nedeninin bu otelde hafta içi yoğunlukla iş (business) ağırlıklı misafirlere hizmet verilirken, hafta sonlarında turistik amaçlı misafirlerin yoğun olmasına bağlı olduğu düşünülmektedir.

Mikrobiyolojik Parametreler

Mikrobiyolojik parametreler ağırlıklı olarak üçüncü rapor döneminde çalışılmıştır. Bu dönemde önceden belirtildiği gibi analizler İTÜ proje ekibi tarafından İTÜ Çevre Mühendisliği Laboratuvarı'nda gerçekleştirilmiştir.

Alınan numunelerde genelde bu amaç için yaygın olarak kullanılan toplam koliform, fekal koliform, E. Koli ve son yıllarda WHO tarafından önerilen ve yaygınlaşmaya başlayan enterokok analizleri yapılmıştır. Mikrobiyolojik parametrelerin toplu sonuçları Şekil 54'da sunulmaktadır. Bu sonuçların sayısal değerleri Ek 5'te verilmiş ve Tablo 29'da özetlenmiştir.

Tablo incelendiğinde, Toplam Koliform değerlerinin 10^6-10^9/100 ml, fekal koliform değerlerinin 10^5-10^9/100 ml, E. Koli değerlerinin 10^4-10^5/100 ml mertebelerinde olduğu, enterokok bakterilerine ise hiç rastlanmadığı görülmektedir. Her ay birer kez yapılan bu grup analizlerde uç değerler, hem Toplam Koliform hem Fekal Koliform için Ocak ayında tespit edilmiştir. Her ne kadar izlenen parametrelerin birebir hastalık yapan mikroorganizmalar olmasa da onların göstergesi olarak kullanıldığı bilinmektedir. Ancak yapılan izlemelerde patojenik göstergelerin önemli boyutlarda olduğu, evsel atıksu tablosuyla karşılaştırıldığında zayıf, hatta zaman zaman orta kuvvette atıksu değerleri ile karşılaştırılabilir olduğu görülmektedir. Bu durumda patojenik göstergelerin gri suda öncelikli bir parametre olarak ele alınmasında yarar görülmektedir. Her türlü kullanım için aynı seviyede mikrobiyel kalite gerekmemekle birlikte patojenlerin önemli olabileceği, sulama suyu örneğinde olduğu gibi, bu parametrelerin titizlikle irdelenmesi gerektiği düşünülmektedir..



Şekil 54. Hilton oteli gri su mikrobiyolojik analiz sonuçları

Tablo 34 Mikrobiyolojik analiz sonuçları özet tablosu

Parametre ⇒ / Ölçümler ⇓	Toplam koliform	Fekal koliform	E.Koli	Enterokok
	koloni/100ml	koloni/100ml	koloni/100ml	koloni/100ml
minimum (cfu/100 ml)	8,00E+05	2,00E+05	3,00E+04	0
Maksimum (cfu/100 ml)	6,00E+09	1,50E+09	8,00E+05	0
ortalama (cfu/100 ml)	1,03E+09	2,51E+08	2,28E+05	0

Genel Değerlendirmeler

Hilton İstanbul Otelinde toplanan lavabo, duş ve banyo küvetlerinden gelen atıksudan oluşan gri suyun karakterizasyonu çerçevesinde proje başlangıcından beri gerçekleştirilen numune ve analiz sonuçları değerlendirildiğinde gri suyun zayıf evsel atıksu özellikleri gösterdiği, hatta bu kategori için verilen limit değerlerden daha iyi kalitede bulunduğu görülmektedir. Fiziksel/kimyasal parametreler içinde organik madde grubu göstergelerin birincil parametreler olduğu bir kez daha ortaya konmaktadır. Bununla birlikte literatürde birinci derecede önemli olarak gözükmeyen mikrobiyolojik parametrelerin önemli bir parametre durumunda olduğu ve bu parametrelerin gri su uygulamalarında son kullanım amaçlarıyla da uyumlu olacak şekilde kontrol edilmesinin önemli olduğu düşünülmektedir. Hilton İstanbul Otelinde yapılan izlemelerden gri su karakterizasyonunda zaman içinde belirgin bir patern bulunmadığı ve kalite değişkenliklerinin mevsimsel ve misafir değişimlerinden çok etkilenmediği anlaşılmaktadır.

5.3.5.3 Pilot Sayfiye Oteli Gri su Karakterizasyonu

Proje çalışmalarında pilot sayfiye oteli olarak seçilen 5 yıldızlı Barut Sorgun Sensatori Oteli 2013 yılı Mayıs ayında hizmete açılmış olup, her yıl Nisan-Kasım ayları arasında hizmet vermesi planlanan, Barut Otelleri grubuna ait bir oteldir. Proje kapsamında akım ayrımı yolu ile arıtma tesisine iletilen gri suyun karakterizasyonu akımının ilk toplanma yeri olan ve MBR sisteminin girişinde bulunan rögardan yapılan örneklemeler ile gerçekleştirilmiştir.

Örnekleme programı

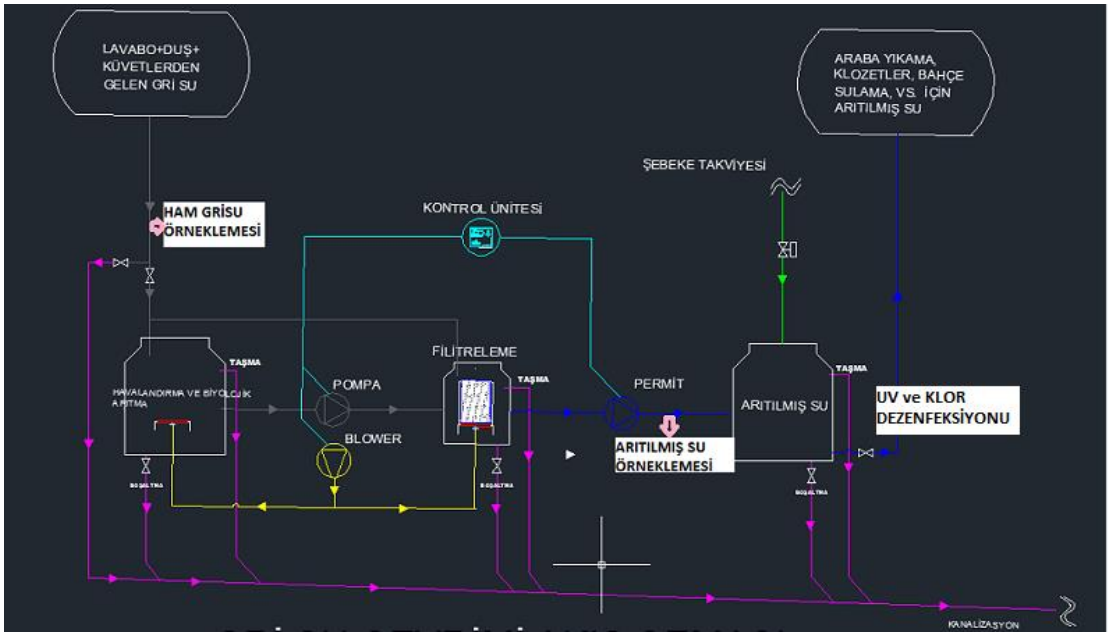
Çalışmada, 176 adet otel misafir odalarının banyo ve lavabo atıksularının akım ayrımı yapmış ve bu grisuların MBR arıtma sistemi ile arıtıldığı pilot tesisinin ham grisuyundan ve arıtma çıkışından düzenli örneklemeler yapılmıştır. Akım ayrımı yolu ile arıtma tesisine iletilen gri suyun karakterizasyonu, akımının ilk toplanma yeri olan ve MBR sisteminin girişinde bulunan rögardan yapılan anlık örneklemeler ile gerçekleştirilmiştir.

Barut Sorgun Oteli grisu karakterizasyon çalışması 20.06.2013-18.11.2013 tarihleri arasında *haftalık rutin izleme, günlük değişim izleme ve saatlik değişim izleme* şeklinde gerçekleştirilmiştir.

1. **Haftalık Rutin İzleme:** Otelin açık olduğu Mayıs-Kasım ayları boyunca her hafta bir kez Pazartesi günleri (otele misafir giriş çıkışı ve İskandinav ülkelerine uçuş günleri dikkate alınarak seçilmiştir) saat 08:00-09:00 arasında alınan numunelerin analizlerinin yapılması,
2. **Günlük Değişim İzleme:** Hafta içindeki değişimleri izlemek üzere her mevsim (yaz ve sonbahar) bir hafta boyunca her gün olacak şekilde hafta boyunca 7 gün saat 08:00-09:00 arası alınan numunelerin yapılması,
3. **Saatlik Değişim İzleme:** Gün içindeki değişimleri gözlemek üzere ise her mevsim (yaz ve sonbahar) bir gün 24 saat boyunca saat başı otomatik numune alıcıyla numune alınarak 2 saatlik 12 numune hazırlanarak analizlerinin yapılması,

Numuneler konvansiyonel kirlilik parametrelerin analizleri plastik veya cam kaplara ve alındıktan sonra +4 °C'de analizlerin gerçekleştirileceği laboratuarlara iletilmiştir. Konvansiyonel kirlilik parametreleri analizleri çoğunlukla hemen gerçekleştirilmiş, gerçekleştirilemediği durumlarda koruma altına alınarak analizleri gerçekleştirilene kadar +4 °C'de saklanmıştır. Barut Sorgun Oteli'nin örnekleme ve analiz çalışmaları Alanya/Antalya'da bulunan Alanya Çevre Laboratuvarı ekibi tarafından gerçekleştirilmiştir. Alınan numuneler numune saklama ve koruma ekipmanlarının bulunduğu taşıma aracı ile laboratuvara nakledilmiş aynı gün analizlerine başlanmış, gerektiğinde numune muhafaza önlemleri alınarak saklanmıştır.

Tesiste kullanılmakta olan ve Mayıs 2013'de devreye alınan MBR arıtma sistemine ait akım şeması Şekil 55'de görülmektedir. Odalardan akım ayrımı yolu ile arıtma sisitemine iletilen grisu öncelikle havalandırma tankına daha sonra membran tankına alınmaktadır. Filtreleme tankı olarak adlandılmış filtrasyon ünitesinde UltraFiltrasyon membranlarından oluşan bir membran modülü bulunmaktadır.



Şekil 55 Sayfiye oteli gri su arıtma sistemi akım şeması

Karakterizasyon parametreleri ve analiz yöntemleri

Gri suyun içerdiği öncelikli kirlilik unsurunun organik madde olması nedeni ile karakterizasyonunda aşağıdaki parametrelerin dikkate alınmasına karar verilmiştir (**Tablo 35**).

Tablo 35 Pilot sayfiye oteli gri su karakterizasyon parametreleri ve analiz yöntemleri

PARAMETRE	ANALİZ YÖNTEMİ
Toplam Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)	SM*, 5220 B Kimyasal Oksijen İhtiyacı, Kapalı Reflux Metodu
Çözünmüş Kimyasal Oksijen İhtiyacı (ÇKOİ)	0,45 µm filtrasyonundan sonra ÇKOİ
Biyolojik Oksijen İhtiyacı ($BOİ_5$)	TS EN ISO 9408:2004 Biyolojik Oksijen İhtiyacı Metodu
Askıda Katı Madde (AKM)	SM, 2540 D. Toplam Askıda Katı Madde (103-105 ^{0}C'de Kurutma)
Uçucu Askıda Katı Madde UAKM	
Toplam Kjeldhal Azotu (TKN)	SM, 4500-Norg Nitrogen (Organic), 4500-Norg B. Makro Kjeldahl Metodu
Amonyum azotu (NH3-N)	SM, 4500 F.-NH_3 Azotu (Amonyum), NH3 Amonyum Seçici Elektrot Metodu
Toplam Fosfor (TP)	SM, Toplam Fosfor, 4500-P, B. Kalay Klorür Metodu
Ortofosfat (PO_4)	SM, Fosfat, 4500-P D. Kalay Klorür Metodu
Bakteriyolojik Parametreler	
Toplam Koliform (sayı/100 ml)	TS EN ISO 9308-1:2004
Fekal Koliform (sayı/100 ml)	SM 9222 D:2012
Escheria Koli (sayı/100 ml)	TS EN ISO 9308-1:2004
Fekal Stretokok (sayı/100 ml)	TS EN ISO 7899-2:2002

(*) SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, , 2012 (22nd Edition)

Deneysel sonuçlar

Bu rapor döneminde, bir yıl boyunca devam edilecek olan her hafta yapılan rutin izleme çalışmaları, yaz dönemi haftanın her günü yapılan örneklemelerle haftalık değişim izlemeleri ve yaz dönemi 24 saatlik günlük değişim izlemeleri yer almaktadır.

Haftalık Rutin İzleme Sonuçları

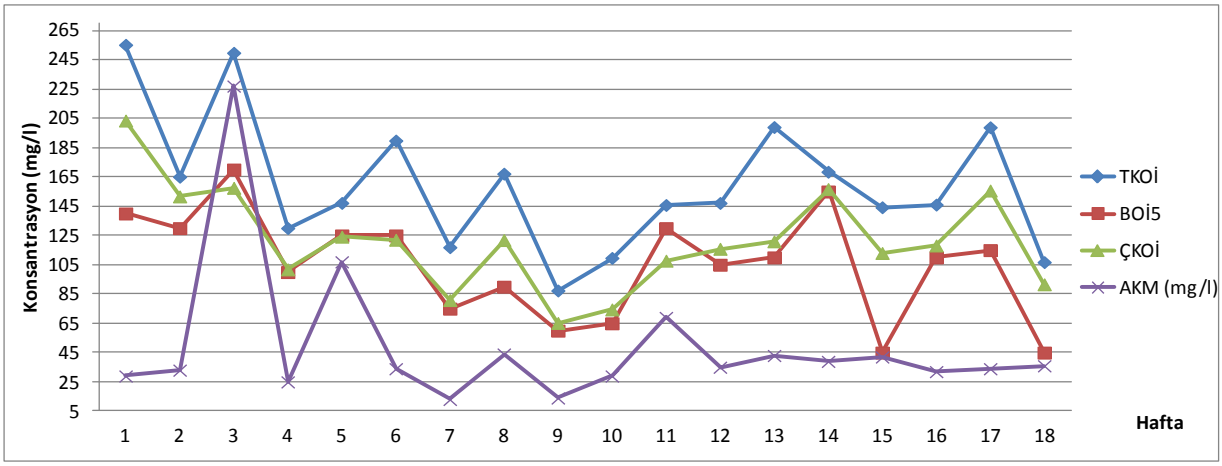
Otelin açık olduğu süre olan Mayıs-Kasım ayları boyunca değişimi gözlemeye imkan verecek şekilde her hafta bir kez Pazartesi günleri saat 08:00-09:00 arasında alınan 18 adet numunenin analizi yapılmıştır. Örnekleme çalışmalarına Haziran 2013'de başlanmıştır.

Haftalık değişimlerin izlenmesi amacıyla alınan numunelerde aşağıdaki parametrelerin analizleri gerçekleştirilmiştir:

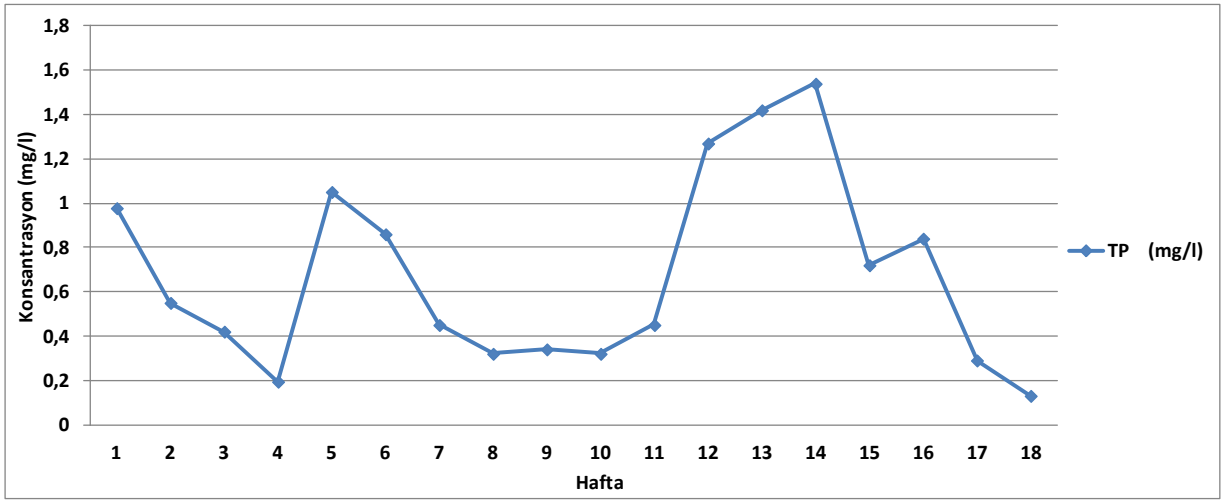
- Toplam Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)

- Çözünmüş Kimyasal Oksijen İhtiyacı (ÇKOİ)
- Biyolojik Oksijen İhtiyacı ($BOİ_5$)
- Askıda Katı Madde (AKM)
- Toplam Kjeldhal Azotu (TKN)
- Toplam Fosfor (TP)
- pH
- İletkenlik
- Çözünmüş Oksijen
- Toplam Koliform
- Fekal Koliform
- Escheria Koli
- Fekal Stretokok

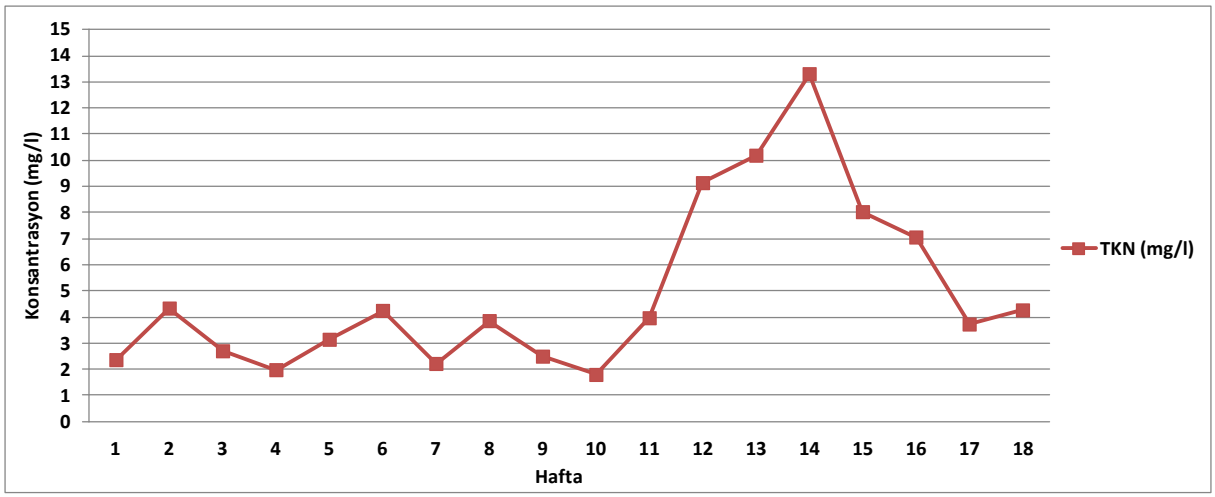
20.06.2013-18.11.2013 tarihleri arasında haftalık olarak, akım ayrımı yolu ile arıtma tesisine iletilen gri suyun karakterizasyonu amacıyla, akımının ilk toplanma yeri olan ve MBR sisteminin girişinde bulunan rögardan alınan toplam 18 adet numunenin analiz sonuçları **Şekil 56** - **Şekil 60**'de verilmektedir.



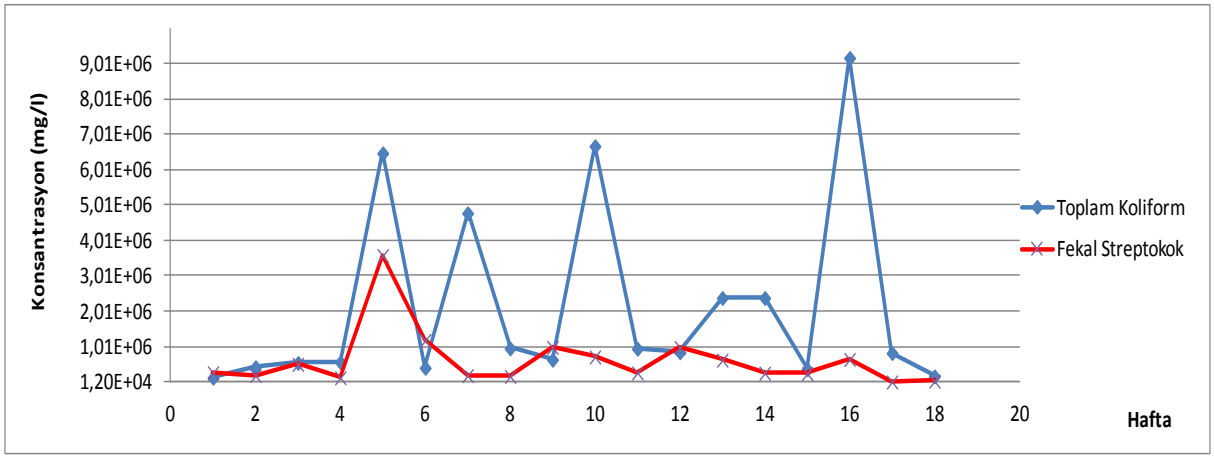
Şekil 56 Barut Sorgun Oteli Ham Grisu 18 Haftalık KOİ-$BOİ_5$-ÇKOİ-AKM Değişimi



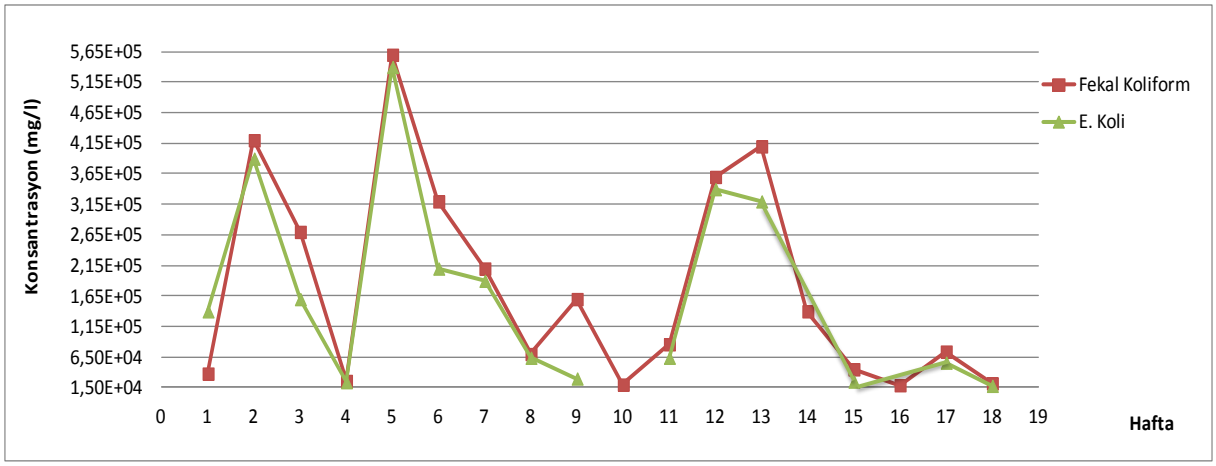
Şekil 57 Barut Sorgun Oteli Ham Grisu 18 Haftalık Toplam Fosfor Değişimi



Şekil 58 Barut Sorgun Oteli Ham Grisu 18 Haftalık TKN Değişimi



Şekil 59 Barut Sorgun Oteli Ham Grisu 18 Haftalık Toplam Koliform-Fekal Streptokok Değişimi



Şekil 60 Barut Sorgun Oteli Ham Grisu 18 Haftalık Fekal Koliform-E.Koli. Değişimi

Yaz dönemi boyunca haftalık, her zaman aynı saatte (08:00-09:00) alınan 13 adet grisu numunesinin analiz sonuçlarının minimum, maksimum ve ortalama değerleri **Tablo 36**'de verilmektedir.

Tablo 36 Haftalık numunelerde analizi yapılan parametrelerin minimum, maksimum ve ortalama değerleri

parametre → / haftalık ölçümler ↓	TKOİ (mg/L)	ÇKOİ (mg/L)	BOİ5 (mg/L)	TKN (mg/L)	TP (mg/L)	AKM (mg/L)	pH	İletkenlik (µS/cm)	Toplam Koliform (sayı/100 ml)	Fekal Koliform (sayı/100 ml)	E. Koli (sayı/100 ml)	Fekal Streptokok (sayı/100 ml)
minimum	87	65	45	1,79	0,13	13	7,22	387	1,40E+05	1,90E+04	1,80E+04	2,20E+04
maksimum	255	203	170	13,3	1,54	227	7,74	4041	9,20E+06	5,60E+05	5,40E+05	3,60E+06
ortalama	160	121	105	4,93	0,67	49,17	7,51	768	2,17E+06	1,81E+05	1,71E+05	6,24E+05

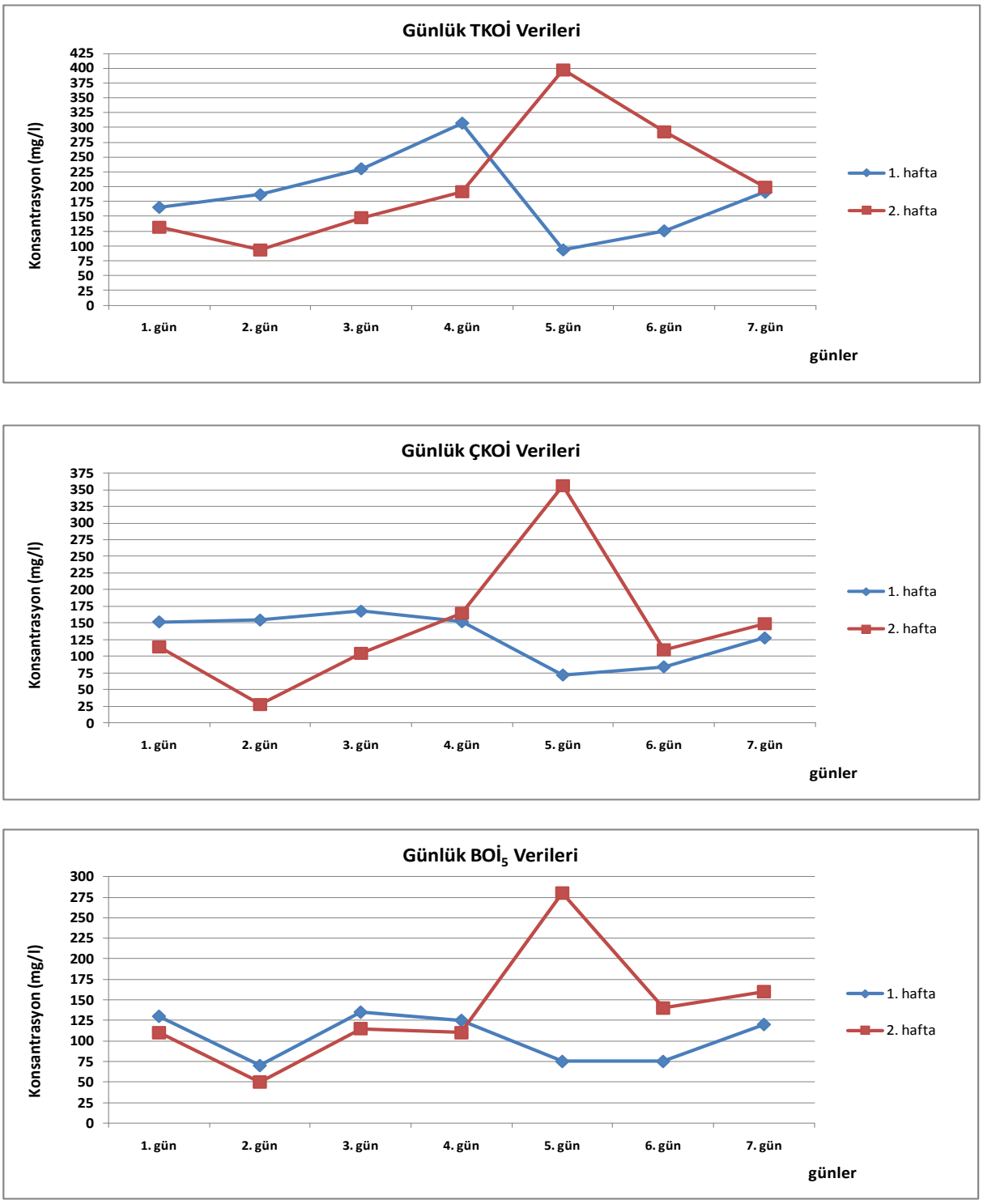
Günlük Değişim İzleme Sonuçları

Hafta içindeki günlük değişimleri izlemek üzere yaz mevsiminde bir hafta boyunca (24-30.06.2013 ve 23-29.09.2013) her gün olacak şekilde hafta boyunca 7 gün saat 08:00-09:00 arası alınan numunelerin analizi yapılmıştır.

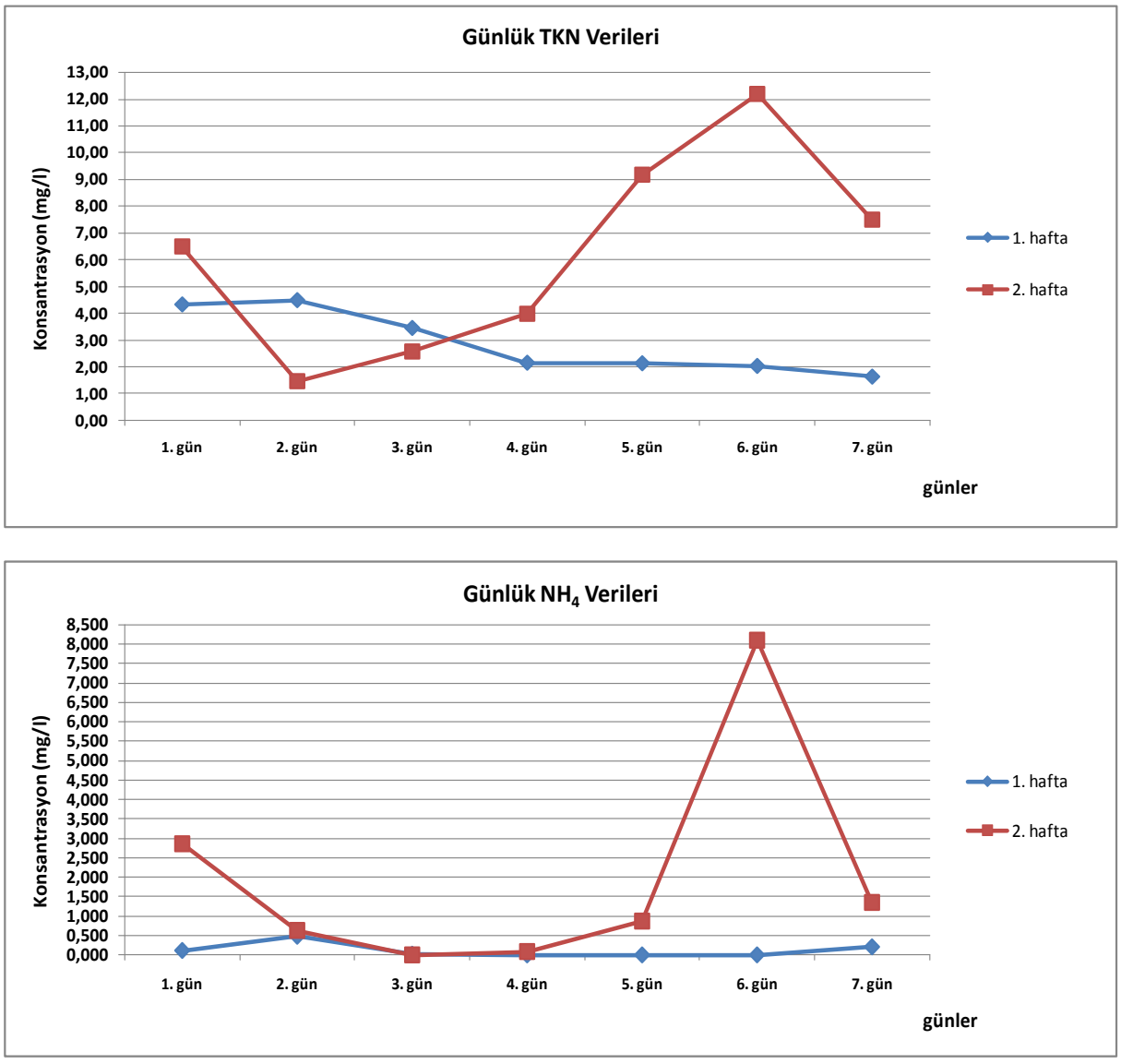
Günlük değişimlerin izlenmesi amacıyla alınan numunelerde aşağıdaki parametrelerin analizleri gerçekleştirilmiştir:

- Toplam Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)
- Çözünmüş Kimyasal Oksijen İhtiyacı (ÇKOİ)
- Biyolojik Oksijen İhtiyacı ($BOİ_5$)
- Toplam Kjeldhal Azotu (TKN)
- Amonyum Azotu (NH_4^+-N)
- Toplam Fosfor (TP)
- Ortofosfat Fosforu (PO_4-P)
- Askıda Katı Madde (AKM)
- pH
- İletkenlik
- Çözünmüş Oksijen
- Toplam Koliform
- Fekal Koliform
- Escheria Koli
- Fekal Stretokok

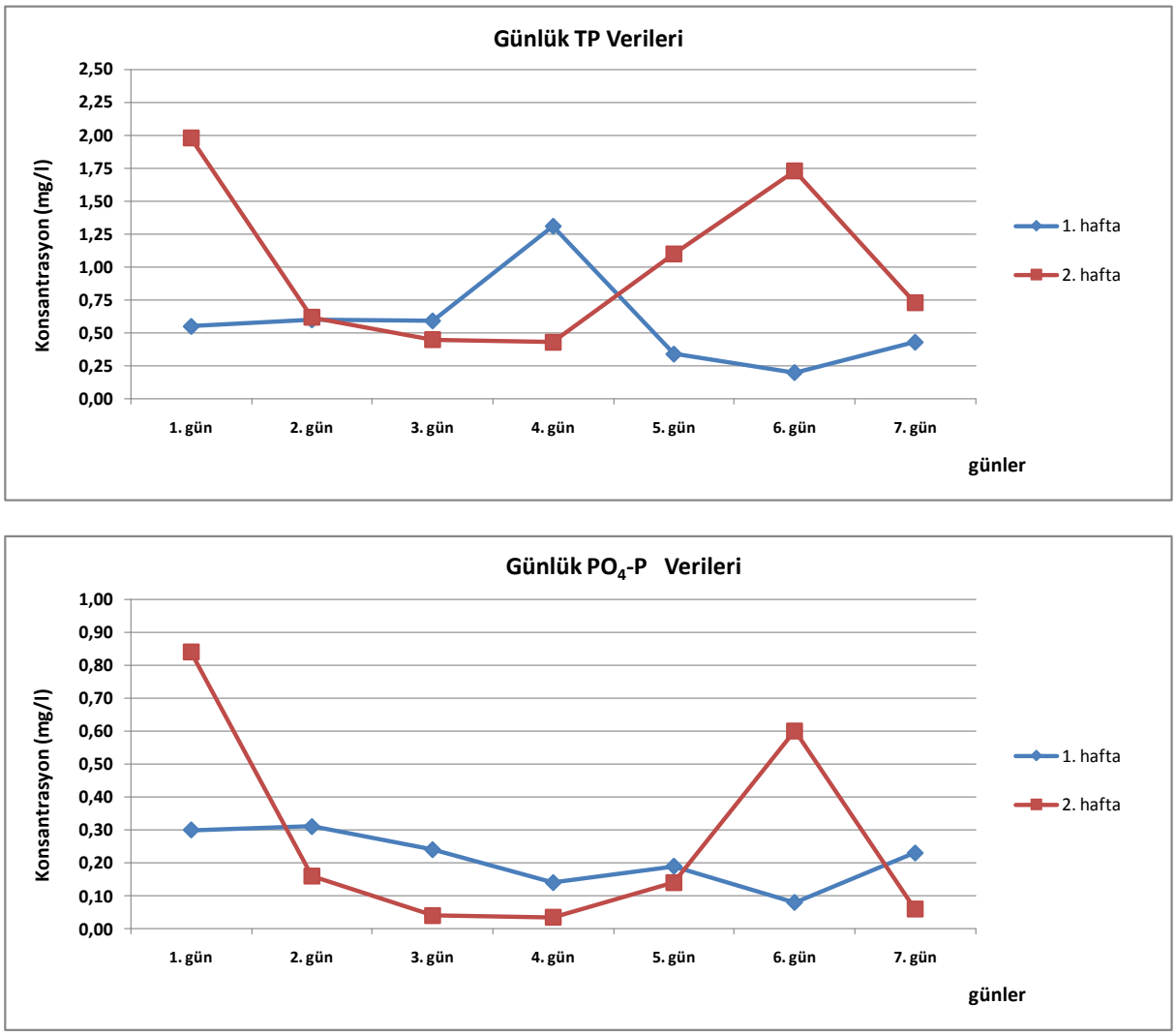
Gri suyun karakterizasyonu amacıyla, akımının ilk toplanma yeri olan ve MBR sisteminin girişinde bulunan rögardan alınan günlük numunelerin analiz sonuçları 2 haftanın karşılaştırması yapılarak **Şekil 61**-**Şekil 64**'de verilmektedir.



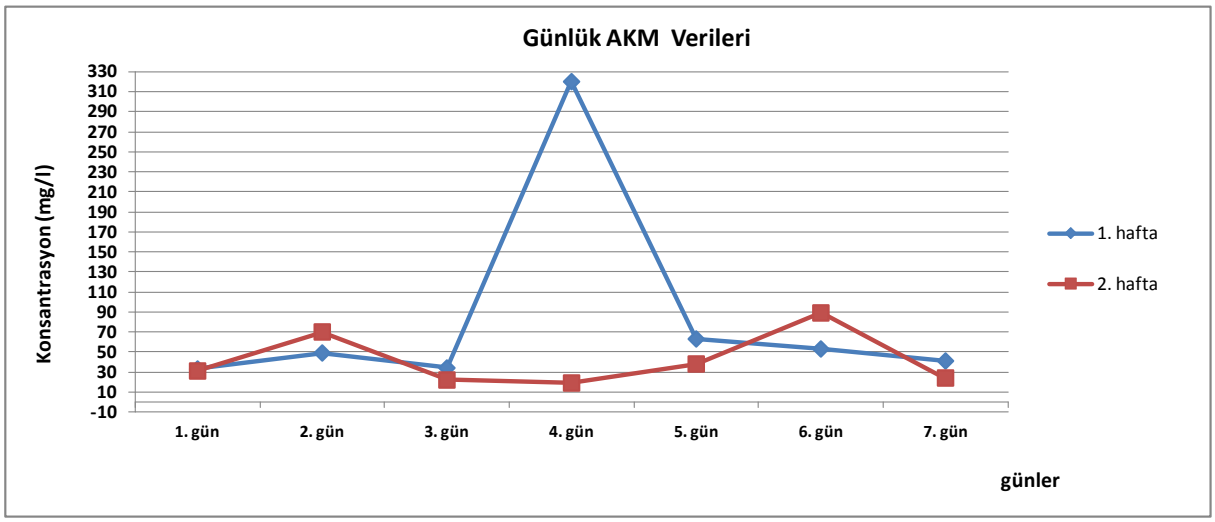
Şekil 61 Barut Sorgun Oteli Ham Grisu Günlük TKOİ, ÇKOİ, $BOİ_5$Değişimi



Şekil 62 Barut Sorgun Oteli Günlük Ham Grisu TKN ve NH_4^+-N Değişimi



Şekil 63 Barut Sorgun Oteli Günlük Ham Grisu TP ve Ortofosfat Değişimi



Şekil 64 Barut Sorgun Oteli Günlük Ham Grisu Fekal Koliform-E. Koli Değişimi

Haziran ve Eylül 2013 aylarında birer hafta süresince, her gün aynı saatte (08:00-09:00) alınan 7'şer adet grisu numunesinin analiz sonuçlarının minimum, maksimum ve ortalama değerleri **Tablo 37** ve **Tablo 38**'de karşılaştırmalı olarak verilmektedir.

Tablo 37 Günlük numunelerde analizi yapılan bakteriyolojik parametrelerin minimum, maksimum ve ortalama değerleri

parametre → / günlük ölçümler ↓	Toplam Koliform (sayı/100 ml)		Fekal Koliform (sayı/100 ml)		E. Koli (sayı/100 ml)		Fekal Streptokok (sayı/100 ml)	
	1.haf	2.haf	1.haf	2.haf	1.haf	2.haf	1.haf	2.haf
minimum	2,5E+05	2,3E+05	5,6E+03	1,6E+04	3,8E+03	1,5E+04	1,5E+05	8,2E+04
maksimum	8,8E+05	3,6E+06	6,3E+05	2,8E+05	6,1E+05	4,4E+04	6,2E+05	5,2E+05
ortalama	6,5E+05	1,3E+06	2,1E+05	7,5E+04	1,8E+05	2,5E+04	2,9E+05	2,4E+05

Tablo 38 Günlük numunelerde analizi yapılan parametrelerin minimum, maksimum ve ortalama değerleri

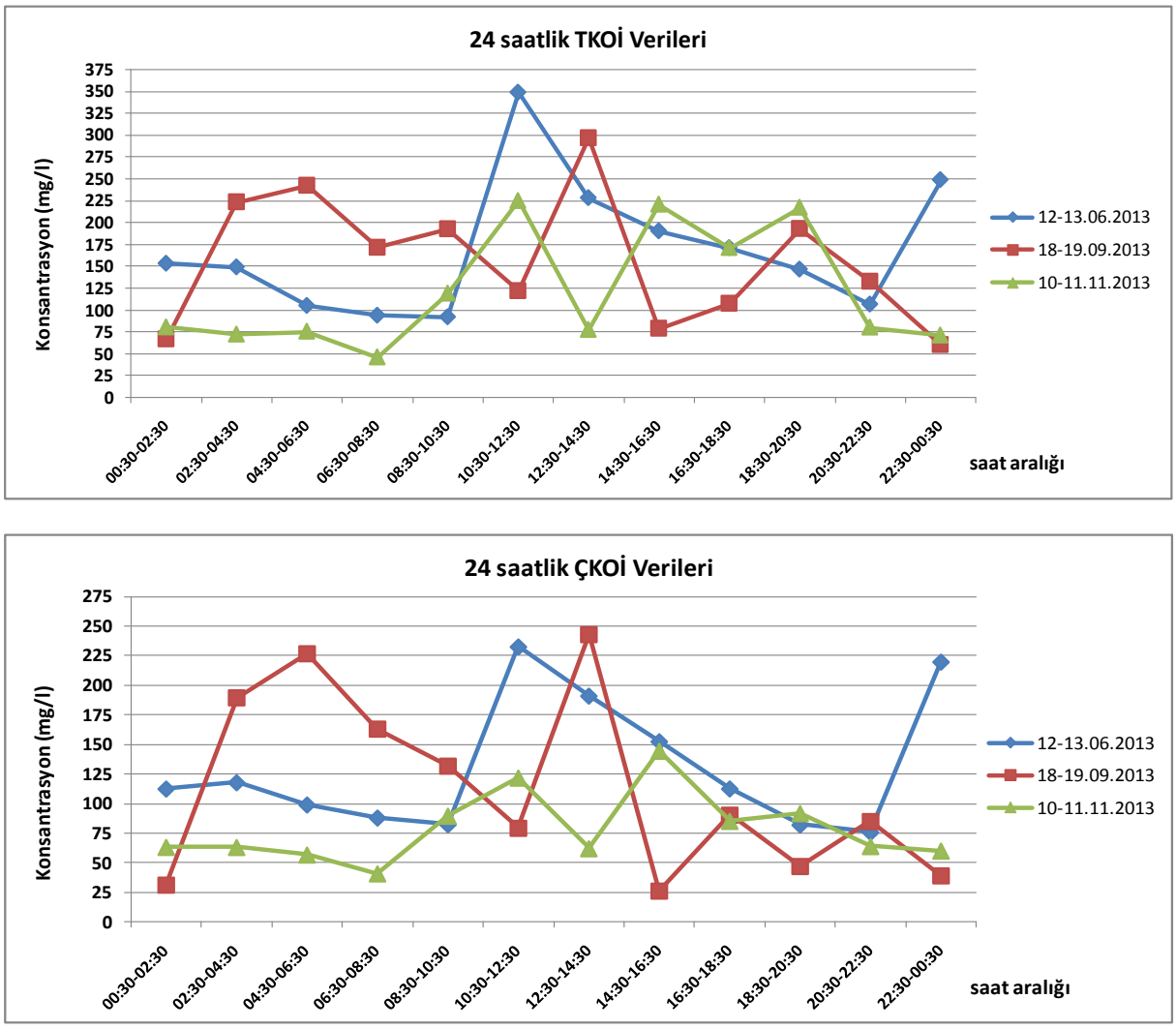
parametre → / saatlik ölçümler ↓	TKOİ (mg/L)		ÇKOİ (mg/L)		BOİ5 (mg/L)		TKN (mg/L)		NH_4^+-N (mg/L)		TP (mg/L)		OrtoP (mg/L)		AKM (mg/L)		pH		İletkenlik (µS/cm)	
	1.haf	2.haf	1.haf	2.haf	1.haf	2.haf	1.haf	2.haf	1.haf	2.haf	1.haf	2.haf	1.haf	2.haf	1.haf	2.haf	1.haf	2.haf	1.haf	2.haf
minimum	93	93	72	27	70	50	1,6	1,5	0,02	0,03	0,2	0,4	0,08	0,04	33	19	7,3	7,4	384	433
maksimum	307	397	168	356	135	280	4,5	12,2	0,5	8,1	1,3	2,0	0,3	0,8	320	89	7,7	7,6	4041	491
ortalama	186	207	130	146	104	138	2,9	6,2	0,1	2,0	0,6	1,0	0,2	0,3	85	42	7,6	7,5	929	462

Saatlik Değişim İzleme Sonuçları

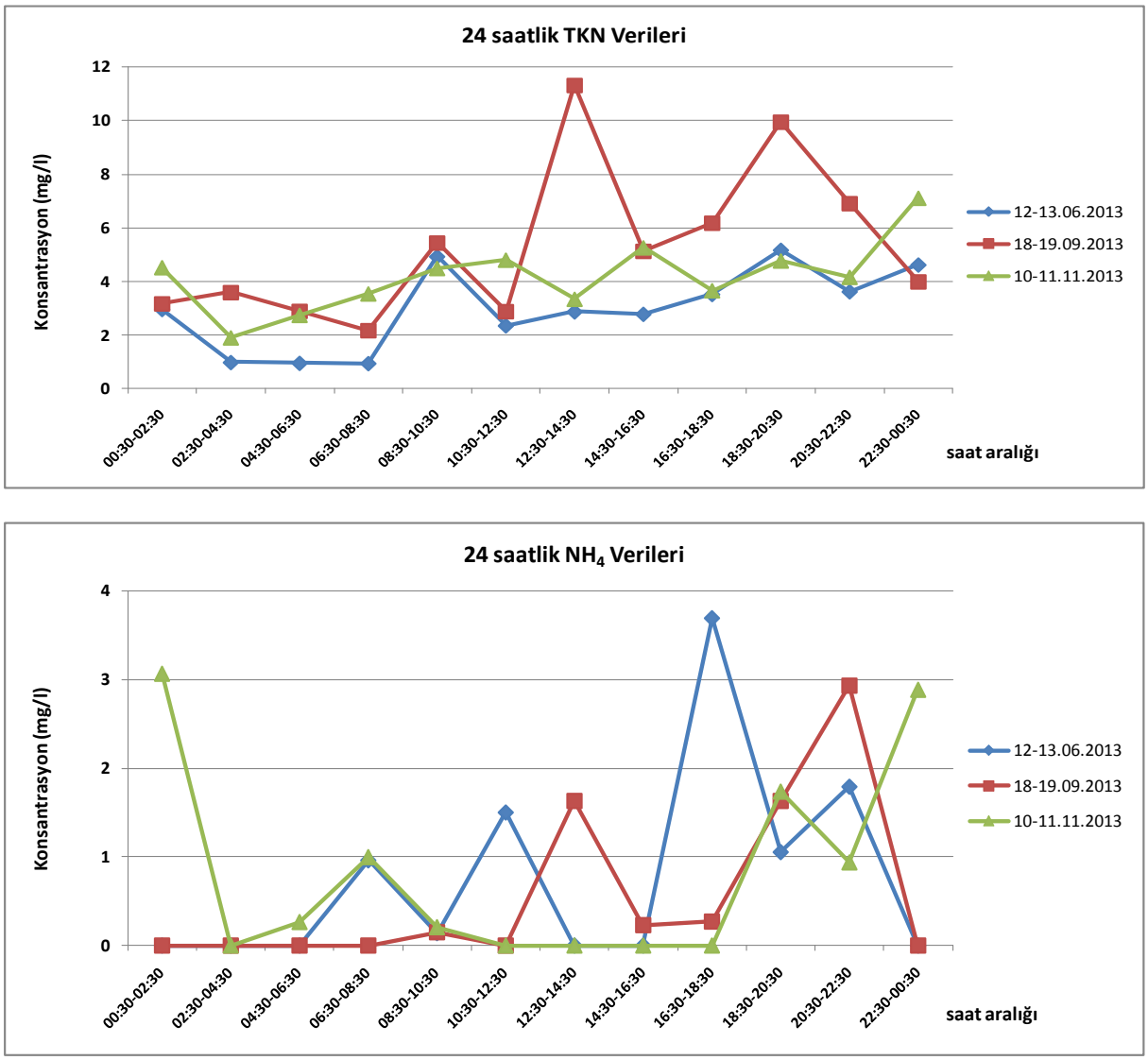
Gün içindeki saatlik grisu değişimleri gözlemek üzere 3 aylık periyotlar halinde Haziran, Eylül ve Kasım aylarında olmak üzere bir gün 24 saat boyunca saat başı otomatik numune alma cihazı ile 2 saatlik 12 adet numune hazırlanarak analizler yapılmıştır. Saatlik değişimlerin izlenmesi amacıyla alınan numunelerde aşağıdaki parametrelerin analizleri gerçekleştirilmiştir:

- Toplam Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)
- Çözünmüş Kimyasal Oksijen İhtiyacı (ÇKOİ)
- Toplam Kjeldhal Azotu (TKN)
- Amonyum Azotu NH_4^+-N)
- Toplam Fosfor (TP)
- Ortofosfat Fosforu (PO_4-P)
- Askıda Katı Madde (AKM)
- pH
- İletkenlik
- Çözünmüş Oksijen

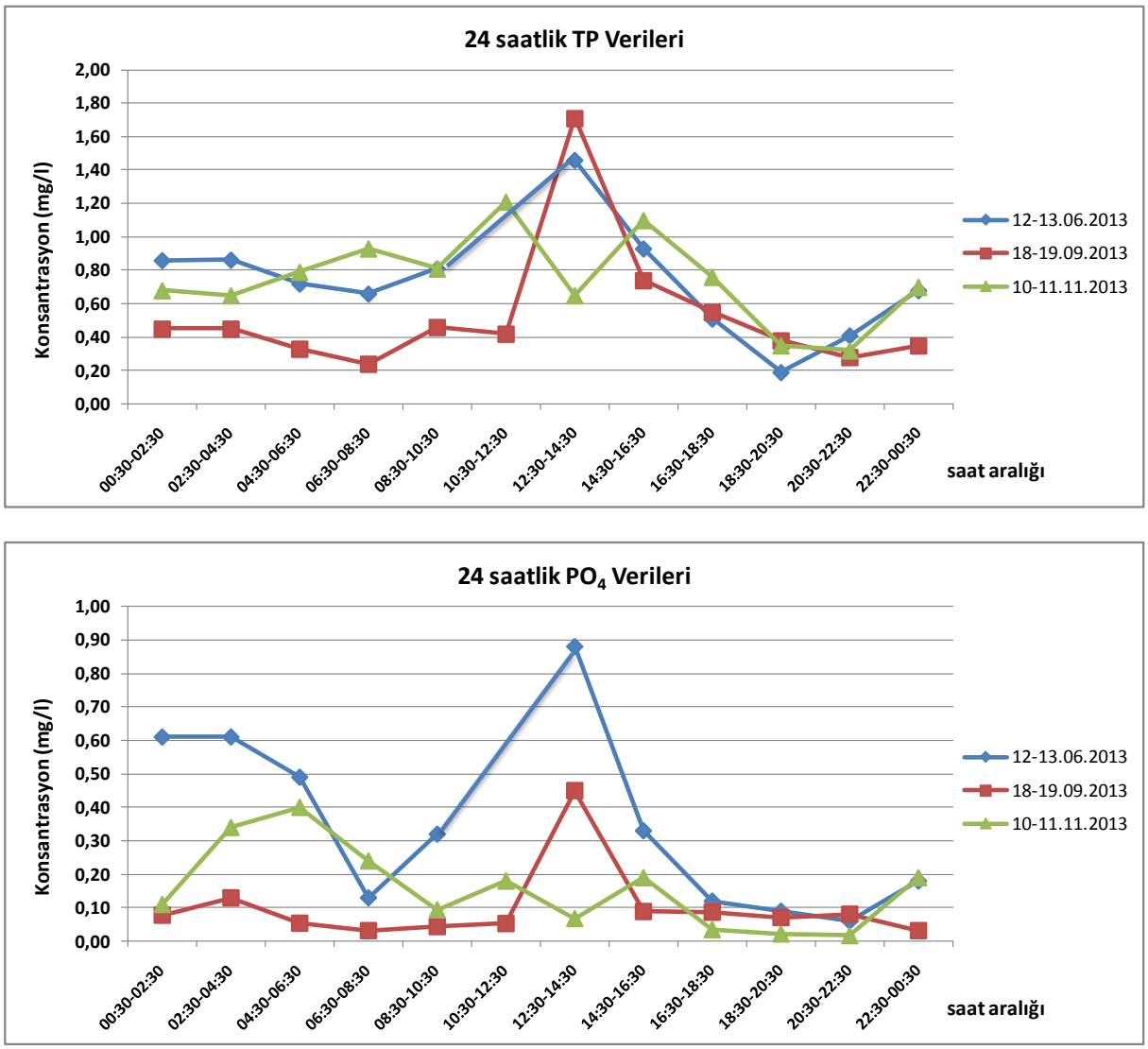
Otelin açık olduğu tarih aralığında 3 aylık periyotla 3 gün olarak 24 saatlik örnekleme yoluyla arıtma tesisine iletilen gri suyun karakterizasyonu amacıyla, akımının ilk toplanma yeri olan ve MBR sisteminin girişinde bulunan rögardan alınan 12 adet numunenin TKOİ, ÇKOİ, BOİ, TP, TKN ve AKM sonuçları karşılaştırmalı olarak **Şekil 58**-**Şekil 68**'de verilmektedir.



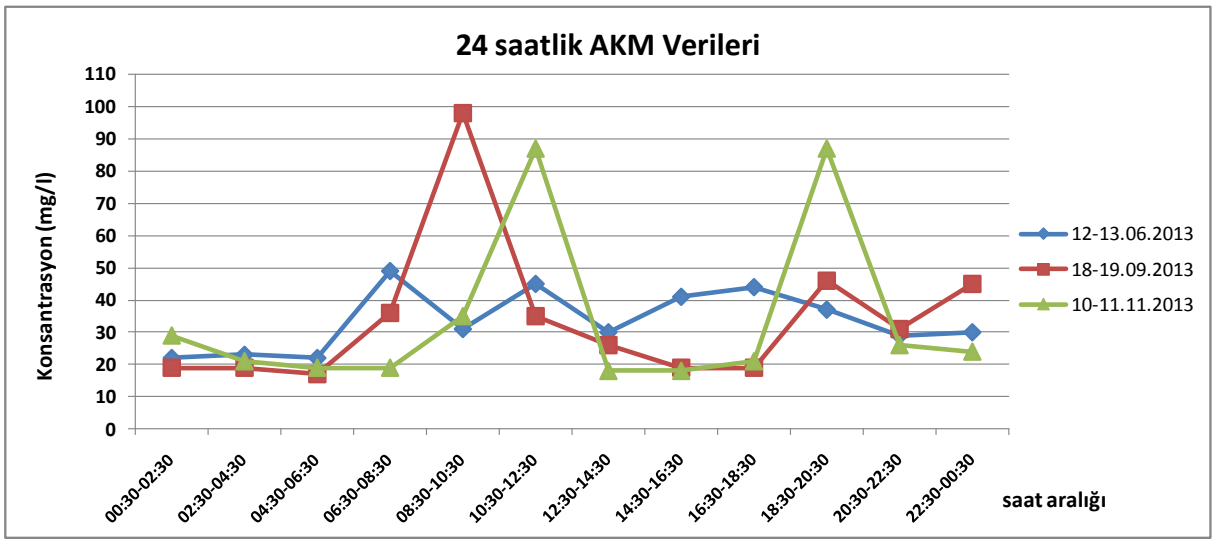
Şekil 65 Barut Sorgun Oteli Ham Grisu Saatlik TKOİ ve ÇKOİ Değişimi



Şekil 66 Barut Sorgun Oteli Günlük Ham Grisu Saatlik TKN ve NH_4^+-N Değişimi



Şekil 67 Barut Sorgun Oteli Günlük Ham Grisu Saatlik TP. ve Ortofosfat



Şekil 68 Barut Sorgun Oteli Ham Grisu Saatlik AKM Değişimi

3 aylık periyotla 3 gün olarak 24 saatlik örnekleme yoluyla alınan ham gri su numunelerinin TKOİ, ÇKOİ, BOİ, TP OrtoP, NH_4^+-N, TKN, AKM, pH ve iletkenlik değerlerinin minimum, maksimum ve ortalama değerleri karşılaştırmalı olarak **Tablo 39**'da, tüm dönem sonuçları ise **Tablo 40**'de verilmektedir.

Tablo 39 Saatlik numunelerde analizi yapılan parametrelerin 3 farklı gün için minimum, maksimum ve ortalama değerleri

parametre → / saatlik ölçümler ↓	TKOİ (mg/L)			ÇKOİ (mg/L)			TKN (mg/L)			NH_4^+-N (mg/L)		
	1.gün	2.gün	3.gün	1.gün	2.gün	3.gün	1.gün	2.gün	3.gün	1.gün	2.gün	3.gün
minimum	92	60	46	76	27	41	0,95	2,2	1,9	<0,05	<0,05	0,025
maksimum	349	297	225	233	243	145	5,2	11,3	7,1	3,7	2,9	3,1
ortalama	169	157	121	131	113	79	3,0	5,31	4,20	0,8	0,6	0,9

Tablo 39 Saatlik numunelerde analizi yapılan parametrelerin 3 farklı gün için minimum, maksimum ve ortalama değerleri (devamı)

parametre / saatlik ölçümler	TP (mg/L)			OrtoP (mg/L)			AKM (mg/L)			pH	İletkenlik (µS/cm)
	1.gün	2.gün	3.gün	1.gün	2.gün	3.gün	1.gün	2.gün	3.gün	3 gün için ort	3 gün için
minimum	0,19	0,24	0,32	0,06	0,03	0,012	22	17	18	6,8	374
maksimum	4,48	1,71	1,21	2,21	0,45	0,40	49	98	87	7,7	592
ortalama	1,05	0,53	0,75	0,50	0,10	0,16	34	34	34	7,3	440

Tablo 40 Barut Sorgun Oteli için yapılan tüm ölçümlerin minimum, maksimum ve ortalama değerleri içeren özet tablo

Parametre / Saatlik ölçümler	KOİ (mg/L)	BOİ5 (mg/L)	ÇKOİ (mg/L)	TP (mg/L)	OrtoP (mg/L)	NH_4-N (mg/L)	TKN (mg/L)	AKM (mg/L)
minimum	75	48	77	0,17	0,03	<0,05	1,4	16
maksimum	334	225	268	2,67	1,5	5,9	12,3	108
ortalama	168	113	122	0,75	0,2	0,9	4,6	49

5.3.5.4 Karakterizasyon Çalışması Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Her iki otelin grisu karakterizasyonu incelendiğinde, genel olarak haftalık rutin izleme serilerinin analiz sonuçlarının birbirine daha yakın olduğu, değişkenlikleri daha kısıtlı ve benzer trendlerde olduğu, gün içindeki değişimlerin ise beklendiği gibi daha büyük değişkenlikler gösterdiği görülmektedir.

Her iki otelin analiz sonuçları incelendiğinde, toplanan lavabo, duş ve banyo küvetlerinden gelen atıksudan oluşan gri suyun kirlilik seviyesinin zayıf evsel atıksu sınıfıyla karşılaştırılabilir olduğu, hatta bu kategori için verilen değerlerden düşük bulunduğu görülmektedir. Hilton oteli analiz sonuçlarının parametreler bazında yapılan incelemesinde genelde azot ve fosfor konsantrasyonlarının zayıf atıksuya göre düşük düzeylerde

bulunduğu, gri sularda tipik olarak beklenen birincil kirletici olan organik madde göstergelerinin diğer parametrelere kıyasla belirgin kirletici olduğu görülmüştür. İlave olarak AKM'nin büyük oranda organik kökenli olduğu belirlenmiştir.

Konsantrasyon trendlerinin belirlenmesi amacıyla iki dönemde yapılan hafta boyu izleme ve gün boyu izleme analiz sonuçlarına genel itibariyle bakıldığında gerek hafta boyu, gerekse gün boyu değişimlerde sürekli izlenen 9 parametrenin hiçbirinde tam olarak döngüsel gidişatı tanımlayan bir benzerlik olmadığı görülmektedir. Bir başka ifadeyle her bir parametre için incelendiğinde aynı parametrenin farklı dönemlerde farklı gidişat gösterdiği izlenmektedir. Bu da şu ana kadar elde edilen bulgular çerçevesinde turistik/yazlık bölgelerde beklenenin aksine İstanbul kent merkezi otelinde hafta boyu ve gün içi tekrar eden bir trend (pattern) olmadığına işaret etmektedir. Bunun nedeninin bu otelde bir yandan hafta içi yoğunluk beklenen iş (business) ağırlıklı çalışılırken, diğer yandan hafta sonu yoğunlaşması beklenen turistik amaçlara da hizmet verilmesi olduğu düşünülmektedir.

Yapılan analizlerden, koliform grubu bakterilerin dikkate alındığında Hilton İstanbul otelinde toplanan lavabo, duş ve banyo küvetlerinden gelen atıksudan oluşan gri suda 10^5 mertebesinde bulunduğu dikkati çekmektedir. Bu değerler, patojenlerin düşük miktarda olması beklenen gri su için tahminleri aşmaktadır. Ancak yine de, zayıf atıksu karakteristik değerlerinin (Metcalf ve Eddy, 2003) altındadır. Spesifik olarak, toplam koliform bazında verilen aralık değerlerinden düşük seviyede olmasına karşın fekal koliformlar için zayıf atıksu için verilen aralığın içinde kalmaktadır.

Sayfiye Otelinde ise parametreler açısından değişmekle beraber Haziran ayında yapılan haftalık ölçümlerde Çarşamba, Perşembe ve Pazar günleri belirgin bir pikler görülmesine rağmen Eylül ayında gerçekleştirilen 2. haftalık ölçüm çalışmasında ise Cuma, Cumartesi ve nadiren Pazartesi günleri pikler göstermektedir. Bu durumun otellerin misafir değişme periyotları ile ilgili olduğu düşünülmektedir. Gün içindeki değişimin izlendiği saatlik sonuçlar incelendiğinde ise sayfiye oteli olan Barut Sorgun Otelinde odaların temizlik işlemlerine denk gelen 08:30-14:30 saatleri arasında başta toplam fosfor, ortofosfat olmak üzere tüm kirlilik parametrelerinde artış gözlenmiştir.

Gri suyun içerdiği öncelikli kirlilik unsurunun organik madde olması nedeni ile karakterizasyonunda birincil parametresi toplam KOI'dir. KOİ'nin Hilton oteli genelinde, ve

ortalama değerleri *günlük*: 121, *saatlik*: 111 mg/L seviyelerinde iken, Barut Sorgun Otelinde ise ortalama değerlerin *haftalık:*160- *günlük* (2 farklı hafta): 186-207- *saatlik* (3 farklı gün): 169-157-121 mg/L seviyelerinde iken, yine değişimin en fazla olduğu saatlik izleme serisinde bu serinin 10:30-14:30 alınan numunesinde 350 mg/L seviyelerinde olduğu görülmektedir.

İki otelde gerçekleştirilen tüm ölçümler için ortalama 120 (şehir oteli) ve 168 mg/L TKOİ değerlerinin **Tablo 41** daki literatür verileriyle uyumlu olduğu gözlenirken, Sayfiye otelinde gün içinde görülen 334 mg/L'nin bu saatlerde yoğun olarak yapılan temizlik işlerinde kullanılan organiklerden kaynaklanabileceği tahmin edilmektedir. Benzer şekilde genelde şehir otelinde 35-40 mg/L, sayfiye otelinde 113 mg/L civarında seyrettiği kabul edilebilecek olan BOI_5 in de yine literatür verileriyle uyumlu olduğu görülmektedir. Bu sonuçlar, önceden de tahmin edildiği gibi, gri suyun organik madde açısından zayıf evsel atıksu karakterinde olduğunun göstergesidir.

Elde edilen TKN değerleri incelendiğinde, her iki otelinde rutin deneyler ve hafta içi değişimi gösteren ilk iki seride genelde 10 mg/L nin altında kaldığı görülmektedir. Bu değerler ise zayıf konvansiyonel evsel atıksu konsantrasyon sınırlarının önemli miktarda altındadır. Günlük değişim izlemelerinde alınan sonuçlar ise, şehir otelinde 14 mg/L ye kadar değerlere ulaşılırken, sayfiye otelinde yaz mevsiminde gerçekleştirilen 1. Hafta ölçümlerinde 5 mg/L'nin altında kalmasına rağmen, sonbahar dönemine denk gelen 2. hafta ise 12 mg/L değerlerine ulaştığı ancak buna rağmen, bu değerlerin de zayıf atıksu karakteristik değerlerine ulaştığı görülmektedir. Amonyum azotu değerleri ise büyük çoğunlukla 3 mg/L nin altında kalmıştır. Bu sonuçlarla ilgili olarak azotun daha büyük kısmının organik formda olduğunu söylemek mümkündür.

Sonuçlar fosfor açısından irdelendiğinde toplam fosforun şehir otelinde genelde 6-8 mg/L sonuçlara ulaşabilmiş olmasına rağmen ortofosfatın 3 mg/L'nin altında kaldığı, sayfiye otelinde ise 0,2-2,7 mg/L, ortofosfatın ise şehir otelinde genelde 0,04-3 mg/L, sayfiye otelinde 0,03-1,5 mg/L aralığında değiştiği izlenmektedir. Bu ise organik madde ve azotun aksine şehir otelindeki gri suyun beklenenden yüksek fosfor içeriğine işaret etmektedir. Her ne kadar ortofosfat değerleri zayıf atıksu ile karşılaştırılabilir olsa da, toplam fosfor açısından değerler orta kuvvetteki evsel atıksu değerlerini aşabilmektedir. Fosfor'un önemli bölümünün ise organik kökenli olduğu anlaşılmaktadır. Şehir otelinde beklenenin üzerindeki toplam fosfor/organik fosfor değerlerinin kökeninin fosfor içeriği yüksek olan temizlik ürünlerinden

kaynaklandığı, sayfiye otelindeki fosfor değerlerinin şehir oteline göre nispeten daha düşük tespit edilmesinin de kullanılan temizlik ürünlerinin farklılığından oluştuğu düşünülmektedir. Askıda katı madde açısından incelendiğinde ise pik değerler haricinde elde edilen sonuçların tipik grisu karakterizasyonunda olduğu söylenebilir.

Genel olarak bakteriyolojik parametrelerin sonuçlarının literatürden bir miktar farklı olduğu görülmektedir. Sapmaların sebebi net olarak açıklanamamakla birlikte, numune alınan yerin ve bekletme süresinin bu parametreler açısından önemli olduğu tahmin edilmektedir.

Tablo 41 Gri su karakterizasyonu ve literatürle karşılaştırma

Parametreler	Bu çalışma				Gri su	Banyo-duş	Banyo	Gri su	Duşlar
	Sayfiye Oteli Gri Suları		Şehir Oteli Gri Suları		Hocaoğlu vd. 2010	Nolde vd. 1999	Almeida vd. 1999	Lamine vd. 2007	Regelsberger vd. 2007 (Fas)
	Ortalama	Min.-maks	Ortalama	Min.-maks	Ortalama ±sd				
pH	7,45	7,1-7,7	-	-	7.2 ±0.3	7.5	-	-	7.4
T. KOİ, mg/L	168	75-334	125	<30-470	295±79	102	210	100-200	180
Ç. KOİ, mg/L, mg/L	122	77-268	40	<30-297	191±54	-	184	-	-
$BOİ_5$, mg/L	113	48-225	45	<1-93	111±33	97	-	50-100	90
TKN, mg/L	4,6	1,4-12	6	<0,5-43	7.4±3.7	8	-	-	-
NH_4^+-N, mg/L	0,9	<0,05-5,9	1,2	<0,05-6,8	1.6±1.4	7	1.1	-	12
T.P, mg/L	0,8	0,2-2,7	3,2	0,4-8,8	7.3±3.1	3.5	5.3	0.2-0.6	2.0
PO_4-P, mg/L	0,3	0,03-1,53	1,3	0,04-3,12					
AKM, mg/L	49	16-108	60	10-468	63±30	33	54	-	200
UAKM, mg/L	-	-	41	<5-288	47±23	-	9	-	-
İletkenlik, µs/cm	635	257-2694	-	-	492±114	-	-	-	628
T. Koliform./100 ml	$2,7x10^6$	$1,4x10^5$-$9,2x10^6$	$8x10^5$	-	-	-	-	10^2-10^3	-
F. Koliform /100ml	$1,8x10^5$	$1,9x10^4$-$5,6x10^5$	$2x10^5$	-	-	-	-	10^{-1}-10^1	$2x10^6$
E.Koli /100ml	$1,7x10^5$	$1,8x10^4$-$5,4x10^5$	$2x10^5$	-	-	-	-	-	-
Fekal Streptokok /100ml	$6,2x10^5$	$2,2x10^4$-$3,6x10^6$	$5x10^3$	-	-	-	-	-	-

5.4 YAĞIŞ VERİLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ VE YAĞMUR SUYU HASADI

5.4.1 Pilot Turizm Tesislerinin Bulunduğu Bölgelerin Yağış Verilerinin Değerlendirilmesi

Bu bölüm, Meteoroloji Genel Müdürlüğü yer istasyonlarında ölçülen uzun dönem yağış verilerinin analizlerini içermektedir. Side (Antalya) ve Taksim (İstanbul) bölgesinde bulunan otellerde düşünülen su geri kazanım projeleri fizibilite çalışmalarına temel teşkil etmesi açısından Side için Manavgat, Alanya ve Antalya istasyonları ve Taksim bölgesi için Bozcaada, Florya, Göztepe, İstanbul Üniversitesi, Kartal ve Kireçburnu yağış verileri incelenmiştir.

Uzun yıllara ait yağış verileri kullanılarak (1980-2012 yılları arası aylık toplam yağış verileri) mevsimlere bağlı ortalama aylık toplam yağış miktarları Tablo 42'te özetlenmektedir. Kış mevsimi için Aralık, Ocak ve Şubat, İlkbahar için Mart, Nisan ve Mayıs, Yaz mevsimi için Haziran, Temmuz ve Ağustos ve Sonbahar için Eylül, Ekim ve Kasım ayları toplam yağış miktarları hesaplanmıştır. Tablo 42'ten de görüleceği üzere Side bölgesi için en fazla yağışlar Kış mevsiminde gerçeklemiş bunu sırasıyla Sonbahar, İlkbahar ayları takip etmiştir. Yaz mevsiminde, yağışlarda çok ciddi bir düşüş oluşmakta ve yıllık toplam yağışın sadece %1-2'sini temsil ettiği görülmektedir. Yaklaşık olarak yıllık toplam yağışın %80'i her yılın ilk ve son çeyreklerinde (Sonbahar ve Kış) gerçekleşmiştir. Bu nedenle özellikle yaz aylarında 'su-geri-kazanım' konusu çok daha fazla önem kazanmaktadır. Tablo 42'teki İstanbul bölgesi istasyonlarına bakılacak olursa, yağışların yıl boyunca çok daha homojen olarak dağıldığını söylemek mümkündür. Yaz mevsiminde düşen yağış yine diğer mevsimlere göre daha az olmakla birlikte Side bölgesiyle karşılaştırıldığında yüzdesinin daha fazla olduğu görülmekte. Yaz aylarında düşen yağış miktarı yıl boyunca gerçekleşen yağışın %10'u civarında olduğu tespit edilmiştir. Her iki bölgenin yıllık toplam yağışları göz önünde bulundurulacak olursa Side bölgesinin İstanbul bölgesine nispeten yaklaşık 1.5-1.8 kat daha fazla yağış aldığı görülmektedir.

Tablo 42 Uzun Dönem ortalama yıllık yağışlar ve mevsimsel ortalamaları

			Aylık Ortalama Yağış (mm/ay) ve Temsil ettiği Yüzdeleri			
İstasyon	Dönem(toplam yıl)	Yıllık Ortalama toplam yağış(mm)	Kış ayları	İlkbahar ayları	Yaz ayları	Sonbahar ayları
Alanya	1980-2006(27)	1132	202.5(53.5)	68.9(18)	5.7(1.5)	101.3(27)
Antalya	1980-2012(33)	1115	203.4(52.6)	70.9(18.4)	7.4(1.9)	104.6(27.1)
Manavgat	1980-2011(32)	1088	212.7(56.8)	58.8(15.7)	3.9(1)	98.9(26.5)
Bozcaada	1980-2012(33)	448	68.1(43.7)	39.7(25.5)	8.4(5.4)	39.6(25.4)
Florya	1980-2012(32)	656	85.1(38.7)	46.4(21.1)	24.8(11.3)	63.7(28.9)
Göztepe	1980-2007(28)	689	83.3(36.9)	46.3(20.5)	26.7(11.8)	69.5(30.8)
İst. Üniv.	Yok					
Kartal	1980-2012(30)	658	85.5(38.3)	47.5(21.3)	23.8(10.7)	66.5(29.7)
Kireçburnu	1980-2012(33)	854	103.9(36.5)	49.7(17.5)	40.1(14.1)	90.9(31.9)

Side bölgesi için uzun döneme ait (27-33 yıllık) aylık toplam yağış verilerinin mevsimlere göre dağılımı ve yıllık olarak gerçekleşen toplam yağışlara olan yüzdeleri Şekil 69 ve Şekil 70'de gösterilmektedir. Bir kaç istisnai yıllar haricinde maksimum yağışların çoğunlukla Kış aylarında meydana geldiği bunu Sonbahar ve İlkbahar ayları takip ettiği görülmektedir. Yaz aylarında meydana gelen yağışlar ortalama 5-6 mm civarında olup, yıl içi toplam yağışa katkısı %7-8'si geçmediği tespit edilmiştir. Alanya, Antalya ve Manavgat istasyonlarının tamamı göz önünde bulundurulduğunda, İlkbahar, Sonbahar ve Kış aylarındaki ortalama yağış değerleri sırasıyla 66.2, 99 ve 206.2 mm olarak saptanmıştır.

Taksim için İstanbul bölgesinde beş istasyonun uzun yıllara ait (27-33 yıl) aylık toplam yağış verilerinin mevsimlere göre dağılımı ve karşılık gelen yüzdeleri Şekil 71 ve Şekil 72'te gösterilmektedir. Yıllar ve istasyonlar ayrı ayrı değerlendirildiğinde en çok yağışın kış aylarında meydana gelmesine rağmen İlkbahar ve Sonbahar aylarında da yılın en fazla yağışları gerçekleşebilmektedir. Beş istasyonun (İstanbul Üniversitesi uzun yıllar yağış

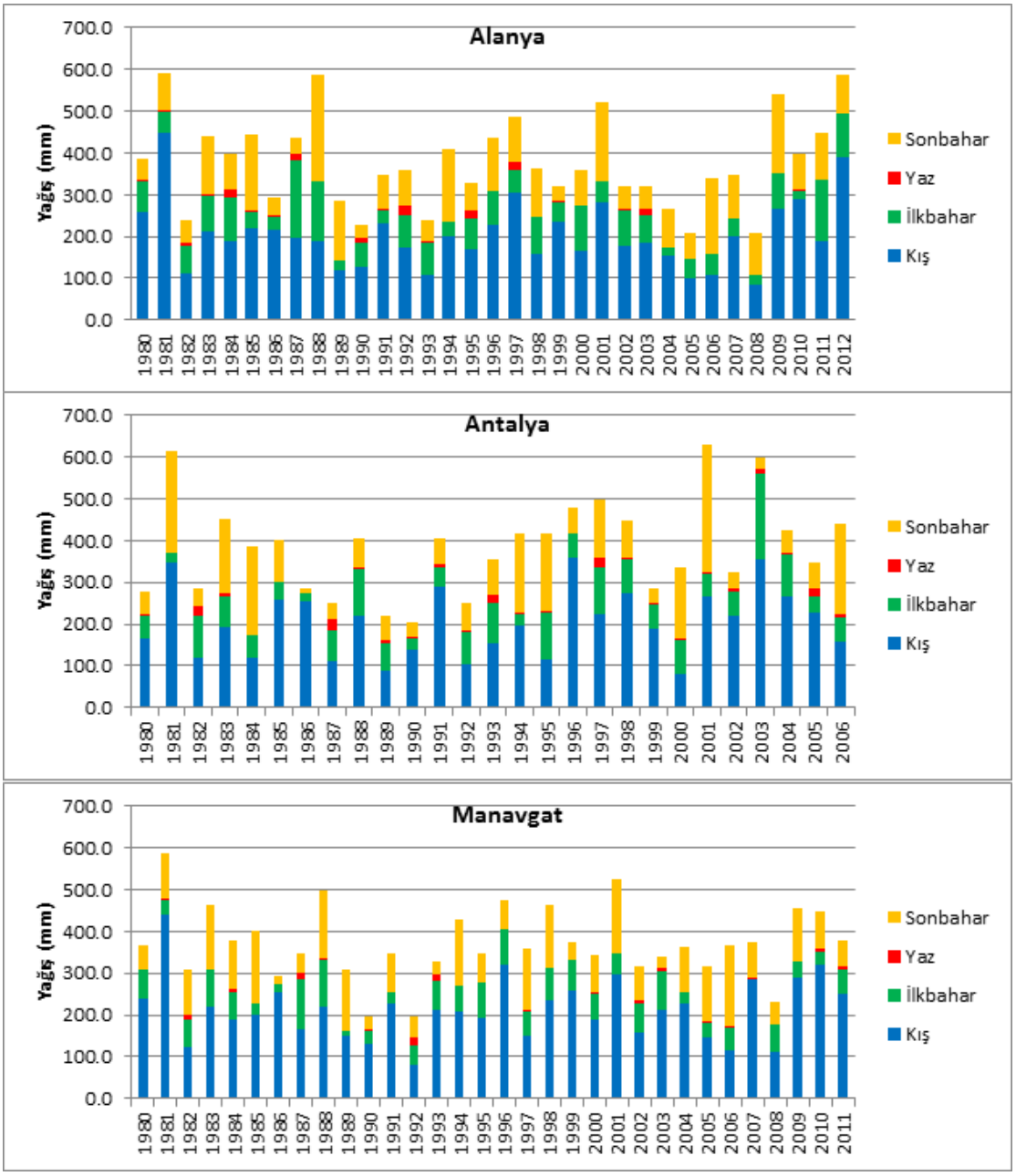
verileri bulunamamıştır) uzun yıllara göre ortalamaları göz önünde bulundurularak İstanbul bölgesi için hesaplanan mevsimlere göre aylık yağışlar şu şekilde gerçekleşmiştir (Şekil 71) kullanılarak oluşturulan ortalama yağışlar): Kış, İlkbahar, Yaz ve Sonbahar aylarında gerçekleşen yağışlar sırasıyla 85.2, 45.9, 24.8 ve 66 mm. Mevsimsel yağışların toplam yağışlara olan oranına bakılacak olursa (Şekil 72), yaz aylarında gerçekleşen yağışların oldukça fazla olduğu ve yaklaşık %30'lara kadar çıkabildiği gözlemlenmektedir. Ortalama olarak, yaz ayları yağışlarının toplam yağışa olan oranı %10 civarında gerçekleşmektedir.

Ayrıca, Meteoroloji Genel Müdürlüğüne ait otomatik istasyonlarda gerçekleştirilen 2007-2012 dönemini içine alan saatlik yağış verileri analiz edilmiştir. Her yıl için yaklaşık 7-8 bin yağış verisi kullanılarak yıllık ve aylık toplam yağış miktarları 2007-2012 zaman dilimi için hesaplanmış ve Tablo 43'da sunulmuştur. Tablo 43'da gösterildiği üzere Side bölgesi, 2007-2012 dönemlerinde yıllık olarak 950-1050 mm, İstanbul bölgesi ise aynı dönemde yaklaşık 450-700 mm yağış aldığı görülmektedir.

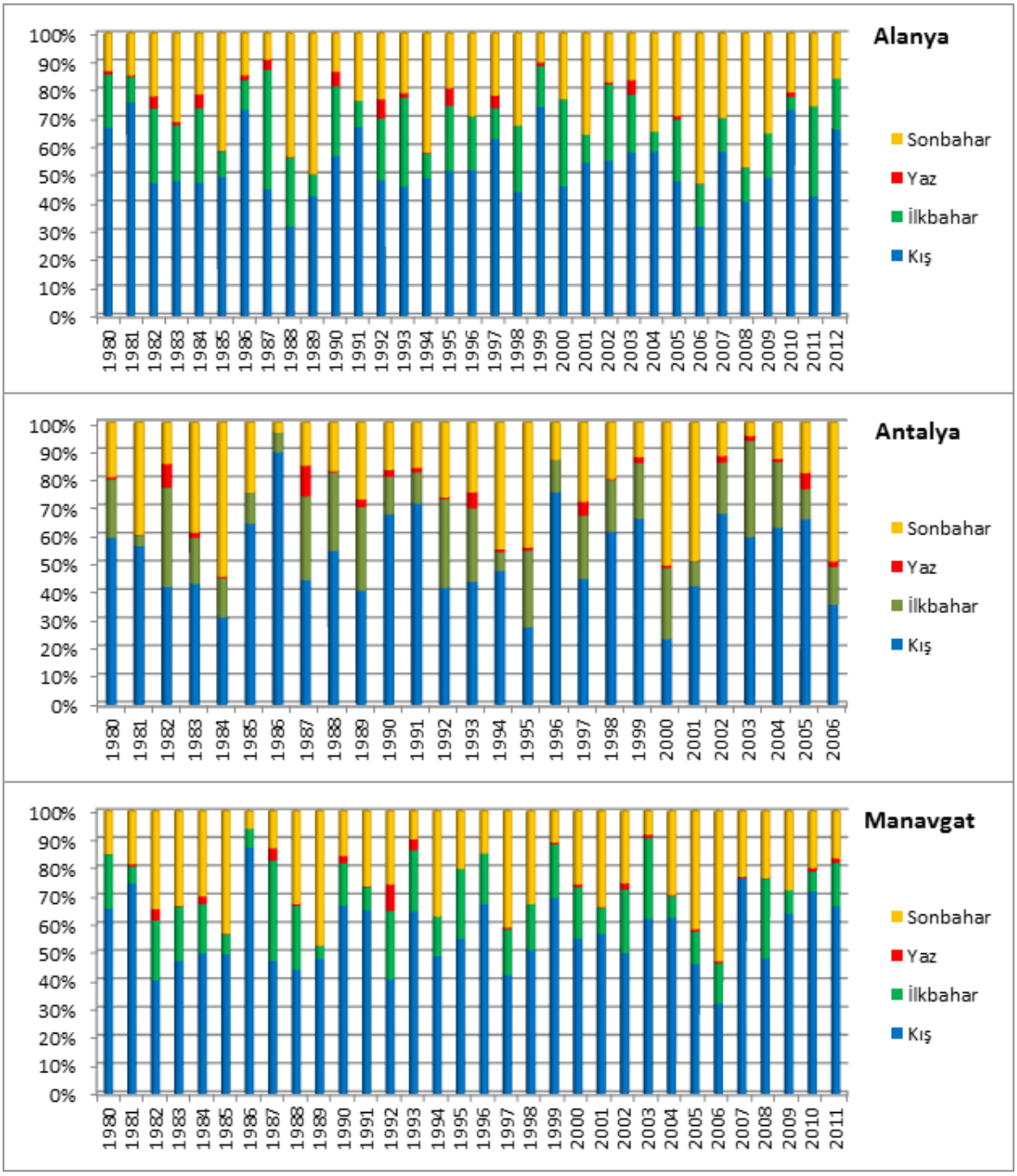
Tablo 43 2007-2012 dönemine ait saatlik yağış verileriyle hesaplanan yıllık toplam yağış değerleri

Saatlik Ölçüm Verileri Sonucu Senelik Toplam Yağış (mm)							
İstasyon	2007	2008	2009	2010	2011	2012	Ortalama
Alanya	823	560	1427	573	1153	1188	954
Antalya	Yok						
Manavgat	946	647	1024	832	1134	1617	1033
Bozcaada	306	294	711	678	638	488	519
Florya	330	498	854	820	281	510	549
Göztepe	349	623	648	612	240	290	460
İst. Üniv.	419	636	759	853	395	641	617
Kartal	445	447	816	878	336	415	556
Kireçburnu	577	580	1127	823	340	639	681

Alanya ve Manavgat istasyonları 2007-2012 dönemi saatlik yağış ölçümleri kullanılarak aylık toplam yağışlar Şekil 73'te verilmiştir. Şekil 73'te yağış verilerinin yıl boyunca düzenli bir salınım gerçekleştirdiği gözlenmektedir. Yağışların mevsimsellere göre periyodik salınımlar göstermesi, yağışların daha çok sinoptik (büyük) ölçekte cereyan eden alçak-yüksek basınç sistemlerine bağlı olduğuna işaret ettiği söylenebilir. İleride de görüleceği üzere orta ve hatta daha küçük ölçekte meydana gelen hava olaylarının yağışlara olan etkisi İstanbul bölgesini temsil eden istasyonlarda daha fazla görmemiz mümkün olmaktadır. Side bölgesinde (Şekil 73), yağışlar Eylül-Ekim gibi başlamakta ve maksimum değerlere Kasım-Ocak aralığında ulaşmaktadır. Mart-Nisan-Mayıs döneminde yağışlarda ciddi bir azalma gerçekleşmekte ve yaz ayları neredeyse tamamen yağışsız geçebilmektedir. Eylül ayıyla birlikte yağışlarda ciddi derecede artışlar gözlemlenmekte, zaman zaman maksimum yağışlar Eylül-Ekim-Kasım döneminde meydana geldiği görülmektedir. Maksimum aylık yağışlar Manavgat için 400 mm'ye, Alanya için 350 mm'ye kadar çıktığı gözlenmektedir. Bir örnek olması açısından **Şekil 74**, 2009 yılı Alanya için saatlik yağış verilerini göstermektedir. Diğer yıllara ait yağış dağılımlarının da (diğer Side bölgesi istasyonları için) Şekil 74'e benzer olduğu görülmüştür (EK 5-Şekil 1). **Şekil 74** ve EK 5-Şekil EK 1'den de görüleceği üzere Haziran-Temmuz-Ağustos dönemlerinin neredeyse tamamen yağışsız geçtiği söylenebilir. Side bölgesine en yakın istasyon olan Manavgat için 2007-2012 dönemine ait saatlik veriler kullanılarak aylık toplam yağış değerleri hesaplanmış ve Tablo 44'de verilmiştir.

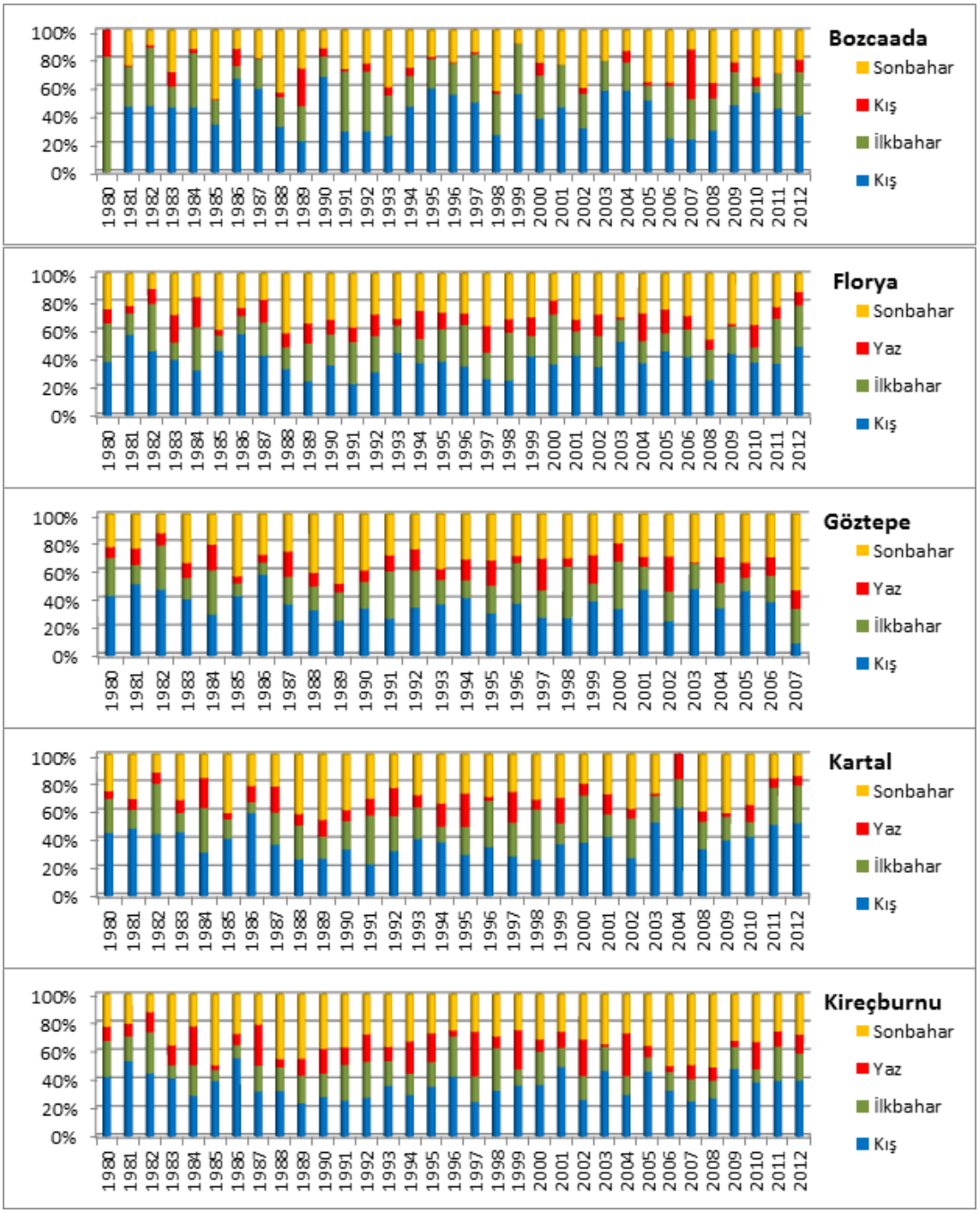


Şekil 69 Side bölgesi uzun dönem aylık toplam yağış değerleri kullanılarak kış, ilkbahar, yaz ve sonbahar aylarını temsilen ortalamaları - Örnek; Manavgat istasyonu için 1980 yılında kış ayları ortalama 240 mm yağış almıştır (Aralık, Ocak ve Şubat ayları ayrı ayrı 240 mm yağış almıştır).

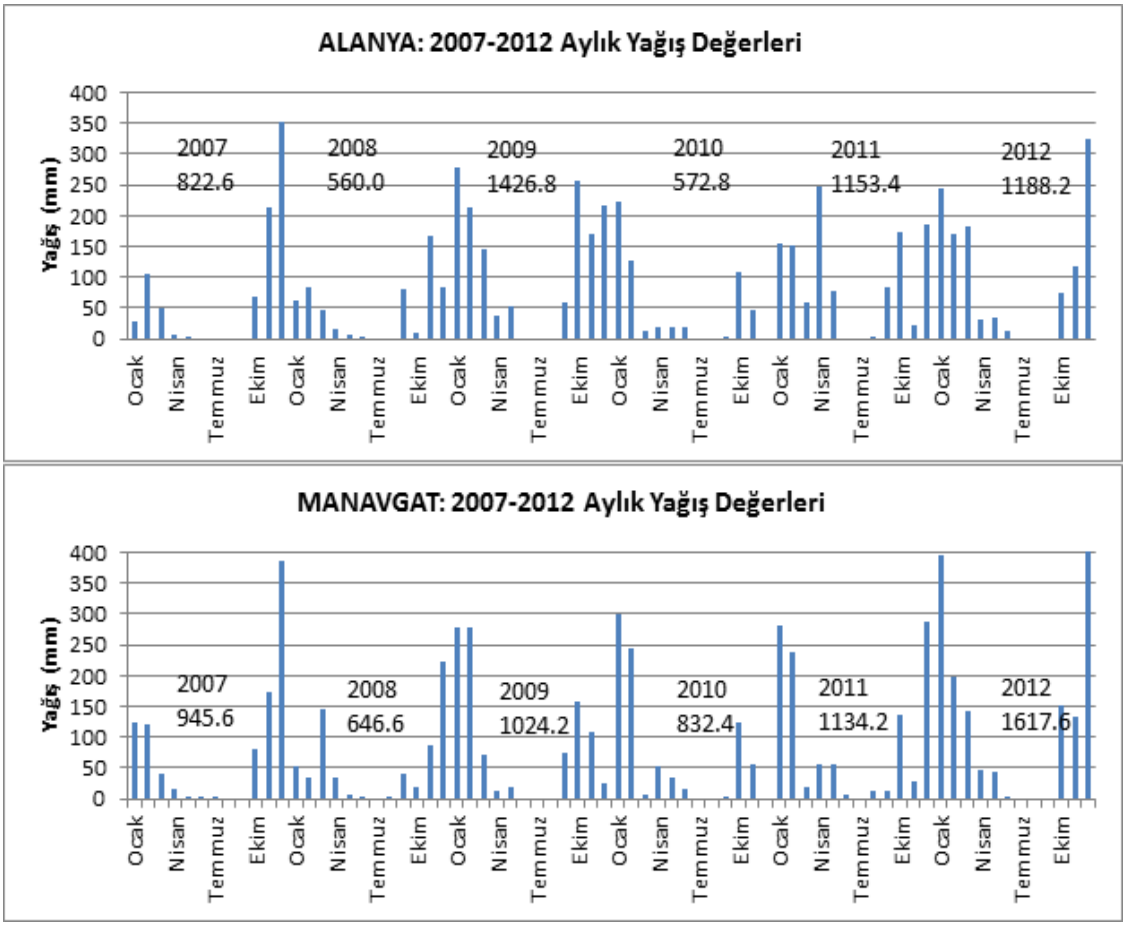


Şekil 70 Mevsimler bazında hesap edilen yağışların genel toplam yağışlara olan yüzdeleri - Örnek; Manavgat istasyonunda 1980 yılı için kış aylarında yağan yağışın 1980 yılı toplam yağış içindeki payı %65 olarak gerçekleşmiştir.

Şekil 71 İstanbul bölgesi uzun dönem aylık toplam yağış değerleri kullanılarak kış, ilkbahar, yaz ve sonbahar aylarını temsilen ortalamaları - Örnek; Kireçburnu istasyonu için 1980 yılında kış ayları ortalaması 134 mm olmuştur.

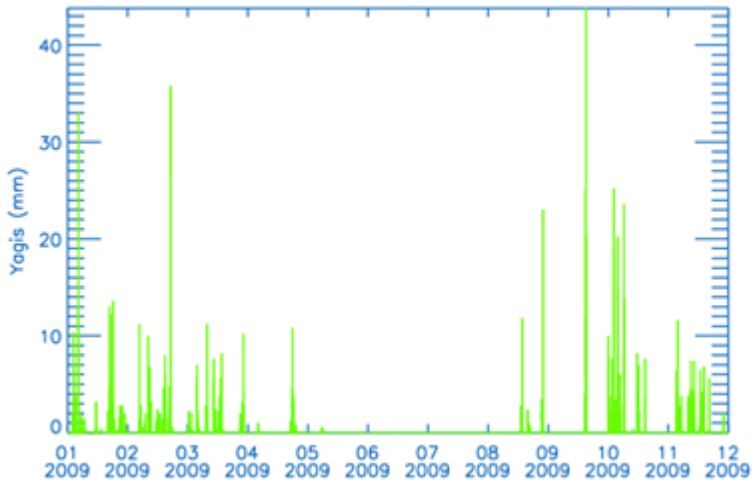


Şekil 72 Mevsimler bazında hesap edilen aylık toplam yağışların genel toplam yağışlara olan yüzdeleri - Örnek; Kireçburnu istasyonunda 1980 yılı için kış aylarında yağan yağışın 1980 yılı toplam yağış içindeki payı %42 olarak gerçekleşmiştir.



Şekil 73 Alanya ve Manavgat için 2007-2012 yılları arası aylık toplam yağışlar (mm). Yılların altına yer alan rakamlar o yıl için toplam yağış miktarını belirtmektedir.

Tablo 44'de, Haziran-Temmuz-Ağustos döneminde 2007, 2008, 2009, 2010, 2011 ve 2012 yıllarında toplam olarak sırasıyla 4.6, 0.6, 0, 17.2, 20, 0.8 mm toplam yağış düştüğü görülmektedir. Maksimum yağışlar (kırmızıyla işaretlenmiş) kış aylarında meydana gelmekle birlikte bahar aylarında da azımsanmayacak miktarda yağışları gerçekleştiği görülmüştür. **Tablo 44**'de gösterildiği üzere Manavgat için, maksimum aylık toplam yağışlar 220 mm ile 502 mm arasında değişmekte ve genelde Aralık-Ocak aylarında meydana gelmektedir.



Şekil 74 Alanya istasyonuna ait 2009 yılı saatlik yağış verileri

Tablo 44 Manavgat, 2007-2012 yılları saatlik veriler kullanılarak oluşturulmuş aylık toplam yağış verileri (mm)

Yıl	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
2007	124.4	121	40	16	2.8	0.6	4	0	0	79.8	172.8	384.2
2008	52.4	35.2	145.6	35.4	6.4	0.2	0	0.4	41.8	19.8	88	221.4
2009	278	278.6	70.4	12.6	20	0	0	0	73.6	157.6	108.4	25
2010	298.2	245.2	5.4	51.4	34.8	17.2	0	0	0.6	123.4	55.4	YOK
2011	280.4	238.8	19	55.4	55.4	5.8	0	14.2	12.6	135	29.2	288.4
2012	396.2	199	143.6	48	42.6	0.8	0	0	0	151.6	133	502.8

Alanya ve Manavgat istasyonlarına ait 2007-2012 dönemi saatlik verileri kullanılarak oluşturulan aylık ortalama toplam yağış verileri **Tablo 45**'de sunulmuştur. **Tablo 45** değerleri kullanılarak mevsimsel olarak Side bölgesine gelen ortalama aylık toplam yağış miktarları aylık yağış miktarları 160-260 mm olmakta, Sonbahar ve İlkbahar aylarında bu ortalama değerler sırasıyla yaklaşık olarak 30-110 mm ve 30-75 mm arasında gerçekleşmiştir. Yaz aylarında ise en az yağış 0.3 mm ile Temmuz ayında ve en fazla yağış da 4.6 mm ile Haziran

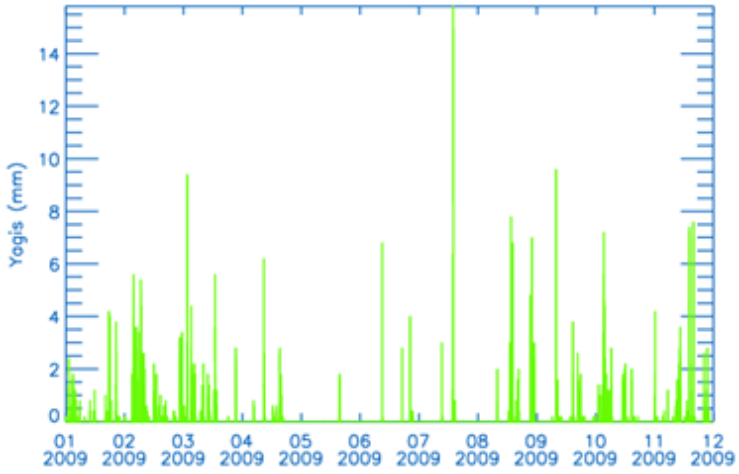
ayında meydana geldiği tespit edilmiştir. Alanya ve Manavgat istasyonlarına ait her bir yıl için saatlik grafikler bu raporun sonunda verilmiştir (Şekil EK1).

Taksim'e en yakın istasyon olması nedeniyle ve bir örnek teşkil etmesi açısından İstanbul Üniversitesi 2009 yılı saatlik yağış verileri **Şekil 75**'da gösterilmiştir. Şekilden de görüleceği üzere yağışların yıl boyunca daha homojen olarak dağıldığı görülmektedir. Haziran-Temmuz-Ağustos döneminde yağışların sıklıkla meydana geldiği ve hatta 2009 yılında maksimum saatlik yağışların bu aylarda meydana geldiği görülmektedir. Diğer yıllara ve istasyonlara bakıldığında maksimum saatlik yağış değerlerinin yaz aylarında sıkça gerçekleştiği tespit edilmiştir (Şekil EK1). Buna nemli ve derin konveksiyon tipli yağışlara neden olan fırtınaların bu aylarda daha sıklıkla görülmesinin etkili olduğu düşünülmektedir.

İstanbul bölgesi saatlik yağış verilerine bakıldığında (**Şekil 76**) yağışların mevsimlere göre daha az düzenli salınımlar gösterdiği ve yıl boyunca nispeten daha homojen olarak gerçekleştiği görülmektedir. Yurdumuzu düzenli olarak etkileyen büyük ölçekli hava sistemlerinin yanı sıra deniz-kara etkileşimi, dağ-vadi ve alçak seviye rüzgarları ve topoğrafya etkileşimi gibi orta ve küçük ölçekte meydana gelen fiziksel süreçlerin, yağış dinamiğini özellikle İstanbul bölgesi için daha fazla etkilediği söylenebilir. Şekil 76'den de görüleceği üzere, yağışların genel olarak Sonbahar-Kış mevsimlerinde maksimum değerlere ulaşmasına rağmen hemen hemen yılın her ayında meydana gelebildiği gözlemlenmektedir.

Tablo 45 Alanya ve Manavgat istasyonlarına ait 2007-2012 saatlik veriler kullanılarak hesaplanan Side Bölgesini temsilen oluşturulan ortalama aylık yağışlar

Aylar	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Ortalama Yağış (mm)	178.8	163.8	76.8	47.9	29.6	4.6	0.3	1.3	33.2	108	103.2	257.9

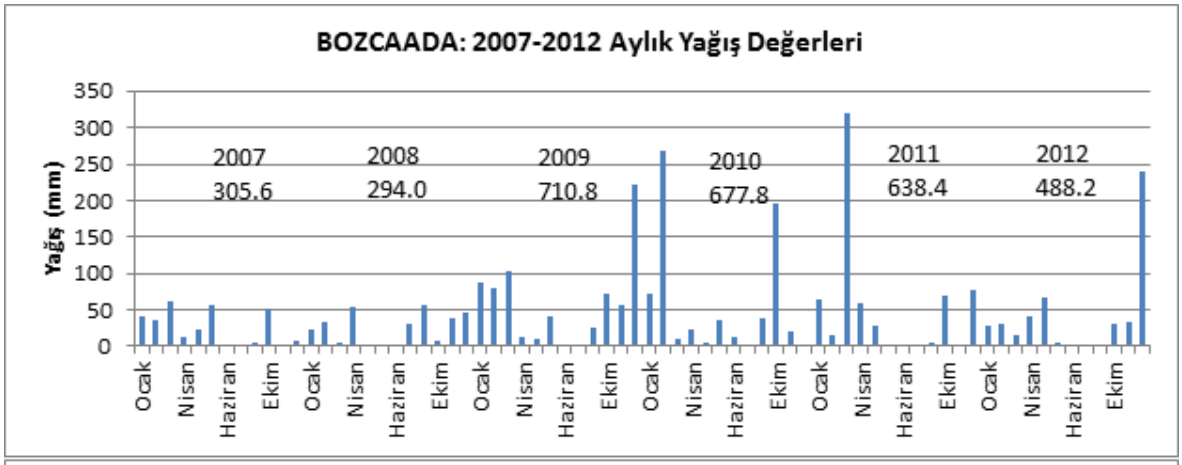


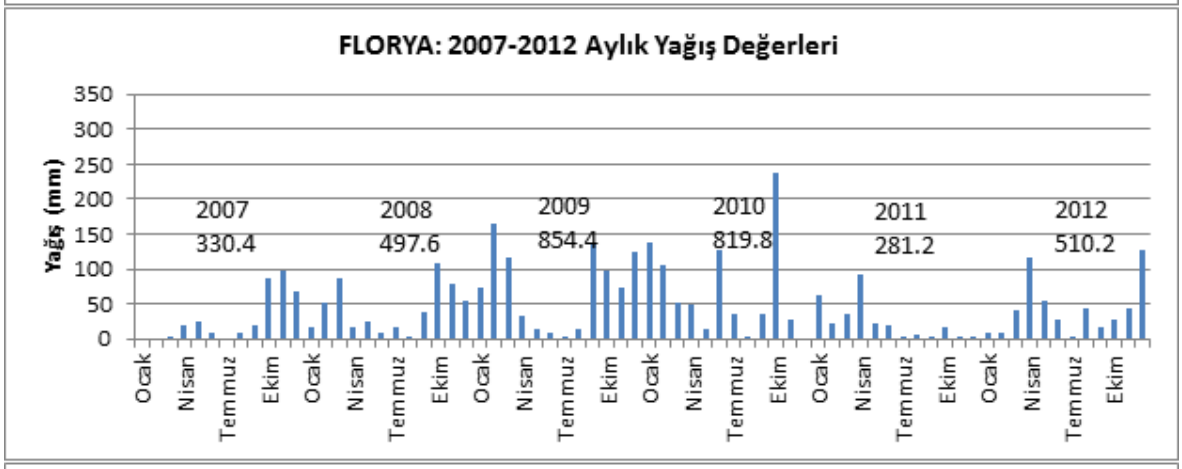
Şekil 75 İstanbul Üniv. 2009 yılında ölçülen saatlik yağış verileri

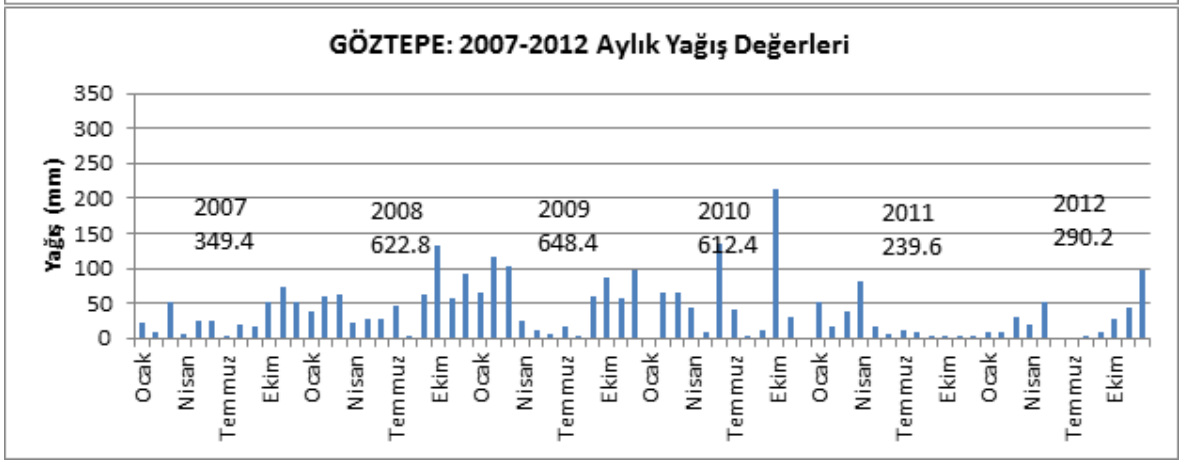
Maksimum aylık toplam yağışlar 100 mm ile 250 mm arasında değişmekte ve genelde Ekim veya Ocak aylarında meydana gelmektedir. 2007-2012 yılları saatlik veriler temel alınarak beş istasyona ait veriler sonucunda mevsimsel olarak İstanbul bölgesine gelen ortalama toplam yağış miktarları kış, ilkbahar, yaz ve sonbahar ayları için sırasıyla 65.6 mm, 41.8 mm, 20.1 mm ve 65.6 mm olarak gerçekleştiği hesaplanmıştır. İstanbul bölgesini temsil olarak seçilen 5 istasyon verileri (2007-2012) göz önünde bulundurulduğunda hesaplanan aylık ortalama yağış verileri **Tablo 46**'da verilmektedir (**Tablo 45**'e benzer fakat İstanbul için). Bu tablodan da görüleceği üzere, her ne kadar en az yağışların görüldüğü mevsim olsa da, Haziran-Temmuz-Ağustos aylarında azımsanmayacak miktarda yağışların gerçekleştiği görülmektedir. Diğer mevsimlerde gerçekleşen yağış miktarları ise Side bölgesindeki yağışların çok altında kaldığı görülmektedir.

Tablo 46 5 istasyona ait 2007-2012 saatlik veriler kullanılarak hesaplanan İstanbul Bölgesini temsilen oluşturulan ortalama aylık yağışlar

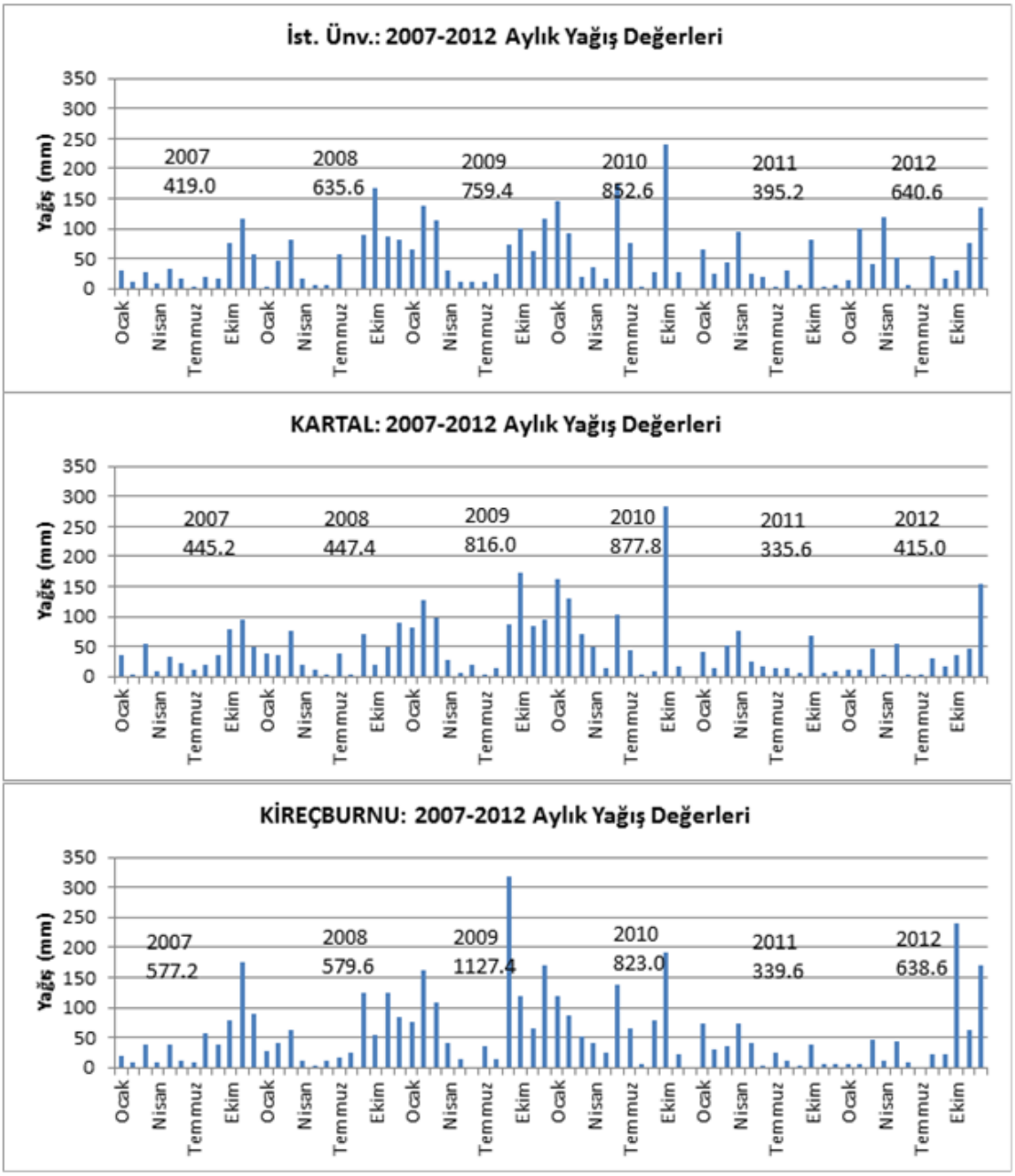
Aylar	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Ortalama Yağış (mm)	50.1	59.8	62.6	38.7	24.1	30.6	16.5	13.3	43.8	99.7	53.1	87.1







Şekil 76 Bozcaada, Florya ve Göztepe istasyonları 2007-2012 dönem saatlik yağış verilerinin aylık toplamları. Yıllık toplamlar ayrıca her bir yıl için şekilde belirtilmiştir.



Şekil 47 (Devam) Bozcaada, Florya ve Göztepe istasyonları 2007-2012 dönem saatlik yağış verilerinin aylık toplamları. Yıllık toplamlar ayrıca her bir yıl için şekilde belirtilmiştir.

5.4.2 Pilot Turizm Tesisleri İçin Hasat Edilebilecek Yağmur Suyu Miktarları

Yağmur suyu hasadı kolay bir uygulama olmasına karşın hasatlama potansiyeli yağış miktarına, toplama alanına ve depo hacmine bağlıdır. Buna göre çatıdan hasat edilebilecek yağmur suyu potansiyeli yıllık ortalama yağışa bağlı olarak kabaca şu şekilde hesaplanabilir (British Standard of Practice for the installation of RWH systems, BS 8515, 2009'dan uyarlanmıştır).

Y = A × P × E

Y: Yağmur suyu hasadı potansiyeli, m^3/yıl

A: Çatı alanı, m^2

P: Ortalama yağış yüksekliği, m/yıl

E: Verim katsayısı, % yağışın akışa geçen kısmı (buharlaşma, atılan ilk yıkama miktarı ve filtrasyondaki kayıplar dikkate alınmalıdır)

Bu yaklaşımda ortalama yağış miktarı dikkate alınmaktadır, ancak ani yağış ya da şiddetli yağış sıklığının fazla olması durumunda ortalama yağış kullanılarak hesap yapmak hatalı bir yaklaşım olabilir.

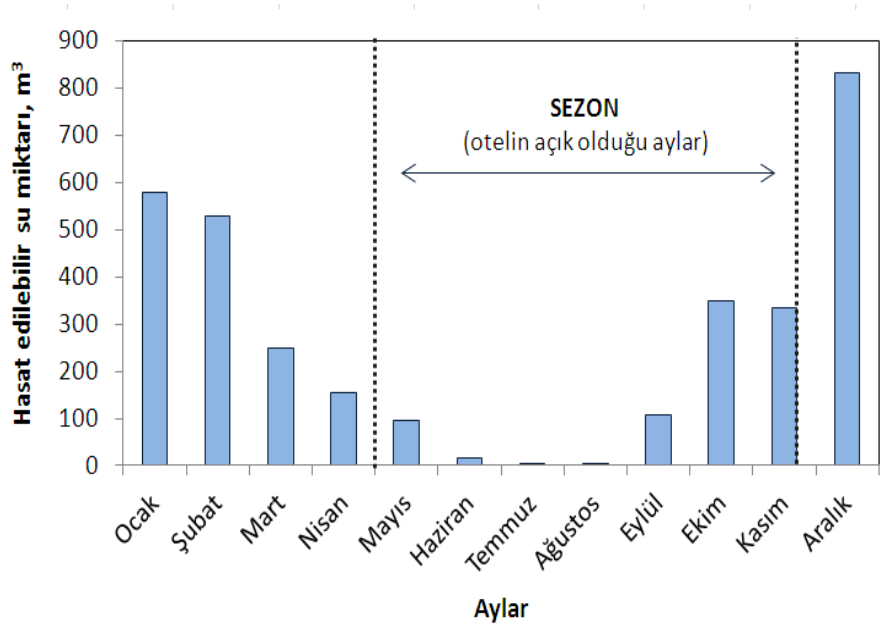
Toplama verimi genellikle % 70-80 civarında (BS 8515, 2009) kabul edilmektedir. Bu çalışmada potansiyel hesaplanırken toplama verimi %75 olarak alınmıştır.

5.4.3 Pilot Sayfiye Oteli İçin Hasat Edilebilecek Potansiyel Yağmur Suyu Miktarı

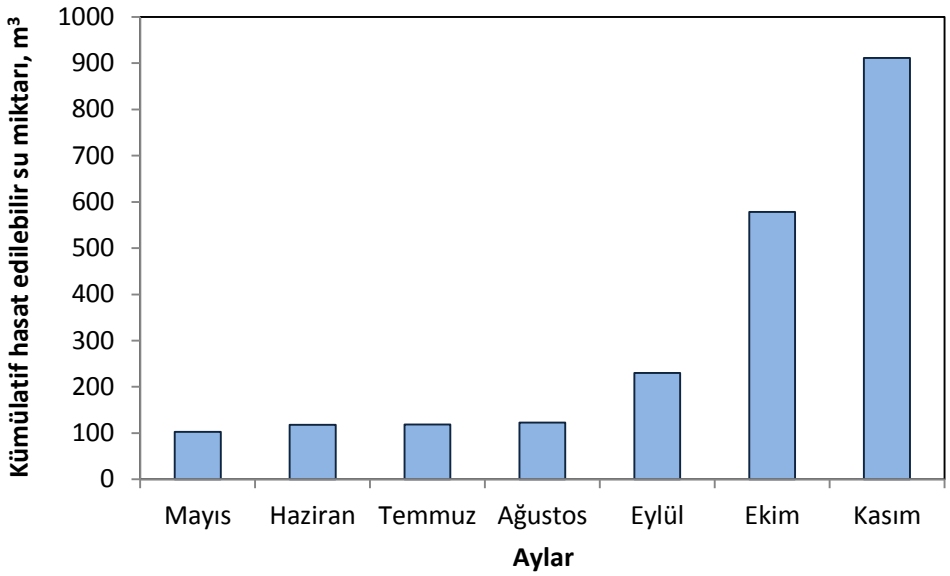
Sayfiye oteli için, toplam çatı alanı ve ortalama yağış verisi ön görüsü (Side,Tablo 45) kullanılarak aylara göre hesaplanan toplanabilir yağış miktarı aşağıda verilmiştir (Tablo 47, Şekil 77). Toplam çatı alanı : ~4300 m^2'dir. Otelin kapalı olduğu dönemlerde yağmur suyu hasadı anlamlı görünmemektedir. Bu nedenle, otelin açık olduğu aylar için kümülatif hasat edilebilir yağmur suyu miktarı hesaplanarak Şekil 78'de verilmiştir.

Tablo 47 Pilot sayfiye oteli aylara göre toplanabilir yağış miktarı

Aylar	Aylara göre toplanabilir yağış miktarı, (m^3/ay)
Ocak	578
Şubat	528
Mart	248
Nisan	154
Mayıs	95
Haziran	15
Temmuz	1
Ağustos	4
Eylül	107
Ekim	348
Kasım	333
Aralık	832



Şekil 77 Sayfiye oteli için hasat edilebilir su miktarı, m^3



Şekil 78 Sayfiye oteli için (açık olduğu aylar) kümülatif hasat edilebilir yağmur suyu miktarı, m^3

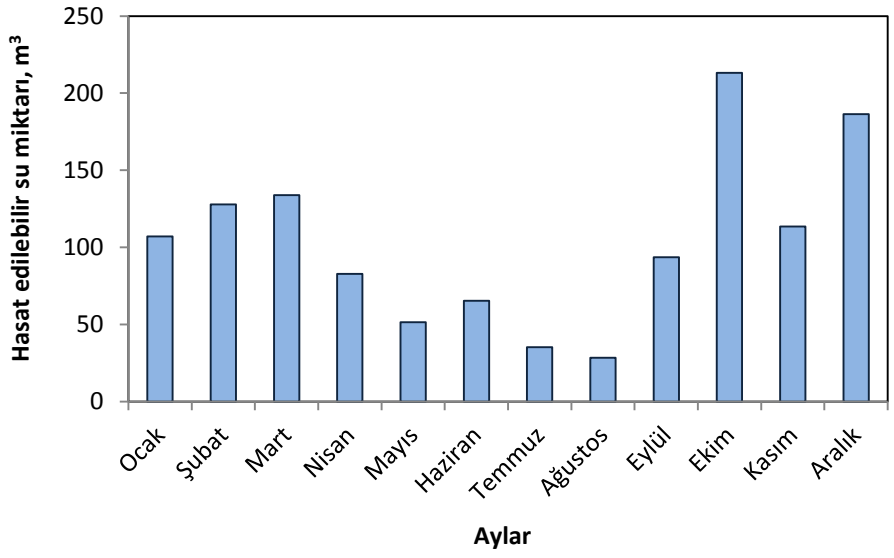
Sayfiye otelinin açık olduğu sezon süresince sulama suyu ihtiyacı yüksek, buna karşın yağış miktarı düşüktür. Bu nedenle sezon süresince hasat edilebilecek tüm yağmur suyunun (kayıplar düşüldükten sonra) toplanması ön görülmüştür. Sayfiye oteli için yağmur suyu depo hacminin tahmin edilebilmesi için depo hacminin sezon süresince yağan en fazla günlük yağış miktarını ve ardışık yağışları depolayabilecek kapasitede olması ön görülmüştür. Buna göre son 5 yıllık yağış verileri değerlendirilmiş ve sezon süresince ardışık yağışlı gün sayısı 6 gün, toplam yağış miktarı 121 mm bulunmuştur. Son 5 yılın 3 günden fazla ardışık yağışlı günlerinin toplamı ise ortalama 71 mm olmuştur. Buna göre maksimum 390 m^3, ortalama ise 230 m^3 hacim yeterli görünmektedir. Ekstrem yağış ihmal edildiğinde yaklaşık 250 m^3 efektif hacim uygun olarak değerlendirilmiştir.

5.4.4 Pilot Şehir Oteli İçin Hasat Edilebilecek Potansiyel Yağmur Suyu Miktarı

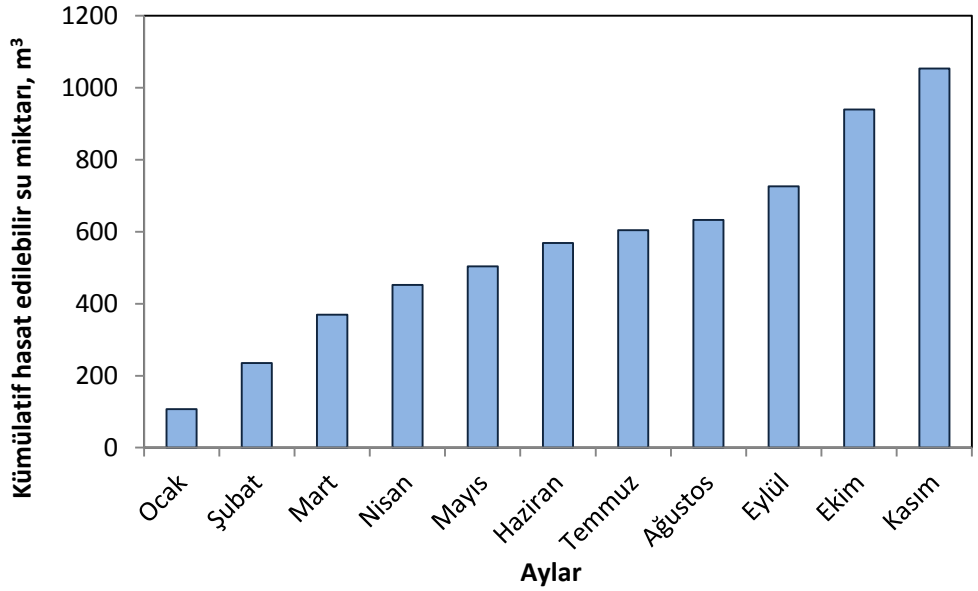
Şehir oteli için, toplam çatı alanı ve ortalama yağış verisi ön görüsü (İstanbul, Tablo 46) kullanılarak aylara göre hesaplanan toplanabilir yağış miktarı aşağıda verilmiştir (Tablo 48, Şekil 79). Toplam çatı alanı : ~2850 m^2'dir. Kümülatif hasat edilebilir yağmur suyu miktarı ise Şekil 80'de verilmiştir.

Tablo 48 Şehir Oteli için aylara göre toplanabilir yağış miktarı

Aylar	Aylara göre toplanabilir yağış miktarı, (m^3/ay)
Ocak	107
Şubat	128
Mart	134
Nisan	83
Mayıs	52
Haziran	65
Temmuz	35
Ağustos	28
Eylül	94
Ekim	213
Kasım	114
Aralık	186



Şekil 79 Şehir Oteli için hasat edilebilir su miktarı, m^3



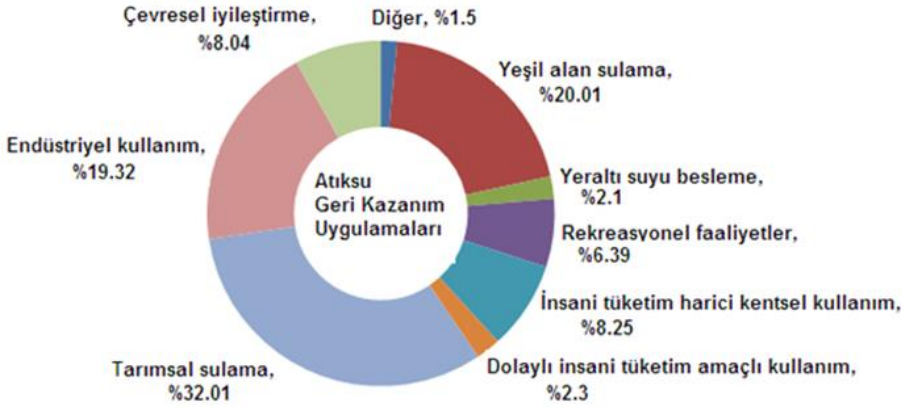
Şekil 80 Şehir oteli için kümülatif hasat edilebilir yağmur suyu miktarı, m^3

Şehir oteli örneğinde de su ihtiyacı yaz aylarında fazla, kış aylarında ise sulama ihtiyacının ortadan kalkması sebebiyle su ihtiyacı daha düşüktür. Yağmur suyu hasadının söz konusu olduğu Senaryo 3'te özellikle sadece yaz aylarında toplanacak suya ihtiyaç vardır. Gri su miktarı tuvalet rezervuarları ihtiyacını karşılayabilmektedir. Bu nedenle sulama ihtiyacının olduğu yaz aylarında yağan yağışın toplanması hedeflenmiştir. Buna göre son 5 yıllık yağış verileri değerlendirilmiş ve sezon süresince ardışık yağışlı gün sayısı 5 gün, toplam yağış miktarı 90 mm bulunmuştur. Son 5 yılın 3 günden fazla ardışık yağışlı günlerinin toplamı ise ortalama 41 mm olmuştur. Buna göre maksimum 200 m^3, ortalama ise 100 m^3 efektif depolama hacmi yeterli görünmektedir.

6 ALTERNATİF ATIKSU GERİ KAZANIM SENARYOLARI

6.1 Otellerde Arıtılmış Atıksuların Kullanım Amacı

Arıtılmış atıksuların yeniden kullanım amaçları arasında, tarımsal sulama, peyzaj sulama (yeşil alan sulama), kentsel kullanım, çevresel iyileştime/su zenginleştirme, endüstriyel kullanım, yeraltı suyu besleme ve insani tüketim amaçlı kullanım yer almaktadır. Şekil 81'te Dünya genelinde ileri arıtma sonrasında yeniden kullanılan kentsel atıksuların kullanım amacı dağılımları verilmiştir (EPA 2012, Global Water İntelligence tarafından hazırlanan 2010 yılı kentsel atıksu geri kazanım marketi raporundan alınmıştır). Buna göre, geri kazanılan kentsel atıksuların büyük çoğunluğu tarımsal sulamada (%32), onu takiben yeşil alan sulamada (%20), endüstriyel kullanımda (%19.3) ve çevresel iyileştirmede kullanıldığı (%8) görülmektedir. İnsani tüketim harici kentsel kullanım (%8.3) ve rekreasyonel faaliyetler için yeniden kullanım da (%6.4) mertebelerindedir. Dolaylı olarak insani tüketim amacıyla kullanım ve yeraltı suyu besleme ise yaygın değildir (sırasıyla %2.3 ve %2.1).



Şekil 81 Dünya genelinde ileri arıtma sonrasında kentsel atıksuların yeniden kullanım amacının dağılımı

(EPA 2012, Global Water Intelligence - kentsel atıksu geri kazanım marketi raporu, 2010)

Otellerde arıtılmış atıksuların geri kazanımı söz konusu olduğunda ise, gerek uygulamanın kolaylığı, gerekse de yaygın başarılı örnekler olması sebebiyle peyzaj sulama ve kentsel kullanım ön plana çıkmaktadır. Özellikle geri kazanımın tercih edilebileceği büyük otellerde

yeşil alanların da genellikle büyük olması geri kazanılmış evsel atıksuların çoğunlukla peyzaj sulamada kullanılmasının tercih edilmesini açıklamaktadır. Buna karşın, kışın sulama ihtiyacının olmaması sebebiyle, yıl boyunca açık olan otellerde, kış aylarında kentsel amaçlı kullanıma (örn. tuvalet rezervuarlarında kullanım) rastlanmaktadır. Aşağıda, bir otel örneği için, evsel nitelikli atıksuyun ve ayrık akımlarının arıtıldıktan sonra peyzaj sulama ve kentsel amaçlı yeniden kullanımının faydaları, olası güçlükleri ve pratikte karşılaşılabilecek sorunlar ve kısıtlamalarla ilgili bilgiler özetlenmiştir (Tablo 49).

Tablo 49 Su geri kazanımı uygulamaları kategorileri, kısıtlamalar ve karşılaşılan sorunlar (kaynak: Lazarova ve diğ., 2013 ve Urkiaga ve diğ., 2008)

Kategori	Potansiyel Uygulama	Kısıtlamalar/ olası sorunlar	Kazanılan dersler/ tecrübeler
Peyzaj Sulama	• çim alan • bahçe • golf sahası • yeşil kusaklar	• su kalitesinin süs bitkilerini etkilemesi • patojenlerle (bakteri, virüs ve parazitler) ilgili olarak halk sağlığının etkilenmesi • yüksek maliyet • halkın kabulü • yüzey akış ve aerosol kontrolü • yer altı suyu ve toprak kirliliği	• başarılı uzun dönemli deneyimler • iyi örnekler • suyun sürekli kontrolü ile sağlık güvenliğinin sağlandığından emin olunması
Kentsel kullanım	• yangın söndürme sistemi • havalandırma sistemi • tuvalet rezevuarları • araç yıkama • yol ve tenis kortu gibi alanların sulanması/yıkanması	• aerosol yolu ile patojen geçişinin halk sağlığının etkilenmesi • hatlarda/tanklarda korozyon, birikim, biyolojik üreme • şebeke suyuna karışma • kullanımdan sonra ulaştığı diğer su kaynaklarında kirlilik	• çift dağıtım sisteminin etkili bakım ve karışmanın sürekli kontrolü • dezenfeksiyonun uygulanması durumunda şebeke suyuna karışma olması durumunda dahi sağlık problemi raporlanmaması

Pilot Turizm Tesislerinde Arıtılmış Atıksuların Kullanım Amacı

Pilot turizm tesislerinin her ikisi de sulama ihtiyacı yüksek olan geniş yeşil alanlara sahiptir. Bu nedenle arıtılmış atıksuların peyzaj sulamada kullanılma potansiyeli yüksektir. Sayfiye

oteli sadece sezon süresince (mayıs-kasım ayları) açıktır ve düzenli bir şekilde sulama suyu ihtiyacı vardır. Bu nedenle arıtılmış atıksuların peyzaj sulamada kullanılması alternatifine dikkat çekmektedir. Ayrıca ikinci bir su hattına (geri kazanılmış su hattı) ihtiyaç duyulmaması bu kullanım amacını ön plana çıkarmakta ve avantajlı kılmaktadır. Pilot şehir oteli ise yıl boyunca açıktır. Yaz aylarında sulama suyu ihtiyacı yüksektir. Bu nedenle yaz aylarında arıtılmış atıksuların yeniden kullanımı söz konusu olduğunda, en önemli alternatif, sayfiye oteline benzer şekilde arıtılmış suların peyzaj sulama amacıyla kullanımdır. Ancak kış aylarında sulama suyu ihtiyacının olmaması, geri kazanılmış atıksuların farklı amaçlarla da kullanımını gerektirmektedir. Bu nedenle şehir oteli için geri kazanılmış atıksuların yaz aylarında peyzaj sulama, kış aylarında ise tuvalet rezervuarlarında kullanımı alternatifi değerlendirilmiştir. Arıtılmış atıksuların kullanım amacının seçilebilmesi için üretilecek atıksu miktarı ve kullanım alanının su ihtiyacının örtüştürülmesine ihtiyaç vardır. Bu yüzden otellerde su tüketimi, su kullanım alanları ve tahmini su ihtiyaçları ve potansiyel olarak geri kazanılabilecek atıksu miktarları belirlenmeye çalışılmıştır. Buna göre her iki otelin su tüketim verileri, su kullanım alanları ve atıksu miktarları tahmin edilmiş ve farklı atıksu geri kazanım senaryoları oluşturularak ihtiyaç, potansiyel olarak geri kazanılabilecek atıksu miktarları ve deşarj edilecek miktarlar hesaplanmıştır.

6.2 ALTERNATİF ARITMA TEKNOLOJİLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

6.2.1 Kentsel Atıksu Geri Kazanımında Uygulanan Teknolojilerin İncelenmesi

Bir atıksu geri kazanım uygulamasında, arıtma yöntemi ve kademesi, yeniden kullanım amacına bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Bazı ülkelerde kentsel atıksu geri kazanımı için minimum arıtma gereksinimi vardır. Örneğin ABD'de tüm kentsel atıksuların en az ikincil arıtmaya tabi tutulması gerekmektedir. İkincil arıtmada askıda katı madde ve biyolojik olarak ayrışabilir organik maddenin giderilmesi gerçekleşmektedir. Kentsel ve evsel atıksuların arıtımında kullanılan konvansiyonel arıtma uygulamalarında arıtma kademeleri şu şekildedir:

Birincil arıtma ⟶ Askıda katı madde ve onunla birlikte bir miktar organik madde gideriminin gerçekleştiği fiziksel, mekanik ve/veya kimyasal işlemler

İkincil arıtma ⟶ Karbon giderimi / biyolojik arıtma ile atıksuda bulunan askıda katı madde ve biyolojik olarak ayrışabilir organik maddenin giderimi

Üçüncül / ileri arıtma ⟶ İkincil arıtmadaki karbon giderimine ilave olarak atıksuda bulunan besin maddelerinin giderimi / genel olarak atıksu geri kazanımı amacıyla biyolojik arıtma sonrasında uygulanan filtrasyon, adsorpsiyon, oksidasyon ve membran filtrasyonu prosesleri de ileri arıtma olarak ifade edilmektedir.

Atıksu geri kazanımı için biyolojik arıtma sonrasında uygulanan teknolojilerin değerlendirilmesi

Atıksuyun arıtıldıktan sonra yeniden kullanımı için ikincil ya da üçüncül arıtma sonrasında genellikle filtrasyon, dezenfeksiyon ve ileri oksidasyon prosesleri uygulanmaktadır. Arıtmanın tipini ve özelliklerini belirleyen en önemli husus, arıtılmış suyun yeniden kullanım amacı ve buna bağlı olarak sağlanması gereken minimum su kalite kriterleridir. Atıksuda bulunan tüm kirleticilerin, her yeniden kullanım amacı için aynı oranlarda giderilmesi gerekmeyebilir. Örneğin atıksuyla sulanan alanda sudaki besin maddeleri avantajlı olurken (kontrollü gübreleme yapılması durumunda sentetik gübre kullanımı azaltılabilir), arıtılmış suyun çevresel zenginleştirme, göl vb. besleme amacıyla kullanılması durumunda sulama örneğinin aksine besin maddesinin giderimi önemli olmaktadır. Benzer şekilde arıtılmış suyun içme suyu kaynaklarını etkilemesi söz konusu ise örneğin yeraltı suyu besleme vb. bu durumda da fazla besin maddesinin giderilmesi gerekmektedir. Atıksuyun sadece sulama amacıyla kullanılması durumunda dahi sulanacak ürün özelliklerine göre sağlanması gereken kriterler de farklıdır. EPA'nın atıksuların yeniden kullanımı kılavuzlarında (EPA, 2012) yer alan, uygulanabilecek arıtma yöntemleri

Şekil 82'da verilmiştir. Karışık evsel/kentsel atıksuların geri kazanımında, en yaygın ve konvansiyonel arıtma yöntemi, ikincil ya da üçüncül arıtma sonrasında filtrasyon ve

dezenfeksiyon proseslerinin uygulanması ve sonrasında arıtılmış suyun sulama amacıyla kullanılmasıdır.

Arıtma seviyesi	Arıtma seviyesi →			
	Birincil arıtma	İkincil arıtma	Filtrasyon ve dezenfeksiyon	İleri arıtma
Proses	**Çöktürme**	**Biyolojik arıtma ve dezenfeksiyon**	**Kimyasal koagülasyon, biyolojik ya da kimyasal besin maddesi giderimi, filtrasyon ve dezenfeksiyon.**	**Aktif karbon, ters osmoz, ileri oksidasyon prosesi, toprakta arıtma vb.**
Yeniden kullanım amacı	Kullanılamaz	Bağ bahçe sulamasında salma sulama	Peyzaj ve golf sahası sulaması	Dolaylı insani amaçlı tüketim (yeraltı suyu besleme, içme suyu kaynağının beslenmesi ve yüzeysel su kaynağı beslemesi ve insani amaçlı tüketim dahil)
		Tarımsal sulama (yenmeyen ürünler)	Tuvalet rezervuarında kullanım	
		Sınırlı peyzaj sulama uygulaması	Araç yıkama	
		İçme amaçlı kullanılmayan akifer beslemesi	Tarımsal sulama (yenen ürünler)	
		Sulakalan, habitat geliştirme	Sınırlamasız çevresel uygulamalar	
		Endüstriyel soğutma suyu	Endüstriyel kullanım	
İnsan teması	İnsan teması seviyesinde artış →			
Maliyet	Maliyet artışı →			

Şekil 82. Yeniden kullanım amacına göre arıtma yöntemleri (EPA,2012)

Kentsel atıksu geri kazanımı için ikincil ve üçüncül arıtma sonrasında uygulanan arıtma yöntemleri aşağıda kısaca açıklanmıştır.

Konvansiyonel filtrasyon prosesleri:

Filtrasyon prosesi ile filtre tipine bağlı olarak askıda katı madde ve partiküller ve bir miktarda çözünmüş maddeler giderilebilir. Dezenfeksiyon verimi açısından filtrasyon önemli bir prosestir. Patojenler genellikle partiküller üstüne tutunma eğilimindedir. Bu da onların çeşitli proseslerle giderimini zorlaştırmaktadır. Özellikle UV ile dezenfeksiyon yapılacaksa partiküllerin giderimi ve filtrasyon önem kazanır. Bazı filtre tiplerinde büyük patojenler örn. protozoa kisti giderilebilir (EPA,2012). Dolayısıyla filtrasyon prosesiyle bir taraftan

partiküllerle birlikte bir kısım patojenler uzaklaştırılırken aynı zamanda da sonrasında uygulanacak dezenfeksiyon prosesi verimi olumlu yönde etkilenmektedir. Bunun yanında filtrasyon verimini arttırmak ve filtrasyona yardımcı olmak amacıyla filtrasyon öncesinde flok boyutunu büyütmeye yönelik kimyasal maddeler (pıhtılaştırıcılar ve polielektrolitler) kullanılabilmektedir. Filtrasyon prosesi, partiküllerin sudan uzaklaştırılması mekanizmasına göre, derin yatak filtrasyonu (depth filtration), ve kek filtrasyonu (surface filtration) olmak üzere temel 2 başlıkta gruplanabilir. Derin yatak filtrasyonunda (depth filtration) partiküller, gözenekli malzemelerle dolu derin bir yatakta malzeme aralarında tutulur ve giderilirler, örneğin hızlı kum filtresi bu sınıftadır. Kek filtrasyonunda ise partikül gideriminde etkili olan mekanizma partiküllerin malzeme yüzeyinde birikerek tutulması ve giderilmesidir, örneğin membran filtrasyonu ve yavaş kum filtresi bu sınıftadır.

Derin yatak filtrasyonu: uzun yıllardır gerek içme suyu gerekse de atıksu arıtımında kullanılmaktadır. O nedenle bilinen ve ticari olarak yaygın olan teknolojilerdir. Hızlı filtrasyonda yaygın olarak silika kumu kullanılmakla birlikte farklı malzemeler de kullanılabilir (Soyer vd., 2010; Soyer vd., 2011). Örneğin silika kumu haricinde en yaygın kullanılanlar garnet ve antrasittir. Filtre tipine (tekil malzeme, çift malzeme ya da karışık malzeme içeren filtreler) bağlı olarak değişmekle birlikte filtrenin efektif açıklığı 0.4-2.0 mm'dir. Antrasit, silika kumuna göre daha iridir, fakat yoğunluğu daha azdır. Antrasit kumdan daha gözenekli bir malzemedir ve tipik gözenek gözenekliliği kumun gözenekliliğinden daha yüksektir. Antrasit için tipik gözeneklilik değeri 0.56-0.60, kum için ise 0.42-0.47 aralığındadır (AWWA, 2011). Antrasit içeren filtrede antrasit kumun üstüne yerleştirilirler.

Yüzey filtrasyonu: derin yatak filtrasyonunun aksine yüzey filtrasyonunda filtrasyon sadece birkaç mm kalınlığına sahip malzeme yüzeyinde gerçekleşir. Yüzey filtrasyonu genellikle gravite ile gerçekleşir.

Membran filtrasyonu uygulamaları:

Yarı geçirgen bir membrana basınç uygulanarak maddeleri sudan ayırma işlemi olarak bilinen membran filtrasyonu günümüzde partikülleri, organik maddeleri, bakteri vb mikroorganizmaları ve minaralleri ayırma amacıyla giderek artan oranda tercih edilmektedir. Basınçlı membran filtrasyon sistemleri uzun yıllardır içme, kullanma suyu (örn. deniz suyundan tatlı su eldesi) ve yüksek kalitede su gerektiren proses suyu eldesi amacıyla

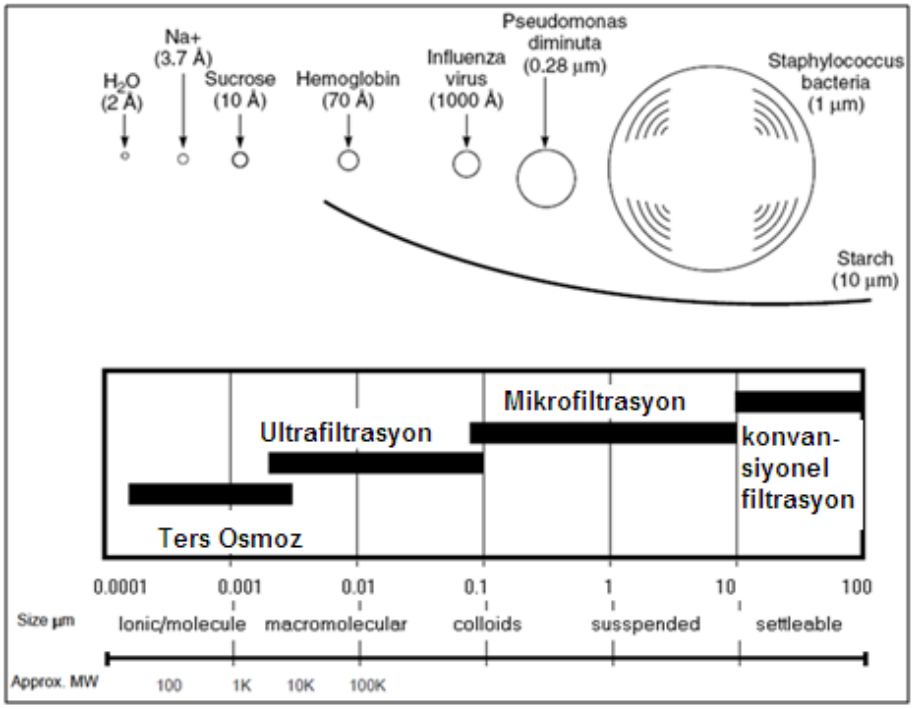
yaygın olarak kullanılmakta ve teknolojisi bilinmektedir. Son yıllarda basınçlı membran proseslerinin atıksuyun yeniden kullanımı için ileri arıtma olarak kullanıldığı uygulamalara da sıklıkla rastlanmaktadır (örn. ABD, Orange Country uygulaması – ilgili bölümde detayları verilmiştir). Atıksu geri kazanımında kullanılan membranlar; inorganik (seramik vb.) veya organik esaslıdır (polimerik; selüloz asetat, polyamid, polysulphon vb.). Membran sistem uygulamalarında yaygın olarak kullanılan membran filtrasyon prosesleri dörde ayrılır. Bunlar; mikrofiltrasyon (MF), ultrafiltrasyon (UF), nanofiltrasyon (NF) ve ters osmoz (RO)'dur. Bu prosesler arasındaki temel fark gözenek çapındaki ve ayırım mekanizmasındaki farktan kaynaklanmaktadır (Paulson,1995). Şekil 83'da membran filtrasyon prosesleri sınıflandırması şematik olarak gösterilmiştir. Membran filtrasyon sınıfları aşağıda kısaca açıklanmıştır.

Mikrofiltrasyon (MF); Membranların gözenek açıklığı yaklaşık 0,03-10 µm aralığındadır. Mikrofiltrasyon kum, çamur, balçık, algler ve bazı bakteri türlerini ayırırlar. Mikrofiltrasyon, virüsler için bariyer oluşturmaz, ancak dezenfeksiyon ile birlikte kullanıldığında sudaki bu tür mikroorganizmaları da kontrol altında tutabilir.

Ultrafiltrasyon (UF); membran gözenek açıklığı 0,001-0,1 µm aralığındadır. Mikrofiltrasyona göre uygulanan basınç daha yüksektir. Mikrofiltrasyonda tutulabilen tüm mikrobiyolojik mataryalleri tutar, virusler için mutlak bir bariyer oluşturmaz. Ultrafiltrasyon ile bulanıklık %99 civarında giderilir.

Nanofiltrasyon (NF); membran gözenek açıklığı 0,005-0,05 µm civarındadır ve uygulanan basınç ultrafiltrasyona göre daha yüksektir. Bu membranlarda tüm bakteri ve virüsler ayrılabilir. NF su yumuşatma amaçlı olarak da kullanılmaktadır. Bu nedenle elde edilen su korozif olabilmektedir. NF membranları kolloid maddeden zarar görebilir ve öncesinde iyi bir ön arıtım gerekmektedir.

Ters osmoz (RO); membran gözenek açıklığı < 0,002 µm olan membranlardır. Hemen hemen sadece suyun geçişine izin veren yarı geçirgen bir membran içerir ve sistem yüksek basınç altında çalışır. Ters osmoz membranları sodyum klorür, basit şekerler ve hemen hemen herşeyi sudan ayırabilirler. Ters osmoz membranı sudaki tüm inorganik kirleticileri etkin bir şekilde ayıralabilirken, aynı zamanda radyum, doğal organik maddeler, pestisitler, kistler, bakteri ve virüsleri de ayırmaktadır. Ters osmoz da nanofiltrasyon gibi bozulmalara hassastır ve öncesinde iyi bir ön arıtım gerekmektedir.



Şekil 83. Membran proseslerinin sınıflandırılması
(Hocaoğlu 2010, Baker, Richard 2004, ve Kommedal 2003'ten uyarlanmıştır).

Atıksuyun yeniden kullanımı için basınçlı membran uygulamalarının yanında, mikrofiltrasyon ve ultrafiltrasyon membranlarının kullanıldığı ve biyolojik arıtmanın birlikte gerçekleştirildiği membran biyoreaktör (MBR) uygulamaları da mevcuttur. Bu sistemlerde aktif çamur prosesi ve membran birlikte kullanılmakta ve arıtılmış su sulama amacıyla kullanılabilmektedir. Doğrudan ya da dolaylı olarak insani tüketim söz konusu ise MBR sonrasında nanofiltrasyon ve ters osmoz sistemleri kullanılmaktadır. MBR'larla ilgili bilgiler gri su geri kazanım teknolojileri bölümünde detaylı olarak anlatılmıştır.

Dezenfeksiyon: Dezenfeksiyon, su içinde insan sağlığına zararlı olabilecek hastalık yapıcı (patojen) mikroorganizmaların yok edilmesi işlemidir. Dezenfeksiyon amacıyla uygulanabilecek yöntemler arasında i) Fiziksel yöntemler (ısı, UV, güneş ışığı, elektromanyetik, ses), ii) Kimyasal yöntemler (klor ve bileşikleri, halojenler, ozon, permanganat, fenolik bileşikler, hidrojen peroksit, alkali ve asitler, vb.), iii) Mekanik yöntemler (membran filtrasyonu vb.) sayılabilir.

Atıksu geri kazanım uygulamalarında en yaygın kullanılan dezenfeksiyon işlemi klorlamadır. Kontaminasyon riski dolayısıyla çoğu yeniden kullanım kriterinde arıtılmış suda bir miktar bakiye klor bulunması istenir. Ancak organik madde içeren suların klorla dezenfeksiyonu sonucunda dezenfeksiyon yan ürünleri oluşmaktadır (örn. Trihalometan-THM ve Haloasetik Asit-HAA). Dezenfeksiyon yan ürünlerinin kanser ve bir çok sağlık problemine sebep olduğu yönünde çalışmalar UV gibi alternatif yöntemlerin kullanımını gündeme getirse de depolama ve hatlarda bekleme esnasında oluşabilecek kontaminasyon riski dolayısıyla hala atıksularda en yaygın uygulanan dezenfeksiyon yöntemi klorlamadır .

İleri oksidasyon:

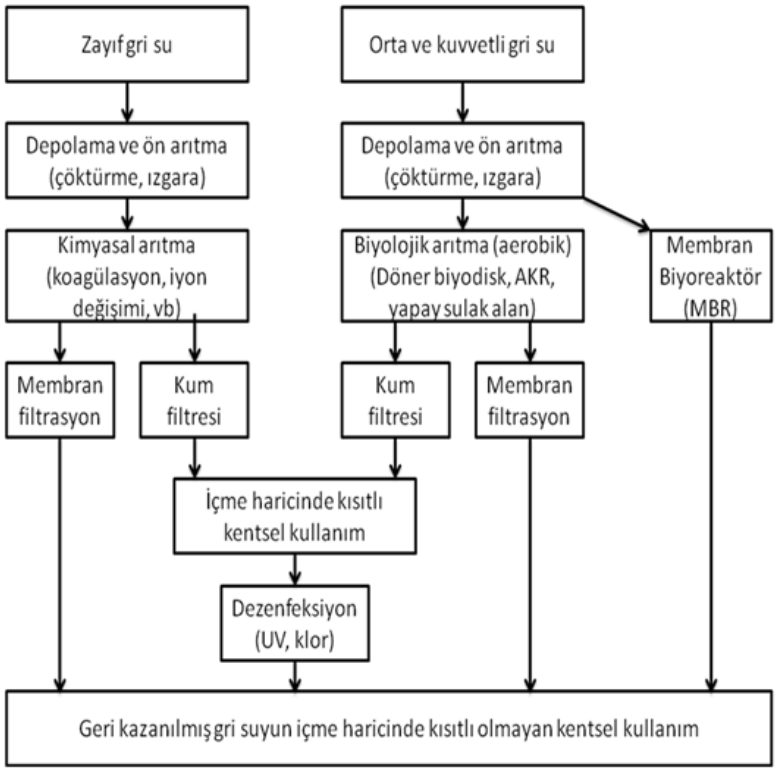
İleri oksidasyon prosesleri, organiklerin oksidatif olarak parçalanması için hidroksil radikallerinin ($^{\bullet}OH$) üretilmesi prensibine dayanan arıtma işlemleri olarak ifade edilmektedir. O_3, O_3/H_2O_2, VUV, H_2O_2/UV, O_3/UV, $O_3/H_2O_2/UV$, Fenton, foto-Fenton, sonokimyasal oksidasyon (Ultrasound/H_2O_2, Ultrasound/O_3 vb), fotokataliz prosesi gibi kombine ileri oksidasyon proseslerinin yüksek oksidasyon kapasitesine sahip radikal üretimi yapan prosesler olduğu belirtilmektedir (Gogate ve Pandit, 2004a,b; Yonar, 2005). Biyolojik olarak ayrışamayan, çoğunlukla toksik ve/veya inert kirleticilerin oksidasyonu için gerekli hidroksil radikali, fotokimyasal ve fotokimyasal olmayan yollarla üretilebilir. Bu proseslerin en önemli özelliği, bazı düşük konsantrasyonlardaki kirleticilerin tam mineralizasyonunu kısa sürelerde sağlayabilmeleri, endüstriyel bir atıksuyun toksisitesini azaltabilmeleri ve biyolojik ayrışabilirliklerini genel olarak artırmalarıdır (Ledacowicz ve Gonera, 1998).

6.2.2 Gri Su Arıtımında Uygulanan Teknolojilerin İncelenmesi

Gri suyun karakterizasyonunun kaynağına göre değişiklik göstermesi beklenmektedir. Buna göre farklı karakterdeki gri sular için farklı teknolojilerin kullanılması gerekebilir. Dolayısıyla gri su kaynağının özelliğine göre ve yeniden kullanım amacına göre kullanılacak teknolojiye karar verilmesi önemlidir. Atıksu geri kazanım proseslerini belirleyen en önemli hususlardan birisi geri kazanılan suyun kalitesinin kullanım amacına uygun olup olmayacağıdır. Bu proje kapsamında pilot turizm tesislerinde gerçekleştirilen ölçüm çalışmaları ve izleme çalışmaları sonrasında belirlenecek miktar ve karakterizasyon verileri dikkate alınarak en uygun teknolojinin seçimi için prosesler performans, maliyeti ve uygulanabilirliği gibi çeşitli açılardan karşılaştırılmaktadır. Seçilecek arıtma prosesinin, turizm tesislerinde kullanımı söz konusu

olduğundan literatürde en sık karşılaşılan teknolojilerle ilgili çalışmalara ağırlık verilmeye çalışılmış, sadece araştırma amaçlı yapılmış çalışmaların detayına girilmemiştir.

Literatürde yer alan çalışmalar incelendiğinde, gri su arıtımı amacıyla çok farklı teknolojilerin uygulanabilirliğinin araştırıldığı görülmektedir. Çalışma yapılan teknolojiler filtrasyon, ultrafiltrasyon gibi fiziksel arıtma seçeneklerinden yapay sulak alan, döner biyodisk, ardışık kesikli reaktör (AKR), membran biyoreaktör (MBR) gibi biyolojik arıtma seçeneklerine kadar çok çeşitlidir (Gerba vd., 1995; Birks 1998; Nolde 1999; Jefferson vd., 2000; Ramon vd., 2004; Itayama vd., 2004; Lin vd., 2005; Friedler vd., 2005; Sostar-Turk vd. 2005; Prathapar vd., 2006; Pidou, 2006; Turk vd., 2006; Lesjean ve Gnirss, 2006; Atasoy vd., 2007; Kim vd., 2007; Regelsber vd., 2007; Avery vd., 2007; Merz vd., 2007; Sheumann vd., 2008, Siging X. vd. 2008; Winward vd., 2008; Li vd. 2008; Pidou, vd., 2008; Chin vd., 2009; Sanchez vd., 2010; Masi vd., 2010; Baban vd., 2010; Abu Ghunmi vd., 2010; Hocaoglu vd. 2013). Literatürde yer alan birçok çalışmada zayıf gri suyun arıtılması için fiziksel veya kimyasal arıtma seçenekleri kombinasyonunun kullanılabileceğini ancak karışık ve kuvvetli gri suyun arıtılması için mutlaka biyolojik arıtmanın yer aldığı arıtma prosesleri kombinasyonlarının uygulanmasının gerekli olduğu raporlanmıştır (Fangyue. vd., 2009; Chin vd., 2009; Sanchez vd., 2010). Fangyue vd. (2009) tarafından önerilen gri su arıtma teknolojileri **Şekil 84**'de gösterilmiştir.



Şekil 84 Kaynağına göre gri suların arıtılması yöntemleri (Fangyue vd. 2009)

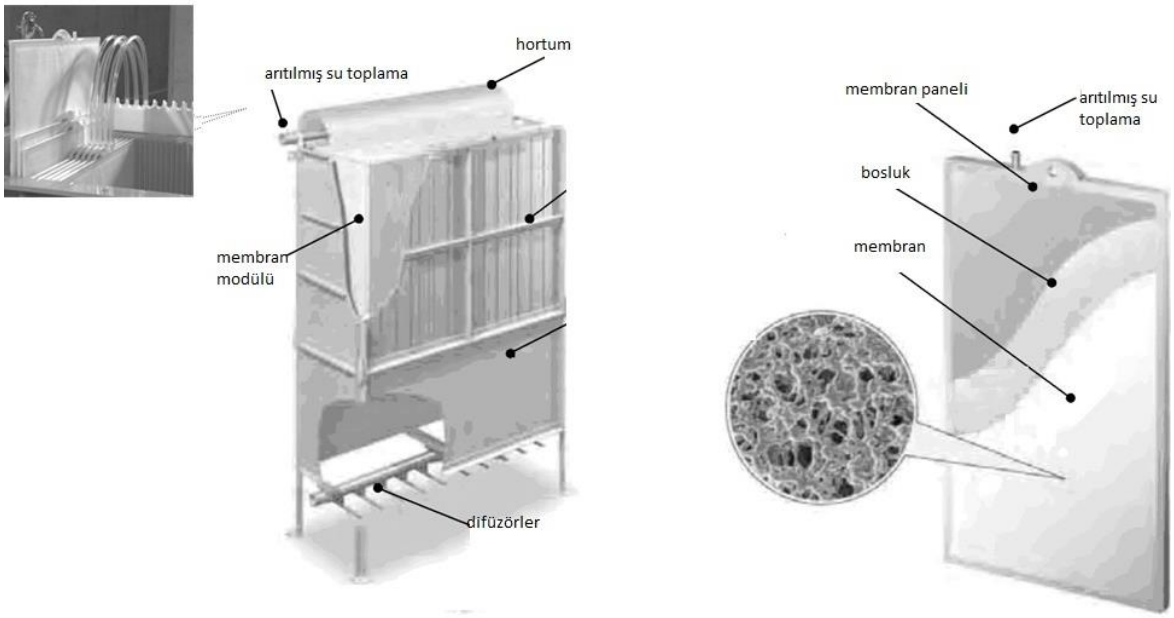
Literatürde yer alan gri su arıtımı konusunda yapılan çalışmalar ve kullanılan teknolojiler aşağıda özetlenmiştir:

Biyolojik Proses Uygulamaları

Özellikle kuvvetli gri suyun (karışık gri su) arıtımı için biyolojik proseslerin kullanımı önerilmekte, zayıf karakterdeki gri suyun arıtımı için fiziksel ve kimyasal proseslerin yeterli olabileceği belirtilmiştir (Fangyue vd., 2009). Bu bölümde en yaygın uygulama bulan biyolojik arıtma sistemlerinde gri suyun arıtımı ile ilgili yapılan çalışmalar özetlenmiştir.

Membran Biyoreaktör Uygulamaları : Yapılan çalışmalarda hijyenle ilgili gerekliliklerin yerine getirilebilmesi için MBR ve membran filtrasyon dışındaki tüm diğer sistemlerde arıtma sonrasında dezenfeksiyon prosesinin kullanılıldığı görülmektedir. Ancak alıcı ortamlarda mikroorganizma çoğalmasının önlenmesi açısından tedbir amacıyla membran biyoreaktör ve membran filtrasyon sistemlerinde de dezenfeksiyon uygulaması yapılabilmektedir. Batık

MBR uygulamalarında temel olarak iki farklı membran modülü, düz tabaka tipi (flat sheet) ve içi boş fiber membranlardan oluşan membran modülü (hollow fibre) kullanılmaktadır. Düz tabaka tipi membran modülü şematik olarak aşağıda Şekil 85'da gösterilmiştir.



Şekil 85. Batık düz tabaka tipi membran modülü şematik gösterimi
(Judd 2006'dan uyarlanmıştır).

Membran biyoreaktör ile gri su arıtımı hakkında yapılan çalışmalar (Merz vd., 2007; Sheumann vd., 2008; Atasoy vd., 2007) arıtma performansının yeterli olduğunu ve iyi kalitede çıkış suyu elde edildiğini göstermiştir. Merz vd. tarafından 2007 yılında spor salonlarında oluşan gri suyun membran biyoreaktörle arıtılması araştırılmıştır. Bu çalışmada içi boş fiber membranlardan oluşan membran modülü (hollow fibre membrane module) kullanılmıştır. Arıtma sonunda elde edilen çıkış suyunun sifon suyu olarak kullanılması için standartların sağlandığı ve kalitenin estetik parametler açısından da oldukça yüksek olduğu belirtilmiştir. Ancak fekal koliformun çıkış suyunda her zaman sıfır olduğunun garantilenmesi açısında yeniden kullanım öncesinde dezenfeksiyon önerilmiştir. 11^0C ve 20^0C'de yapılan çalışmalarda $BOİ_5$ giderim veriminde bir değişiklik tespit edilmemiştir. Siging X. vd. tarafından 2008 yılında yapılan araştırmada pilot ölçekli membran biyoreaktörde duştan gelen suyun arıtılması değerlendirilmiştir. Gri suyun giriş KOİ konsantrasyonu 99-206 mg/L olduğu durumlarda %91-93 giderim verimine ulaşıldığı bu çalışmada raporlanmıştır. Lesjean ve

Gnirss (2006), reaktör alanını küçültebilmek için banyo ve mutfaktan toplanan gri suyun düşük çamur bekletme süresi (4 gün) ve düşük hidrolik bekletme süresinde (2 saat) MBR'da arıtımını araştırmış ve verim açısından sıkıntı yaşanmadığını gözlemlemiştir.

Son yıllarda hem kentsel hem de endüstriyel atıksuların MBR ile arıtım uygulamalarının önemli ölçüde artması ve özellikle su geri kazanımı uygulamalarında anahtar arıtım prosesi olarak kabul görmeye başlamasındaki sebeplerinden biri de ham ve arıtılmış evsel atıksu içindeki farmasötik bileşikler ve endokrin bozucu kimyasallar gibi mikrokirleticilerin çevreye olan zararlarının tanımlanmış olması (Santos ve diğ, 2011, Melin ve diğ., 2006) (Kasprzyk-Hordern, 2009) ve konvansiyonel atıksu arıtma proseslerinin (koagülasyon, kum filtrasyonu, konvansiyonel aktif çamur prosesi vb.) bu eser organik kirleticiler için yeterli giderimi sağlayamamasıdır (Cirja ve diğ., 2008; Ternes ve diğ., 2002). Bu üstünlüğün en önemli sebeplerinden biri, adsorpsiyon ve biyoayrışabilirlik potansiyelini arttıran daha uzun alıkonma süresinin MBR'da bu kirleticilerin giderim veriminin artması şeklinde raporlanmıştır (Cirja ve diğ., 2008, Hocaoglu vd., 2010). Bu kirleticilerin birçoğu için yasal düzenleme bulunmamakla birlikte, hem çevresel hem de toplum sağlığı açısından zararlı etkilerini mimimuma indirmek amacıyla arıtımları ve deşarj kriterleri ile ilgili bilimsel çalışmalar artarak sürmektedir.

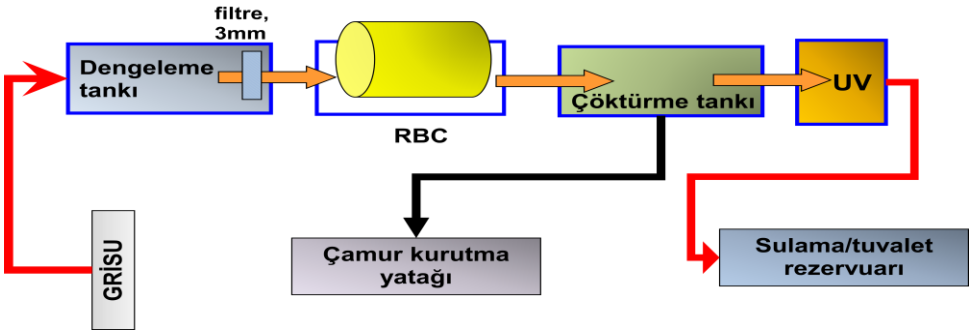
Döner Biyodisk uygulamaları: Döner Biyodisk (RBC) evsel atıksu arıtımında kullanılan bazı avantajlara sahip biyofilm üzerinde arıtma sağlayan bir biyolojik arıtma sistemidir. Tipik olarak yükteki değişikliklere yüksek direnç gösteren, yüksek organik yükü, yüksek biyokütle içeriğini tolare edebilen ve bu avantajların yanı sıra aynı anda organik madde ve nütrient giderimi yapılabilen bir prosestir (Şekil 32). RBC ile evsel atıksu giderimi gerçekleştirilen çalışmalarda yükleme hızına (loading rate) bağlı olarak % 90'a kadar KOİ ve NO3–N (anoksik işletme koşulları altında) ve % 60 a kadar TN giderim verimleri elde edildiği raporlanmıştır (Chen Z. vd., 2006, Cabije A.H., 2009, Fountoulakis M.S., 2009, Cortez S., 2009)

Cortez vd. C/N oranının 1.5 olduğu durumun denitrifikasyon için avantaj olduğunu göstermişlerdir (Cortez S., 2009). RBC sistemleri evsel atıksu arıtımında ön arıtma olarak anoksik batık biyofiltre (UASB) ile birlikte başarı ile kullanılmıştır (Tawfik A. vd., 2003 ve 2005). Ayrıca RBC grisu arıtımında ve özellikle grisuyun geri kazanım uygulaması olarak tuvalet rezervuarlarında kullanılması amacıyla çeşitli uygulamaları olan bir prosestir (Eriksson E. vd., 2009, Gilboa Y. vd., 2005, Friedler E. vd., 2010). Arıtım prosesi genellikle

ikincil bir çöktürme tankı içerir, bazen bir filtrasyon ünitesi ile devam edebilir ve genellikle dezenfeksiyon prosesi ile sonlanır. Grisuyun RBC ile arıtımında, grisu karakterizasyonunda meydana gelen büyük salınımlara rağmen yeterli biyofilmin oluşması ile tutarlı arıtılmış su kalitesine ulaşılır. RBC ile yapılan çalışmalarda çıkış suyunda 1.5 NTU bulanıklık, 47 mg/L KOİ ve 4 mg L BOİ elde edildiği gözlenmiştir (Gilboa Y. vd., 2005).

Grisu düşük organik madde ve düşük nütrient ve kimi durumlarda verimli biyoparçalanabilirlik açısından yetersiz de olabilecek dengesiz C:N:P oranlarına sahip bir atıksudur (Jefferson B. vd., 1999). Ham grisuda ortalama KOİ/BOİ oranı 1.6–3.4 aralığında ölçülmüştür (Eriksson E. vd., 2009, Gilboa Y. vd., 2005). Ayrıca evsel atıksuyun tersine KOİ'nin çoğunluğunun çözünmüş formda olduğu da belirtilmelidir (Gilboa Y. vd., 2005).

Bu yüzden RBC prosesinin kinetik ve dizayn parametreleri grisu veya evsel atıksu ile işletilmesi durumlarına bağlı olarak değişir. Bu parametrelerin grisu ile çalışıldığı durumda güvenli dizayn metodolojisi ve operasyonel kolaylığın sağlanması açısından değerlendirilmesine ihtiyaç bulunmaktadır. Bu nedenle, literatürde RBC ile gerçekleştirilen özellikle de çeşitli amaçlar için grisuyun geri kazanım /yeniden kullanım çalışmalarında tipik olarak birkaç farklı arıtım prosesi ile birlikte arıtımı da incelenmiştir (Şekil 33).



Şekil 86 Gri suyun RBC ile arıtımı adımları

Şekil 87 Örnek RBC Uygulamaları
(TÜBİTAK MAM, Nolde, 2006)

Ardışık kesikli reaktör (AKR) uygulamaları: Literatürde gri su arıtımında AKR'nin kullanıldığı birkaç çalışma mevcuttur. Hernandez vd.,12 saat ve bir günlük hidrolik bekletme süresine sahip bir AKR reaktörünün,gri su arıtımında kullanıldığında düşük çamur miktarı ve iyi çökelmenin meydana geldiğini raporlamışlardır.(2007,2008). Literatürde AKR'nin RBC'ye kıyasla, gri suyun önemli bir özelliği olan debi miktar ve karakter değişimlerine göre daha dayanıklı olduğunu raporlayan çalışmalar mevcuttur (Abu Ghunmi vd., 2008;Butler vd., 1995).

Fiziksel Proses Uygulamaları

Direk filtrasyon ve basınçlı membran filtrasyon Uygulamaları: Bazı araştırmacılar gri su için direkt ultrafiltrasyonun uygulanabilirliğini araştırmıştır. Ancak karışık gri sular ile yürütülen bu araştırmaların hiçbirisinde çıkış suyu kalitesi yeniden kullanım için uygun bulunmamıştır. Li vd. 2008 yılında, direkt ultrafiltrasyonla %83 Toplam Organik Karbon (TOK) giderim verimine ulaşarak çıkış suyunda 28,6 mg/L TOK konsantrasyonuna ulaşırken aynı zamanda bulanıklığın düşük olduğunu (1 NTU'dan daha düşük) ve arıtılmış suda E.coli bulunmadığını raporlamıştır. Bunun dışında, Sostar-Turk vd. (2005) yaptıkları çalışmada çamaşır makinelerinden kaynaklanan gri suyun arıtımında ultrafiltrasyon uygulamasının %56 $BOİ_5$ giderim verimi sağladığı ve çıkış suyunda 86 mg/L $BOİ_5$ konsantrasyonuna ulaşıldığını raporlamıştır. Birks ise benzeri bir çalışmada 1998 yılında $BOİ_5$ konsantrasyonunun 53 mg/L'ye indirildiğini raporlamıştır. 2006 yılında Pidou gri su arıtımında kum filtresi ve aktif karbonu izleyen dezenfeksiyon prosesiyle yüksek verimde mikroorganizma giderimi sağlanabildiğini, ancak bulanıklık açısından tatmin edici sonuç alınamadığını raporlamıştır. Sonuç olarak sulama, peyzaj gibi açık alanda kullanım için ikincil arıtmanın yeterli olduğu

buna karşın arıtılmış suyun kişiyle temas etme ihtimalinin daha yüksek olduğu ev içi uygulamalar için ileri teknolojilerin kullanılmasının daha güvenli olduğu berlitilmektedir (Ottoson ve Stenstrom 2003, Australian Guidelines for Water Recycling, 2006). Literatürde gri sularla yapılmış bir çalışmada, zayıf gri suyun arıtılması için fiziksel veya kimyasal arıtma seçenekleri kombinasyonunun kullanılabileceğini ancak karışık ve kuvvetli gri suyun arıtılması için mutlaka biyolojik arıtmanın yer aldığı arıtma prosesleri kombinasyonlarının uygulanmasının gerekli olduğunu raporlamışlardır (Fangyue. vd., 2009; Chin vd., 2009; Sanchez vd., 2010). Gri su arıtımı ile ilgili yapılan çalışmalar ve kullanılan farklı teknolojilere ilişkin literatürde yer alan çalışmalar Tablo 50 - Tablo 53'de özetlenmiştir.

Gri su için arıtma sistemleri etkenleri, karakterizasyon, tekrar kullanım amacı, teknolojik performans, enerji gereksinimi, maliyet ve coğrafi konum olarak sıralandırılabilir. Gri suların arıtımının çeşitli proseslerde çalışıldığı literatür verileri incelendiğinde, özellikle biyolojik sistemlerde arıtılmış su karakterinin kullanım açısından uygun olabileceği değerlendirilmektedir. Ancak, literatürde yer alan bu çalışmalarda sistemlere ait dizayn kriterlerinin yer almadığı, belki çoğunda optimizasyonun gözetilmediği ve işletme sürelerinin çok uzun olmayabileceği unutulmamalıdır. Bunun yanında gri su özelliklerinin kaynağına göre değişkenlik gösterdiği bilinmektedir ve bu çalışmalarda kullanılan gri suların birbirinden farklı karakterde olabileceği unutulmamalıdır. Bunun yanında günlük debi ve karakter değişimi, sıcaklık değişimi gibi faktörlerin de çalışma kapsamında dahil edilmemiş olabileceği hatırlanmalıdır. Genel olarak, literatür sonuçları, ulaşılabilecek sonuçları göstermesi ve durum hakkında fikir vermesi bakımından dikkate alınmalıdır. Biyolojik arıtma sistemlerinin tasarımında göz önünde bulundurulan parametreler çamur yaşı, hidrolik bekletme süresi, çökeltme tankı söz konusu ise katı madde ve yüzey yüklemesi parametreleridir. Bununla birlikte, biyolojik çoğalma için yeterli nutrient bulunup bulunmaması ile sıcaklık değişimi kontrol edilmesi gereken parametrelerdir.

Tablo 50. Grisu arıtımda kullanılan arıtma yöntemlerinin çıkış suyu kalitelerinin karşılaştırılması (Boyjoo vd. 2013)

Arıtma Yöntemi	Grisu Kaynağı	BOİ		KOİ		TN		TP		AKM		Toplam Koli.		Fekal Koli.		Referans
		Giriş	Çıkış	Giriş	Çıkış	Giriş	Çıkış	Giriş	Çıkış	Giriş	Çıkış	Giriş	Çıkış	Giriş	Çıkış	
Biyolojik Arıtım Sistemleri																
MBR	B	59	4	109	15	15.2	5.7	1.6	1.3			-	-	1.4×10^{6}	68	Merze vd. (2007)
MBR (batık tip)	K	90	<5	245	13	9	0,55	7,3	-			1.4×10^{4}	0			Atasoy vd. (2007)
MBR (batık tip)			<5		10											Hocaoğlu vd. (2013)
RBC–UV dezenfek. (ön çöktürme ile birlikte)	D	50–100	<5	10–200	-	5–10	NR	0.2–0.6	-			7.1×10^{7}		1.6×10^{5}		Nolde (2000)
RBC–kum filtrasyonu–klorlama	B, D, L	59	2.3	110	40	-	-	-	-					5.9×10^{4}		Friedler vd. (2005)
Ardışık kesikli reaktör (AKR)	D			30–194	20	6-23*	<1*	0,4-0,7	-	185	20					Hills ve diğ., (2001)
Fiziksel Arıtım Sistemleri																
UF Membran (200–400 kDa)	D	-	-	74.3–80	37.8–43.8	-	-	-	-							Ramona vd. (2004)
NF Membran (0.2 kDa)	D	-	-	226	15	-	-	-	-							Ramona vd. (2004)

K–Karışık Grisu, D–Duşlardan kaynaklanan Grisu, B-Banyodan kaynaklanan Grisu, L=Lavabolardan kaynaklanan Grisu

Tablo 51. Grisu Arıtımda Ülkemizde Gerçekleştirilmiş Bir Çalışmanın Sonuçları

Arıtma Yöntemi	Grisu Kaynağı	$BOİ_5$		KOİ		NH_4-N		TKN		TP		PO_4		Referans
		Giriş	Çıkış	Giriş	Çıkış	Giriş	Çıkış	Giriş	Çıkış	Giriş	Çıkış	Giriş	Çıkış	
MBR (batık tip)														
	K	117	<5	310	10	1,9	0,2	7,6	-	9,4	-	-	5,3	Hocaoğlu vd. (2013)

* Bütün sonuçlar mg/L cinsindendir.

Tablo 52. Gri Atıksu Arıtma Üniteleri ve Proseslerinin, Standartlara Uyumluluğu, Teknoloji Talepleri ve Maliyetleri (Ghunmi vd., 2011)

Arıtma tipi	**Geri Kazanılan Atıksuyun Çıkış Değerinin Standartlara Uyumluluğu**					**Teknoloji Gereksinimi ve Ekstra Üniteler**		**Maliyet**		
	BOİ, KOİ, AKM giderim verimi	**Patojen**	**Enerji**	**Kimyasal**	**Arazi Durumu**	**Ön Arıtma gereksinimi**	**dezenfeksiyon**	**Yatırım**	**İşletme**	**Bakım**
Ön arıtma										
Dengeleme, Çökeltme ve Depolama Tankı	++	+								
Fizikokimyasal Arıtma										
Koagülasyon	+++		**	***	*				***	*
Oksidasyon	+++		**	***	*					
Adsorpsiyon	+++				*				***	*
Filtrasyon										
Kum filtresi	+++	++	*	*	*	*	***		**	*
MF	+++	+++	***	**	*	**	**		***	***
UF	+++	+++	***	**	*	**	*		***	***
Aerobik Bağlı Büyüyen Proses										
BAF - Biyolojik Havalandırmalı Filtre	+++	+	**	*	*	*	***		**	*
FBR - Akışkan Yatak Reaktör	+++	+	**	*	*	*	***		**	*
RBC	+++	++	**	*	*	*	***		**	*
Batık Yataklı Biyoreaktör	+++	+	**	*	*	*	***		**	*

Arıtma tipi	Geri Kazanılan Atıksuyun Çıkış Değerinin Standartlara Uyumluluğu					Teknoloji Gereksinimi ve Ekstra Üniteler		Maliyet		
	BOİ, KOİ, AKM giderim verimi	Patojen	Enerji	Kimyasal	Arazi Durumu	Ön Arıtma gereksinimi	dezenfeksiyon	Yatırım	İşletme	Bakım
Aerobik Askıda Büyüyen Proses										
MBR	+++	+++	***	**	*	**	**		***	***
SBR	+++	+	**	*	*	*	***		**	*
Anaerobik Sistemler										
Anaerobik Filtre	++	+	*	*	*	**	***			
Yukarı akışlı anaerobik çamur yatağı	++	+	*	*	*	*	***		*	*
Diğer sistemler										
Yapay sulak alan (yatay akışlı)	+++	++	*	*	**	**	***		*	*
Yapay sulak alan (dikey akışlı)	+++	++	*	*	**	**	***		*	*
Yatay Akış Bitkilendirilmiş Toprak Filtre	+++	++	*	*	**	**	***		*	*

Açıklamalar: +: kötü performans, ++:performansı geliştirilmiş ama yüksek bir atıksu kalitesine ulaşılamaz, +++:yüksek bir atıksu kalitesine ulaşılabilir.
P: Birincil, S: İkincil,

*:hiç ya da düşük talep/ maliyet, **:orta talep/maliyet ***:yüksek talep/maliyet

Tablo 53 Literatürde yer alan gri su arıtma teknolojilerinin değerlendirilmesi

GRİ SU ARITMA PROSESİ	ARITILMIŞ SU KALİTESİ	KENTSEL KULLANIM AÇISINDAN UYGUNLUĞU	KISITLAMALAR	REFERANSLAR	NOTLAR
FİZİKSEL PROSESLER					
Filtrasyon (kum, medya ve kartuş filter) + Dezenkfeksiyon	yüksek organik madde ve bulanıklık. (dezenfeksiyon açısından riskli).	kentsel kullanım için uygun değil	filtre malzemesinde tıkanmaya bağlı olarak temizleme ya da kirlendikçe değiştirme ihtiyacı vardır.	Gerba vd., 1995; Itayama vd., 2004; Prathapar vd., 2006; Pidou, 2006; Kim vd., 2007	Arıtılmış suda biyolojik olarak ayrışabilir organikler bulunacağından bekletme sırasında mikroorganizma çoğalması görülebilir.
Direkt filtrasyon, **UF membranları**	düşük bulanıklık, yüksek organik madde	kentsel kullanım için uygun değil	membranda tıkanmaya bağlı olarak, belirli periyotlarla kimyasal olarak membran yıkama ihtiyacı bulunmaktadır.	Birks 1998; Ramon vd., 2004; Sostar-Turk vd., 2006; Li vd. 2008	Arıtılmış suda biyolojik olarak ayrışabilir organikler bulunacağından bekletme sırasında mikroorganizma çoğalması görülebilir.
NF membranları	düşük bulanıklık, düşük organik madde	dikkat edilirse kentsel kullanım için uygun olabilir	membranda tıkanmaya bağlı olarak, belirli periyotlarla kimyasal olarak membran yıkama ihtiyacı bulunmaktadır.	Sostar-Turk vd., 2006	Depolamada ya da rezervuarlarda mikroorganizma çoğalmasının olmaması için tedbir olarak dezenfeksiyon yapılması önerilmektedir.
RO membranları	çok düşük bulanıklık ve düşük organik madde	kentsel kullanım için uygun	membranda tıkanmaya bağlı olarak, belirli periyotlarla kimyasal olarak membran yıkama ihtiyacı bulunmaktadır.	Sostar-Turk vd., 2006	Depolamada ya da rezervuarlarda mikroorganizma çoğalmasının olmaması için tedbir olarak dezenfeksiyon yapılması önerilmektedir.
Kimyasal çöktürme	yüksek organik madde ve bulanıklık (dezenfeksiyon açısından riskli)	kentsel kullanım için uygun değil	oluşan kimyasal çamurun yönetimi	Pidou, vd., 2008	Arıtılmış suda biyolojik olarak ayrışabilir organikler bulunacağından depoda ya da rezervuarlarda bekletme sırasında mikroorganizma çoğalması görülebilir.

GRİ SU ARITMA PROSESİ	ARITILMIŞ SU KALİTESİ	KENTSEL KULLANIM AÇISINDAN UYGUNLUĞU	KISITLAMALAR	REFERANSLAR	NOTLAR
KİMYASAL PROSESLER					
Kimyasal çöktürme + kum filtresi + adsorpsiyon	düşük bulanıklık, düşük organik madde	dikkat edilirse kentsel kullanım için uygun olabilir	oluşan kimyasal çamurun yönetimi	Sostar-Turk vd., 2005	Depolamada ya da rezervuarlarda mikroorganizma çoğalmasının olmaması için tedbir olarak dezenfeksiyon yapılması önerilmektedir.
Elektro-koagülasyon + Dezenfeksiyon	yüksek bulanıklık, düşük organik madde	kentsel kullanım için uygun değil	oluşan kimyasal çamurun yönetimi	Lin vd., 2005	Arıtılmış suda biyolojik olarak ayrışabilir organikler bulunacağından depoda ya da rezervuarlarda bekletme sırasında mikroorganizma çoğalması görülebilir.
Oksidasyon **UVC/H2O2**	düşük organik madde (yüksek dozlamada)	dikkat edilirse kentsel kullanım için uygun olabilir	kimyasal depolama ve kimyasal çamur yönetimi gerekmektedir	Chin vd., 2009	Arıtılmış suda biyolojik olarak ayrışabilir organikler bulunacağından depoda ya da rezervuarlarda bekletme sırasında mikroorganizma çoğalması görülebilir. biyolojik sistemler için ön arıtma niteliğinde,
Fotokatalitik oksidasyon	yüksek organik madde	kentsel kullanım için uygun değil	-	Sanchez vd., 2010	Atılmış suda biyolojik olarak ayrışabilir organikler bulunacağından depoda ya da rezervuarlarda bekletme sırasında mikroorganizma çoğalması görülebilir.

GRİ SU ARITMA PROSESİ	ARITILMIŞ SU KALİTESİ	KENTSEL KULLANIM AÇISINDAN UYGUNLUĞU	KISITLAMALAR	REFERANSLAR	NOTLAR
BİYOLOJİK PROSESLER					
Membran biyoreaktör	çok düşük bulanıklık, düşük organik madde	kentsel kullanım için uygun	membranda tıkanmaya bağlı olarak, belirli periyotlarla kimyasal olarak membran yıkama ihtiyacı bulunmaktadır (direkt membran filtrasyon sistemlerine göre daha az).	Jefferson vd., 2000; Lesjean ve Gnirss, 2006; Merz vd., 2007; Sheumann vd., 2008, Atasoy vd., 2007; Siging X. vd. 2008; Winward vd., 2008; Baban vd., 2010, Hocaoglu vd. 2013	Güvenli ve stabil arıtma verimi, rezervuarda mikroorganizma gelişmeye sebep olmaması için dezenfeksiyon ihtiyacı
Döner biyodisk	düşük bulanıklık, düşük organik madde	dikkat edilirse kentsel kullanım için uygun olabilir	kopan flok kaçakları sebebiyle değişken çıkış suyu kalitesi UPS gerekli	Nolde 1999; Friedler E. vd., 2005; Baban vd., 2010	Sabit çıkış kalitesi için sonrasında filtrasyon önerilmektedir.
Sulak alan	düşük bulanıklık, düşük organik madde	dikkat edilirse kentsel kullanım için uygun olabilir	Geniş alan ihtiyacı vardır, yaz aylarında yüksek buharlaşma suyun geri kazanımı açısından dezavantajdır,	Otterpohl vd., 2003; Regelsber vd., 2007; Avery vd., 2007; Masi vd., 2010	Serbest akışlı sistemlerde alg üremesi problemi olmaktadır.
Anaerobik arıtma	yüksek organik madde, yüksek bulanıklık	kentsel kullanım için uygun değil	Ucuz bir proses oluşan metan gazından yararlanılmazsa iklim değişikli açısından zararlı	Elmitwalli vd., 2006a,b; 2007; Elmitwalli ve Otterpohl, 2007	Sıcak iklimlere uygun,

Çeşitli proseslerde mikrokirleticilerin giderimi

Koruyucu maddeler olan parabenlerin zayıf grisudan çok kademeli RBC, kum filtresi, UV dezenfeksion ile giderimi Andersen ve diğ. (2007) tarafından çalışılmıştır. Çalışmalarında metil-, etil-, propil-, butil- ve isobutil-parabenin grisudaki konsantrasyon aralığı <LOQ - 40 µg/L, giderim verimleri ise >97, sırasıyla % 99, 99, 96 ve 87 olarak elde edilmiştir. Aerobik yöntemle arıtılmış grisudan mikrokirleticilerin ozonlama ve aktif karbona adsorplama yolu ile uzaklaştırılmasının karşılaştırılması çalışmaları Hernandez ve diğ. (2011) tarafından gerçekleştirilmiştir. Çalışmada model olarak seçilmiş metil-, etil-, propil-, butil- paraben, bisfenol-A, heksilsinamik aldehitaldehyde, 4-metilbenzilidene-camphor (4MBC), benzofenon-3 (BP3), triklosan, gal-axolide ve etilheksil metoksisinamat (ethylhexyl methoxycinnamate (EHMC)), benzalkonium chloride, tonalide, nonilfenol, octocrylene, 2-phenyl-5-benzimidazolesulfonic acid (PBSA)'in aerobik olarak arıtılmış atıksudan ozonlama yöntemi ile %79-99, aktik karbon kolon yöntemi ile %66-99 aralığında verimlerle giderildiği görülmüştür. Nguyen ve diğ. (2012) tarafından karışık evsel atıksudan carbamazepine, diklofenak ve fenoprop gibi bazı farmasötik bileşikler (PhACs) ve bisfenol-A, nonilfenol, triklosan gibi endokrin bozucu bileşiklerin (EDC) membran biyoreaktör – granüler aktive edilmiş karbon (MBR-GAC) prosesi kullanılarak giderimleri incelenmiştir. Çalışma sonucunda nonylphenol, triklosan gibi hidrofobik (logD>3,2) ve kolay biyoayrışabilir eser organik bileşiklerin MBR'da giderim verimlerinin yüksek olduğu görülmüştür.

Danimarka'da evlerden akım ayrımı yolu ile alınan grisu (küvet/duş/lavabo) örneklerinde tespit edilen 200 civarında mikro kirleticinin koku veren maddeler (fragrances), yüzey aktif maddeler (surfactants, özellikle uzun zincirli yağ asitleri ile nonil- ve oktilfenol etoksilatlar dahil olmak üzere), koruyucular (preservatives, triklosan dahil), UV-filtreler (güneş koruyucular), plastikleştiriciler (plasticisers), biyosidler (biocides/antioxidants) içeren endokrin bozucu bileşikler olduğu tespit edilmiştir (Eriksson vd., 2003). Palmquist ve Hanaeus, (2005) karışık grisuda nonilfenol ve oktilfenol, etoksilatlar, bromlu yangın söndürücüler, organokalay bileşikleri, PAH, PCB, fitalatlar ve triklosan da dahil olmak üzere 81 adet organik bileşiğin tespit etmeye çalışmışlardır. Bunlardan 46'sı grisuda tespit edilmiştir (nonilfenol 2.82-5.95 µg/L, triklosan 0.56-5.9 µg/L, di-(2-etilhekzil) fitalat 8.4-160 µg/L aralıklarında olmak üzere). Hernandez (2010) tarafından gerçekleştirilen çalışmada grisuda incelenen mikro

kirleticilerden en yüksek konsantrasyonlara EHMC, BaCl ve nonilfenol'ün olduğu tespit edilmiştir. Propil-paraben 2.9 µgL, butilparaben 0.86 µgL, EHMC 15.5 µgL, triklosan 15.6 µgL, nonilfenol 7.5 µgL konsantrasyon seviyelerinde olduğu görülmüştür.

6.3 ATIKSU YÖNETİMİ SENARYOLARI

Her iki pilot turizm tesisinde atıksu geri kazanımının değerlendirilmesine yönelik farklı senaryolar oluşturulmuştur (**Şekil 88** , **Şekil 89**). Bu senaryolardan,

Senaryo 0, geri kazanım yapılmaması durumunda su kullanımı ve atıksu miktarının ortaya konması ve referans maliyetlerin belirlenmesi için ön görülmüştür. Kanalizasyona deşarj eden işletme ile alıcı ortama deşarj yapılması durumu olan işletme için iki farklı seviye mevcuttur.

Senaryo 1, bina içinde ilave borulama ve akım ayrımı yapılmadan, mevcut hatlar kullanılarak atıksu geri kazanımının, hem su ve atıksu miktarlarının değişimi, hem de maliyetlerinin ortaya konması için seçilmiştir. Bu senaryoda sadece sulama suyu olarak kullanım söz konusudur. Kışın arıtılmış sular kanalizasyona deşarj edilecektir. Rezervuara dönüş için ikincil bir borulama yoktur.

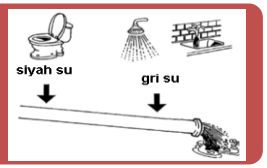
Senaryo 2, 3 ve 4 farklı kademelerde akım ayırımı ve yağmur suyu hasadı alternatiflerinin karşılaştırılabilmesi için seçilmiştir. Diğer senaryolardan farklı olarak senaryo 4'te atıksu geri kazanımına ilave olarak nütrient geri kazanımı ve kazanılan nütrientin satışı söz konusudur. Senaryo 4 kahverengi sudan enerji eldesini de içermektedir.

Senaryo 5 geri kazanımın yapılmadığı ancak doğrudan alıcı ortama deşarj yapılması durumunun maliyetlerinin ortaya konması amacıyla seçilmiştir. Bu senaryoda, atıksuların alıcı ortama deşarjı söz konusudur ve Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği'nin (31.12.2004 tarih ve 25687 sayılı Resmi Gazete) ilgili deşarj kriterlerinin sağlanması gerekmektedir. Bu nedenle atıksuların deşarj öncesinde arıtılması gerekmektedir. Senaryo 5, alıcı ortama deşarj için arıtma ihtiyacı ile karışık atıksuların geri kazanımı yapılması durumundaki arıtma ihtiyacının karşılaştırılarak ilave yatırım ve işletme maliyetlerinin ortaya konması ve su tasarrufundan sağlanabilecek faydanın hesaplanabilmesi için seçilmiştir.

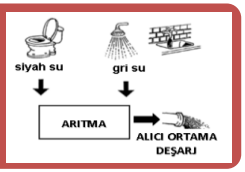
Özetle, Senaryo 0, atıksularını kanalizasyona deşarj eden turizm tesislerinin finansal analizinde referans seviye, Senaryo 5 ise atıksularını alıcı ortama deşarj eden turizm tesislerinin finansal analizinde referans seviye olarak kullanılmıştır. Alıcı ortama deşarj etme durumunda olan turizm tesisleri sadece karışık atıksuyun geri kazanımı açısından değerlendirilmiştir. Bu tesislerde akım ayrımı yapılması ve sadece gri suyun geri kazanılması durumunda geri kalan atıksuların (siyah su) alıcı ortama deşarjı öncesinde arıtılması gerekmektedir, bu durumda da iki arıtma kurulması durumu ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle, bu rapor kapsamında karlılığının düşük olacağı tahmin edilen diğer akım ayrımı alternatifleri, alıcı ortama deşarj etme durumunda olan turizm tesisleri için hesaplanmamıştır.

Atıksu toplama, arıtma ve yeniden kullanım açısından her bir senaryo aşağıda açıklanmış ve senaryolara ait su kütle dengesi gösterilmiştir.

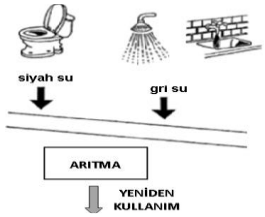
SENARYO 0 : REFERANS SEVIYE: Kanalizasyona deşarj (Geri kazanım yok)



REFERANS SEVIYE: Alıcı ortama deşarj (Geri kazanım yok)



Senaryo 1 -Karışık evsel atıksu geri kazanımı



kullanım alternatifleri
- sulama suyu

Senaryo 2 - Gri su geri kazanımı

kullanım alternatifleri,
- sulama ve rezervuarlar

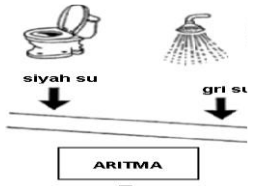
Senaryo 3 - Gri su geri kazanımı ve yağmur suyu hasadı

kullanım alternatifleri,
- sulama ve rezervuarlar

Senaryo 4- ECOSAN'a göre tüm fraksiyonların (gri su, sarı su, kahverengi su) geri kazanımı

kullanım alternatifleri,
- gri su: sulama ve rezervuarlar,
- sarı su: gübre,
- kahverengi su: enerji eldesi için, sonrasında kanalizasyona deşarj

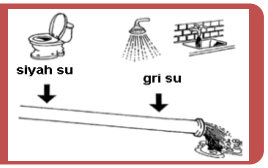
Senaryo 5-Karışık evsel atıksu geri kazanımı



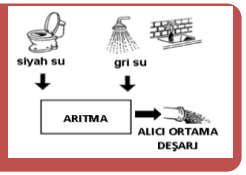
kullanım alternatifleri
- sulama suyu

Şekil 88 şehir oteli atıksu geri kazanımı senaryoları

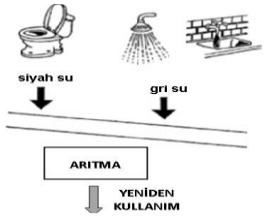
SENARYO 0 : REFERANS SEVIYE: Kanalizasyona deşarj (Geri kazanım yok)



REFERANS SEVIYE: Alıcı ortama deşarj (Geri kazanım yok)



Senaryo 1 -Karışık evsel atıksu geri kazanımı



kullanım alternatifleri
- sulama suyu

Senaryo 2 - Gri su geri kazanımı

kullanım alternatifleri,
- sulama suyu

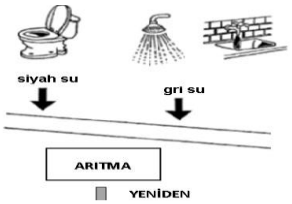
Senaryo 3 - Gri su geri kazanımı ve yağmur suyu hasadı

kullanım alternatifleri,
- sulama suyu

Senaryo 4 - ECOSAN'a göre tüm fraksiyonların (gri su, sarı su, kahverengi su) geri kazanımı

kullanım alternatifleri,
- gri su: sulama suyu
- sarı su: gübre,
- kahverengi su: enerji eldesi için, sonrasında kanalizasyona deşarj

Senaryo 5-Karışık evsel atıksu geri kazanımı



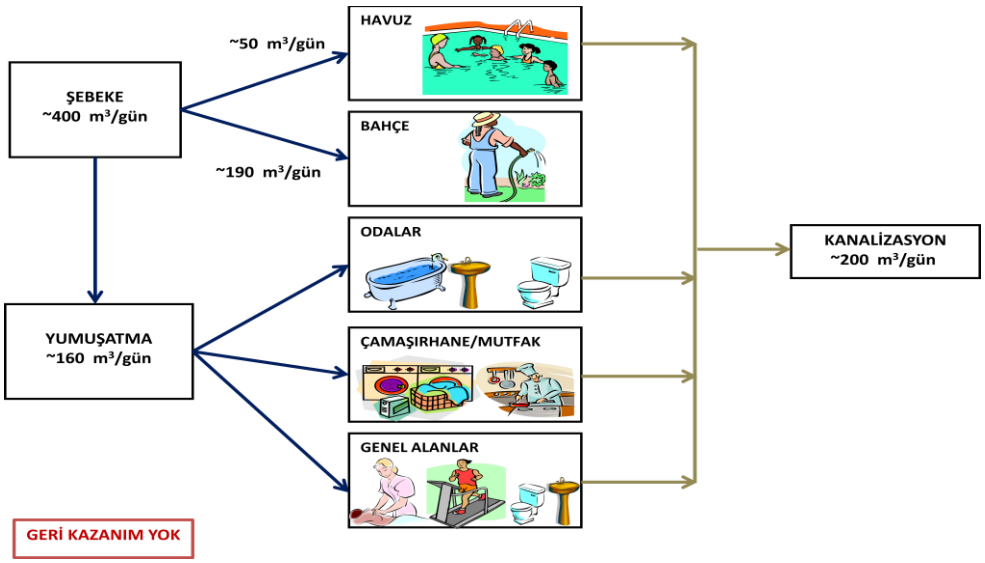
kullanım alternatifleri
- sulama suyu

Şekil 89 sayfiye oteli atıksu geri kazanımı senaryoları (otel sadece sezon süresince açıktır)

6.3.1 Pilot Sayfiye Oteli Senaryoları

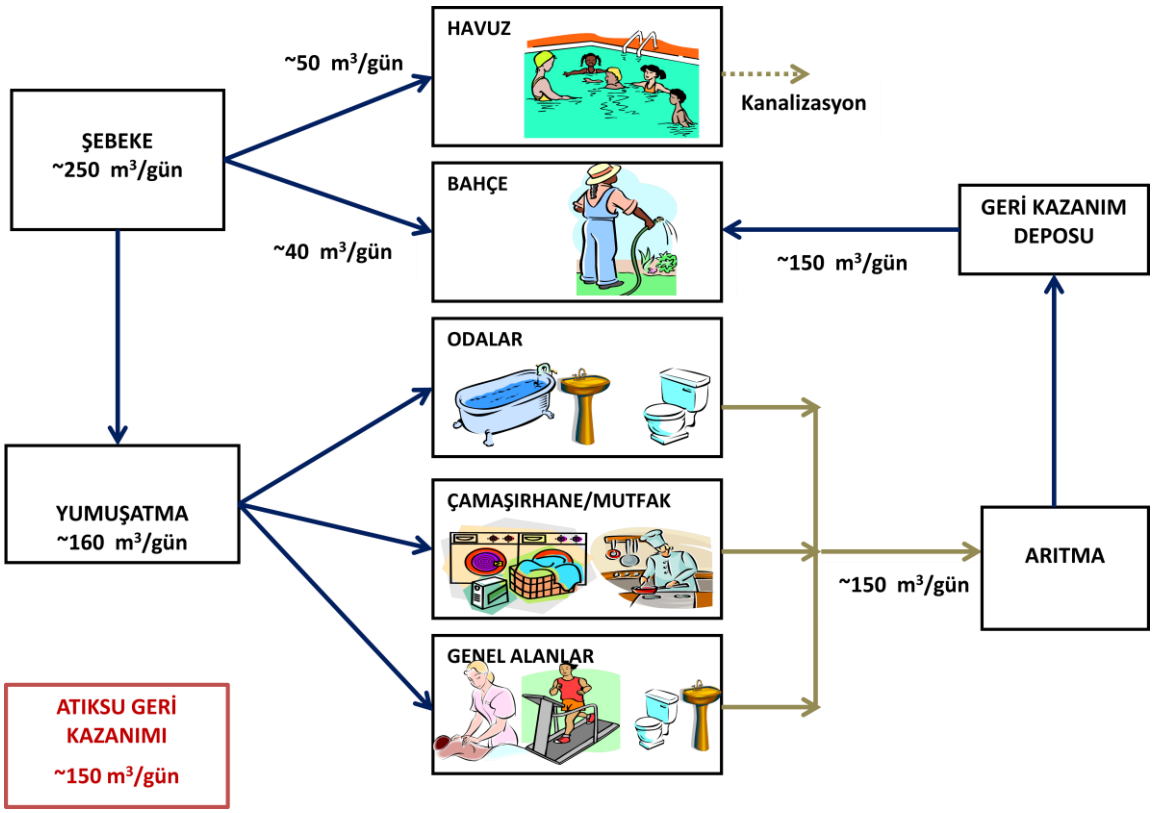
Pilot sayfiye oteli Mayıs-Kasım ayları süresince açık olan, kış ayları hizmet vermeyen bir oteldir. Su ihtiyacının önemli bir kısmı (yıl ortalamasına göre toplam kullanımın %45'i) bahçe sulamada kullanılmaktadır. Yukarıda detayları verilen turizm tesisi atıksu yönetim senaryoları pilot sayfiye oteli atıksu miktarları ve su tüketimleri dikkate alınarak aşağıda değerlendirilmiştir. Tüm senaryolarda, geri kazanılan atıksu ve kanalizasyona deşarj edilen atıksu miktarları hesaplanırken toplam %5 oranında kayıp kabul edilmiştir (örn. buharlaşmalar ve arıtmada kayıp, doğrudan filtrasyon harici teknoloji kullanımı ön görülmüştür).

Senaryo 0'da şebekeden temin edilen toplam su miktarı ortalama yaklaşık 400 m^3/gün'dür. Şebekeden temin edilen suyun 160 m^3/gün kadarı bina içinde kullanılmaktadır. Kanalizasyona deşarj edilen atıksu miktarı ise ortalama yaklaşık 200 m^3/gün'dür (**Şekil 90**). Tüm senaryolarda, geri kazanılan atıksu ve kanalizasyona deşarj edilen atıksu miktarları hesaplanırken arıtma esnasındaki kayıplar ve buharlaşmalar ihmal edilmiştir. Kanalizasyona deşarj edilen atıksu miktarları ortalama bahçe sulama miktarı (~190 m^3/gün) düşülerek hesaplanmıştır.



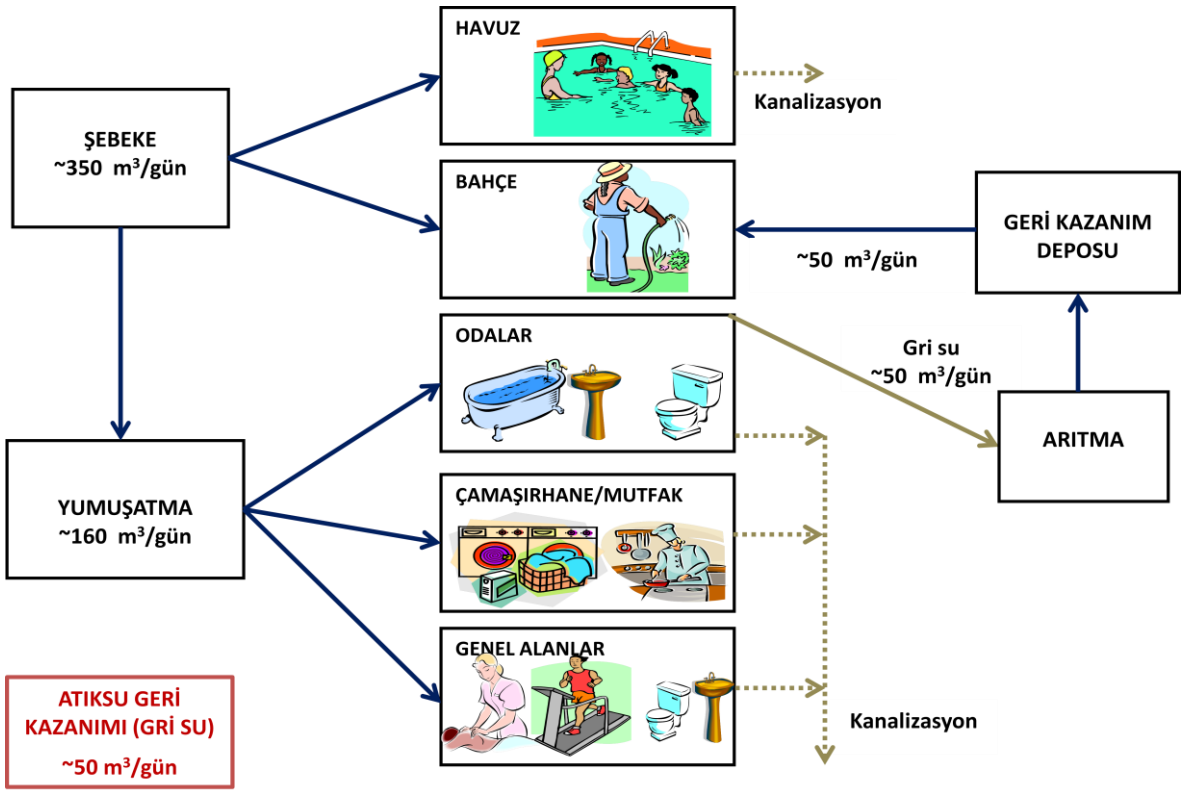
Şekil 90 Sayfiye oteli için Senaryo 0- su kütle dengesi

Senaryo 1'de toplam su kullanımı yine ortalama 400 m^3/gün civarındadır. Ancak bunun 250 m^3/gün'ü şebekeden karşılanmakta, 150 m^3/gün kadarı ise arıtılmış atıksulardan sağlanmaktadır. Arıtılmış karışık evsel nitelikli atıksular sulamada kullanılmakta, böylece sulama için şebekeden sadece 40 m^3/gün su alınmaktadır. Şekil 91'da verilen su dengesinden görüldüğü üzere bina içinde oluşan evsel nitelikli tüm atıksuların geri kazanılması durumunda dahi sulama ihtiyacının tamamı karşılanamamaktadır.



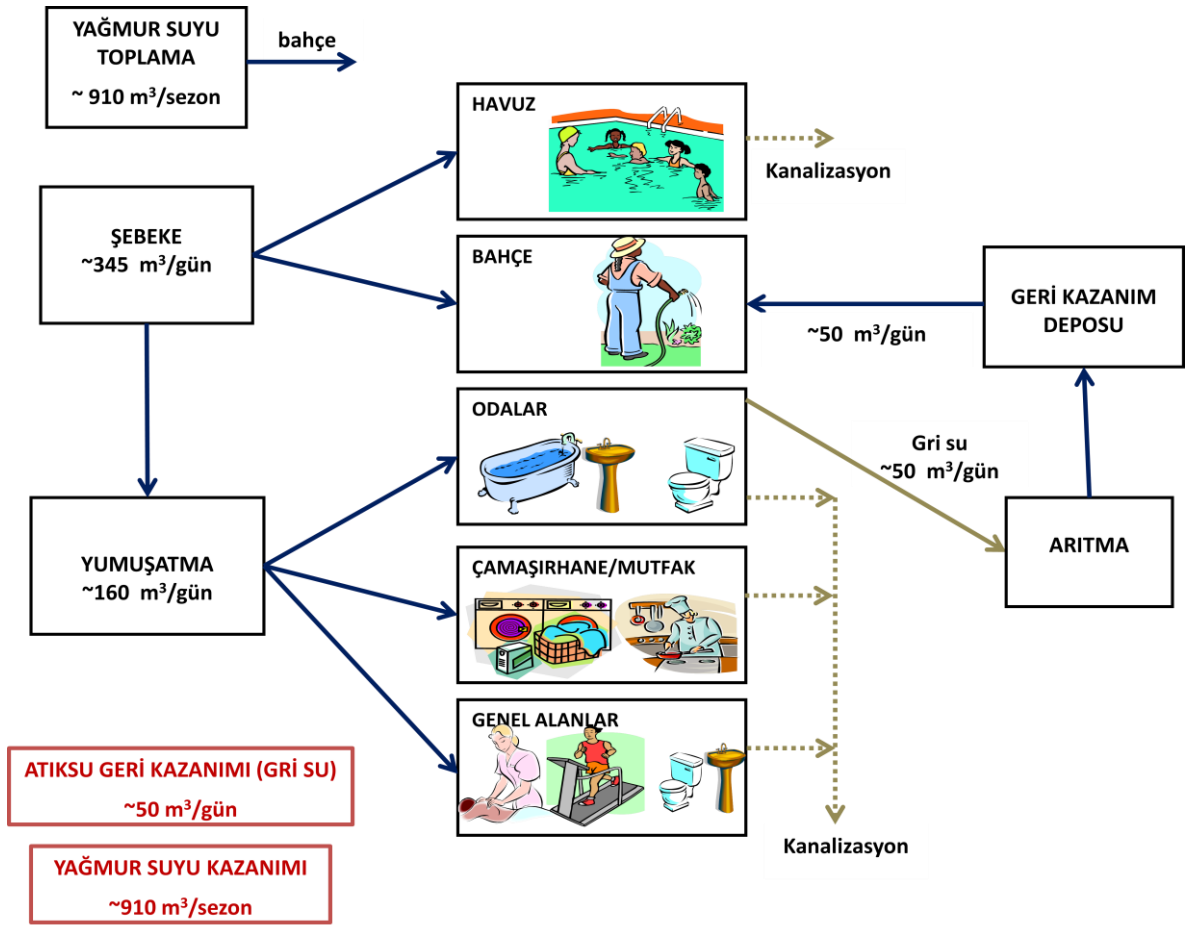
Şekil 91 Sayfiye oteli Senaryo 1- su kütle dengesi

Senaryo 2'de toplam su kullanımı ortalama 400 m^3/gün, şebekeden temin edilen su miktarı 350 m^3/gün, geri kazanılan atıksu miktarı ise 50 m^3/gün'dür (**Şekil 92**). Burada sadece odalarda oluşan gri suların geri kazanımı hedeflendiğinden karışık evsel nitelikli atıksuların geri kazanımına oranla daha az miktarda atıksu geri kazanımı söz konusudur.



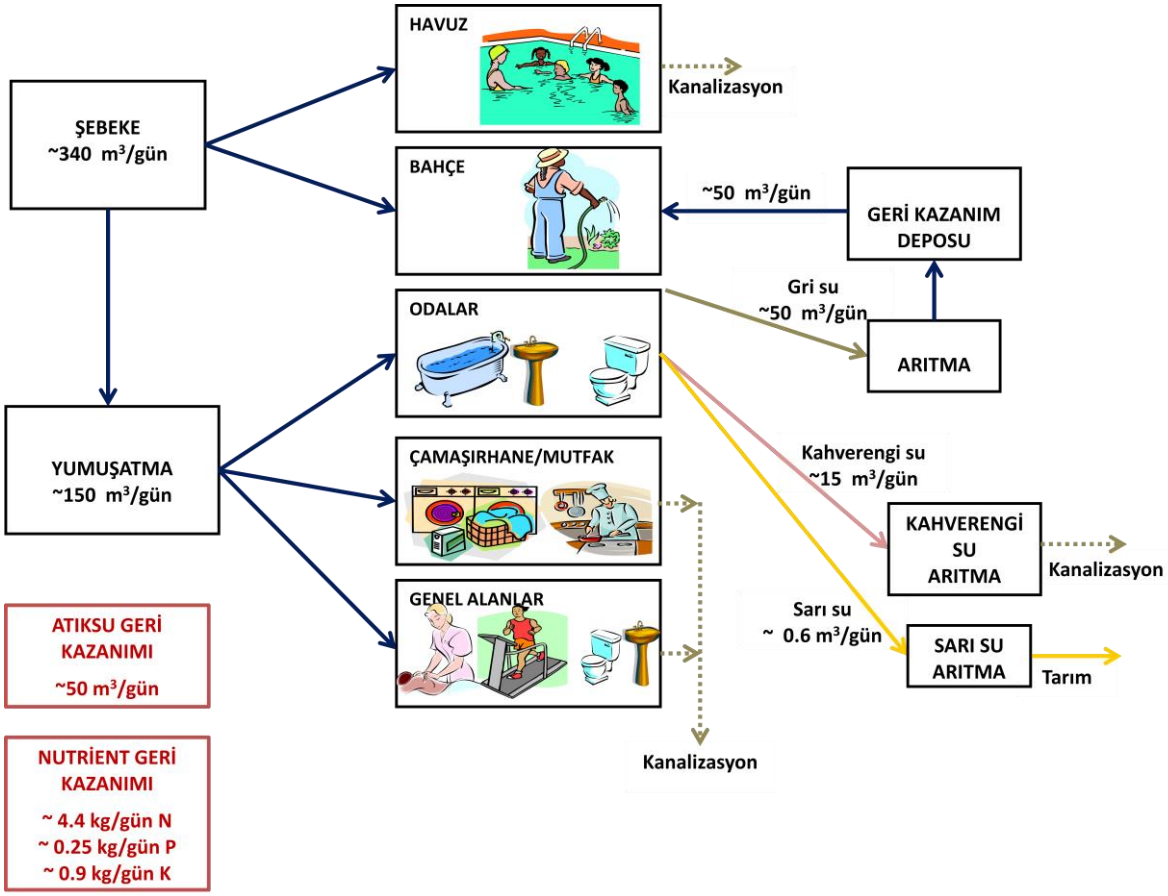
Şekil 92 Sayfiye oteli Senaryo 2 – su kütle dengesi

Senaryo 3'te toplam su kullanımı ortalama 400 m^3/gün, şebekeden temin edilen su miktarı ortalama 345 m^3/gün, geri kazanılan atıksu miktarı 50 m^3/gün, yağmur suyu hasadından temin edilebilecek su miktarı ise ortalama 5 m^3/gün'dür (maksimum yaklaşık 910 m^3/sezon). Bu senaryoda gri su geri kazanımı ve yağmur suyu hasadı birlikte değerlendirilmiştir (**Şekil 93**). Çatı alanının büyük olmasına karşın pilot turizm tesisinin bulunduğu Side bölgesinin otelin açık olduğu ve sulama ihtiyacının yüksek olduğu yaz aylarında yağış miktarının düşük olması sebebiyle potansiyel olarak çatıdan hasat edilebilecek yağmur suyu miktarı, otelin genel su sarfı dikkate alındığında oldukça azdır.



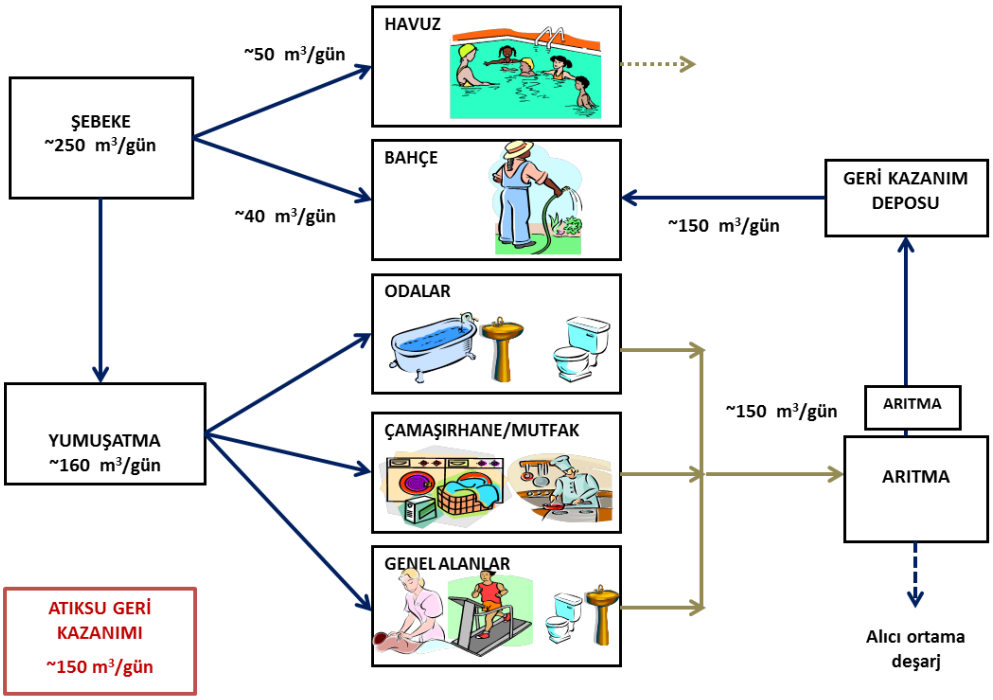
Şekil 93 Sayfiye oteli Senaryo 3 – su kütle dengesi

Senaryo 4'te toplam su kullanımı ortalama 400 m^3/gün (Şekil 94), şebekeden temin edilen su miktarı ortalama 340 m^3/gün, geri kazanılan atıksu miktarı yaklaşık 50 m^3/gün'dür (sarı suyu ayıran özel tuvalet rezervuar hacimlerinin düşük olması sebebiyle, 2.5 L, rezervuarlarda su ihtiyacı diğer senaryolara kıyasla bir miktar düşük olacaktır). Bu senaryoda, odalarda evsel nitelikli atıksuların tüm fraksiyonlarının (gri, sarı ve kahverengi su) ayrı ayrı toplanması değerlendirilmiştir. Sarı su geri kazanımı ile nütrient geri kazanımı söz konusudur. Aynı zamanda kahverengi suyun anaerobik arıtılması ve enerji eldesi ön görülmüştür. Anaerobik proses sonrası arıtılmış suyun kanalizasyona deşarjı planlanmıştır Bu senaryoda, sarı su ayırımı için özel tuvalet kullanımına ihtiyaç duyulduğundan seçilen özel tuvalet rezervuar hacimleri kullanılarak kahverengi su miktarı hesaplanmıştır (yaklaşık 2.5 L).



Şekil 94 Sayfiye oteli Senaryo 4 – su kütle dengesi

Senaryo 5'in su kullanım ve atıksu oluşum verileri Senaryo 1 ile aynıdır (**Şekil 95**). Ancak, bu senaryoda atıksular kanalizasyona deşarj edilmemekte, arıtıldıktan sonra alıcı ortama deşarj edilmektedir. Bu senaryo kanalizasyon şebekesi bulunmayan ve arıtma yaptıktan sonra alıcı ortama deşarj eden turizm tesislerinin durumunu temsil etmesi ve karşılaştırma yapılabilmesi için seçilmiş, hesaplarda ikinci referans seviye olarak kullanılmıştır.



Şekil 95 Sayfiye oteli Senaryo 5 – su kütle dengesi

Tablo 54'de senaryoların uygulanması durumunda atıksu ve su tüketimi bütçelerinin karşılaştırılması ve bunun yanı sıra nütrient ve enerji eldesi gibi diğer elde edilecek yararlar özetlenmiştir. Toplam su kullanım miktarı 400 m³/gün olan otelde, bu miktarın 160 m³/gün kadarı bina içi, 240 m³/gün kadarı bina dışı (bahçe sulama, havuz suyu) faaliyetler için tüketilmektedir. Senaryolar incelendiğinde, en yüksek miktarda atıksu geri kazanımının sağlandığı senaryo 1'de (tüm evsel nitelikli atıksuların geri kazanıldığı senaryo) dahi, bahçe sulama suyu ihtiyacının tamamı karşılanamamaktadır. Dolayısıyla otelin sadece yaz turizmi sezonu süresince açık olduğu ve sulama ihtiyacının sürekli olduğu dikkate alınarak tüm senaryolarda arıtılmış atıksuların sadece bahçe sulamada kullanılması ön görülmüştür.

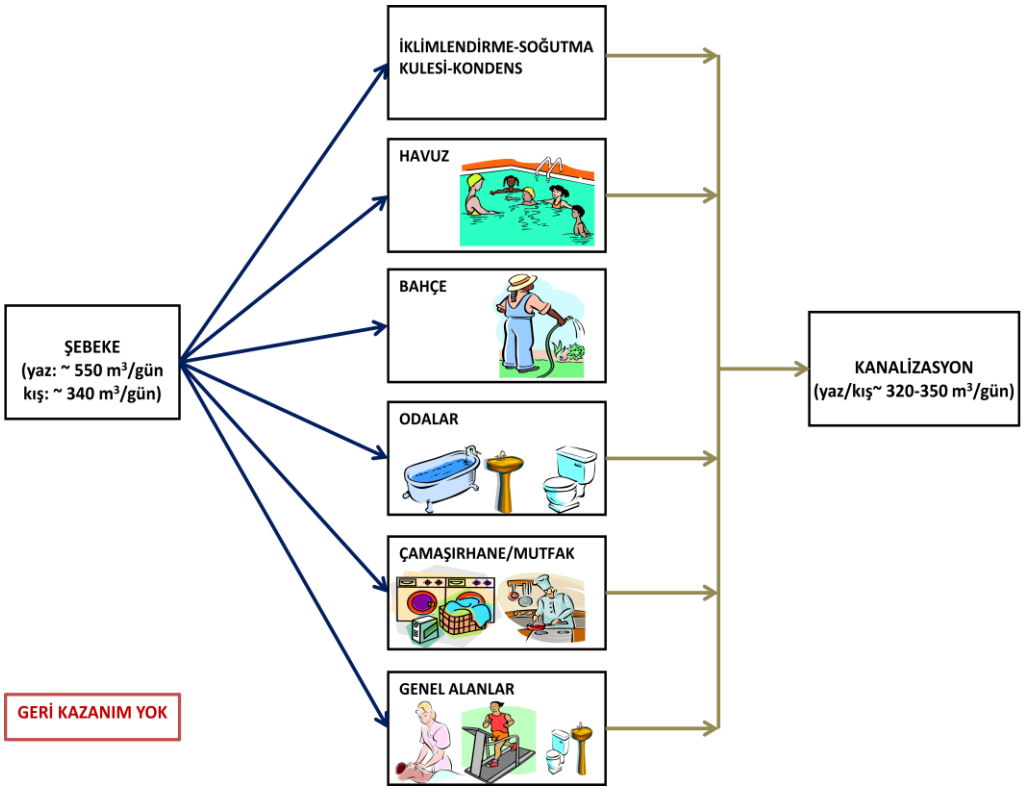
Tablo 54 Pilot sayfiye oteli için atıksu yönetim senaryoların yıllık geri kazanım miktarı açısından karşılaştırılması

Senaryo	Şebekeden temin edilecek su miktarı, (~m^3/yıl)	Atıksu geri kazanım miktarı, (~m^3/yıl)	Nütrient geri kazanımı (~kg/yıl)	Enerji Eldesi (~kwh/ yıl)	Yağmur suyu hasatı, (~m^3/yıl)
Kanalizasyona deşarj edilmesi durumu- ARITMA YOK					
Referans seviye	82.000				
Senaryo 1-karışık evsel atıksu geri kazanımı-sulama	51.250	30.750			
Senaryo 2-gri su-sulama	71.750	10.250			
Senaryo 3-yağmur+gri su- sulama	70.840	11.160			910
Senaryo 4- ecosan	69.700	10.250	1.100 N- 625 P- 225 K	30.000	-
Alıcı ortama deşarj edilmesi durumu – ARITMA SONRASI DEŞARJ					
Referans seviye	82.000				
Senaryo 5 **karışık atıksu**	51.250	30.750	-	-	-

6.3.2 Pilot Şehir Oteli Senaryoları

Pilot şehir oteli tüm yıl boyunca açıktır. Sayfiye oteline benzer şekilde yaz aylarında su ihtiyacının önemli bir kısmı bahçe sulamada kullanılmaktadır. Bu nedenle, yaz aylarında arıtılmış atıksuların yeniden kullanımı söz konusu olduğunda, en önemli alternatif, sayfiye oteline benzer şekilde arıtılmış suların peyzaj sulama amacıyla kullanımıdır. Ancak kış aylarında sulama suyu ihtiyacının olmaması, geri kazanılmış atıksuların farklı amaçlarla da kullanımını gerektirmektedir. Bu nedenle, şehir oteli için geri kazanılmış atıksuların yaz aylarında peyzaj sulama, kış aylarında ise tuvalet rezervuarlarında kullanımı değerlendirilmiştir.

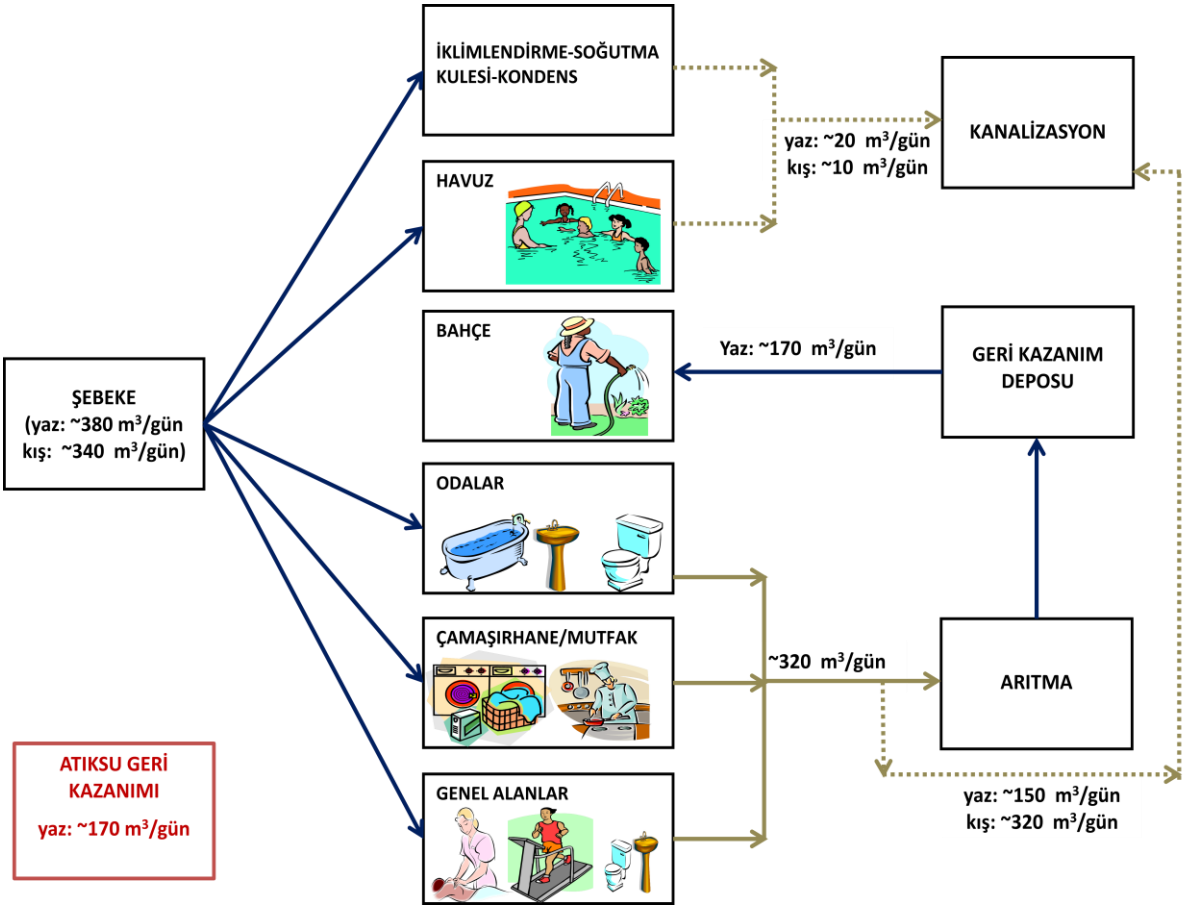
Bölüm 6.3'de detayları verilen turizm tesisi atıksu yönetim senaryoları pilot şehir turizmi oteli atıksu miktarları ve su tüketimleri dikkate alınarak aşağıda değerlendirilmiştir. . Tüm senaryolarda, geri kazanılan atıksu ve kanalizasyona deşarj edilen atıksu miktarları hesaplanırken toplam %5 oranında kayıp kabul edilmiştir (örn. buharlaşmalar ve arıtmada kayıp, doğrudan filtrasyon harici teknoloji kullanımı ön görülmüştür). Kanalizasyona deşarj edilen atıksu miktarları yaz ayları için tüm su kullanımlarından bahçe sulama miktarı (~160 m^3/gün) düşülerek hesaplanmıştır. Senaryo 0'da şebekeden temin edilen toplam su miktarı yaz aylarında ortalama yaklaşık 550 m^3/gün, kış aylarında ortalama 340 m^3/gün'dür. Kanalizasyona deşarj edilen atıksu miktarı ise ortalama yaklaşık 330 m^3/gün civarında tahmin edilmiştir (Şekil 96).



Şekil 96 Şehir oteli Senaryo 0 – su kütle dengesi

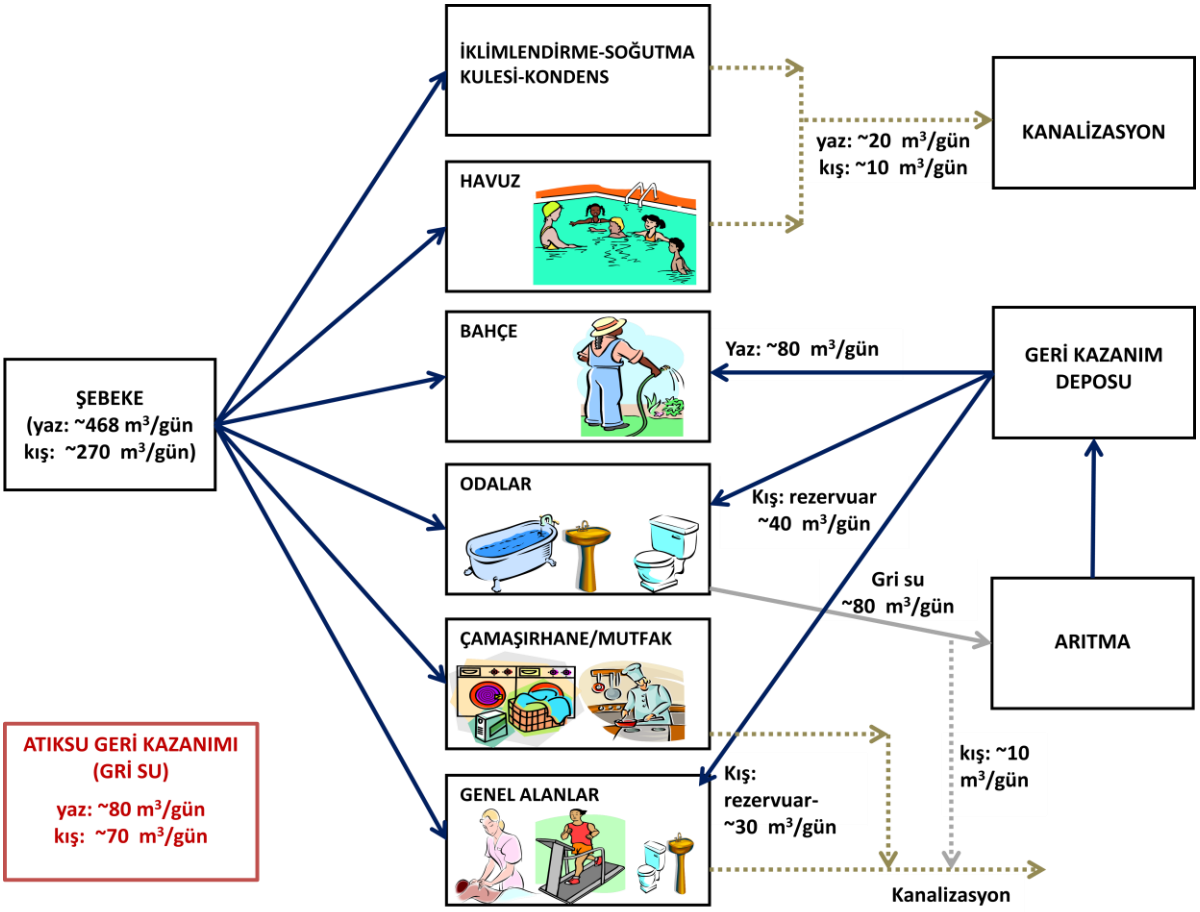
Senaryo 1'de toplam su kullanımı yaz aylarında yine ortalama yaklaşık 550 m^3/gün, kış aylarında ortalama 340 m^3/gün'dür (**Şekil 97**). Bu senaryoda karışık atıksuların yazın sulama suyu olarak geri kazanımı düşünülmüştür. Dolayısıyla yazın 170 m^3/gün atıksu geri kazanımı

söz konusudur. Kışın ise sulama ihtiyacı olmadığından arıtılmış suların kanalizasyona deşarjı planlanmıştır. Bu senaryoda geri kazanım için bina içinde borulamaya ihtiyaç ortadan kalkmaktadır.



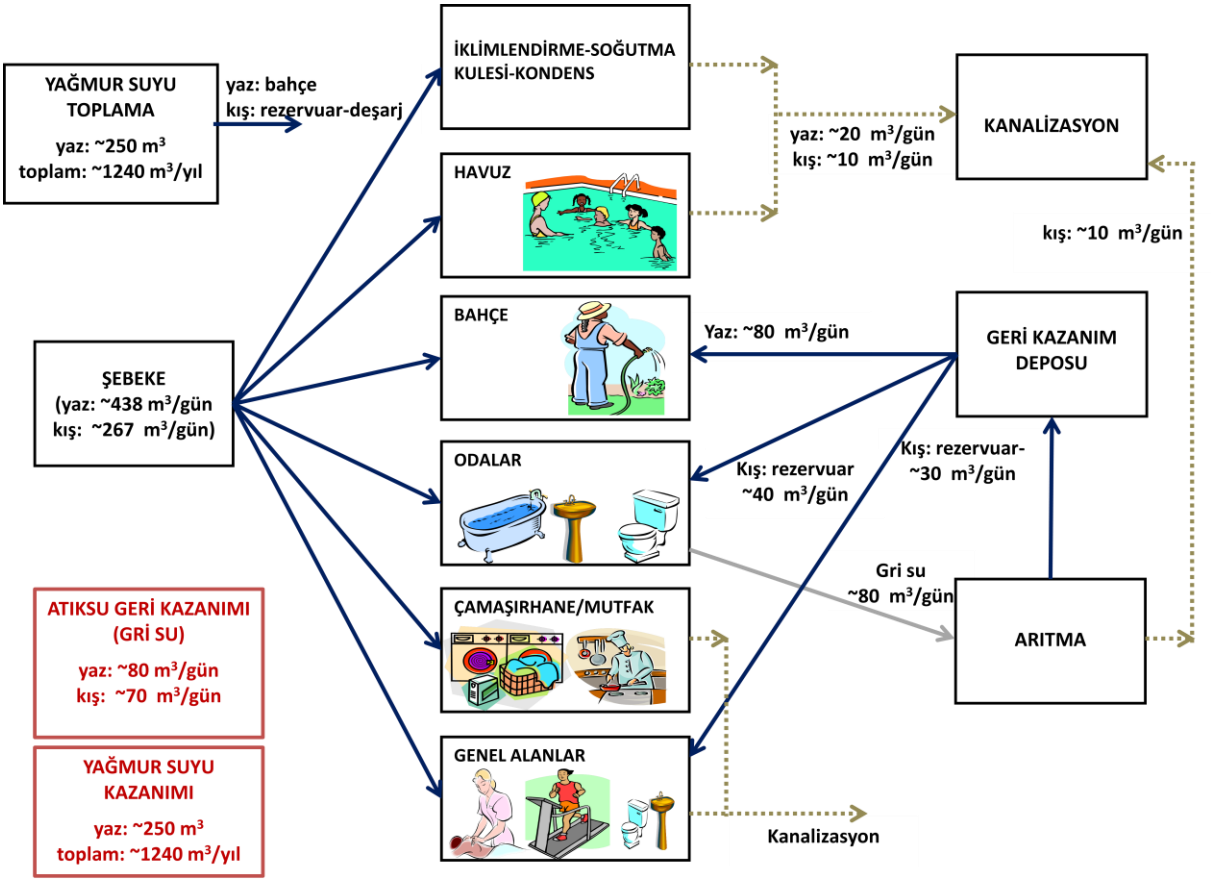
Şekil 97 Şehir oteli Senaryo 1 – su kütle dengesi

Senaryo 2'de otelin yaz aylarında ortalama yaklaşık 550 m^3/gün olan toplam su kullanımının 470 m^3/gün'ü, kış aylarında ortalama yaklaşık 340 m^3/gün olan toplam su kullanımının 270 m^3/gün'ü şebekeden karşılanmaktadır (**Şekil 98**). Diğer bir ifadeyle yazın yaklaşık 80 m^3/gün, kışın ise 70 m^3/gün'ü arıtılmış atıksulardan sağlanmaktadır. Burada sadece odalarda oluşan gri suların geri kazanımı hedeflendiğinden karışık evsel nitelikli atıksuların geri kazanımına oranla daha az miktarda su geri kazanımı söz konusudur.



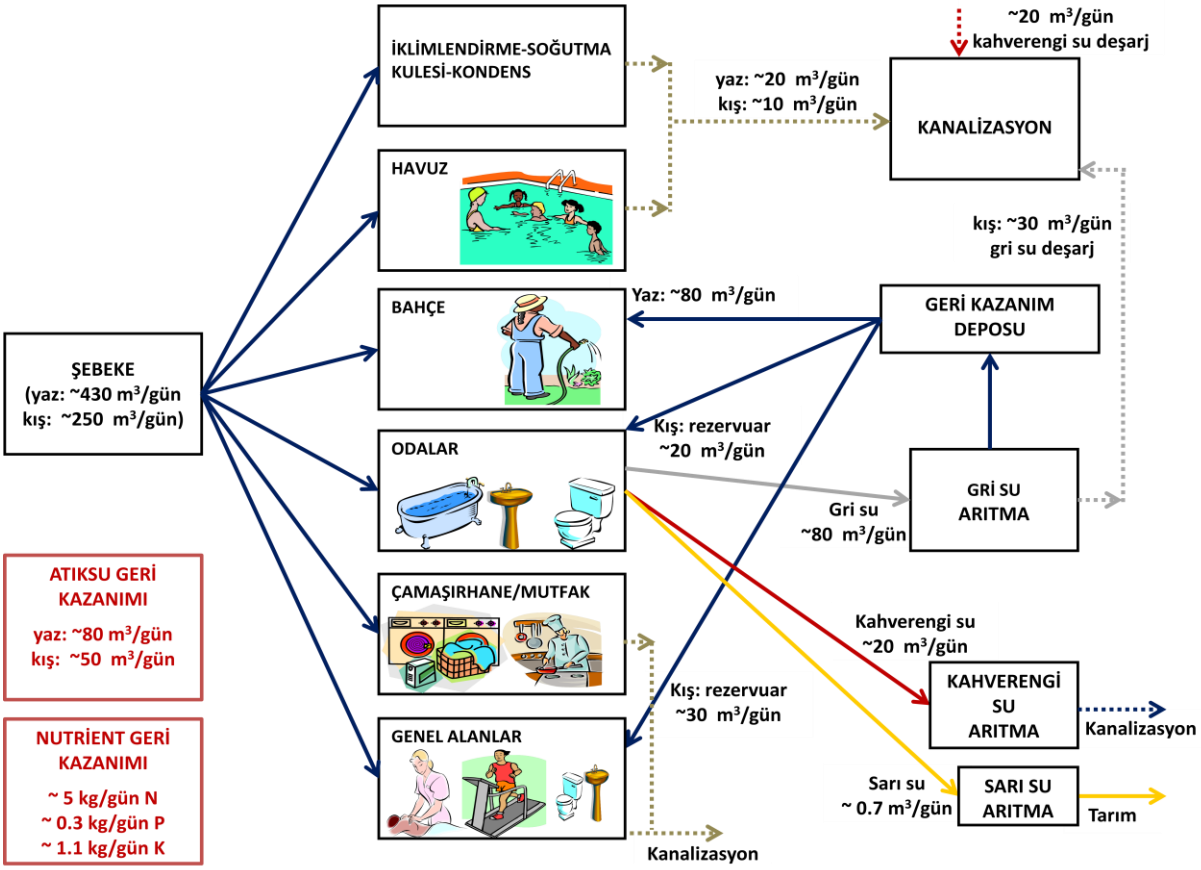
Şekil 98 Şehir oteli Senaryo 2 – su kütle dengesi

Senaryo 3'te otelin yaz aylarında ortalama yaklaşık 550 m^3/gün olan toplam su kullanımının 438 m^3/gün'ü, kış aylarında ortalama yaklaşık 350 m^3/gün olan toplam su kullanımının 267 m^3/gün'ü şebekeden karşılanmaktadır (**Şekil 99**). Yaz aylarında geri kazanılan atıksu miktarı 80 m^3/gün, yağmur suyu hasadından temin edilebilecek su miktarı ise ortalama 3-4 m^3/gün'dür (maksimum yaklaşık 1240 m^3/yıl). Bu senaryoda gri su geri kazanımı ve yağmur suyu hasadı birlikte değerlendirilmiştir.



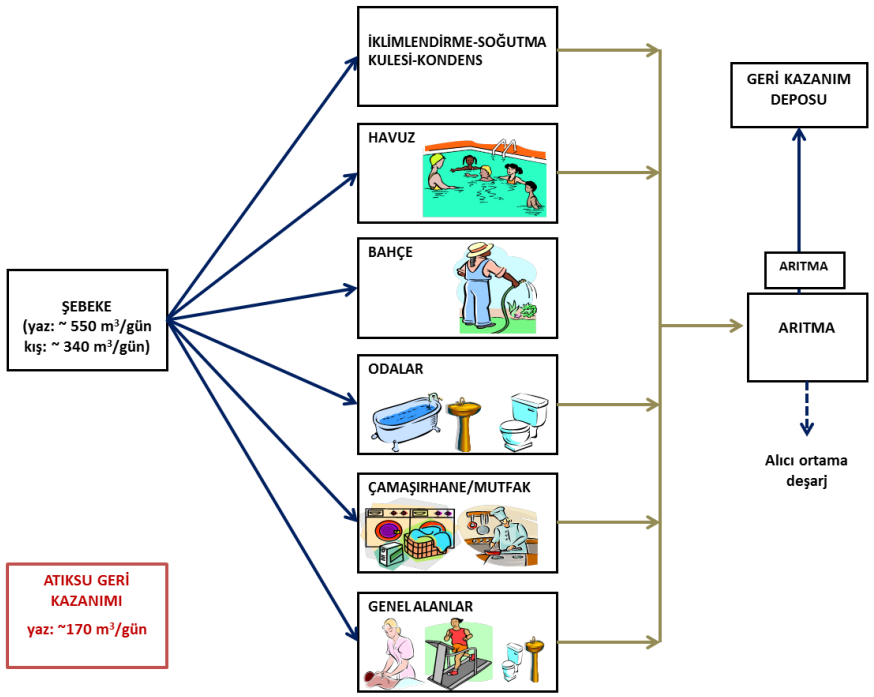
Şekil 99 Şehir oteli Senaryo 3 – su kütle dengesi

Senaryo 4'te (**Şekil 100**) su kullanımı yaz aylarında ortalama yaklaşık 550 m^3/gün, kış aylarında ortalama 340 m^3/gün, geri kazanılan atıksu miktarı yazın yaklaşık 80 m^3/gün, kışın ise 50 m^3/gün, şebekeden temin edilen su miktarı yazın ortalama 430 m^3/gün, kışın 250 m^3/gün (sarı suyu ayıran özel tuvalet rezervuar hacimlerinin düşük olması sebebiyle, 2.5 L, rezervuarlarda su ihtiyacı diğer senaryolara kıyasla bir miktar düşük olacaktır, aynı sebeple odalarda rezervuarlarda kullanılabilecek gri su miktarı da aynı oranda az olmuştur). Bu senaryoda, odalarda evsel nitelikli atıksuların tüm fraksiyonlarının (gri, sarı ve kahverengi su) ayrı ayrı toplanması değerlendirilmiştir. Sarı su geri kazanımı ile nütrient geri kazanımı söz konusudur. Aynı zamanda kahverengi suyun anaerobik arıtılması ve enerji eldesi ön görülmüştür. Arıtılmış kahverengi suyun kanalizasyona deşarjı planlanmıştır (sarı su ayrımı için kullanılan tuvalet rezervuar hacimleri yaklaşık 2.5 L olduğu için, bu senaryoda kahverengi su miktarı düşük olacaktır).



Şekil 100 Şehir oteli Senaryo 4 – su kütle dengesi

Senaryo 5'in su kullanım ve atıksu oluşum verileri Senaryo 1 ile aynıdır (**Şekil 101**). Ancak, bu senaryoda atıksular kanalizasyona deşarj edilmemekte, arıtıldıktan sonra alıcı ortama deşarj edilmektedir. Bu senaryo kanalizasyon şebekesi bulunmayan ve arıtma yaptıktan sonra alıcı ortama deşarj eden turizm tesislerinin durumunu temsil etmesi ve karşılaştırma yapılabilmesi için seçilmiş, hesaplarda ikinci referans seviye olarak kullanılmıştır.



Şekil 101. Şehir oteli Senaryo 5 – su kütle dengesi

Pilot şehir oteli için atıksu yönetim senaryoların yıllık geri kazanım miktarı açısından karşılaştırılması **Tablo 55** de verilmiştir. şehir otelinde atıksu yönetim senaryolarının uygulanması durumunda atıksu ve su tüketimi bütçeleri karşılaştırılmış ve bunun yanı sıra nütrient ve enerji eldesi gibi diğer elde edilecek yararlar özetlenmiştir. Toplam su kullanım miktarı yaz aylarında 550 m^3/gün, kış aylarında 340 m^3/gün olan otelde, şehir otelinin yıl boyunca açık olması ve kışın sulama ihtiyacının olmaması sebebiyle geri kazanılacak su miktarı yaz ve kış ayları için değişkendir. Senaryolar incelendiğinde, yaz aylarında geri kazanılacak suyun potansiyel kullanım alanı nispeten mevcut iken, kış aylarında geri kazanılacak suyun yeniden kullanım alanı kısıtlıdır. Şehir otelinde üretilen evsel nitelikli atıksuyun fazla olmasına karşın, kullanım alanının kısıtlı olması atıksu geri kazanım çözümünü ve idaresini karmaşık hale getirmekte ve aynı anda hem bahçe sulama, hem de rezervuarlarda kullanılacak olması sebebiyle, sayfiye otelinden farklı olarak ikinci bir boru hattının inşaasını gerektirmektedir.

Buna göre geri kazanılan atıksu açısından en karlı senaryo karışık evsel atıksu geri kazanımıdır. Karışık evsel atıksuyun sulama amaçlı kullanımının değerlendirildiği (sadece

yaz aylarında kullanım söz konusu) senaryo 2'deki atıksu geri kazanım miktarı, gri su geri kazanımının değerlendirildiği senaryo 3 ile rekabet edebilir durumda görünmektedir (su tasarrufu açısından %4 oranında daha karlı görünmektedir).

Tablo 55 Pilot şehir oteli için atıksu yönetim senaryoların yıllık geri kazanım miktarı açısından karşılaştırılması

Senaryo	Şebekeden temin edilecek su miktarı, (~m^3/yıl)	Atıksu geri kazanım miktarı, (~m^3/yıl)	Nütrient geri kazanımı (~kg/yıl)	Enerji Eldesi (~kwh/yıl)	Yağmur suyu hasatı, (~m^3/yıl)
Kanalizasyona deşarj edilmesi durumu- ARITMA YOK					
Referans seviye	149.720				
Senaryo 1-karışık evsel atıksu geri kazanımı- sadece sulama	128.980	20.740			
Senaryo 2-gri su- sulama+rezervuar	122.760	26.770			
Senaryo 3-yağmur+gri su- sulama+rezervuar	121.520	28.010*			1.240
Senaryo 4- ecosan	116.840	26.770	1.825 N-110 P-400 K	32.850	-
Alıcı ortama deşarj edilmesi durumu – ARITMA SONRASI DEŞARJ					
Referans seviye	149.720				
Senaryo 5 karışık atıksu	128.980	20.740	-	-	-

*yaklaşık 1240 m^3/yıl yağmur suyu toplanmakta ve kullanılmaktadır.

7 FAYDA MALİYET ANALİZİ

Finansal analiz bölümünde pilot otellerin tek başlarına yerinde gerçekleştirecekleri atıksu geri kazanım alternatiflerinin mali açıdan değerlendirilmesi, ekonomik analiz bölümünde ise merkezi arıtma tesisinde geri kazanım yapılması ve ikincil borularla otellere dağıtılmasının mali açıdan değerlendirilmesi ise yapılmıştır.

7.1 Finansal Analiz

Genel olarak bir atıksu geri kazanım projesinin değerlendirilmesinde kullanılacak finansal analizde maliyet parametreleri şunlardır:

Giderler:

- arıtmanın ilk yatırım ve işletme maliyeti (personel, elektrik, kimyasal, bakım-onarım ve yenileme maliyeti ile sarı suyun ayrılması ve gübre olarak satışı durumunda nakliye gideri)
- akım ayrımı gerekli ise ilave borulama maliyeti,
- arıtılmış su bahçe sulamadan farklı amaçla kullanılacak ise, geri kazanılacak suyun dağıtılacağı hattın maliyeti,

Faydalar:

- şebekeden temin edilen su miktarının azalmasına bağlı olarak suya ödenen maliyetin azalması,
- deşarj edilen su miktarının azalmasına bağlı olarak atıksuya ödenen maliyetin azalması,
- gübre ihtiyacının azalmasının maliyeti (karışık su geri kazanımının tarımsal sulamada kullanımı ve buna bağlı gübre kullanımının azaltılması durumu için geçerli),
- sarı suyun ayrılması ve gübre olarak satışı durumunda satış geliri.

Buna göre, öncelikli olarak her bir senaryoda geri kazanılacak su miktarları, şebekeden alınacak su miktarları ve kanalizasyona deşarj edilecek atıksu miktarları hesaplanmıştır. Aşağıda, senaryoların gider ve gelirlerinin hesaplamasında kullanılan borulama, altyapı ve arıtma ihtiyacı anlatılmış ve ilgili varsayımlar verilmiştir.

7.1.1 Kabuller

Bu çalışmanın amacı, pilot turizm tesisleri verilerinden yola çıkarak farklı senaryoların ve teknolojilerin maliyet açısından yaklaşık olarak karşılaştırılmasıdır. Bu nedenle, maliyet analizi çalışması için teknolojilerin yatırım maliyetleri, piyasada faaliyet gösteren firmalardan fiyat bilgisi alınarak belirlenmiş ve ulaşılan yatırım maliyeti bilgilerinin ortalaması alınmıştır. Aynı teknoloji ve kapasite için dahi kurulum maliyetlerinin, kullanılan malzemenin menşei

(ithal ya da yerli), mühendislik hizmetleri maliyeti ve lokasyona göre çok değişkenlik gösterebileceği unutulmamalıdır. Bu bölümde, farklı atıksu geri kazanım senaryolarının, farklı teknolojiler için finansal analizi yapılarak mali açıdan yapılabilirlikleri incelenmiştir. Finansal analizde kullanılan genel varsayımlar şu şekildedir:

- Finansal analiz 15 yıllık bir dönem için yapılmıştır.
- Hesaplar reel olarak, sabit 2014 TL fiyatları baz alınarak yapılmıştır. Enflasyona dayalı fiyat artışları göz ardı edilmiştir.
- KDV ve diğer vergiler hesaplara dahil edilmemiştir.
- Hesaplar her iki otelin ortalama doluluk verileri kullanılarak yapılmıştır.
- %10 reel iskonto oranı kullanılmıştır. Bu, Devlet Planlama Teşkilatı'nca yayınlanmış olan ulusal kılavuzla uyumludur.
- Yatırımların öz kaynakla finanse edileceği varsayılarak, finansman maliyeti dikkate alınmamıştır.
- Atıksuların kanalizasyona deşarj edilmesi durumu için senaryo 0, alıcı ortama deşarj edilmesi durumu için senaryo 5 referans seviye olarak (baseline) alınmış, hesaplarda ilave yapılacak yatırımların referans seviye ile farkı alınmıştır.

Akım ayrımı ve borulama ihtiyacı ile senaryo bazında arıtma prosesine ilişkin kabuller ve su tarifesi bilgileri aşağıda verilmiştir.

7.1.1.1 Akım Ayırımı ve Borulama İhtiyacı

Evsel atıksuların fraksiyonlarına ayrılabilmesi için öncelikle kaynakta ayırım altyapısı gerekmektedir. Eğer ayırım sadece gri su ve siyah su olarak yapılacak ise, iki ayrı borulama sistemine, bu akımlara ilave olarak sarı suyun da ayrılması söz konusu olduğunda ise öncelikle idrar ayıran özel tuvaletlere ihtiyaç bulunmaktadır. Bu durumda, sarı su ile kahverengi su ilk oluştukları noktada birbirlerinden ayrılacak ve gri su, sarı su ve kahverengi su için ayrı bir boru hattı (toplam 3 boru hattı) gerektirecektir.

Her bir senaryo için borulama ihtiyacı binanın yerleşim alanı, kat ve oda sayısı göz önünde bulundurularak tahmin edilmiştir.

Arıtılmış suyun bahçede kullanılması durumunda, dağıtım için ilave borulama ön görülmemiştir.

Sayfiye oteli için borulama maliyetleri hesaplanırken otelin inşası sırasında akım ayrımı yapılacağı varsayılmış ve borulama maliyetlerine tadilat giderleri ilave edilmemiştir. Ayrıca, geri kazanılan atıksu bahçe sulamada kullanılacağından geri kazanılan suyun odalarda kullanımı için ikincil bir hat öngörülmemiştir.

Şehir oteli inşası tamamlanmış bir otel olduğu için sayfiye otelinden farklı olarak ilave borulama gereken tüm senaryolarda tadilat maliyetleri de göz önünde bulundurulmuş ancak her bir borulama için ayrı ayrı tadilat maliyeti eklenmemiş, aynı anda tüm ilave borulama işleri birden yapılacağı için ikinci ilave edilen borulama maliyetinde işçilik ücreti düşük alınmıştır.

Buna göre, her bir senaryo için ilave borulama ve altyapı ihtiyacı detayları şu şekildedir:

- **Senaryo 0:** geri kazanımın yok kabul edildiği referans seviye senaryo 0'da, tüm atıksular tek bir boru hattı ile toplanmakta ve kanalizasyona deşarj edilmektedir. Bu senaryo için ilave bir borulamaya ihtiyaç yoktur.

- **Senaryo 1:** bina içinde oluşan evsel nitelikli karışık atıksuyun geri kazanımının ön görüldüğü senaryo 1'de, otel içinde oluşan tüm evsel nitelikli atıksular tek bir boru hattı ile toplanmakta ve arıtıldıktan sonra yeniden kullanılmaktadır. Bu senaryoda, atıksuların sadece arıtma tesisine taşınması için borulamaya ihtiyaç vardır. Her iki otelde de arıtılmış suyun sadece bahçede kullanılması ön görülmüş ve arıtılmış suyun dağıtımı için ilave olarak ikincil bir borulama ön görülmemiştir. Şehir oteli kışında açık olduğu için sulama mevsimi dışında arıtılmış suların kanalizasyona deşarjı ön görülmüştür.

- **Senaryo 2:** senaryo 2'de odalarda oluşan gri suyun (duş ve lavabo atıksuları) arıtılarak yeniden kullanılması ön görülmüştür. Gri suyun ayrılabilmesi için ilave olarak bir boru hattı gerekmektedir. Diğer maliyetler senaryo 1'e benzer şekilde hesaplanmıştır. Sayfiye otelinde arıtılmış suyun bahçede kullanılması ön görülmüş ve dağıtım için ilave borulama ön görülmemiştir. Şehir otelinde ise hem bahçe sulama, hem de rezervuarlara dönüş planlanmıştır. Şehir otelinde arıtılmış suyun bina içinde

dağıtımı için ikincil borulama öngörülmüş ve maliyeti hesaplanmıştır. Şehir oteli halihazırda kurulu bir otel olduğu için yeni yapılacak borulama esnasında ortaya çıkacak borulamanın tadilat maliyeti de hesaba dahil edilmiştir. Bu senaryoda odalarda oluşan gri su dışındaki diğer atıksuların kanalizasyona deşarjı ön görülmüştür.

- **Senaryo 3:** bu senaryoda, senaryo 2'deki gri suyun arıtılarak yeniden kullanılmasına ilave olarak çatıdan yağmur suyu hasadı söz konusudur. Bunun için, senaryo 3'teki borulama ihtiyacına ilave olarak çatıdan yağmur suyunun toplanacağı ve taşınacağı boru hattı gerekmektedir. Bu senaryoda da senaryo 2'ye benzer şekilde gri su dışındaki atıksuların kanalizasyona deşarjı ön görülmüştür. Arıtılmış suyun bahçede kullanılacağı sayfiye oteli örneğinde dağıtım için ilave borulama ön görülmemiştir. Şehir otelinde ise hem bahçe sulama, hem de rezervuarlara geri dönüş söz konusudur.

- **Senaryo 4:** ECOSAN'a göre tüm akımların ayırımının ve geri kazanımının ön görüldüğü bu senaryoda gri su, sarı su ve kahverengi su için ayrı boru hattına ihtiyaç vardır (toplam 3 boru hattı). Ayrım olmaması durumunda 1 atıksu hattı olacakken bu senaryoda 3 atıksu hattı söz konusudur. Bu durum, senaryo 1'e göre, 2 boru hattı ilavesinin maliyeti olarak ilave edilmiştir. Sarı su depolama maliyeti hesaplanırken, sayfiye oteli için 20 adet 1 m^3'lük tank bedeli ve tahliye için bağlantılar, Şehir oteli örneği için ise 18 adet 1 m^3'lük tank ve tahliye için bağlantılar hesaba dahil edilmiştir.

- **Senaryo 5:** alıcı ortama deşarj etme durumunda olan tesislerin durumunu yansıtması için seçilmiş bu senaryoda, arıtma tesisi kurmak ve arıtılmış suları alıcı ortama deşarj etmek durumunda olan turizm tesisinin karışık evsel nitelikteki atıksuyunu geri kazanması ve sulama amacıyla kullanması durumunda yapması gereken ilave yatırımlar değerlendirilmiştir. İlave arıtma gereksinimi ve arıtılmış suyun sulama suyu deposuna iletilmesi için ilave borulama gereksinimi göz önüne alınmıştır.

7.1.1.2 Arıtma İhtiyacı

Evsel nitelikli atıksuların arıtıldıktan sonra yeniden kullanımı için ikincil ya da üçüncül arıtma sonrasında genellikle filtrasyon, dezenfeksiyon ve ileri oksidasyon prosesleri uygulanmaktadır. En yaygın ve konvansiyonel uygulama, ikincil ya da üçüncül arıtma sonrasında filtrasyon ve dezenfeksiyon proseslerinin uygulanması ve sonrasında arıtılmış suyun sulama amacıyla kullanılmasıdır (EPA, 2012). Literatürde yeniden kazanım amacına göre ikincil arıtma çıkış suyunda uygulanabilecek arıtma yöntemleri Şekil 82'de gösterilmiştir. Geri kazanım söz konusu olduğunda arıtma teknolojisinin seçimini ve tasarımını belirleyen en önemli parametre suyun kullanım amacıdır. Atıksuda bulunan tüm kirleticilerin, her yeniden kullanım amacı için aynı şekilde giderilmesi gerekmez. Turizm tesislerine yönelik geliştirilmiş atıksu geri kazanım senaryolarında arıtılmış suların kullanım amacı olarak en yaygın kullanım bulabilecek alternatifler değerlendirilmiştir. Buna göre, bu çalışma kapsamında kullanım amacı olarak peyzaj sulaması ve/veya rezervuarlarda sifon suyu olarak kullanım seçilmiştir.

Gri su geri kazanımı çalışmalarında da, evsel atıksu geri kazanımına benzer şekilde peyzaj sulama gibi açık alanda kullanım için ikincil arıtmanın yeterli olduğu buna karşın arıtılmış suyun kişiyle temas etme ihtimalinin daha yüksek olduğu ev içi uygulamalar için ileri teknolojilerin kullanılmasının daha güvenli olduğu belirtilmektedir (Ottoson ve Stenstrom 2003, Australian Guidelines for Water Recycling, 2006). Atıksu geri kazanım uygulamalarında en yaygın kullanılan dezenfeksiyon işlemi klorlamadır. Kontaminasyon riski dolayısıyla çoğu yeniden kullanım kriterinde, arıtılmış suda bir miktar bakiye klor bulunması istenir. Ülkemizde, tarımsal amaçlı sulama sularının ve sulama suyu olarak kullanılacak arıtılmış atıksu kriterlerinin yer aldığı Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği, Atıksu Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliği (20.03.2010), EK 7-Arıtılmış Atıksuların Sulama Suyu Olarak Geri Kullanım Kriterleri" içinde de eğer klorlama yapılacaksa arıtılmış atıksuda 1 mg/L'nin üstünde bakiye klor bulunması istenmektedir.

Buna göre, arıtma teknolojisi alternatifleri seçilirken, gerek Ülkemizde, gerekse de yurtdışında yapılan uygulamalar tekrar gözden geçirilmiş özellikle sık rastlanan teknolojiler değerlendirilmiştir. Bununla birlikte ticari olarak ülkemizde mevcut olan alternatifler de dikkate alınmıştır.

Aşağıda her bir senaryo için arıtma öngörüsü detayları verilmiştir.

- **Senaryo 0:** geri kazanımın yok kabul edildiği senaryo 0'da, tüm atıksular tek bir boru hattı ile toplanmakta ve kanalizasyona deşarj edilmektedir. Bu senaryo için yerinde arıtma gereksinimi yoktur.

- **Senaryo 1:** bina içinde oluşan evsel nitelikli karışık atıksuyun geri kazanılacağı senaryo 1'de, proses olarak konvansiyonel aktif çamur sistemi, döner biyodisk ve membran biyoreaktör seçilmiştir. Aktif çamur sistemi ve döner biyodisk sonrasında kum filtrasyonu ve klorlama, MBR sonrasında ise sadece klorlama ön görülmüştür. Bu senaryo için hem Şehir, hem de Sayfiye otelinde yeniden kullanım amacı peyzaj sulama olarak ön görülmüştür.

- **Senaryo 2:** odalarda oluşan gri suyun geri kazanılacağı senaryo 2 için, karışık evsel atıksuyun arıtımına benzer şekilde ve literatür ile uyumlu olarak proses olarak konvansiyonel aktif çamur sistemi, döner biyodisk ve membran biyoreaktör seçilmiştir. Aktif çamur sistemi ve döner biyodisk sonrasında kum filtrasyonu ve klorlama, MBR sonrasında ise sadece klorlama ön görülmüştür. Biyolojik arıtma sistemine alternatif olarak özellikle zayıf karakterli gri sular için kullanılabileceği belirtilen doğrudan membran filtrasyonu da alternatif olarak değerlendirilmiştir. Doğrudan filtrasyon alternatifinde prosesin ön klorlama, kum filtresi, aktif karbon filtre, ultrafiltrasyon ve dezenfeksiyon-klorlama adımlarından oluşması ön görülmüştür (ticari olarak mevcut olan uygulama ile karşılaştırılabilir olması amacıyla bu prosesler seçilmiştir). Bu senaryo için, arıtılmış suların kullanım amacı olarak; Şehir otelinde hem sulama, hem de rezervuar amaçlı kullanım ön görülürken, Sayfiye otelinde sadece peyzaj sulama ön görülmüştür.

- **Senaryo 3:** odalarda oluşan gri suyun geri kazanılacağı ve yağmur suyu hasadının yapılacağı senaryo 3'de gri suyun arıtımı için senaryo 2'de ön görülen arıtma prosesleri seçilmiştir. Yağmur Suyu Hasadı sistemleri dört bileşenden oluşmaktadır: Toplama alanı (çatı), Taşıma sistemi (oluklar ve borular), Arıtma ve depolama sistemi. Arıtma olarak filtre, ilk yıkama suyu ayırıcı sonrasında depolama ve kullanım öncesi dezenfeksiyon ön görülmüştür. Toplanan yağmur sularının bahçe

sulamasında kullanılması hedeflenmiş ve ilave dağıtım yapısı planlanmamıştır. Sayfiye oteli için depo hacmi 250 m^3 olarak seçilmiştir. Şehir oteli için ise depo hacmi 100 m^3 olarak seçilmiştir.

- **Senaryo 4:** gri su, sarı su ve kahverengi suyun geri kazanılacağı senaryo 4 de, gri suyun arıtımı için proses olarak biyolojik arıtma, filtrasyon ve dezenfeksiyon ön görülmüştür. Konvansiyonel evsel atıksuda bulunan azotun % 80'i, fosfor ve potasyumun ise yarısından fazlası sarı suda bulunduğundan potansiyel bir gübre kaynağıdır. Bu senaryoda, yüksek nütrient içeriğinden dolayı sarı suyun gübre olarak doğrudan kullanılması ön görülmüştür. Bu durumda patojenik güvenlik için aylar mertebesinde (tercihan altı ay ve üzeri) depolama yapılması gerekmektedir. Sarı suyun kaynağında ayrılabilmesi için özel idrar ayıran tuvaletlere ihtiyaç bulunmaktadır. Örnek olarak ECOTECH Products'ın sifonlu idrar ayıran tuvaleti Eco-Flush seçilmiştir (http://ecotechproducts.net/product/ecoflush).

- Otelde oluşabilecek sarı su hacminin hesabı için, kişi başı günde ortalama 1.5 litre idrar üretildiği, 2 kez dışkı 5 kez idrar için olmak üzere günde 7 kez tuvalet kullanıldığı, bu kullanımlardan 2 dışkının tamamı ve 5 idrarın 3 ünün odada gerçekleştirildiği kabulü yapılmıştır. Bu kabullere göre idrarın 5/7si oda tuvaletlerine gitmiş olmaktadır. Bu da kişi başı günde 1.07 litre idrara karşılık gelmektedir. İstanbul'da genel olarak kullanılan vidanjör hacmi 17 m^3, Side civarında ise 20 m^3 civarındadır. Buna göre, gereken vidanjör adedi ortalama doluluk için hesaplanmış, depo hacmi ise verimli bir taşıma işleminin yapılabilmesi için vidanjör hacmine yakın seçilmiştir. Depo malzemesi olarak plastik malzeme ön görülmüştür (metal malzemeler uygun değildir). Şehir oteli örneğinde diğer senaryolarda olduğu gibi, geri kazanılmış su hattı için ikinci kez tadilat maliyeti eklenmemiş, aynı anda iki borulama işi birden yapılacağı için ikinci borulama işinin işçilik ücreti düşük alınmıştır.

  Sarı suyun gübre olarak değerlendirilmesi toplanacak idrardaki gübre etkin madde ile doğrudan ilişkilidir. Bu bağlamda idrardaki tipik N, P, K konsantrasyonları sırasıyla, N için 8000 mg/L, P için 450 mg/L ve K için 1800 mg/L civarındadır. Buna göre, günde toplam kişi başı 1.5 litre idrar üretilip bunun da 5/7 sinin oda tuvaletlerine gittiği kabulüyle, idrarın içerebileceği tipik potansiyel değerleri, 8.57 g N/kişi gün, 0.48 g

P/kişi gün, 1.93 g K/kişi gün olarak hesaplanmıştır. Sarı suyun azot üzerinden gübre eşdeğeri potansiyelinin hesabı için EUFLOR adlı NPK gübresi esas alınmıştır (Kocatürk, 2010). Kilosu 10TL ye gelen adı geçen gübrenin 200g/kg azot sağladığı belirtilmektedir. Öte yandan, sıvı idrar için azot içeriği 8000 mg/L alındığında idrardan elde edilecek değerin yaklaşık 8 g/ kg (L) olduğu ve 1 kg kimyasal gübrenin yaklaşık 25 kg (L) idrara karşılık geldiği anlaşılmaktadır. EUFLOR'un kg fiyatı 10 TL ve azot içeriği idrara göre 25 kat fazla olduğundan hareketle, en iyi şartlarda gübre amaçlı kullanılacak idrarın 0.4 TL/L olabileceği sonucuna varılmaktadır. Kullanıcının idrar kullanmada gösterebileceği çekinceler göz önüne alınarak, idrarın satış fiyatının 100 TL/m^3 olabileceği ön görülmüştür.

Senaryo 4'te kahverengi sudan enerji eldesi hedeflenmiş ve bunun için anaerobik arıtma seçilmiştir. Anaerobik arıtma sonrasında arıtılmış kahverengi suyun kanalizasyona deşarjı ön görülmüştür.

- **Senaryo 5:** alıcı ortama deşarj etme yükümlülüğü bulunan turizm tesisinin geri kazanım yapması durumunun değerlendirildiği Seneryo 5'te mevcut durumda biyolojik arıtma kurmuş/kuracak olan tesiste (Arıtılmış suyun Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği Tablo 21.1: Sektör: Evsel Nitelikli Atıksular-Sınıf 1 kriterlerini sağlaması gerekmektedir). ilave olarak kum filtrasyonu ve klorlama yapması ön görülmüştür.

7.1.1.3 Pilot turizm tesislerinin bulunduğu bölgelerde su tarifeleri

Projenin pilot tesislerinden biri İstanbul merkezinde bulunan bir şehir, diğeri ise Side Sorgunda bulunan bir deniz turizm otelidir. İstanbul ve Antalya'da uygulanan su tarifeleri şu şekildedir;

- **İstanbul:** İSKİ Tarifeler Yönetmeliği'ne göre oteller işyeri sayılmaktadır. İSKİ internet sitesinde yayınlanan birim fiyatlara göre 04/09/2013 tarihi itibarı ile konut birim fiyatı 3,67 TL/m^3, işyeri birim fiyatı 7,67 TL/m^3'tür. Atıksu bedeli su bedeli içine dahil edilmiştir. Şebeke suyu kullanmadan sadece kanalizasyona deşarj yapılıyorsa tarifenin yarısı tahakkuk ettirilir.
- **Antalya:** Antalya Büyükşehir Belediyesi, turizmin desteklenmesi hedefleyerek bu desteğin su hizmetlerine yansıtılmasını uygun bulduğunu belirtmektedir. ASAT Tarifeler

Yönetmeliği'ne göre oteller ve pansiyonlar için ayrı içme suyu bedeli belirlenmektedir. Atıksu bedeli, eğer hizmet veriliyor ise, tüketilen içme suyu bedeline bağlı olarak hesaplanmaktadır. Meskenlerde birim fiyat 2,15 TL/m^3, otel ve pansiyonlarda birim fiyat 1,72 TL/m^3'tür. Atıksu bedeli, içme suyu bedelinin %30'u olarak hesaplanmaktadır. Büyükşehir belediyeleri ancak il merkezi ve çevresine hizmet verebilmektedirler. Geriye kalan yerel yönetimlerin Mahalli İdare Birlikleri Kanununa göre bir araya gelmeleri söz konusudur. Turizm Altyapı Hizmet Birlikleri bu kanun kapsamındadır. Bu çerçevede, pilot turizm tesisinin bulunduğu bölgede, Manavgat Çevre Koruma ve Altyapı Tesisleri Yapma ve İşletme Birliği (MATAB) hizmet vermektedir (Proje çalışmaları devam ettiği sırada Büyükşehir Belediyeleri ile ilgili mevzuatta değişiklik yapılması söz konusu olmuştur. Bu bölümde yapılan açıklamalar, proje çalışmaları devam ederken yürürlükte olan mevzuata göre yapılmıştır). MATAB, detaylı bir fiyat tarifesi uygulamaktadır. Otellerin, motellerin, kampinglerin yıldız sayısına göre de fiyatlar fark göstermektedir. Belediye ruhsatlı otel, motel ve bunun gibi işletmelere ayrıca tarife uygulanmaktadır. Beş yıldızlı otel için şebeke suyu/içme suyu ücreti ise m^3 başına 2,20 TL'dir. Atıksu tarifesi ise sezon ve sezon dışı olarak ayrılmıştır. 2013 atıksu sezon ücreti yatak başına beş yıldızlı otel için 17,76 TL'dir. Kapalılık dilekçesi verilmesi durumunda sezon dışında ¼ oranında tarife uygulanmaktadır.

7.1.2 Yatırım Giderleri

Şehir ve Sayfiye Oteli için farklı senaryolara ve farklı arıtma teknolojilerine ait yatırım maliyetleri aşağıdaki tabloda verilmiştir. Yatırım maliyetlerine genel olarak bakıldığında, şehir oteli örneğinde karışık evsel atıksuyun sadece sulama amaçlı geri kazanıldığı ve aktif çamur teknolojisi ile arıtıldığı senaryo toplam yatırımı en düşük senaryodur. Sayfiye oteli örneğinde ise toplam yatırım maliyetinin en düşük olduğu senaryo, gri suyun ayrılarak geri kazanıldığı ve sulamada kullanıldığı senaryo olmuştur (Senaryo 2). Sayfiye otelinin kışın kapalı olması sebebiyle (sadece sezon süresince geri kazanılacak suya ihtiyaç olması ve bu süre zarfında sulama suyu gerekmesi) tüm senaryolarda, arıtılmış suyun sadece sulama amaçlı kullanımı hedeflenmiş bu da bina içinde ilave borulama ve tadilat gereksinimini ortadan kaldırmıştır. Bu sebeple, sayfiye otelinin hemen hemen tüm senaryolarının toplam yatırım maliyeti, şehir oteline kıyasla daha düşük bulunmuştur. Gerek şehir oteli, gerekse sayfiye oteli senaryoları arasında yatırım maliyeti en yüksek olan senaryo, yatırım maliyeti en yüksek olan senaryo,

tüm fraksiyonlarda ECOSAN'a göre akım ayrımının yapıldığı ve atıksu ile nutrientlerin geri kazanılıp kullanıldığı senaryodur.

Tahmin edildiği üzere farklı arıtma teknolojilerinin yatırım maliyetlerini değerlendirdiğimizde yatırım maliyeti en düşük olan teknolojinin konvansiyonel aktif çamur prosesi, kum filtrasyonu ve klorlama olduğu görülmektedir. MBR teknolojisinin maliyeti ise en yüksek yatırım maliyetine sahip alternatif olmuştur.

Ayrıca, alıcı ortama deşarj eden ve halihazırda bir atıksu arıtma tesisi olan sayfiye otellerinin, atıksularını yeniden kullanmaları için yapacakları yatırım maliyetinin (Senaryo 5), diğer senaryolara göre oldukça düşük olduğu göze çarpmaktadır.

Tablo 56 Şehir Oteli Yatırım Maliyetleri - TL

SENARYOLAR / YATIRIM İHTİYACI	Referans seviye: kanalizasyona deşarj				Referans seviye: alıcı ortama deşarj
	SENARYO 1	SENARYO 2	SENARYO 3	SENARYO 4	SENARYO 5**
BORULAMA VE İLAVE ALTYAPI İHTİYACI					
İlave borulama (arıtmaya iletim, akım ayırımı vb.)	10,000*	137,225	137,225	274,450	10,000*
Geri kazanılan su tedarik hattı	-	164,670	164,670	164,670	-
Depo ve bağlantıları (yağmur suyu ve sarı su)	-	-	25,000	10,000	-
Özel tuvalet birim fiyatı	-	-	-	1,500	-
499 özel tuvalet için yatırım maliyeti	-	-	-	748,500	-
ARITMA TESİSİ İHTİYACI					
Arıtma Tesisi Birim maliyetleri (TL/m^3)					
Aktif Çamur-kum filtresi-klorlama	1,337	1,316	1,316	1,316	268
RBC –kum filtresi-klorlama	1,700	1,500	1,500	1,500	340
MBR-klorlama	3,244	2,468	2,468	2,468	162
Doğrudan filtrasyon (ön klorlama, kum filtresi, aktif karbon filtre, UF,klorlama)	-	1,336	1,336	-	-
Arıtma Tesisi Kapasitesi (m^3/gün)	200	100	100	120	200
Arıtma Tesisi Yatırım Maliyeti					
Aktif Çamur-kum filtresi-klorlama	267,346	131,612	131,612	197,934	53,469
RBC –kum filtresi-klorlama	340,000	150,000	150,000	220,000	68,000
MBR-klorlama	648,750	246,809	246,809	336,171	32,438
Doğrudan filtrasyon (ön klorlama, kum filtresi, aktif karbon filtre, UF,klorlama)	-	133,616	133,616	-	-
Arıtma Tesisi Yenileme Maliyeti (10. Yılda)	İlk yatırım maliyetinin %10'u ölçeğinde yenileme maliyeti öngörülmüştür. Doğrudan membran filtrasyonu alternatifi için 5 yılda bir membran yenilenmesi ön görülmüştür.				

SENARYOLAR / YATIRIM İHTİYACI	Referans seviye: kanalizasyona deşarj				Referans seviye: alıcı ortama deşarj
	SENARYO 1	SENARYO 2	SENARYO 3	SENARYO 4	SENARYO 5**
Kahverengi su arıtma birim maliyeti (TL/m^3)	-	-	-	2,000	
Kahverengi su arıtma kapasitesi (m^3/gün)	-	-	-	20	
Kahverengi su ilave yatırım maliyeti	-	-	-	40,000	
Toplam İlk Yatırım Maliyeti					
Aktif Çamur-kum filtresi-klorlama	**277,346**	**433,507**	**458,507**	**1,395,554**	**63,469**
RBC –kum filtresi-klorlama	**520,000**	**460,000**	**485,000**	**1,468,500**	**78,000**
MBR-klorlama	**658,750**	**548,704**	**573,704**	**1,533,791**	**42,438**
Doğrudan filtrasyon (ön klorlama, kum filtresi, aktif karbon filtre, UF,klorlama)	**-**	**435,511**	**460,511**	**-**	**-**

* buradaki borulama maliyeti, atıksuyun arıtma tesisine iletilmesinin borulamanın maliyetidir.

** yeniden kullanım durumda ilave olarak yapılacak yatırım maliyetleridir (alıcı ortama deşarj ile geri kazanım yapma durumu arasındaki fark alınarak hesaplanmıştır).

Tablo 57 Sayfiye Oteli Yatırım Maliyetleri – TL

SENARYOLAR / YATIRIM İHTİYACI	Referans seviye: kanalizasyona deşarj				Referans seviye: alıcı ortama deşarj
	SENARYO 1	SENARYO 2	SENARYO 3	SENARYO 4	SENARYO 5***
BORULAMA VE İLAVE ALTYAPI İHTİYACI*					
İlave borulama (arıtmaya iletim, akım ayırımı vb.)	10,000**	68,200	68,200	136,400	10,000**
Depo ve bağlantıları (yağmur suyu ve sarı su)	-	-	25,000	10,000	-
Özel tuvalet birim fiyatı	-	-	-	1,500	-
350 özel tuvalet için yatırım maliyeti	-	-	-	525,000	-
ARITMA TESİSİ İHTİYACI					
Arıtma Tesisi Birim maliyeti (TL/m^3)					
Aktif Çamur-kum filtresi-klorlama	1,337	1,502	1,502	1,502	268
RBC –kum filtresi-klorlama	1,700	1,500	1,500	1,500	340
MBR-klorlama	3,244	2,887	2,887	2,887	162
Doğrudan filtrasyon (ön klorlama, kum filtresi, aktif karbon filtre, UF,klorlama)	-	1,461	1,461	-	-
Arıtma Tesisi Kapasitesi (m^3/gün)	200	70	70	85	200
Arıtma Tesisi Yatırım Maliyeti					
Aktif Çamur-kum filtresi-klorlama	267,346	105,125	105,125	157,652	53,469
RBC –kum filtresi-klorlama	340,000	105,000	105,000	157,500	68,000
MBR-klorlama	648,750	202,123	202,123	275,435	32,438
Doğrudan filtrasyon (ön klorlama, kum filtresi, aktif karbon filtre, UF,klorlama)	-	102,254	102,254	-	-
Arıtma Tesisi Yenileme Maliyeti (10. Yılda)	İlk yatırım maliyetinin %10'u ölçeğinde yenileme maliyeti öngörülmüştür. Doğrudan membran filtrasyonu				

SENARYOLAR / YATIRIM İHTİYACI	Referans seviye: kanalizasyona deşarj				Referans seviye: alıcı ortama deşarj
	SENARYO 1	SENARYO 2	SENARYO 3	SENARYO 4	SENARYO 5***
	alternatifi için 5 yılda bir membran yenilenmesi ön görülmüştür.				
Kahverengi su arıtma birim maliyeti (TL/m^3)	-	-	-	2,000	-
Kahverengi su arıtma kapasitesi (m^3/gün)	-	-	-	15	-
Kahverengi su ilave yatırım maliyeti	-	-	-	30,000	-
Toplam İlk Yatırım Maliyeti					
Aktif Çamur-kum filtresi-klorlama	**277,346**	**173,325**	**198,325**	**829,052**	**63,469**
RBC –kum filtresi-klorlama	**350,000**	**173,200**	**198,200**	**828,900**	**78,000**
MBR-klorlama	**658,750**	**270,323**	**295,323**	**946,835**	**42,438**
Doğrudan filtrasyon (ön klorlama, kum filtresi, aktif karbon filtre, UF,klorlama)	**-**	**170,454**	**195,454**	**-**	**-**

* sayfiye oteli sadece sezon süresince açık olduğu ve geri kazanılan suyun sulamada kullanımı söz konusu olduğundan geri kazanılan su tedarik hattı ön görülmemiştir.
** buradaki borulama maliyeti, atıksuyun arıtma tesisine iletilmesinin borulamanın maliyetidir.
*** yeniden kullanım durumda ilave olarak yapılacak yatırım maliyetleridir (alıcı ortama deşarj ile geri kazanım yapma durumu arasındaki fark alınarak hesaplanmıştır).

7.1.3 İşletme Giderleri

İşletme giderlerinin hesaplanmasında şu varsayımlar kullanılmıştır:

- Geri kazanım için tahsis edilecek personel zamanı üzerinden personel gideri hesaplanmıştır. Burada brüt personel maliyeti 18.000 TL/yıl olarak alınmıştır.
- Bir metreküp atıksuyu arıtmak için tüketilen elektrik her senaryoda farklıdır. Bu değerler aşağıdaki tabloda verilmiştir. Elektriğin birim fiyatı 0,286 TL/kWs'tir. Fiyat, analiz dönemi boyunca sabit tutulmuştur.
- Bir metreküp atıksu arıtımı için kimyasal maliyeti her senaryo için farklı olup aşağıdaki tabloda sunulmuştur.
- Yıllık bakım ve onarım giderleri hesaplanırken, atıksu arıtma tesisinin ilk yatırım maliyetinin %5'i kadar bir değer kabul edilmiştir.
- Şehir oteli 5. Senaryoda sarı suyun gübre olarak kullanım amaçlı nakliyesi için 17 m^3'lük bir vidanjör kullanılacağı ve bu vidanjörün yaklaşık 23 günde 1 nakliye gerçekleştireceği (60 kilometrelik bir mesafeye) varsayılmıştır. Bu da, yılda 17 sefere tekabül etmektedir. Her sefer için vidanjöre 2,000 TL ödeneceği öngörülmüştür. Sayfiye otelinde ise 20 m^3'lük vidanjörle senede 7 nakliye yapılacağı ve her bir nakliyenin maliyetinin 236 TL olacağı varsayılmıştır

İşletme maliyetleri ve birim atıksu arıtma giderleri **Tablo 58**'te sunulmuştur. Farklı alternatif senaryoların ve seçilen teknolojilerin işletme giderleri karşılaştırıldığında hem pilot şehir, hem de pilot sayfiye oteli için en düşük işletme gideri gri suyun geri kazanıldığı senaryoda olmuştur. Tüm fraksiyonlarda atıksuyun geri kazanıldığı Senaryo 4 ise en yüksek birim işletme maliyetine sahip olan senaryodur. Ayrıca tüm senaryolarda, işletme gideri açısından en ucuz teknolojiler RBC ve aktif çamur teknolojileridir. İşletme gideri açısından en maliyetli teknoloji MBR teknolojisi olarak görünmektedir, bunun en büyük sebebinin ise elektrik giderleri ve bakım-onarım giderleri olduğu tahmin edilmektedir.

Tablo 58 Şehir Oteli Yıllık İşletme Giderleri - TL

SENARYOLAR / GİDERLER	Referans seviye: kanalizasyona deşarj				Referans seviye: alıcı ortama deşarj
	Senaryo 1	**Senaryo 2**	**Senaryo 3**	**Senaryo 4**	**Senaryo 5 Karışık atıksu kazanım*** **
Personel ihtiyacı (saat/gün)	2	2	2.5	5	1
Yıllık Personel Gideri	4,500	4,500	5,625	11,250	2.250
Elektrik tüketimi (kwh/m^3)					
Aktif Çamur-kum filtresi-klorlama	1.5	0.9	1	1.25	0.7
RBC –kum filtresi-klorlama	0.5	0.5	0.55	1.25	0.1
MBR-klorlama	2.3	2.5	2.6	2.9	0.3
Doğrudan filtrasyon*	-	0.5	0.6	-	-
Yıllık Elektrik Gideri					
Aktif Çamur-kum filtresi-klorlama	8,897	6,891	7,726	9,570	4,152
RBC –kum filtresi-klorlama	2,966	3,828	4,249	9,570	593
MBR-klorlama	13,643	19,141	20,088	22,203	13,643
Doğrudan filtrasyon*	-	2,923	3,760	-	-
Kimyasal ihtiyacı (TL/m^3)					
Aktif Çamur ve RBC	0.027	0.027	0.03	0.027	0.027
MBR	0.015	0.01	0.013	0.01	0.015
Doğrudan filtrasyon*		0.07	0.073		
Yıllık kimyasal gideri					
Aktif Çamur ve RBC	560	723	810	723	560
MBR-klorlama	622	803	891	803	622
Doğrudan filtrasyon*		1,431	1,600		
Bakım - Onarım					

SENARYOLAR / GİDERLER	Referans seviye: kanalizasyona deşarj				Referans seviye: alıcı ortama deşarj
	Senaryo 1	Senaryo 2	Senaryo 3	Senaryo 4	Senaryo 5 Karışık atıksu kazanım***
Aktif Çamur-kum filtresi-klorlama	13,367	6,581	6,581	9,897	2,673
RBC –kum filtresi-klorlama	17,000	7,500	7,500	11,000	3,400
MBR-klorlama	32,438	12,340	12,340	16,809	1,622
Doğrudan filtrasyon*	-	6,681	6,681	-	-
Nakliye Giderleri	-	-	-	34,000	-
Toplam İşletme giderleri					
Aktif Çamur-kum filtresi-klorlama	27,325	18,694	20,742	65,440	9,636
RBC –kum filtresi-klorlama	25,026	16,551	18,185	66,543	6,803
MBR-klorlama	50,788	36,249	38,350	84,529	5,859
Doğrudan filtrasyon*	-	15,535	17,665		
Toplam arıtılan atıksu miktarı (m3/yıl)**	20,740	26,770	27,014	26,770	20,740
Birim maliyet (TL/m^3)					
Aktif Çamur-kum filtresi-klorlama	1.32	0.70	0.77	2.44	0.46
RBC –kum filtresi-klorlama	1.21	0.62	0.67	2.49	0.33
MBR-klorlama	2.45	1.35	1.42	3.16	0.28
Doğrudan filtrasyon*	-	0.76	0.80	-	-

* Doğrudan filtrasyon, ön klorlama, kum filtresi, aktif karbon filtre, ultrafiltrasyon ve klorlama proseslerini içermektedir.

** Doğrudan filtrasyon yönteminde geri kazanılan atıksu miktarı bu değerlerin %30 altındadır.

**Yeniden kullanım durumda ilave olarak yapılacak işletme giderleridir (alıcı ortama deşarj ile geri kazanım yapma durumu arasındaki fark alınarak hesaplanmıştır).

Tablo 59 Sayfiye Oteli Yıllık İşletme Giderleri - TL

SENARYOLAR / GİDERLER	Referans seviye: kanalizasyona deşarj				Referans seviye: alıcı ortama deşarj
	Senaryo 1	Senaryo 2	Senaryo 3	Senaryo 4	Senaryo 5 Karışık atıksu kazanım***
Personel ihtiyacı (saat/gün)	2	2	2.5	5	1
Yıllık Personel Gideri	2,527	2,527	3,159	6,318	1,264
Elektrik tüketimi (kwh/m^3)					
Aktif Çamur-kum filtresi-klorlama	1.5	0.9	1	1.25	0.7
RBC –kum filtresi-klorlama	0.5	0.5	0.55	1.25	0.1
MBR-klorlama	2.3	2.5	2.6	2.9	0.3
Doğrudan filtrasyon *	-	0.5	0.6	-	-
Yıllık Elektrik Gideri					
Aktif Çamur-kum filtresi-klorlama	13,192	2,638	3,485	3,664	6,156
RBC –kum filtresi-klorlama	4,397	1,466	1,917	3,664	879
MBR-klorlama	20,227	7,329	9,061	8,501	2,638
Doğrudan filtrasyon *		1,026	1,511		
Kimyasal ihtiyacı (TL/m^3)					
Aktif Çamur ve RBC-kum filtresi-klorlama	0.027	0.027	0.03	0.027	0.027
MBR-klorlama	0.015	0.01	0.013	0.01	0.015
Doğrudan filtrasyon *		0.07	0.073		
Yıllık kimyasal gideri	830	277	366	277	830
Aktif Çamur ve RBC-kum filtresi-klorlama	830	277	366	277	830
MBR-klorlama	408	103	134	103	408
Doğrudan filtrasyon *	-	502	643	-	-
Bakım - Onarım					
Aktif Çamur-kum filtresi-klorlama	13,367	5,256	5,256	7,883	2,673
RBC –kum filtresi-klorlama	17,000	5,250	5,250	7,875	3,400
MBR-klorlama	32,438	10,106	10,106	13,772	1,622

SENARYOLAR / GİDERLER	Referans seviye: kanalizasyona deşarj				Referans seviye: alıcı ortama deşarj
	Senaryo 1	Senaryo 2	Senaryo 3	Senaryo 4	Senaryo 5 Karışık atıksu kazanım***
Doğrudan filtrasyon *	-	5,113	5,113	-	-
Nakliye Giderleri	-	-	-	1,652	-
Toplam İşletme giderleri					
Aktif Çamur-kum filtresi-klorlama	29,917	10,699	12,266	19,794	10,924
RBC –kum filtresi-klorlama	28,240	10,999	12,169	21,544	5,769
MBR-klorlama	55,500	20,065	22,460	30,346	5,831
Doğrudan filtrasyon *	-	9,168	10,425	-	-
Toplam arıtılan atıksu miktarı (m3/yıl) **	30,750	10,250	12,185	10,250	30,750
Birim maliyet (TL/m^3)					
Aktif Çamur-kum filtresi-klorlama	0.97	1.04	1.01	1.93	0.36
RBC –kum filtresi-klorlama	0.81	0.93	0.88	1.93	0.21
MBR-klorlama	1.80	1.96	1.84	2.96	0.19
Doğrudan filtrasyon *	-	1.28	1.18	-	-

* Doğrudan filtrasyon, ön klorlama, kum filtresi, aktif karbon filtre, ultrafiltrasyon ve klorlama proseslerini içermektedir.

** Doğrudan filtrasyon yönteminde geri kazanılan atıksu miktarı bu değerlerin %30 altındadır.

**Yeniden kullanım durumda ilave olarak yapılacak işletme giderleridir (alıcı ortama deşarj ile geri kazanım yapma durumu arasındaki fark alınarak hesaplanmıştır).

7.1.4 Faydalar

Turizmde atıksu yönetimi için farklı atıksu geri kazanımı ve yağmur suyu kullanımı senaryolarının finansal analizinin tamamlanması için tasarlanan senaryoların uygulanması durumunda elde edilecek kazançlar hesaplanmıştır. Kazançların hesaplanmasında öncelikle senaryoların uygulanması durumunda beklenen faydalar ortaya konulmuştur. Projenin beklenen faydaları şunlardır:

1. Atıksuyun yeniden kullanımı sonucunda şehir şebekesinden kullanılan suyun azalması ve bunun sonucunda oluşan tasarruf (tüm senaryolar) (eğer atıksu bedeli birim su fiyatına dahil değilse ve kullanılan su miktarına göre hesaplanıyorsa fayda olarak atıksu uzaklaştırma bedelinden elde edilecek kazancın da eklenmesi gerekmektedir. Ancak her iki pilot tesiste bu kapsam dışındadır. Pilot şehir otelinin olduğu İstanbul'da atıksu bedeli su bedelinin içinde alınmaktadır, dolayısıyla atıksu uzaklaştırma bedelinden yapılan tasarruf dolaylı olarak hesaba katılmış olmaktadır. Pilot sayfiye otelinin bulunduğu Manavgat bölgesinde ise atıksu bedeli su kullanım miktarından bağımsız olarak yatak başına alınmaktadır, bu nedenle atıksu geri kazanımı yapılması durumunda atıksu uzaklaştırma bedelinden tasarruf sağlanamamaktadır). Doğrudan filtrasyon yönteminde arıtma esnasında kayıplar söz konusudur, suyun yaklaşık %70'inin kazanılabileceği ön görülmüştür.
2. Sarı suyun gübre olarak satışından elde edilen gelir (senaryo 4)
3. Kahverengi suyun geri kazanımından kaynaklanan enerji tasarrufu (senaryo 4)

Her iki otel için de, bu üç bileşen dikkate alınarak atıksu geri kazanımının gerçekleştirileceği senaryolar için fayda hesapları yapılmıştır (**Tablo 60** ve**Tablo 61**). Sayfiye oteli örneğinde, en fazla atıksu geri kazanımı karışık evsel atıksuyun geri kazanıldığı 1. ve 5. senaryolarda gerçekleştiğinden, en büyük faydanın elde edildiği senaryolar da 1 ve 5 olmuştur. Şehir otelinde ise, gri, sarı ve kahverengi suyun arıtıldığı senaryo en fazla faydanın sağlandığı senaryo (senaryo 4) olmuştur. Bununla birlikte, bu senaryoda uygulamada karşılaşılacak örn. sarı suyun gübre olarak satışı vb. belirsizlikler mevcuttur. Şehir otelinde ise, sarı suyu geri kazanmanın maliyeti (nakliye maliyeti) faydasından daha büyük bulunmuştur. Bu nedenle, finansal analiz sonucuna göre özellikle nakliye maliyetinin yüksek olacağı şehir otellerinde sarı su geri kazanımı tercih edilmeyebilir.

Tablo 60 Şehir Oteli İçin Atıksu Geri Kazanımından Elde Edilecek Faydalar - TL

SENARYOLAR / FAYDALAR	Referans seviye: kanalizasyona deşarj				Referans seviye: alıcı ortama deşarj
	Senaryo 1	**Senaryo 2**	**Senaryo 3**	**Senaryo 4**	**Senaryo5*** **
Geri kazanılan su miktarı (m^3/yıl) *	20,740	26,770	27,014	26,770**	20,740
Birim su fiyatı (TL/m^3)	7.67	7.67	7.67	7.67	7.67
Su tasarrufundan elde edilen yıllık fayda (TL/yıl)	159,076	205,326	207,197	205,326	159,076
Geri kazanılan sarı su miktarı (m^3/gün)	-	-	-	0.7	-
Sarı su satış fiyatı (TL/m^3)	-	-	-	100	-
Sarı suyun satışından elde edilen yıllık fayda	-	-	-	25,550	-
Kahverengi su enerji geri kazanımı (Kwh/m^3)	-	-	-	8	-
Özel tuvaleterin kullanımı ile su kullanımında azalma (m^3/gün)	-	-	-	20	-
Kahverengi sudan elde edilen kazanç (TL/yıl)	-	-	-	16,702	-
Toplam fayda (TL/yıl)	159,076	205,326	207,197	247,578	159,076

* filtrasyon yönteminde arıtma esnasında kayıplar söz konusudur, suyun yaklaşık %70'inin kazanılabileceği ön görülmüştür. O nedenle, bu teknolojinin faydası %30 oranında azalmaktadır.

** Sarı su ayrımı için kullanılacak özel tuvalet rezervuar hacimlerinin küçük olmasına bağlı olarak tasarruf edilen su miktarı da bu başlık altında değerlendirilmiştir.

*** alıcı ortama deşarj eden tesisin karışık evsel atıksuyun geri kazanımı durumunda faydayı göstermektedir.

Tablo 61 Sayfiye Oteli İçin Atıksu Geri Kazanımından Elde Edilecek Faydalar - TL

SENARYOLAR / FAYDALAR	Referans seviye: kanalizasyona deşarj				Referans seviye: alıcı ortama deşarj
	Senaryo 1	**Senaryo 2**	**Senaryo 3**	**Senaryo 4**	**Senaryo 5******
Geri kazanılan su miktarı (m^3/yıl) *	30,750	10,250	12,185	10,250***	30,750
Birim su fiyatı (TL/m^3)	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2
Su tasarrufundan elde edilen yıllık fayda (TL/yıl)**	67,650	22,550	26,807	22,550	67,650
Geri kazanılan sarı su miktarı (m^3/gün)	-	-	-	0.55	-
Sarı su satış fiyatı (TL/m3)	-	-	-	100	-
Sarı suyun satışından elde edilen yıllık fayda (TL/yıl)	-	-	-	11,275	-
Kahverengi su enerji geri kazanımı (Kwh/m^3)	-	-	-	8	-
Özel tuvaleterin kullanımı ile su kullanımında azalma (m^3/gün)	-	-	-	15	-
Kahverengi sudan elde edilen kazanç (TL/yıl)	-	-	-	7,036	-
Toplam fayda (TL/yıl)	67,650	22,550	26,807	40,861	67,650

* filtrasyon yönteminde arıtma esnasında kayıplar söz konusudur, suyun yaklaşık %70'inin kazanılabileceği ön görülmüştür. O nedenle, bu teknolojinin faydası %30 oranında azalmaktadır.

** Sayfiye oteli yılda ortalama 205 gün hizmet vermektedir.

*** Sarı su ayrımı için kullanılacak özel tuvalet rezervuar hacimlerinin küçük olmasına bağlı olarak tasarruf edilen su miktarı da bu başlık altında değerlendirilmiştir.

**** alıcı ortama deşarj eden tesisin karışık evsel atıksuyun geri kazanımı durumunda faydayı göstermektedir.

7.1.5 Yağmur Suyu Hasadının Finansal Analizi

Şehir ve sayfiye otellerinde, yağmur suyunu toplayıp arıtmanın fayda ve maliyetleri ayrı olarak incelenmiştir. Şehir oteli için 2 durum göz önünde bulundurulmuş, tesisin sadece yaz aylarında çalıştırılıp yağmur suyunun sadece bahçe sulamasında kullanılması ile yaz-kış çalıştırılıp yağmur suyunun rezervuarlarda da kullanılması 2 ayrı alternatif olarak değerlendirilmiştir. Sayfiye otelinde ise, otel sadece sezon süresince açık olması sebebiyle yağmur suyunun sadece bahçe sulamasında kullanımı öngörülmüştür.

Yağmur suyu sistemi yatırım maliyetini, olukların depoya yönlendirilebilmesi için borulama, yaprak, dal gibi büyük parçaları tutmak için ızgara, toprak altı betonarme depo, kartuş filtre ve UV dezenfeksiyon oluşturmaktadır.

Bu yaklaşımlara ilişkin maliyet hesapları aşağıdaki tabloda (Tablo **62**) detaylı olarak verilmiştir. Tablodan anlaşılacağı üzere, yağmur suyu hasadı senaryolarından hiçbiri mali olarak yapılabilir değildir. Hem şehir otelinde, hem de sayfiye otelinde, yağmur suyunun yeniden kullanımı için öngörülen işletme giderleri, projenin sağlayacağı mali faydadan daha yüksektir. Yani su maliyetinden sağlanan tasarruf işletme giderlerini karşılamamaktadır.

Tablo 62. Yağmur suyu hasadının maliyet analizi

Maliyet Kalemleri	Şehir Oteli		Sayfiye Oteli
	Sadece yazın bahçe sulamada kullanım	Yazın bahçe sulama, kışın rezervuarda kullanım	Sadece bahçe sulamada kullanım
Hasat edilebilecek yağmur suyu, m^3/yıl	250	1.250	910
Yağmur suyu toplama, arıtma ve depolama İlk yatırım maliyeti, TL	70.000	70.000	80.000
Arıtılan suyun rezervuarlarda kullanımı için ilave borulama maliyeti, TL	-	164.670	-
Tesisin çalıştığı gün sayısı, gün/yıl	120	365	205
Yıllık İşletme Gideri, TL/yıl*	3.953	5.016	4.917
Su fiyatı, TL/m^3	7.67	7.67	2.2
Su maliyetinden tasarruf, TL/yıl	1.918	9.588	2.002
Net Bugünkü Değer**	-68.083	-181.021	-97.701
Geri Ödeme Süresi, yıl	-	51 yıl	-

* bir personelin yılda 18.000 TL brüt maaşla günde 0.5 saat çalışacağı varsayılmıştır, 1 kwH/m^3 elektrik sarfiyatı ve birim elektrik fiyatı 0.286 TL/kwH'dir, klorlama maliyetini ve bakım onarım maliyetini (ilk yatırım bedelinin %5'i) içermektedir.

** %10 iskonto oranıyla ve 15 yıllık analiz için.

7.1.6 Finansal Analizin Sonuçları ve Öneriler

Net bugünkü değer (NBD), yatırımın ekonomik ömrü boyunca sağladığı getirinin bugünkü değerinden yatırım giderlerinin bugünkü değerinin düşülmesi ile elde edilen farkı ifade eder. Bir diğer deyişle, net bugünkü değer; yatırımın nakit girişlerinin bugünkü değeri ile nakit çıkışlarının bugünkü değeri arasındaki farka eşittir.

Bugünkü değer, sermaye maliyetini gösteren belli bir iskonto üzerinden hesaplanır. Bu yatırım için iskonto oranı %10 olarak varsayılmıştır.

NBD, bir yatırımın veya projenin karlılığını analiz etmeye yarayan bir ölçüttür. NBD pozitif ise yapılması düşünülen yatırım karlı demektir, yani yatırımın sağlayacağı getirinin yatırım için katlanılan sermaye maliyetinden yüksek olduğu anlaşılır.

İç getiri oranı veya iç karlılık oranı ise, yatırım projelerini karşılaştırmak için kullanılan bir orandır. İç karlılık oranı, bir yatırım projesinin net bugünkü değerini sıfıra eşitleyen diğer bir değişle nakit girişlerinin bugünkü değerini nakit çıkışlarının bugünkü değerine eşitleyen iskonto oranı olarak tanımlanır. İKO, sermaye maliyeti ile karşılaştırılır ve bunun sonucunda projenin kabulüne veya reddine karar verilir. Sermaye maliyeti (iskonto oranı) %10 olarak kabul edildiğinden, karlılığı %10'un üzerinde olan senaryoların yapılabilir olduğu söylenebilir.

Geri ödeme süresi, bir yatırım projesi için yatırılan paranın kaç yılda geri alınabildiğini gösteren süredir. Bir diğer ifade ile yatırımın sağlayacağı net para girişlerinin yatırım tutarını karşılayabilmesi için geçmesi geren süredir.

Eğer yatırımdan beklenen yıllık net gelir, her yıl değişiklik gösteriyorsa her yılki net nakit girişi yatırımın tutarına eşit oluncaya kadar toplanır. Aynı miktarda getiri sağlayan projelerden, geri ödeme süresi daha kısa olan proje, yatırım açısından daha tercih edilen yatırımdır.

Yukarıda sunulmuş olan veriler ve hesaplamalar ışığında, her bir senaryo için Net Bugünkü Değer, İç Getiri Oranı ve Geri Ödeme süreleri şehir ve sayfiye oteli için hesaplanmış ve aşağıda sırasıyla **Tablo 63** ve **Tablo 64**'te sunulmuştur. Burada rölatif değer, geri ödeme süresi açısından, senaryoların birbirine göre kıyaslamasını göstermektedir. Her bir senaryonun, teknolojiler bazında birbiri ile kıyaslaması ise yine rölatif değer olarak **Tablo 65**'de gösterilmiştir. Buna göre, tablolardan da anlaşılacağı üzere, şehir oteli için atıksu geri kazanımı senaryolarının neredeyse tamamı (MBR teknolojisinde senaryo 4 hariç) mali açıdan yapılabilirdir. Karlılık açısından, farklı senaryolar için farklı teknoloji alternatifleri ön plana çıkmıştır. Senaryo 1 ve 4'de aktif çamur teknolojisi en karlı seçenekken, Senaryo 2 ve 3'te ise RBC karlı olmaktadır. Ancak, sayfiye otelinde yalnızca Senaryo 1, aktif çamur ya da RBC teknolojilerinden birinin kullanılması durumunda, mali açıdan karlıdır. Bunun nedeni ise, 1. Senaryoda geri kazanılan su miktarının fazla olması ve su tasarrufundan elde edilen faydanın

yüksekliğidir. Şehir otelinde ise, su fiyatının sayfiye oteline göre neredeyse 4 kat fazla olması, tüm senaryoları karlı hale getirmektedir.

Sayfiye otelinde Senaryo 2, 3 ve 4 karlı olmasa da, çevreci ve turizm sektörüne yönelik otel sertifikasyon gereklilikleri nedeniyle ya da bir sosyal sorumluluk projesi olarak, bu senaryolardan birinin uygulanması durumunda, projelerin yıllık faydalarının işletme maliyetlerini karşılar düzeyde olduğu belirtilmelidir. Yani, ilk yatırım maliyeti bir kez karşılandığında, işletme dönemi boyunca bu senaryolar da kendilerini finanse etmektedirler.

Kanalizasyon hattının bulunmadığı ve alıcı ortama deşarj etmek durumunda olan turizm tesislerinin durumunu temsilen oluşturulan Senaryo 5 değerlendirildiğinde ise zaten alıcı ortama deşarj için arıtma yapmak zorunda olan bu tesislerin ilave olarak inşaa edilecek arıtma üniteleri ile düşük maliyetlerle aıtksu geri kazanımı yapmasının mümkün olduğu görülmektedir. Bir başka ifadeyle, her iki pilot otel, kanalizasyon bulunmayan bir bölgede olsalar ve arıtma yaptıktan sonra alıcı ortama deşarj ediyor olsalardı, geri kazanım için ilave yapacakları yatırımın (filtrasyon ve dezenfeksiyon) geri ödeme süreleri oldukça düşük (sayfiye oteli için 1 yıldan kısa, şehir oteli için ise tüm teknolojilerde 1 yılın biraz üzerinde) olacaktı.

Finansal analiz çalışması sonucuna göre, hemen hemen tüm senaryolar için ekonomik olarak en avantajlı seçenek karışık evsel atıksuyu geri kazanmak ve sulama amaçlı olarak kullanmak olmuştur. Bunun yanında, yine ekonomik olarak en avantajlı teknoloji, konvansiyonel teknoloji olan aktif çamur prosesi sonrasında kum filtrasyonu ve klorlama ile dezenfeksiyondur. Ancak otellerle gerçekleştirilen görüşmelerde, bir çevre yatırımı kararı verirken sadece finansal analizin sonucunun değil, aynı zamanda uygulamanın misafirlere rahatsızlık verip vermeyeceği, uygulamanın güvenilirliği, performansın salınım göstermemesi gibi çeşitli parametrelerin de değerlendirme kriterleri arasında yer aldığı görülmüştür. Bu nedenle, turizm sektörü için uygun geri kazanım yöntemi ve teknolojisi önerilmeden önce, alternatifler, teknik, çevresel ve sosyal kriterler açısından

karşılaştırılmış, bu kriterlerin de dahil edilmesi durumunda öncelik sırası belirlenmiştir (Bölüm 8.1).

Tablo 63 Şehir Oteli İçin Atıksu Geri Kazanımının Karlılığı

	Senaryo 1	Senaryo 2	Senaryo 3	Senaryo 4	Senaryo 5*
Aktif Çamur					
Net Bugünkü Değer	774.817	1.020.827	996.757	109.737	2.000.122
İç Getiri Oranı	%111	%76	%68	%12	-
Geri Ödeme Süresi (yıl)	2,1	2,3	2,5	7,7	3 ay
Rölatif Değer	0,9	1	1,1	3,4	0,1
RBC					
Net Bugünkü Değer	724.164	1.019.767	998.847	80.512	2.008.456
İç Getiri Oranı	70%	72%	66%	11%	-
Geri Ödeme Süresi (yıl)	2,6	2,4	2,5	7,8	3 ay
Rölatif Değer	1,1	1	1,04	3,3	0,1
MBR					
Net Bugünkü Değer	270.955	778.542	754.065	-165.975	2.047.968
İç Getiri Oranı	%20	%44	%41	%7	-
Geri Ödeme Süresi (yıl)	6,1	3,2	3,4	9,4	2 ay
Rölatif Değer	1,9	1	1,06	2,9	0,04
Doğrudan Filtrasyon**					
Net Bugünkü Değer		650.917	697.800		
İç Getiri Oranı		%47	%48		
Geri Ödeme Süresi (yıl)		3,1	3,1		

* Alıcı ortama deşarj eden tesisin karışık evsel atıksuyu geri kazanımı durumunda atıksu geri kazanımının karlılığını göstermektedir.

** Doğrudan filtrasyon, ön klorlama, kum filtresi, aktif karbon filtre, ultrafiltrasyon-klorlama proseslerini içermektedir.

Tablo 64 Sayfiye Oteli İçin Atıksu Geri Kazanımının Karlılığı

	Senaryo 1	Senaryo 2	Senaryo 3	Senaryo 4	Senaryo5*
Aktif Çamur					
Net Bugünkü Değer	25,500	-71,111	-73,380	-598,976	371,892
İçsel Getiri Oranı	%12	%-1	%1	%-12	%841
Geri Ödeme Süresi (yıl)	7.4	14.6	11.9	39	13 ay
Rölatif değer	0,6	1,2	1	3,3	0,1
RBC					
Net Bugünkü Değer	-3,835	-62,027	-61,286	-598,775	392,782
İçsel Getiri Oranı	%10	%1	%2	%-12	%366
Geri Ödeme Süresi (yıl)	8.2	13.3	10.7	39	1.3
Rölatif değer	0,8	1,2	1	3,6	0,1
MBR					
Net Bugünkü Değer	-529,186	-267,838	-242,498	-790,439	430,481
İçsel Getiri Oranı	-%19	-	-%20	-%20	-
Geri Ödeme Süresi (yıl)	54	109	62	90	8 ay
Rölatif değer	0,9	1,8	1	1,5	0,01
Doğrudan Filtrasyon**					
Net Bugünkü Değer		-132,081	-137,133		
İçsel Getiri Oranı		-%15	-%11		
Geri Ödeme Süresi (yıl)		26	19		
Rölatif değer		1,4	1		

* Alıcı ortama deşarj eden tesisin karışık evsel atıksuyu geri kazanımı durumunda atıksu geri kazanımının karlılığını göstermektedir.

** Doğrudan filtrasyon, ön klorlama, kum filtresi, aktif karbon filtre, ultrafiltrasyon-klorlama proseslerini içermektedir.

Tablo 65 Pilot Turizm tesislerinde Atıksu Geri Kazanımının Karlılığının Karşılaştırılması

	Senaryo 1	Senaryo 2	Senaryo 3	Senaryo 4	Senaryo5*
Şehir oteli					
Aktif Çamur	0,8	0,95	1	1	1
RBC	1	1	1	1	1
MBR	2,3	1,3	1,4	1,2	0,7
Doğrudan filtrasyon**	-	1,3	1,2	-	-
Sayfiye oteli					
Aktif Çamur	0,9	1,1	1,1	1	0,8
RBC	1	1	1	1	1
MBR	6,6	8,2	5,8	2,3	0,5
Doğrudan filtrasyon**	-	2,0	1,8	-	-

* Alıcı ortama deşarj eden tesisin karışık evsel atıksuyu geri kazanımı durumunda atıksu geri kazanımının karlılığını göstermektedir.

** Doğrudan filtrasyon, ön klorlama, kum filtresi, aktif karbon filtre, ultrafiltrasyon-klorlama proseslerini içermektedir.

Su ve atıksu tarifeleri ile ilgili öneriler

Projede incelenen sayfiye otellerinde, atıksu bedeli tesislerin ürettikleri atıksu miktarına göre değil yatak sayılarına göre ücretlendirilmektedir. Bu da, otellerin atıksularını azaltmaları konusunda herhangi bir motivasyon sağlamamaktadır. Tesisler, atıksularını arıtıp tekrar kullansalar da, tahakkuk eden atıksu bedeli aynı kalmaktadır.

Bu nedenle önerimiz, atıksu uzaklaştırma ve arıtma maliyetinin su tarifesine ilave edilmesiyle yeniden hazırlanmasıdır. Bu şekilde, atıksuyun arıtılarak tekrar kullanılması suretiyle şebekeden daha az su almak, tesisler için daha cazip olacak ve atıksuyun yeniden kullanımı konusunda teşvik edici bir unsur teşkil edecektir.

7.1.7 Hassasiyet Analizi ve Kritik Değişkenler

Genel bir kriter olarak, varsayılan değişkenler için değerlerin %1 oranında değiştirilmesi durumunda, NBD değeri %1'den az olmamak kaydı ile değişiyorsa, o değişkenler kritik değişken olarak belirlenir. Bu çalışmada dikkate alınan parametreler (risk faktörleri) aşağıda verilmiştir:

- Yatırım giderleri;
- Personel giderleri;
- Elektrik giderleri;
- Kimyasal giderleri;
- Arıtılan su miktarı;
- Birim su fiyatı

Bu değişkenlerle yapılan hassasiyet analizinin sonuçları şehir ve sayfiye otelleri için ayrı ayrı, aşağıdaki tablolarda (Tablo 66 ve Tablo 67) sunulmuştur. Buna göre, şehir oteli için, arıtılan su miktarı ve su fiyatı kritik parametrelerdir. Aktif çamur teknolojisinde, arıtılan suyun her iki senaryoda da %32'si seviyesine düşmesi durumunda, net bugünkü değer negatife dönüşmekte ve proje karlı olmamaktadır. MBR teknolojisinin kullanılması durumunda, Senaryo 1'de de yatırım gideri de kritik parametre olarak görünmektedir. Yatırım giderinin %33 artması durumunda proje karlılığını kaybetmektedir. Senaryo 2'de ise yatırım giderinin %130 artması durumunda proje karlı olmaktan çıkmaktadır. Senaryo 1'de arıtılan suyun %75'ine, Senaryo 2'de ise %45'ine inmesi durumunda proje karlılığını kaybetmektedir.

Tablo 66. Şehir oteli için hassasiyet analizi sonuçları

	Aktif çamur-kum filtrasyonu ve klorlama		MBR ve klorlama	
	Senaryo 1	**Senaryo 2**	**Senaryo 1**	**Senaryo 2**
Yatırım giderlerinde artış	-%0.4	-%0.4	-%3.0	-%0.8
Personel giderlerinde artış	-%0.0	-%0.0	-%0.1	-%0.0
Elektrik giderlerinde artış	-%0.1	-%0.1	-0.3%	-0.2%
Kimyasal giderlerinde artış	-%0.0	-%0.0	-0.0%	-0.0%
Arıtılan su miktarında azalma	-%1.5	-%1.5	-%4.2	-%1.8
Birim su fiyatında artış	%1.6	%1.5	%4.5	%2.0

Sayfiye otelinde ise, aktif çamur teknolojisi kullanılması durumunda, yatırım giderleri, arıtılan su miktarı, birim su fiyatı ve ilaveten Senaryo 1 için elektrik gideri kritik parametrelerdir. Aktif çamur teknolojisinde, senaryo 1'de yatırım giderinin %15 artması durumunda proje karlılığını yitirmektedir. Arıtılan suyun %5 azalması halinde de yine proje karlı olmamaktadır (hatırlanacağı üzere, aktif çamur alternatifinin kullanıldığı durumda Senaryo 2 zaten karlı değildir, MBR teknolojisi ise hiçbir senaryoda karlı çıkmamıştır). Bu durumda, Sayfiye otelinde, sadece yatırım gideri kritik parametredir. Ayrıca, tüm parametreler proje karlılığı üzerinde negatif etkiye sahipken (örneğin arıtılan suyun azalması karlılığı da azaltır), su fiyatındaki artış, karlılığı artıran bir faktördür. Çünkü şebekeden alınacak suyun fiyatı, alternatif bir maliyet olarak görülmekte ve karlılık analizinde fayda olarak hesaba katılmaktadır. Kimi senaryoların sayfiye otelinde karlı olmayıp şehir otelinde karlı çıkmasının temel nedeni de şehir oteli için su fiyatının çok daha yüksek olmasıdır.

Öneriler kısmında da belirtildiği gibi, özellikle sayfiye otellerinde yatak başına alınan atıksu bedellerinin su fiyatına ilave edilerek tahakkuk ettirilmesi, atıksu geri kazanımı ve kullanımı açısından çok daha teşvik edici olacaktır. Zira, su fiyatı, yapılacak yatırımların karlı olup olmayacağını belirleyen önemli bir parametredir.

Tablo 67. Sayfiye oteli için hassasiyet analizi sonuçları

	Aktif çamur-kum filtrasyonu ve klorlama		**MBR ve klorlama**	
	Senaryo 1	**Senaryo 2**	**Senaryo 1**	Senaryo 2
Yatırım giderlerinde artış	-%14.2	-%2.8	-%1.6	-%1.4
Personel giderlerinde artış	-%0.8	-%0.3	-%0.0	-%0.1
Elektrik giderlerinde artış	-%3.9	-%0.3	-%0.3	-%0.2
Kimyasal giderlerinde artış	-%0.3	-%0.0	-%0.0	-%0.0
Arıtılan su miktarında azalma	-%16.0	-%2.1	-%0.7	-%0.5
Birim su fiyatında artış	%20.2	%2.4	%0.96	%0.7

7.1.8 Turizm Tesislerinde Atıksu Geri Kazanımı Modeli

Proje kapsamında turizm tesislerinin atıksu geri kazanım alternatiflerini, kendi tesisleri için karşılaştırabilmesi amacıyla bir model hazırlanmıştır. Modelde, turizm tesisinin su kullanımı ve atıksu oluşum verileri, geri kazanım alternatifleri ve her bir alternatif için geri kazanılabilecek atıksu miktarı, geri kazanılacak atıksuyun potansiyel kullanım alanı, potansiyel ihtiyaç miktarı (örn. yeşil alan büyüklüğüne bağlı olarak sulama ihtiyacı, rezervuarda su ihtiyacı) gibi parametreler otelin girdiği bilgilere göre hesaplanabilmektedir. Turizm tesislerinin, oda sayısı, yıllık kalan misafir sayısı, sulama yapılan yeşil alan büyüklüğü, su ve atıksu bedeli, çalışılan gün sayısı gibi bilgileri girmesi istenmekte ve buna bağlı olarak hesaplar yapılmaktadır. Program ile aynı zamanda yaklaşık yatırım ve işletme maliyetleri ile geri ödeme süresi de hesaplanabilmektedir. Bunun için birim arıtma maliyetleri fonksiyonları hazırlanmıştır (maliyet eğrilerinin oluşturulabilmesi için aynı kapasitede ticari tesislerin yatırım maliyetleri bilgileri toplanmış ve birim maliyetler hesaplanarak, birim maliyete karşı yatırım maliyetleri çizilerek fonksiyon çıkartılmıştır). Program projenin web sitesinde yer alacak ve herkesin kullanımına açık olacaktır. Programla ilgili bilgiler daha sonra detaylı olarak sunulacaktır.

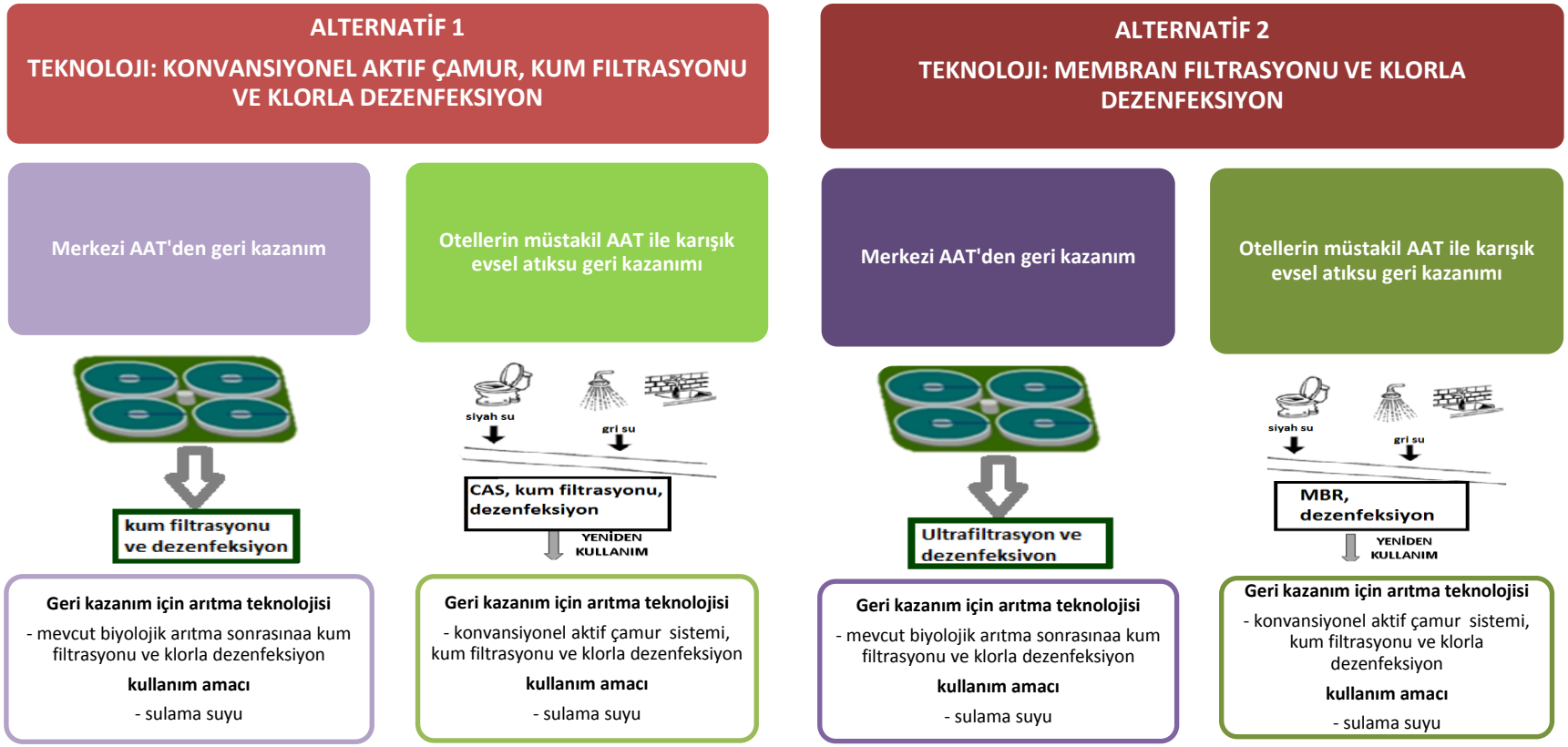
7.2 Ekonomik Analiz

Ekonomik analizin mantığı finansal analizden farklıdır. Finansal analiz, yalnızca projenin sahibi açısından oluşan maliyet ve faydaları göz önünde bulundururken, ekonomik analiz bütün toplum adına yürütülür ve tüm maliyetler ve faydalar genel ekonomi bakış açısından incelenir. Bu anlamda, ekonomik analiz projenin ekonomik refah üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesi demektir.

Bu analiz yönteminde, sadece mali değerler değil, çevresel, sosyal vb. dışsallıklar (dışsal faydalar ve maliyetler) da mümkün olduğu ölçüde hesaba dahil edilir. Bu anlamda, atıksuyun arıtılıp yeniden kullanılmasının yaratacağı olumlu ve olumsuz etkilerin tümü dikkate alınmalıdır. Örneğin, atıksuların yeniden kullanımdan kaynaklanan muhtemel olumsuzluklar (sağlık etkileri veya müşteri memnuniyetsizliği) ile çevresel faydalar (su tasarrufu, deniz kirliliğinin önlenmesi vb) parasallaştırılabildikleri ölçüde ekonomik fayda-maliyet analizine dahil edilmelidir. Bunun sonucunda, proje topluma net bir fayda sağlamalı, diğer bir deyişle yatırımın ekonomik net bugünkü değeri sıfırdan büyük olmalıdır (ENBD > 0). Ancak, olası tüm fayda ve maliyetlerin parasal karşılıklarının hesaplanması oldukça kapsamlı bir çalışmanın konusudur ve bu proje kapsamında ele alınması mümkün değildir.

Bu çalışmada, proje açısından pratikte faydalı olacağı düşünülen farklı bir yaklaşım kullanılmış, merkezi arıtma tesisinde arıtılmış suların otellere iletilmesi ile otellerinde müstakil olarak yerinde geri kazanım yapmaları karşılaştırılmıştır. Bunun için, halihazırda atıksu geri kazanımı yapılan ve otellere iletilen Beldibi AAT'si örnek olarak alınmış (Beldibi arıtma tesisine ve maliyetlerine ilişkin genel bilgiler aşağıda Bölüm 7.2.1'de verilmiştir) ve bu tesise ait bilgiler kullanılarak çeşitli projeksiyonlar yapılmış, sağlanacak su tasarrufu ve maliyetler açısından karşılaştırılmıştır. Temelde 2 farklı arıtma teknolojisi kullanılarak, otellerin müstakil arıtma sistemleri kurup kendi atıksularını bahçe sulamasında kullanmaları durumu ile tüm atıksuların merkezi bir arıtma tesisinde arıtılıp otellerin kullanımına verilmesi durumu kıyaslanmaış ve ekonomik açıdan hangi seçeneğin tercih edilmesi gerektiği incelenmiştir. Karşılaştırılan alternatifler (Şekil 102);

- mevcut merkezi atıksu arıtma tesisi çıkış suyunun kum filtresi ve dezenfeksiyon yapıldıktan sonra otellere dağıtılması (mevcut uygulamaya çok yakındır ancak bazı turistik tesislerin yeniden kullanımdan kaçındığı belirtilmektedir) ile otellerin benzeri teknolojiyle (konvansiyonel aktif çamur sistemi, kum filtrasyonu ve dezenfeksiyon) atıksu geri kazanımı yapması (her iki durumda da sadece peyzaj sulama ön görülmüştür),
- arıtılmış su kullanımının arttırılabilmesi ve güvenli su sağlanması açısından mevcut merkezi atıksu arıtma tesisi çıkış suyunun ultrafiltrasyon prosesi ve dezenfeksiyondan geçirilmesi ve otellere dağıtılması ile otellerin MBR teknolojisi ve dezenfeksiyon sonrasında atıksu geri kazanımı yapması (her iki durumda da sadece peyzaj sulama ön görülmüştür).



Şekil 102. Ekonomik analiz senaryoları

7.2.1 Merkezi Atıksu Geri Kazanımının Değerlendirilmesi - Antalya Beldibi AAT Örneği

Antalya Beldibi AAT, 22.800 m^3/gün arıtma kapasitesi ile projelendirilmiş bir tesistir. Tesis, 1. etap debisi 7580,8 m^3/gün, 2. etap debisi 15.186,8 m^3/gün, toplam proje debisi ise 22.787 m^3/gün olarak, 8.431,3 kg.BOI_5/gün kirlilik yükü ile 78.183 eşdeğer nüfusa hizmet etmek üzere tasarlanmıştır. AAT'de son üç yılda arıtılan atıksu miktarı, 2011 yılında 2.604.626 m^3/yıl, 2012 yılında 2.850.000 m^3/yıl, 2013 yılında 2.930.000 m^3/yıl olarak kaydedilmiştir.

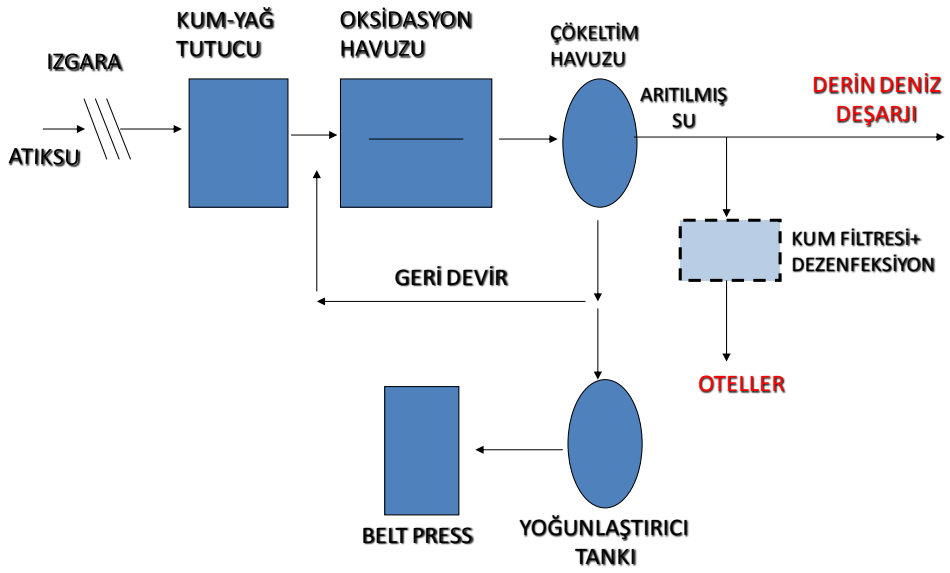
Arıtma tesisi otellerin yoğun olduğu bir bölgededir. 2013 yılında tesise gelen atıksuyun dağılımı incelendiğinde; turistik tesislerden 1.283.753 m^3/yıl, otel kuyu sularından 1.196.865 m^3/yıl, şantiyelerden ise 35.971 m^3/yıl atıksu geldiği görülmektedir. Buna ilave olarak arıtma tesisi yaklaşık 3.000 ila 5.000 kişi nüfusa sahip konutlardan/ikincil konutlardan gelen atıksuları arıtmaktadır. Arıtma tesisine bağlı otellerin büyüklüklerine göre sayıları Tablo 68'de verilmektedir.

Tablo 68 Antalya Beldibi AAT'ye bağlı oteller ve yatak kapasiteleri

Yatak sayısı	Adet otel
2500-1000	4
1000-850	2
850-700	4
700-500	4
500-300	6
300-100	10
100-10	25

Atıksu arıtma tesisi teknolojisi uzun havalandırmalı aktif çamur sistemidir. Beldibi Atıksu Arıtma Tesisi, iki etaptan oluşmuştur. 1. etap üç adet oksidasyon havuzu ve üç adet son çökeltme havuzundan oluşmaktadır. 2. etap dört adet oksidasyon havuzu ve dört adet son çökeltme havuzundan oluşmaktadır. AAT akım şeması Şekil 103'de görülmektedir.

1. etap oksidasyon havuzlarında havalandırma yüzeysel olarak yapılmaktadır. 2. etap oksidasyon havuzlarında ise havalandırma tabandan diffüzörler ile yapılmaktadır. Her iki etapta kendi içinde geri devir yapmakta olup birbirleriyle bağlantılıdır. Arıtılmış atıksular 1708 m mesafeden ve -40 m derinliğe deşarj edilmektedir.



Şekil 103. Antalya Beldibi AAT Akım Şeması

Arıtılmış Suyun Yeniden Kullanımı: Arıtılmış suyun tesislerde yeniden kullanımı için Beldibi bölgesinde yaklaşık 3 km'lik bir hat inşaa edilmiştir. Arıtılmış su, 500 mm'lik ana kolektör hattından 100 mm'lik borularla otellere iletilmektedir. Söz konusu borular ile kıyıda bulunan yaklaşık 12 adet büyük ve orta büyüklükteki otele, bedelsiz olarak arıtılmış su verilebilmektedir. Genel uygulama şu şekildedir; oteller arıtılmış suları kendilerine ait depolara aktarmakta ve ihtiyaca göre peyzaj sulama amacıyla kullanmaktadırlar. Bu çerçevede, toplam atıksuyun yaklaşık %5'inin yeniden kullanıldığı tahmin edilmektedir. Ancak hat döşeli olduğu halde halihazırda sulamada kuyu suyu veya şebeke suyu kullanmaya devam eden oteller mevcuttur (yaklaşık 12 adet küçük otel).

Beldibi Atıksu Arıtma Tesisi Maliyet Bilgileri: Arıtma tesisin bugünkü şartlarda yaklaşık yatırım maliyeti 10 milyon TL civarındadır. Benzer şekilde, otellere iletilmek için inşaa edilen 3 km'lik hattın bugünkü şartlarda maliyeti yaklaşık 1 milyon TL civarındadır. AAT'nin 2013 yılı yaklaşık işletme maliyetleri Tablo 69'de verilmiştir.

Tablo 69 Antalya Beldibi AAT işletme giderleri

Maliyet Kalemleri	Tutar, TL/yıl
Personel giderleri	300.000 TL/yıl
Elektrik giderleri	455.000 TL/yıl
Bakım-onarım giderleri	18.500 TL/yıl
Kimyasal Giderleri	40.000 TL/yıl
Çamur taşıma ve bertarafı	450.000 TL/yıl
Diğer giderler	5.000 TL/yıl

7.2.2 Ekonomik Analiz Sonuçları ve Öneriler

Beldibi bölgesinde bulunan, halihazırda merkezi arıtma tesisine yakın durumda olan büyük ve orta büyüklükte 12 otelin, müstakil geri kazanım ve merkezi arıtma tesisinden geri kazanım yapılması durumu karşılaştırılmıştır. Ekonomik analiz hesaplarında kullanılan kabuller ve yaklaşım aşağıda özetlenmiştir:

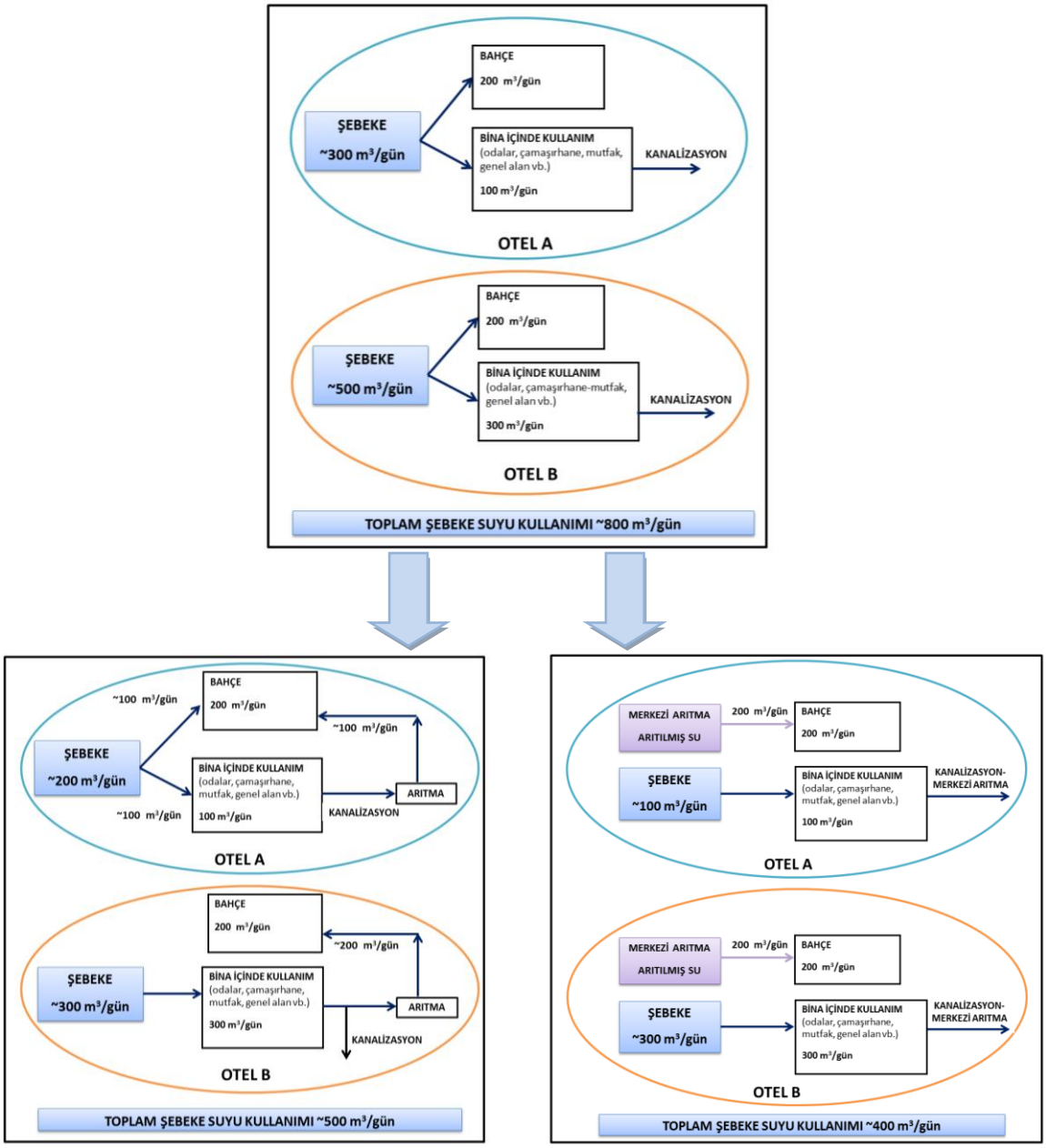
1. Beldibinde mevcut arıtılmış su dağırım boru hattı ile, arıtılmış sularının toplam 24 otele dağıtılabilmesi mümkündür. Ancak küçük otellerin müstakil geri kazanım yapması ekonomik olarak anlamsız olacağı için sadece büyük ölçekli 12 otelin müstakil ve merkezi geri kazanım yapma durumları karşılaştırılmıştır. Bunun için, Beldibi'nde halihazırda belediyenin atıksuyunu alıp yeşil alan sulamasında kullanan 12 otelin yeşil alan ve yatak sayılarına dair bilgiler toplanmıştır.

2. Yeşil alan için gerekli sulama suyu miktarı hesaplanırken bölge özellikleri dikkate alınarak 4.87 mm/m^2-gün birim sulama miktarı kabul edilmiş ve ortalama 210 gün boyunca sulama yapacakları ön görülmüştür.
3. Misafir başına oluşan atıksu miktarı 285 L/kişi/gün olarak kabul edilmiştir (bina içinde misafir başına su kullanımı 300 L/kişi/gün olarak ön görülmüş, atıksuya dönüşüm esnasında %5 kayıp-buharlaşma vb. alınmıştır).
4. Otellerin ortalama doluluk oranları %70 olarak alınmıştır.
5. Beldibi Bölgesinde otellerin yaz sezonu süresince hizmet verdikleri kabul edilmiştir (ortlama 210 gün).
6. Otellerin arıtma kapasiteleri hesaplanırken, yalnızca geri kazanılacak su ihtiyacı kadar yani yeşil alan (peyzaj) sulamasınca kullanacakları kadar atıksu arıtacakları düşünülmüştür.
7. Otellerin kendi atıksularını arıtarak elde ettikleri atıksu miktarının yeşil alan sulamasına yetmediği durumlarda, ilave suyu şebekeden ücretli olarak temin edecekleri varsayılmıştır. Suyun birim fiyatı 1.72 TL/m^3'tür.
8. Bu verilerin ışığında, otellerin sulamada kullandıkları suyu ne kadara malettikleri hesaplanmıştır. Bu hesapta, arıtmanın işletme ve yatırım maliyeti gider olarak kabul edilmiş, otelin arıtmadan elde ederek sulamada kullandığı su miktarının birim su fiyatıyla çarpımı ile otelin ne kadar fayda sağladığı hesaplanmıştır.

Mevcut biyolojik arıtma tesisi sonrasında uygulanacak kum filtresi ve dezenfeksiyon ile ultrafiltrasyon-dezenfeksiyon teknolojisi için, otellerde üretilecek atıksu miktarı, sulamada kullanılacak miktarlar, arıtma tesislerinin yatırım ve işletme maliyetleri ile otellerin sulama suyu için yapacakları harcamaların detayları Tablo **70** ve Tablo **71**'de sunulmuştur.

Arıtma tesisine yakın konumda olan 12 otelin toplam yatak sayısı 17.462, yaklaşık olarak sulanan yeşil alan büyüklüğü 576.650 m^2, tahmin edilen toplam sulama suyu miktarı yaklaşık olarak yıllık 590.000 m^3'tür. Müstakil atıksu geri kazanımı yapılması durumunda geri kazanılacak atıksu miktarı yıllık 359.000 m^3 civarında olacaktır. Bu durumda, peyzaj sulama yapmak için şebekeden hala yıllık 231.000 m^3 civarında temiz su alınması

gerekmektedir. Merkezi atıksu geri kazanımı yapıldığı durumda ise yıllık 590.000 m^3 suyun tamamının arıtılmış sudan sağlanması söz konusudur. Bunun sebebi, merkezi atıksu geri kazanımında arz ve talebin dengeleniyor olmasıdır. Şekil 104'te 2 otel için bu durum şematik olarak gösterilmiştir. Örneğin yeşil alanı büyük, ancak yatak sayısı dolayısıyla potansiyel olarak peyzaj sulamada kullanılabilecek suyu az olan bir otelin ihtiyacı, tam tersi durumda olan yani potansiyel olarak kullanılabilecek suyu fazla ancak kullanılabilir alanın küçük olduğu otelin atıksuyu ile dengelenmektedir. Bir başka ifade ile, müstakil geri kazanım yapılması durumunda kullanılamayan atıksular, merkezi geri kazanımda ihtiyacı yüksek olan otelin ihtiyacını karşılayabilmektedir. Ekonomik analizin yapıldığı Beldibi örneğini değerlendirirsek, su kaynağının korunması açısından merkezi geri kazanımda, müstakil geri kazanıma yaklaşık %64 daha fazla su tasarrufu sağlanabilmektedir. Merkezi atıksu geri kazanımının bir diğer avantajı birim maliyetlerin çok daha düşük olmasıdır (Tablo **73**). Bunun yanında sistemin kontrolü, işletmenin daha profesyonel olarak yapılabilmesi de merkezi geri kazanımın avantajları arasındadır.



a) Müstakil atıksu geri kazanımı b) Merkezi atıksu geri kazanmı

Şekil 104. Müstakil ve merkezi atıksu geri kazanımının su kaynaklarının korunması açısından karşılaştırılması

Tablo 70. Otellerin konvansiyonel teknoloji (aktif çamur, kum filtrasyonu ve klorlama) ile müstakil arıtma kurma durumu

	Tüm oteller	Otel 1	Otel 2	Otel 3	Otel 4	Otel 5
Yeşil alan, m^2	576,650	45,000	60,000	18,000	24,000	250,000
Sulama suyu miktarı, m^3/gün	2,808	219	292	88	117	1218
Toplam yıllık sulanan gün sayısı	210	210	210	210	210	210
Toplam yıllık sulama suyu ihtiyacı, m^3/yıl	589,740	46,022	61,362	18,409	24,545	255,675
Yatak sayıları	17,462	748	1183	1095	620	2618
Misafir başına evsel atıksu, L/kişi/gün		285	285	285	285	285
Doluluk oranı, %		70%	70%	70%	70%	70%
Evsel atıksu miktarı, m^3/gün	1,988	149	236	218	124	522
Geri kazanılacak atıksu, m^3/gün	1,709	149	236	88	117	522
AAT kapasitesi, m^3/gün		197	312	116	155	691
Şebekeden alınan su miktarı, m^3/gün	1,099	70	56	0	0	695
Şebekeden alınan su maliyeti, TL/m^3		1.72	1.72	1.72	1.72	1.72
Şebekeden alınan suyun yıllık maliyeti, TL	396,960	25,257	20,296	0	0	251,109
Yatırım Maliyeti, TL	2,920,993	264,510	381,688	172,825	217,550	720,603
İşletme maliyeti, TL/yıl	455,189	41,011	53,261	30,774	35,861	85,918
Yıllık yeşil alan sulama maliyeti (temiz su bedeli dahil), TL/yıl	1,046,882	83,902	99,003	42,295	50,365	385,068
Sağlanan fayda, TL/yıl	617,392	53,900	85,246	31,663	42,217	188,652

Tablo 70. Otellerin konvansiyonel teknoloji (aktif çamur, kum filtrasyonu ve klorlama) ile müstakil arıtma kurma durumu (devamı)

	Otel 6	Otel 7	Otel 8	Otel 9	Otel 10	Otel 11	Otel 12
Yeşil alan, m^2	40,000	55,000	13,000	18,400	20,000	8,250	25,000
Sulama suyu miktarı, m^3/gün	195	268	63	90	97	40	122
Toplam yıllık sulanan gün sayısı	210	210	210	210	210	210	210
Toplam yıllık sulama suyu ihtiyacı, m^3/yıl	40,908	56,249	13,295	18,818	20,454	8,437	25,568
Yatak sayıları	574	805	420	368	1094	165	276
Misafir başına evsel atıksu, L/kişi/gün	285	285	285	285	285	285	285
Doluluk oranı, %	70%	70%	70%	70%	70%	70%	70%
Evsel atıksu miktarı, m^3/gün	115	161	84	73	218	33	55
Geri kazanılacak atıksu, m^3/gün	115	161	63	73	97	33	55
AAT kapasitesi, m^3/gün	151	212	84	97	129	44	73
Şebekeden alınan su miktarı, m^3/gün	80	107	0	16	0	7	67
Şebekeden alınan su maliyeti, TL/m^3	1.72	1.72	1.72	1.72	1.72	1.72	1.72
Şebekeden alınan suyun yıllık maliyeti, TL	29,000	38,740	0	5,849	0	2,622	24,088
Yatırım Maliyeti, TL	214,018	280,516	133,212	149,968	188,024	78,942	119,137
İşletme maliyeti, TL/yıl	35,467	42,730	26,067	28,085	32,526	19,152	24,336
Yıllık yeşil alan sulama maliyeti (temiz su bedeli dahil), TL/yıl	78,734	100,171	34,948	43,932	45,061	27,037	56,366
Sağlanan fayda, TL/yıl	41,362	58,008	22,868	26,518	35,181	11,890	19,888

Tablo 71. Otellerin MBR teknolojisi ile müstakil arıtma kurma durumu

	Tüm oteller	Otel 1	Otel 2	Otel 3	Otel 4	Otel 5
Yeşil alan, m^2	**576,650**	45,000	60,000	18,000	24,000	250,000
Sulama suyu miktarı, m^3/gün	**2,808**	219	292	88	117	1218
Toplam yıllık sulanan gün sayısı	**210**	210	210	210	210	210
Toplam yıllık sulama suyu ihtiyacı, m^3/yıl	**589,740**	46,022	61,362	18,409	24,545	255,675
Yatak sayıları	**9,966**	748	1183	1095	620	2618
Misafir başına evsel atıksu, L/kişi/gün		285	285	285	285	285
Doluluk oranı, %		70%	70%	70%	70%	70%
Evsel atıksu miktarı, m^3/gün	**1,988**	149	236	218	124	522
Geri kazanılacak atıksu, m^3/gün	**1,709**	149	236	88	117	522
AAT kapasitesi, m^3/gün		197	312	116	155	691
Şebekeden alınan su miktarı, m^3/gün	**1,099**	70	56	0	0	695
Şebekeden alınan su maliyeti, TL/m^3		1.72	1.72	1.72	1.72	1.72
Şebekeden alınan suyun yıllık maliyeti, TL	**396,960**	25,257	20,296	0	0	251,109
Yatırım Maliyeti, TL	**7,035,909**	644,268	817,692	488,567	567,404	1,235,897
İşletme maliyeti, TL/yıl	**740,811**	66,356	90,254	47,392	56,691	159,127
Yıllık yeşil alan sulama maliyeti (temiz su bedeli dahil), TL/yıl	**1,606,832**	134,564	165,063	79,963	94,518	492,629
Sağlanan fayda, TL/yıl	**617,392**	53,900	85,246	31,663	42,217	188,652

Tablo 71. Otellerin MBR teknolojisi ile müstakil arıtma kurma durumu (devamı)

	Otel 6	Otel 7	Otel 8	Otel 9	Otel 10	Otel 11	Otel 12
Yeşil alan, m^2	40,000	55,000	13,000	18,400	20,000	8,250	25,000
Sulama suyu miktarı, m^3/gün	195	268	63	90	97	40	122
Toplam yıllık sulanan gün sayısı	210	210	210	210	210	210	210
Toplam yıllık sulama suyu ihtiyacı, m^3/yıl	40,908	56,249	13,295	18,818	20,454	8,437	25,568
Yatak sayıları	574	805	420	368	1094	165	276
Misafir başına evsel atıksu, L/kişi/gün	285	285	285	285	285	285	285
Doluluk oranı, %	70%	70%	70%	70%	70%	70%	70%
Evsel atıksu miktarı, m^3/gün	115	161	84	73	218	33	55
Geri kazanılacak atıksu, m^3/gün	115	161	63	73	97	33	55
AAT kapasitesi, m^3/gün	151	212	84	97	129	44	73
Şebekeden alınan su miktarı, m^3/gün	80	107	0	16	0	7	67
Şebekeden alınan su maliyeti, TL/m^3	1.72	1.72	1.72	1.72	1.72	1.72	1.72
Şebekeden alınan suyun yıllık maliyeti, TL	29,000	38,740	0	5,849	0	2,622	24,088
Yatırım Maliyeti, TL	561,400	669,348	412,509	445,532	516,081	293,582	383,628
İşletme maliyeti, TL/yıl	55,961	69,634	39,029	42,585	50,566	27,202	36,014
Yıllık yeşil alan sulama maliyeti (temiz su bedeli dahil), TL/yıl	122,387	152,997	66,529	78,136	84,971	49,397	85,677
Sağlanan fayda, TL/yıl	41,362	58,008	22,868	26,518	35,181	11,890	19,888

Karlılık durumu hesaplanırken, yenileme maliyetleri de dahil edilmiştir. Bunun için membran teknolojisi alternatifi için 10 yıl sonunda membran değişikliği maliyeti ön görülmüş (müstakil geri kazanım yapılması durumunda toplam 1.000.000 TL, merkezi arıtma seçeneğinde ise 290.000 TL civarında kabul edilmiştir), konvansiyonel teknoloji alternatifi (kum filtrasyonu ve klorlama) için ise zamana bağlı büyük bir yenileme ihtiyacı beklenmediği için yenileme maliyetleri bakım-onarım maliyeti içinde değerlendirilmiştir.

Yukarıdaki varsayımlar ışığında yapılan karlılık analizi sonuçları müstakil arıtma kurma durumunda **Tablo 72**'de merkezi arıtmadan geri kazanım yapılması durumunda ise **Tablo 73**'da verilmiştir. Buna göre Tablo **72**'den görülebileceği üzere, otellerin müstakil arıtma tesisi kurarak atıksuyu geri kazanıp sulamada kullanmaları halinde, sulama suyu ortalama maliyeti şebeke suyu fiyatından (1.72 TL/m^3) yüksek olmaktadır. Her iki teknoloji için de müstakil tesis kurmak, tüm tesislerin ortalaması bazında bakıldığında karlı değildir. Burada hatırlatmak gerekir ki, ekonomik analiz tek tek oteller bazında yapılmamış, toplamlarının ortalaması olarak verilmiştir. Atıksuyu arıtıp kullanmak, daha önceki bölümlerde incelendiği gibi, özellikle yeşil alanı fazla olan oteller için karlıdır, ancak tüm otellerin tek tek arıtma kurmaları durumunda, büyük otellerin tamamı için bakıldığında, bu seçenek karlı görünmemektedir.

Tablo 72. Müstakil arıtma kurma durumunda projenin karlılık durumu

	Kum filtresi ve dezenfeksiyon	**MBR ve dezenfeksiyon**
Net Bugünkü Değer	-1,421,714	-7,685,504
İçsel Getiri Oranı	%-2.49	-
Geri Ödeme süresi	18 yıl	-
Sulama suyu birim maliyeti (TL/m^3)	2.24	4.71

Belediyenin mevcut atıksu arıtma tesisine ilave bir yatırım yapılarak atıksuyun arıtıldıktan sonra otellere geri satılması durumunda ilave yatırım, işletme maliyetleri ve projenin karlılığı aşağıda özetlenmiştir. Buna göre Tablo **73**'dan görülebileceği üzere, mevcut arıtma tesisi çıkışına kum filtrasyonu ve klorlama sistemleri kurularak, atıksuyun otellere 0.44 TL/m^3 fiyatla, Ultrafiltrasyonda ise 0.66 TL/m^3 fiyatla satılması durumunda, mevcut ortak arıtma tesisine ilave yatırım yapılarak arıtılan atıksuyun otellere satılması karlı bir yatırımdır.

Otellerin müstakil arıtma yapmalarındansa, belediyenin ortak arıtma tesisinin bu hizmeti vermesi, ekonomik açıdan tercih edilecek seçenek olmalıdır.

Tablo 73. Merkezi Biyolojik AAT'den Çıkan Suyun Otellere Satılması

	Kum filtresi ve dezenfeksiyon	**Ultrafiltrasyon ve dezenfeksiyon**
İleri arıtma kapasitesi (m^3/gün)	4,000	4,000
Geri kazanılan su miktarı (m^3/yıl)	589,740	589,740
Merkezi konvansiyonel aktif çamur sistemine ilave ileri arıtma yatırım maliyeti - TL	403,535	1,035,300
Borulama yatırımı - TL	1,000,000	1,000,000
İleri arıtma işletme maliyeti (TL/yıl)	88,311	128,310
Atıksu satış fiyatı (TL/m^3)	0.44	0.66
Net Bugünkü Değer	26,025 TL	32,650 TL
İçsel Getiri Oranı	%10.4	%10.4
Geri ödeme süresi	8 yıl	8 yıl

Özetle, müstakil atıksu geri kazanımı yapılması durumunda otellerin konvansiyonel (aktif çamur, kum filtrasyonu, klorlama) ve gelişmiş teknoloji (MBR ve klorlama) için yapmaları gereken yatırım toplamı sırasıyla 3 milyon ve 7 milyon TL civarında olacaktır. Buna karşılık merkezi atıksu arıtma tesisinde geri kazanım ve borulama için yapılacak yatırımın toplam tutarı; konvansiyonel teknoloji (mevcut biyolojik arıtma sonrasında kum filtrasyonu ve klorlama yapılması) ve gelişmiş teknoloji (mevcut biyolojik arıtma sonrasında ultrafiltrasyon ve klorlama yapılması) durumunda sırasıyla 1.5 milyon ve 2 milyon TL civarında olacaktır. Arıtılmış suyun otellere konvansiyonel uygulamada yaklaşık 0.44 TL, membran teknolojisinde ise yaklaşık 0.66 TL'ye satılması durumunda yatırım 8 yıl sonunda kendini geri ödeyecektir (bu fiyatlar sadece geri kazanım için yapılan yatırımın maliyetlerini karşılaması hedeflenerek belirlenmiştir, deşarj standartlarını sağlamak için kurulmakla yükümlü olan mevcut iyolojik arıtma tesisinin maliyetlerini içermemektedir). Seçilen arıtma kapasitesi civarda bulunan çoğu küçük ölçekli ve müstakil arıtma kurması anlamlı olmayacak 12 adet daha otele bağlanabilir. Bu durumda yıllık geri kazanılacak, dolayısı ile şebekeden tasarruf edilecek su miktarı 620.000 m^3 civarında olacaktır.

8 PİLOT TURİZM TESİSLERİ İÇİN UYGUN ARITMA SİSTEMİNİN SEÇİMİ VE TASARIMI

Uygun arıtma prosesinin seçiminde dikkate alınan parametreler; genel olarak atıksu karakterizasyonu, arıtılmış su kalitesi, yatırım ve işletme maliyetidir. Ancak, atıksu geri kazanımı söz konusu olduğunda, bu parametrelere performansın sürekliliği gibi başka parametrelerde eklenebilmektedir.

Ekonomik analiz sonucuna göre en uygun atıksu geri kazanım çözümü, topoğrafyanın müsait olduğu, merkezi atıksu arıtma tesisinin yeterli olduğu (en az ikincil seviye arıtım) ve arıtma tesisi yakınında potansiyel kullanıcı konumunda çok sayıda otel olduğu durumda, merkezi atıksu geri kazanım yapmak ve kullanıcılara dağıtmaktır. Merkezi geri kazanım sadece ekonomik olarak değil, aynı zamanda kaynakların korunması açısından da avantaj sağlamaktadır (şöyle ki müstakil tesislerde karşılaşılabilecek, ihtiyacı karşılayamama ya da atıksuyun fazla olması sebebiyle bir kısmının kullanılması gibi durumlar merkezi çözümde dengelenmekte ve ihtiyaç kadar su arıtılmış sudan sağlanabilmektedir). Her ne kadar en ekonomik çözüm merkezi atıksu geri kazanımı olsa da proje kapsamında turizm tesisleri için müstakil atıksu geri kazanımına yönelik uygun arıtma sisteminin seçimi ve tasarımı istenmektedir. Topoğrafyanın müsait olmadığı, merkezi arıtma tesisinin bulunmadığı ya da çok uzak olduğu durumlarda müstakil geri kazanım alternatifi değerlendirilebilir. Zira, birim su fiyatının yüksek olduğu (örn. İstanbul) bölgelerde müstakil atıksu geri kazanımı mali olarak anlamlıdır. Bu nedenle, bu bölümde, turizm tesislerinin müstakil atıksu geri kazanımı yapmaları durumunda karışık evsel atıksu ve gri su için kullanabilecekleri atıksu arıtma tesisi tasarım örnekleri verilmiştir.

Finansal analiz sonucuna göre ekonomik olarak en uygun atıksu geri kazanım alternatifi, karışık evsel atıksuyun arıtılması ve sulama amaçlı olarak kullanmasıdır. Ekonomik olarak en uygun teknoloji ise konvansiyonel teknoloji olan aktif çamur prosesi, kum filtrasyonu ve klorlama alternatifidir. Söz konusu arıtma sistemi, ilgili mevzuatın (Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği, Atıksu Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliği- 20.03.2010, EK 7-Arıtılmış Atıksuların Sulama Suyu Olarak Geri Kullanım Kriterleri) gerekliliklerinin sağlaması açısından yeterlidir. Ancak, merkezi olmayan, nispeten küçük kapasiteli ve uygulayıcının mali durumu karşısında yatırım maliyetleri çok büyük olmayan, tekil atıksu geri kazanım tesislerinin

seçiminde otellerin öncelik kriterleri farklı olabilmektedir. Örneğin, bir atıksu geri kazanım projesinin uygulama kararı alınırken, sadece mali analizin sonucu değil, misafirlere rahatsızlık verip vermeyeceği, arıtma prosesin ve uygulamanın güvenilirliği, performansın salınım göstermemesi gibi çeşitli parametreler de karar verici konumunda olan otel yönetiminin değerlendirme kriterleri arasında yer almaktadır. Zira, hem ulusal hem de uluslararası otellerdeki mevcut atıksu geri kazanım uygulamaları örneklerine bakıldığı zaman, daha maliyetli ancak daha güvenilir olduğu düşünülen gelişmiş teknolojilerin daha çok tercih edildiği görülmektedir (1. Ara Raporda yer alan merkezi olmayan atıksu geri kazanım uygulama örnekleri). Bu nedenle, turizm tesislerini daha iyi tanımak, bir çevre yatırımı kararını alırken dikkate aldıkları kriterleri ve bu kriterlerin önem derecelerini dikkate alarak uygun atıksu geri kazanım alternatifi ve teknolojisini seçmek için sektör özelinde çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Bunlar;

- Turizm tesislerinin çevre yatırımlarında dikkate aldıkları kriterlerin değerlendirildiği anket çalışması (anket örneği ektedir),
- Turistlerin atıksu geri kazanımına olan yaklaşımlarının ölçmek üzere yapılmış turist anketi çalışması (anket örneği ektedir),
- Teknolojilerin ve geri kazanım yöntemlerinin maliyet dışında kalan sosyal, çevresel ve teknik kriterler açısından değerlendirilmesi çalıştayıdır.

Daha sonra atıksu geri kazanım yöntemleri ve teknoloji alternatifleri, teknik, çevresel, sosyal ve mali kriterler açısından karşılaştırılmış ve karar matrisi yöntemi kullanılarak öncelik sırası belirlenmiştir. Çalışmanın detayları aşağıda anlatılmıştır.

8.1 ALTERNATİFLERİN TEKNİK, ÇEVRESEL VE SOSYAL KRİTERLER AÇISINDAN KARŞILAŞTIRILMASI

Atıksu geri kazanım senaryoları ve teknolojiler sadece finansal analiz ile değil, teknik, çevresel ve sosyal kriterlerin yer aldığı karar matrisi yöntemi kullanılarak değerlendirilmiştir. Turizm sektörüne yönelik uygun atıksu geri kazanım modelinin belirlenmesi sadece mali analiz yapılarak belirlenmemeli, teknik, çevresel ve sosyal kriterler de değerlendirilmeye dahil edilmelidir. Buna göre karar vermede kullanılan adımlar şu şekilde olmuştur;

1. **Problemin tanımı:** maliyet parametreleri dışında, teknik, çevresel ve sosyal kriterler de karar verme sürecine dahil olmalıdır,
2. **Değerlendirme yöntemi:** karar verme tekniği olarak karar matrisi yönteminin kullanılmasına karar verilmiştir,
3. **Kriterin belirlenmesi:** ilk olarak literatürde yer alan atıksu geri kazanım çalışmaları (SWAMP projesi raporu, 2005) incelenerek bu proje için uygun olabilecek kriterler listesi oluşturulmuştur. Daha sonra, pilot turizm tesisleri ile görüşmeler yapılarak önerileri doğrultusunda bazı kriterler birleştirilmiş, bazı kriterler kaldırılarak kriterlerin seçimi tamamlanmıştır. Belirlenen kriterler Tablo 74'de verilmektedir
4. **Kriterlerin önceliklendirilmesi (önem derecesinin belirlenmesi):** bunun için, turizm tesislerine yönelik bir anket hazırlanmış ve web sitesi üzerinden sektörün kullanımına açılmıştır. Toplam 24 turizm tesisi, kriterlerin önem derecesini 1 ile 5 arasında puanlamıştır (8 turizm tesisi ile yüz yüze görüşülmüştür). Buna göre, kriterlerin önem derecesi 24 turizm tesisinin verdiği puanların toplamı alınarak elde edilmiştir. (anket açılmasına ait detaylı bilgi proje paydaş analizi bölümünde verilmiştir). Kriterlerin önem dereceleri incelendiğinde birbirlerine çok yakın değerlere sahip oldukları, çok düşük önem derecesine sahip hiç kriter olmadığı görülmüş ve bu sebeple kriterler aynen korunmuş, kriter azatlımı yoluna gidilmemiştir.
5. **Alternatiflerin belirlenmesi:** alternatifler, finansal analizi yapılan senaryo ve teknolojilerin arasından seçilmiştir.
6. **Alternatiflerin kriterlere göre değerlendirilmesi:** belirlenen alternatif senaryo ve teknolojiler kriterlere göre uzman grup tarafından puanlanmıştır. Bunun için, 15 Ocak 2014 tarihinde TÜBİTAK MAM'da konu uzmanlarının katıldığı bir günlük bir çalıştay yapılmıştır. Uzmanlar, ilk olarak beş ayrı atıksu geri kazanım senaryosunu, kurulum kolaylığı, işletme kolaylığı, misafirlere rahatsızlık verme potansiyeli, getireceği prestij ve çevresel fayda açısından değerlendirmiş, çalıştayın ikinci bölümünde ise dört farklı teknoloji alternatifi arıtılmış su kalitesi, işletme ve bakım kolaylığı ile değişken debi ve atıksu kriterlerine göre karşılaştırmıştır. Uzman görüşlerinin sağlıklı bir şekilde toplanabilmesi amacıyla üç küçük grup halinde çalışılmıştır. Öncelikle grup içinde her uzman bireysel puan vermiş (1 ile 5 arasında puan verilmiştir, göreceli olarak 1 en

kötü, 5 en iyi) sonrasında verdikleri puanları tartışmaları istenmiş ve puanların arasında çok fark olması durumunda delphi yöntemine göre (uzmanların gerekçelerini açıkladıktan sonra tekrar puan vermelerini istenmesi) tekrar puanlama yapmaları önerilmiş ve bu son tartışmanın sonucunda grup kararları oluşturulmuştur. Gruplara ait sonuçlar gün sonunda toplanarak uzmanlar ile paylaşılmış ve yorumları alınmıştır. Genel olarak gruplar arası farkların çok fazla olmadığı ve sonuçların büyük ölçüde uyumlu olduğu görülmüştür. Son olarak, her bir alternatifin kriter karşısındaki puanı, 3 grubun ortak puanlarının toplamı olarak belirlenmiştir. Uzmanlar tarafından değerlendirilen kriterlere ilave olarak sayısal olarak hesaplanan kriterler de (yatırım maliyeti, işletme maliyeti, geri ödeme süresi, arazi ihtiyacı) aynı puan skalası üstünden (diğer kriterlerle eşit ağırlığa sahip olması için üç grubun toplam puanı olarak) gruplama yapılarak puanlanmıştır. Maliyet parametrelerinin her birisi, ilk yatırım maliyeti, işletme maliyeti ve geri ödeme süresinin gruplanması ve eşdeğer puan skalasına dönüştürülmesi için uzman görüşü kullanılmıştır. Gruplandırma ve karşılık geldiği skala, senaryoların maliyet aralıkları göz önünde bulundurularak proje danışmanı olan çevre ekonomisi uzmanı ile beraber belirlenmiştir.

7. **Karar matrisinin oluşturulması ve öncelik sıralamasının yapılması:** Dördüncü adımda belirlenen kriterlerin önem dereceleri ve 6. adımda belirlenen alternatiflerin kriterlere göre puanları kullanılarak alternatif senaryolara ve teknolojilere ait birer karar matrisi oluşturulmuş, alternatiflerin öncelik sırası belirlenmiştir.

Tablo 74. Kriterler listesi

Kriterler
Mali kriterler
Yatırım maliyeti
Geri ödeme süresi
işletme maliyeti
Teknik kriterler
Arıtılmış su kalitesi
Değişken debi ve atıksu karakterizasyonuna adaptasyonu
İşletme ve bakım kolaylığı, kaynak gereksinimi
Arazi Gereksinimi
Kurulum Kolaylığı (Tadilat ve özel ürün gerektirmesi vb.)
Sosyal kriterler
Misafirlere rahatsızlık verme potansiyeli (koku, görüntü kirliliği, misafirler tarafından kabul edilebilirliği, sağlık açısından riski)
Çevresel fayda (doğal kaynakların korunması/geri kazanımı)
Getireceği prestij (sertifikasyon avantajı vb)

Turizm tesislerinin verdiği bilgiler doğrultusunda oluşturulan kriterlerin önemi tablosu (**Tablo 75**) değerlendirdiğinde (24 otelin kriterler bazında verdiği puanların toplamı), tüm puanların birbirine yakın olmakla birlikte ağırlığı en büyük olan kriterlerin “misafirlere rahatsızlık verme potansiyeli” ve “arıtılmış su kalitesi” olduğu görülmektedir. Eşit puan alan bu iki kriteri, mali kriterler (sırasıyla ilk yatırım maliyeti, geri ödeme süresi ve işletme maliyeti) takip etmektedir. Önemi en düşük kriter ise “getireceği prestij (sertifikasyon avantajı vb.” kriteri olmuştur. Bu değerlendirme, turizm tesislerinin, bir atıksu geri kazanımı yatırımı yaparken maliyetinden çok sistemin performansını ve misafirler tarafından kabul edilebilirliğini düşündüklerini göstermektedir. Bununla birlikte “çevresel fayda” kriterinin orta seviyelerde yüksek puan alması, aslında sektörde çevre bilincinin oluşmakta olduğunu ve doğal kaynakların korunmasını önemsediklerini ve geri kazanım yapmak istediklerini göstermektedir. Nitekim, anketin diğer sorularına verdikleri cevaplar çeşitli tereddütleri olmasına karşın atıksu geri kazanımı fikrine mesafeli olmadıklarını göstermektedir.

Tablo 75. Turizm Tesisleri Açısından Kriterlerin Önemi

Kriterler	Turizm Tesisi Açısından Kriterin Ağırlığı
Kurulum Kolaylığı (Tadilat ve özel ürün gerektirmesi vb.)	100
İşletme ve bakım kolaylığı, kaynak gereksinimi	101
Misafirlere rahatsızlık verme potansiyeli (koku, görüntü kirliliği, misafirler tarafından kabul edilebilirliği, sağlık açısından riski)	112
Çevresel fayda (doğal kaynakların korunması/geri kazanımı)	101
Arıtılmış su kalitesi	112
Değişken debi ve atıksu karakterizasyonuna adaptasyonu	100
Yatırım maliyeti	108
işletme maliyeti	105
Geri ödeme süresi	106
Arazi Gereksinimi	99
Getireceği prestij (sertifikasyon avantajı vb)	86

Alternatiflerin kriterler bazında karşılaştırmaları incelendiğinde (Tablo 76), tüm uzman grupların, kurulum kolaylığı açısından en yüksek puanı karışık evsel atıksuyun sulama amaçlı kullanılmasına verdikleri görülmektedir. Misafirlere rahatsızlık verme potansiyeli en düşük olan alternatif yağmur suyu hasadı iken, rahatsızlık verme potansiyeli en yüksek alternatif ECOSAN uygulaması olmuştur. Buna karşın, çevresel fayda açısından tüm gruplar en yüksek puanı ECOSAN uygulamasına vermiştir. Ancak ECOSAN uygulaması kurulum kolaylığı açısından tüm gruplardan en düşük puanı almıştır. Teknolojilerin kriterler bazında karşılaştırılması incelendiğinde ise (Tablo 77) arıtılmış su kalitesi açısından, tüm gruplardan en yüksek puanı MBR teknolojisi almıştır. Doğrudan filtrasyon dışındaki tüm teknolojiler hem evsel atıksu, hem de gri su için düşünülmüş ancak doğrudan membran filtrasyonu+adsorpsiyon+dezenfeksiyon alternatifi sadece gri su arıtımı için değerlendirilmiştir. Gri suyun arıtımında en çok tartışılan teknoloji doğrudan filtrasyon

alternatifi olmuştur. Bir grup uzman, atıksuda biyolojik olarak ayrışabilir organik madde bulunduğu için biyolojik arıtmanın yapılması gerektiğini savunmuş, bir grup uzman ise seyreltik gri su için uygulanabileceğini değerlendirmiştir. Zira, literatürde gri sularla yapılan doğrudan filtrasyon çalışmalarında yeniden kullanım için yeterli performansa ulaşılamadığı belirtilmekte ve zayıf karakterde gri su için alternatifler arasında doğrudan filtrasyon prosesine yer verilmektedir. Orta ve kuvvetli gri suyun yeniden kullanım amaçlı arıtımı için biyolojik proses uygulaması zorunlu görünmektedir.

Uzman grupların kriterler bazında, alternatif geri kazanım uygulaması ve teknolojiler için verdikleri puanlar ve kriterlerin ağırlıkları çarpılarak geri kazanım alternatiflerinin öncelik sırası belirlenmiştir. İlk olarak maliyetin dahil edilmediği durumda öncelik sırası çıkarılmıştır (Tablo 78). Buna göre, yağmur suyu hasadı uygulaması ilk sırada yer almış, sonrasında sırasıyla karışık evsel atıksuyun sulama amaçlı geri kazanımı ve gri suyun geri kazanımı (sulama+rezervuar) olmuş, en son sırada ise ECOSAN uygulaması kalmıştır. Öncelik sırası puanı eski ve inşaat halindeki otel için ayrı ayrı hesaplanmış, inşaat halindeki otel için gri su ve ECOSAN uygulamalarının puanı bir miktar daha yüksek bulunmuş ancak sıralama değişmemiştir. Teknolojilerin maliyet parametresi eklenmeden hesaplanmış toplam puanlarına göre en yüksek puanı MBR teknolojisi almış, MBR'ı konvansiyonel aktif çamur teknolojisi izlemiş, en düşük puanı ise doğrudan filtrasyon almıştır (Tablo 79).

Maliyet parametrelerinin 1-5 skalasına (3 grup sonucunu yansıtması bakımından 15 skalasına) dönüştürülmesinde kullanılan puanlama Tablo 80'de verilmiştir (skala ve karşılık geldiği puan, çevre ekonomisi uzmanı görüşü alınarak belirlenmiştir).

Pilot şehir ve sayfiye oteli için maliyet parametreleri de eklenerek matris genişletilmiştir. Buna göre, karışık evsel atıksu geri kazanımı ve sulama amaçlı kullanımı ile yağmur suyu hasadı öncelikli olarak ortaya çıkmaktadır. Gri su geri kazanımı ise ikinci öncelik sırasında yer almıştır (Tablo 81).

Tablo 76. Alternatiflerin teknik, çevresel ve sosyal kriterler açısından karşılaştırılması matrisi

	Kurulum Kolaylığı (Tadilat ve özel ürün gerektirmesi vb.)					**İşletme kolaylığı ve performans (İşletme ve bakım kolaylığı, kaynak gereksinimi, güvenilirliği/istikrarı, vb.)**			**Misafirlere rahatsızlık verme potansiyeli (koku, görüntü kirliliği, misafirler tarafından kabul edilebilirliği, sağlık açısından riski)**			**Çevresel fayda (doğal kaynakların korunması/geri kazanımı)**		
Alternatifler	**Grup1 Eski otel**	**Grup2 Eski otel**	**Grup3 Eski otel**	**Grup1 Yeni otel**	**Grup2 Yeni otel**	**Grup1**	**Grup2**	**Grup3**	**Grup1**	**Grup2**	**Grup3**	**Grup1**	**Grup2**	**Grup3**
Karışık evsel atıksu geri kazanımı – sulama amaçlı	5	5	5	5	5	5	4	4	3	3	3	3	3	3
Gri su geri kazanımı – sulama+ rezervuar amaçlı	3	2	2	4	3	3	3	3	4	4	4	3	3	3
Yağmur suyu hasadı	4	4	3	5	4	4	3	5	5	5	5	4	3	4
ECOSAN'a göre tüm fraksiyonların (gri su, sarı su, kahverengi su) geri kazanımı	1	1	1	2	1	1	2	2	1	2	1	5	5	5

Tablo 77. Teknolojilerin teknik, çevresel ve sosyal kriterler açısından karşılaştırılması matrisi

Alternatifler	Arıtılmış su kalitesi			İşletme ve bakım kolaylığı, kaynak gereksinimi			Değişken debi ve atıksu karakterizasyonuna adaptasyonu		
	Grup1	Grup2	Grup3	Grup1	Grup2	Grup3	Grup1	Grup2	Grup3
Konvansiyonel aktif çamur + filtrasyon+dezenfeksiyon	4	4	3	4	4	4	3	4	5
MBR+dezenfeksiyon	5	5	5	3	3	3	4	4	3
RBC + filtrasyon+dezenfeksiyon	4	4	3	3	4	5	2	4	4
Doğrudan membran filtrasyonu+adsorpsiyon+ dezenfeksiyon	3	4	2	1	2	2	3	5	2

Tablo 78. Maliyetin dahil olmadığı durumda alternatiflerin önceliklendirilmesi

Alternatifler	Kurulum Kolaylığı (Tadilat ve özel ürün gerektirmesi vb.)		İşletme kolaylığı ve performans (İşletme ve bakım kolaylığı, kaynak gereksinimi, güvenilirliği/istikrarı, vb.)	Misafirlere rahatsızlık verme potansiyeli (koku, görüntü kirliliği, misafirler tarafından kabul edilebilirliği, sağlık açısından riski)	Çevresel fayda (doğal kaynakların korunması/geri kazanımı)	TOPLAM (genel toplam)		RÖLATİF DEĞER* (0-1 skalası)	
	Eski otel	Yeni otel				Eski otel	Yeni otel	Eski otel	Yeni otel
Karışık evsel atıksu geri kazanımı – sulama amaçlı	1500	1500	1313	1008	909	4730	4730	0,8	0,8
Gri su geri kazanımı – sulama+ rezervuar amaçlı	700	900	909	1344	909	3862	4062	0,5	0,6
Yağmur suyu hasadı	1100	1200	1212	1680	1111	5103	5203	1	1
ECOSAN'a göre tüm fraksiyonların (gri su, sarı su, kahverengi su) geri kazanımı	300	400	505	448	1515	2768	2868	0,0	0,0

*Toplam puan 0-1 skalasına dönüştürülmüştür, hesap yöntemi: (değer-minimum)/(maksimum-minimum)

Tablo 79. Maliyetin dahil olmadığı durumda teknolojilerin önceliklendirilmesi

Alternatifler	Arazi Gereksinimi	Arıtılmış su kalitesi	İşletme ve bakım kolaylığı, kaynak gereksinimi	Değişken debi ve atıksu karakterizasyonuna adaptasyonu	Toplam
Konvansiyonel aktif çamur + filtrasyon+dezenfeksiyon	891	1232	1212	1200	4535
MBR+dezenfeksiyon	1188	1680	909	1100	4877
RBC + filtrasyon+dezenfeksiyon	891	1232	1212	1000	4335
Doğrudan filtrasyon+adsorpsiyon+ dezenfeksiyon	1188	1008	505	1000	3701

Tablo 80. Maliyet parametrelerinin kriter puan skalasına dönüştürülmesi

PUAN	YATIRIM MALİYETİ, TL	İŞLETME MALİYETİ, TL	GERİ ÖDEME SÜRESİ, YIL
15	0-100.000 TL	10.000-25.000	0-3 yıl
12	100.001-250.000	25.001-50.000	3-6 yıl
9	250.001-500.000	50.001-75.000	6-10 yıl
6	500.001-750.000	75.001-100.000	10-20 yıl
3	>750.001	>100.001	>20 yıl

Tablo 81. Pilot turizm tesisleri senaryolarının önceliklendirilmesi (maliyet parametreleri dahil),

Alternatifler*	ŞEHİR OTELİ				SAYFİYE OTELİ			
	DEĞER		RÖLATİF DEĞER		DEĞER		RÖLATİF DEĞER	
	Eski otel	Yeni inşaa edilen otel olsaydı	Eski otel***	Yeni inşaa edilen otel olsaydı***	Eski olsaydı	Yeni inşaa edilen otel	Eski olsaydı***	Yeni inşaa edilen otel***
Karışık evsel atıksu geri kazanımı – sulama amaçlı	8552	8552	1,0	1,0	8555	8555	1,0	1,0
Gri su geri kazanımı – sulama+ rezervuar amaçlı	7999	8523	0,8	0,9	7369*	7569*	0,7	0,7
Yağmur suyu hasadı	8616	8716	1,0	1,0	8616	8716	1,0	1,0
ECOSAN'a göre tüm fraksiyonların (gri su, sarı su, kahverengi su) geri kazanımı*	4991	5091	0,0	0,0	4355	4455	0,0	0,0

*karışık evsel atıksu ve gri su arıtımı için konvansiyonel aktif çamur teknolojisi, kum filtrasyonu ve dezenfeksiyon maliyetlerine göre hesaplanmıştır

** sadece sulama amaçlı geri kazanım maliyetleri alınmıştır (sayfiye oteli sadece sezon süresince açık olduğu için rezervuara dönüş değerlendirilmemiştir).

*** puanlar 0-1 skalasına dönüştürülmüştür, hesap yöntemi: (değer-minimum)/(maksimum-minimum)

8.2 PİLOT TURİZM TESİSLERİ İÇİN ALTERNATİF ARITMA SİSTEMLERİNİN BOYUTLANDIRILMASI

Finansal analiz ve çoklu kriter analizi neticesinde, hem Şehir oteli, hem de Sayfiye oteli için en uygun atıksu geri kazanım alternatifi, karışık evsel atıksuyun geri kazanılmasıdır. Teknoloji olarak maliyetlerin dahil edilmediği durumda MBR (MBR+dezenfeksiyon) ön plana çıkmakla birlikte maliyet dahil edilince aktif çamur sistemi ile (konvansiyonel aktif çamur sistemi+kum filtrasyonu+dezenfeksiyon) birbirlerine alternatif olabilecek durumdadır. Turizm tesisinde arıtma için ayrılacak yerin kısıtlı olması durumunda MBR alternatifi belirgin bir şekilde ön plana çıkmaktadır. Şehir oteli örneğinde, gri su geri kazanımı finansal analiz neticesinde avantajlı olmasına rağmen, çoklu kriter analizi sonrasında bir adım geri plan düşmüştür. Bunun sebebi, gri suyu ayırmanın ve arıtılmış suyun bina içine (tuvalet rezervuarlarına) dağıtımının güç olması ve orta ölçekli bir tadilat gerektirmesidir (kurulum kolaylığı kriteri). Bu nedenle, otel yeni inşaa edilirken ya da eski otellerde banyolarının tadilat görecek olması durumunda, gri su geri kazanımı daha anlamlı olmaktadır. Ayrıca, sulama ihtiyacının az olduğu (yeşil alanın küçük olduğu) ve kış boyu açık olan şehir otelleri öncelikle gri su geri kazanımını analiz edebilirler.

Bu proje kapsamında her iki pilot otel için farklı alternatiflerin boyutlandırma örneklerine yer vermek istenmiş, bu nedenle şehir otelinde gri su geri kazanımı, sayfiye otelinde ise karışık evsel atıksu geri kazanımı alternatifleri boyutlandırılmıştır. Konvansiyonel teknolojilerin çok sayıda uygulaması olması sebebiyle, karışık evsel atıksu geri kazanımı alternatifi için de MBR teknolojisi boyutlandırılmıştır.

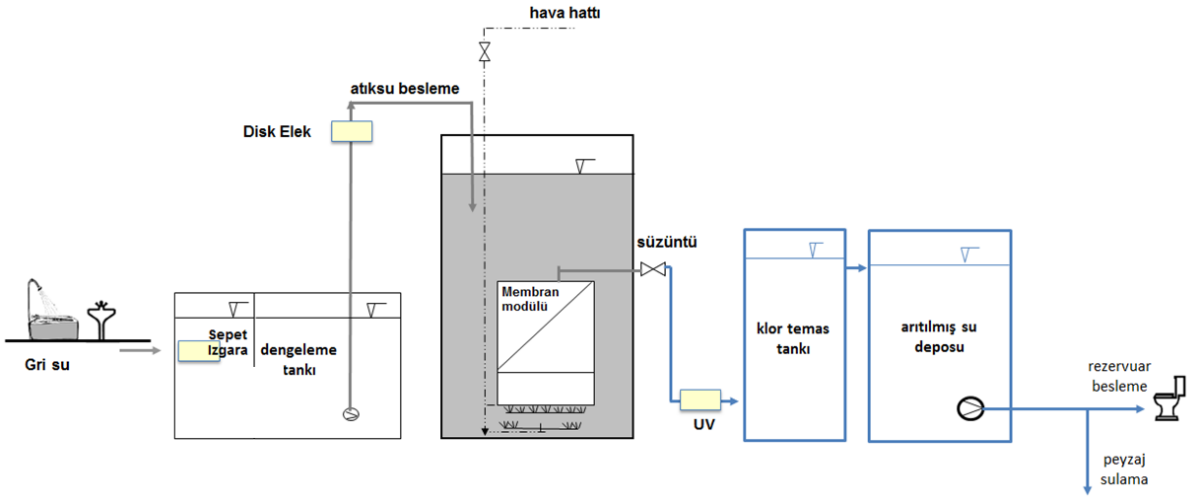
8.2.1 ŞEHİR OTELİ ÖRNEĞİ- GRİ SU GERİ KAZANIM SİSTEMİ

Şehir oteli için gri suyun MBR teknolojisiyle geri kazanımı ön görülmüş ve tüm odalarda gri su ayrımının olması durumu esas alınmıştır (499 oda). Tasarımda esas alınan gri su karakterizasyonu, izleme çalışması sonucunda oluşturulan ortalama değerlerden uyarlanmış, ayrışabilir KOİ oranı ise literatürde konutlarda oluşan gri suyla yapılmış çalışmadan (Hocaoğlu vd. 2013) yaklaşık %4 daha düşük alınmıştır.

Gri su arıtımı için batık membran uygulaması ön görülmüştür. Banyo sularında bulunabilecek saç, kıl, tüyün membranda problem yaratabilecek olması sebebiyle hollow fiber membran

tercih edilmemiş, düz tabaka membran seçilmiştir. Yapılan çalışmalar UF membranı ve MF membranının kararlı denge akısının yakın olduğunu göstermektedir. Geri kazanım hedeflendiği ve otelin yeşil alanının sulanmasında kullanılacağı için, dezenfeksiyon açısından daha avantajlı olabilecek ultrafiltrasyon membran sınıfında bir membranın kullanımı ön görülmüştür. Gri su arıtma tesisinin aşağıdaki ünitelerden oluşması planlanmıştır. Proses şeması Şekil **105**'de verilmiştir.

- Sepet Izgara (10 mm),
- Dengeleme ve Terfi İstasyonu
- Disk Elek (1 mm)
- Membran Biyoreaktör Tankı
- UV Dezenfeksiyon Sistemi
- Klor Temas Tankı
- Arıtılmış Su Deposu



Şekil 105. Gri su arıtım ve geri kazanım şeması

Tablo 82. Tasarıma esas alınan atıksu miktarı ve gri su karakterizasyonu

Parametre	Gri su
Atıksu miktarı	
Günlük ortalama gri su debisi (yıl ortalaması), m^3/gün	80
Günlük ortalama gri su (yüksek doluluk ortalaması), m^3/gün	100
Günlük maksimum gri su debisi, m^3/gün	130
Atıksu karakterizasyonu	
Toplam KOI konsantrasyonu, C_T, mg/L	125
Ayrışabilir KOI konsantrasyonu, mg/L (C_S/C_T oranı ~%90 olarak alınmıştır)	110
AKM konsantrasyonu, mg/L	65
UAKM konsantrasyonu, mg/L	40
TKN konsantrasyonu, mg/L	6
TP konsantrasyonu, mg/L	3

Hedeflenen arıtma performansı ve arıtılmış su kalitesi **Tablo 83**'de verilmiştir.

Tablo 83. Gri su için arıtılmış su kalitesi ve arıtma performas hedefi

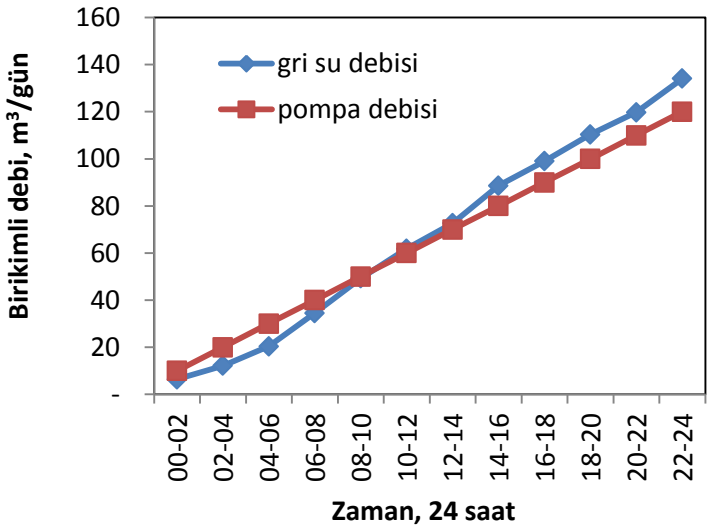
Parametre	Arıtılmış su kalitesi (konsantrasyon)	Arıtma verimi %
pH	6,5-8	-
BOİ	≤5 mg/L*	≥90
Toplam KOI	≤20 mg/L	≥90
AKM	≤3 mg/L*	≥97
Bulanıklık	≤1 NTU	≥97
Fekalkoliform	0/100 mL	≥99,9
Koku	Kokusuz	-

*Raporlanabilir en küçük ölçüm değerini göstermektedir.

Gri su miktarı ve karakterizasyonu gün içinde salınımlar göstermektedir. Bu nedenle gri su arıtma sistemlerinde atıksu miktarının ve karakterizasyonunun dengelenmesine ihtiyaç vardır. Aşağıda dengeleme tankının hesabında kullanılan yöntem anlatılmıştır.

PROSES HESAPLARI ve BOYUTLANDIRMA

Dengeleme İhtiyacının Hesabı: dengelemenin amacı, atıksu karakteri ve debideki değişimi azaltarak dengelemektir. Dengeleme tankının boyutu, atıksu özellikleri ve debi değişimine bağlı olarak hesaplanır. Debinin dengelenmesi için gereken hacmin tahmin edilmesi için birikimli (toplam) gelen atıksu debisi ve pompa birikimli debisinin zamana karşı çizilir. Pompa debisi genellikle ortalama debiye göre seçilir. Maksimum atıksu debisinin geldiği zaman birikimli atıksu debisi ve pompa debisi arasında kalan alan toplamı hesaplanarak dengeleme hacmi seçilebilir. Tipik olarak bekletme süresi 4 ile 8 saat arasında olabilir, bu sürenin atıksuyun oluşma şekline (kesikli ya da sürekli) göre daha uzun olması da söz konusudur. Ancak bekletme süresinin çok uzun olması durumunda, organik maddenin ayrışma ihtimali göz önünde bulundurulmalı ve karışımın hava ile yapılmadığı durumlarda koku problemi ile karşılaşılacağı unutulmamalıdır. Aşağıda Şekil **106**'de pilot şehir oteli için birikimli gri su debisinin, birikimli pompa debisine karşı zamana bağlı çizimi verilmektedir. Otelin tüm odalarında gri su ayrımı olmaması sebebiyle, ölçülen debiler, akım ayrımı olan odaların toplam yatak sayısı ve otelin toplam yatak sayısı oranında arttırılarak alınmıştır.



Şekil 106. Maksimum debiye ait birikimli gri su debisi ve pompa debisi

Pompa debisi seçimi ortalama debiye göre yapılmıştır. Uzun dengeleme sürelerinden kaçınmak için pik debilerde atıksuyun kanalizasyona taşabileceği kabul edilmiş ve

maksimum debi üzerinden hesap yapılmıştır. Buna göre dengeleme hacmi yüksek doluluk ortalamasına göre yaklaşık 20 m^3 civarında olması ön görülmüştür.

Seçilen boyutlar= 2x3x3.5 m (hsu),

Seçilen dengeleme havuzu hacmi = 21 m^3

Seçilen boyutlara göre bekletme süresi = ~6 saattir.

Membran Biyoreaktörün Boyutlandırılması: membran biyoreaktörler biyolojik arıtma ve membran filtrasyon prosesinin kombinasyonudur. Membran teknolojisindeki gelişmelere paralel olarak, MBR sistemlerinin gerçek ölçekli uygulamaları özellikle son 10 yılda artmıştır. MBR'lar yerinde arıtma ve geri kazanım yapan konutlar ve oteller için uygun olabilecek arıtma teknolojileri arasındadır. Arıtma performansının yüksek olması, çıkış suyu kalitesinin yüksek olması ve süreklilik göstermesi en büyük avantajları arasındadır. MBR uygulamasının geri kazanım açısından bir diğer önemli avantajı ise arıtılmış suyun membranla ayrılıyor olması ve aynı zamanda fiziksel bir dezenfeksiyonun sağlanmasıdır. MBR reaktörünün işletilmesi sırasında membran yüzeyinde biyofilm oluşur ve membranın efektif süzme boyutu, fiziksel gözenek açıklığının çok altına iner (Hocaoğlu ve Orhon 2010). Bu nedenle de, mikrofiltrasyon seviyesinde membran kullanılması durumunda dahi, bakterilerin neredeyse tamamı, virüslerin ise bir kısmı reaktörde tutulur ve arıtılmış suya geçmez. Membran biyoreaktör ile gri su arıtımı hakkında yapılan çalışmalar (Merz vd., 2007; Atasoy vd. 2007, Siging vd. 2008; Sheumann vd., 2008) arıtma performansının yeterli olduğunu ve iyi kalitede çıkış suyu elde edildiğini göstermiştir. Bu nedenlerle, gri suların arıtımı için MBR teknolojisi uygun alternatifler arasındadır. Membran biyoreaktörün tasarımında maksimum atıksu miktarı esas alınmıştır. Batık tip düz tabaka UF membranı kullanılması ön görülmüştür

Biyolojik reaksiyonlar açısından gri suda bulunan azot konsantrasyonu limitleyici olabilmektedir. Bu çalışmada ortalama TKN konsantrasyonu şehir otelinde yapılan çalışmada 7 mg/L civarında sayfiye otelinde yapılan çalışmada ise 4 mg/L civarında bulunmuştur. Ancak daha düşük değerlerle karşılaşılma sıklıklarına bakıldığında Sayfiye oteli sonuçlarının neredeyse 10 hafta süreyle ortalama 2-3 mg/L civarında olduğu görülmektedir. Her ne kadar tasarıma esas ortalama TKN konsantrasyonu 7 mg/L civarında alınmış ise de, biyolojik reaksiyonlar açısından azot parametresinin limitleyici olmaması için biyolojik dönüşümün,

dolayısıyla biyolojik çoğalmada azot ihtiyacının düşük olacağı yüksek çamur yaşı seçilerek tasarım yapılmıştır. Seçilen ayrışabilir KOİ konsantrasyonunda çamur yaşının 20 gün olarak seçildiği durumda biyolojik olarak kullanılabilir ortalama 4 mg/L azot ihtiyacı varken, 40 gün çamur yaşında ihtiyaç yaklaşık 3 mg/L civarındadır. Gerek biyolojik çamur oluşumunu azaltarak uzaklaştırma açısından avantaj sağlamak, gerekse de azot parametresinin limitleyici olmasını önlemek için tasarım 40 gün çamur yaşı üstünden yapılmış ve karbon giderimi yapılan bir biyolojik arıtma sistemi tasarlanmıştır. Hocaoğlu vd. (2013) tarafından konutlarda oluşan gri suların arıtımı için 20 gün ve 60 gün çamur yaşında işletilen MBR sisteminde azot parametresinin biyolojik reaksiyonlar açısından limitleyici olmadığını belirtmiştir. Biyolojik sistemin tasarımında kullanılan parametreler ASM1, ve Hocaoğlu vd. 2013 çalışmalarından uyarlanmıştır. Buna göre kabuller aşağıda verilmiştir (Tablo 84).

Tablo 84. Biyolojik sistem tasarımına esas alınan parametreler

Parametre	**Değer**
Hetetrofik teorik dönüşüm oranı, Y_H	0,67 g KOI/ g KOI
Biyokütlenin KOI eşdeğeri, f_X	1,42 g KOI/ gUAKM
Biyolojik havuzda *UAKM/AKM oranı*	0,8
Biyokütlenin inert bileşeni, f_E	0,2
Heterotrofik biyokütlenin içsel solunum hızı, b_H	0,16 1/gün

Net dönüşüm oranı $Y_{NH,}$

$$Y_{NH} = \frac{1 + f_E b_H \theta_X}{1 + b_H \theta_X} Y_H$$ (Hocaoğlu S.M, 2010)

$$Y_{NH} = \frac{1 + 0{,}2 * 0{,}16 * 40}{1 + 0{,}16 * 40} 0{,}67 = 0{,}21\ g\ \text{Hücre KOI} / gKOI$$

Fazla çamur, (P_{XT}): oluşan biyolojik çamur (P_{XH}), içsel solunum esnasında oluşan partiküler çamur (P_{XP}), atıksuyla gelen ve reaktörde biriken inorganik çamur (P_{XS}) ve atıksuyla gelen ve reaktörde biriken inert partiküler çamur (P_{XI}) toplamı olacaktır (Orhon ve Artan 1994, Orhon vd., 2009). MBR sistemlerinde, çamur yaşı genellikle yüksek seçildiği için, çamur yaşına

bağlı olarak reaktörde birikecek, inert partiküler çamur ve inorganik çamur önemlidir ve reaktördeki toplam MLSS konsantrasyonu üstündeki etkisi konvansiyonel sistemlere kıyasla fazladır.

Buna göre;

$$P_{XH} = \frac{Y_{NH} C_{S1}}{f_X} \times Q = \frac{0.21x0{,}11}{1.42} \times 100 = 1{,}63\, kg/gün\, UAKM$$

$$P_{XP} = \frac{Y_{NH} C_{S1} f_{EX} b_H \theta_X}{f_X} \times Q = \frac{0.21x0.11x0.2x0.16x40}{1.42} \times 100 = 2{,}1\, kg/gün\, UAKM$$

$$P_{XI} = \frac{C_T \frac{X_I}{C_T}}{f_X} \times Q = \frac{0.125x0{,}05}{1.42} \times 100 = 0{,}44\, kg/gün\, UAKM$$

Burada X_I partikuler inert KOİ konsantrasyonunu (gri suda ve evsel atıksularda suda yapılmış çalışmalar, Hocaoğlu 2010, Orhon ve Okutman 2003, Henze vd. 2008, incelenmiş ve oran olarak toplam KOI'nin %5'i olarak kabul edilmiştir) ifade etmektedir.

$$P_{XS} = X_{SI} \times Q = 0{,}025 \times 100 = 2{,}5\, kg/gün\, AKM$$

Burada X_{SI} inorganik madde konsantrasyonunu (atıksuda bulunan askıda katı madde ve uçucu askıda katı maddenin farkı) ifade etmektedir.

$\frac{UAKM}{AKM} = 0{,}8$ alınırsa,

Toplam fazla çamur;

$$P_{XT} = 7{,}7\, kg/gün\, AKM$$

Reaktörde toplam biyokütle miktarı, M_X;

$$M_X = P_{XT} \times \theta_X = 7{,}7 \times 40 = 308\, kg$$

Reaktörde biyokütle konsantrasyonu, X =10 g AKM / L olarak seçilmiştir.

Buna göre reaktör hacmi;

$$V = \frac{P_{XT}\,\theta_X}{X} = 30{,}8\ \mathrm{m}^3$$

Membran modülü için yaklaşık 5 m^3'lük bir hacim ilave edilirse,

Seçilen reaktör toplam hacmi 35 m^3 olarak bulunur.

Buna göre reaktörde hidrolik bekletme süresi, θ_h

$$\theta_h = \frac{V_{efektif}}{Q}$$

Buna göre, hidrolik bekletme süresi maksimum debiye göre 6,5 saat, yıl ortalaması debiye göre ise 10,5 saat olacaktır.

Birim biyokütle başına (aktif biyokütle ayrımı yapılmadan) yükleme, F/M

$$\frac{F}{M} = \frac{Q \times C_S}{Mx} = \frac{100 \times 0{,}11}{300} = 0{,}04$$ kg KOI/kg UAKM-gün bulunur.

Seçilen boyutlar: 2x5x3.5 m (hsu)

Biyolojik reaksiyonlar için havalandırma ihtiyacı;

Teorik oksijen ihtiyacı hesabı
Havalandırma havuzunda giderilecek KOI miktarı = 110 mg/L

Karbon giderimi için teorik oksijen ihtiyacı, O_{RH}

$$O_{RH} = (1 - Y_{NH}) \times Q \times C_S = (1 - 0{,}21) \times 100 \times 0{,}11 = 8{,}7$$ kg O_2/gün

Burada, azot giderimi yapılmayacağı için O_{RH} toplam teorik oksijen ihtiyacı O_R olarak alınabilir.

Saha şartlarında verilmesi gereken oksijen miktarı, O_C

$$O_C = \frac{O_R}{\alpha} \times (\frac{C_S^*}{(C_{ST} - C_L)}) \times k_{10} / k_T$$

Burada;

C_S^*=10 ^oC de çözünmüş oksijenin doygunluk değeri (11,33 mg/L)

α = Atıksu için oksijen transfer verimi düzeltme katsayısı
(atıksu için 0,7-0,9, temiz su için 1.0)

C_L = Reaktör içindeki oksijen konsantrayonu, mg/L

C_{ST} = Atıksuyun T sıcaklıktaki ÇO doygunluk değeri, mg/L, aşağıdaki ifadeyle hesaplanır.

$$C_{ST} = \beta * C_{ST}^*$$

C_{ST}^* =temiz su için T sıcaklıkta çözünmüş oksijenin doygunluk değeri, mg/L

β = Atıksu için oksijen doygunluk düzeltme katsayısı
(atıksu için 0,90-0,95, temiz su için 1.0)

Kış ayları için hesap yapılmıştır, sıcaklık 12 ^oC olarak seçilmiştir (T=12 ^oC).Buna göre;

$$C_{S12}^* = C_{S20}^* \times 1{,}024^{T-20} = 9{,}17 \times 1{,}024^{12-20} = 7{,}59 \text{ mg/L}$$

$$C_{S12} = \beta \times C_{ST}^* = 0{,}9 \times 7{,}59 = 6{,}97 \text{ mg/L}$$

k_{10}/k_T = sıcaklık düzeltme katsayısı (0,964)

$$O_C = \frac{8{,}7}{0{,}7} \times (\frac{11{,}33}{6{,}97 - 2}) \times 0{,}964 = 27 \text{ kg } O_2\text{/ gün}$$

Hava ihtiyacı, O_R

1 m^3 havadaki oksijen miktarı =havanın özgül ağırlığı x havanın ağırlık olarak oksijen miktarı

= 1,201 x 0,232 =0,28 kg O_2/m^3 hava

$$OR = \frac{O_C}{\eta \times 1m^3 havadaki O_2 miktarı} = \frac{27}{0{,}15 \times 0{,}28} = 642\,m^3 \text{ hava/gün}$$

η = oksijen iletim verimi, 0,05-0,3. Burada 0,15 olarak seçilmiştir.

Saha şartlarında verilmesi gereken hava ihtiyacı: ~27 m^3/saat

Membran sıyırma amacıyla sadece kaba hava vermek için ayrı bir blower kullanılabildiği gibi tek blower kullanılarak havalandırma düzeneği bir otomasyon yardımı ile kaba ve ince havalandırma olarak ayarlanabilir. Burada hesaplama, tek blower kullanımı üzerinden yapılmıştır. Buna göre, membran sıyırma için havalandırmanın her 10 dk.da 5 dk. kaba havalandırma düzeniyle yapılması ön görülmüştür. Buna göre, saatlik havalandırmanın 40 dk.sı biyolojik reaksiyonlar için yapılırken, 20 dk.sı membran yüzey sıyırma için yapılacaktır. Buna göre saha şartlarında verilmesi gereken düzeltilmiş hava ihtiyacı:

Saha şartlarında verilmesi gereken hava ihtiyacı: ~40 m^3/saat

olarak bulunur.

Seçilen Blower kapasitesi: 40 m^3/saat

Gerekli Membran Alanı Hesabı:

Membran akısı, birim zamanda, birim alandan süzülebilecek/geçebilecek su miktarını göstermektedir. Buna göre, gereken membran alanı membran akısına göre hesaplanmaktadır. Membran akısı, membran tipine, gözenek açıklığına, süzüntünün gravite mi yoksa vakumla mı alındığına göre değişkenlik göstermekte ve akı bilgisi üretici tarafından belirtilen ürün özellikleri arasında yer almaktadır. Ancak, her ne kadar akı küçüldükçe gereken toplam membran alanı büyüse de, membran tıkanmasının kontrolü amacıyla yüksek akılardan kaçınılmaktadır. Son yıllarda birçok çalışmada “kritik akı” dan bahsedilmekte ve araştırmalar sürmektedir (Pollice vd., 2005, Judd s., 2006, Bottino vd., 2009, Wei vd., 2011, Tiranuntakul vd. 2011, Nguyen vd. 2014). Uygun akının seçimi, atıksu özellikleri, membran tipi, biyokütle konsantrasyonu ve özellikleri gibi bir çok faktöre göre değişmektedir. Bu çalışmada, UF düz tabaka membranları için kullanılabilecek ortalama bir akı değeri seçilmiştir (Judd 2006, üretici hesap tablosu-uygulama projesi ekinde verilmiştir).

Seçilen membran akısı: 15 L/m^2-h

Membran filtrasyon düzeni: 9 dk. filtrasyon, 1 dk dinlenme/filtrasyon yok (günlük filtrasyon süresi 21,6 saat)

Bu durumda,

Membran Alanı: 310 m^2 olarak seçilmiştir.

Saatlik süzüntü debisi: 4,63 m^3/h,

Buna göre, birim *membran alanı başına spesifik havalandırma ihtiyacı (SAD$_m$)*,

$$SAD_m = \frac{Qhava}{Am}$$ (Judd, 2006)

SAD$_m$,: 0,13 m^3 hava/m^2 saat

Buna göre, *birim akı başına spesifik havalandırma ihtiyacı (SAD$_P$)*,

$$SAD_m = \frac{Qhava}{Qsüzüntü}$$ (Judd, 2006)

SAD$_P$,: 8,7 m^3 hava/m^3 süzüntü olacaktır.

SAD$_m$ ve SAD$_P$ değerleri literatürde düz tabaka membranlar için verilen değerlere göre biraz düşüktür. Bunun sebebi, gri suyun seyreltik organik madde içeriği ve buna bağlı olarak gri suyu biyolojik olarak arıtmak için ihtiyaç duyulan oksijen ihtiyacının düşük olmasıdır. Yani, biyolojik reaksiyonlar için gerekli oksijen ihtiyacı, membranların yüzeyinin havayla sıyrılmasının kontrol parametreleri olan *SAD$_m$ ve SAD$_P$* açısından düşük kalmıştır. Bu nedenle, piyasada mevcut olan düşük kapasiteli blowerlar arasından yaklaşık 100 m^3/saat kapasiteli bir blower seçilebilir. Bu durumda, *SAD$_m$*,: 0,32 m^3 hava/m^2 saat, *SAD$_P$,: 21,6 m^3 hava/m^3 süzüntü* olacaktır ki, bu spesifik havalandırma değerleri literatürde yer alan değerlerle daha uyumludur. Bu durumda, biyolojik reaksiyonlar için fazlasıyla oksijen olduğundan membran yüzeyini havayla sıyırmanın etkinliğini arttırabilecek bir havalandırma düzeni seçilebilir. Kaba havalandırma membran yüzeyini sıyırma açısından daha etkilidir (büyük hava kabarcıklarının yukarı çıkış hızı daha fazladır). Buna göre, 10 dk. ince, 10 dk. kaba havalandırma düzeni seçilebilir.

Dezenfeksiyon prosesi:

MBR sisteminde kullanılacak ultrafiltrasyon membranı fiziksel dezenfeksiyon sağlamaktadır. Membranın yüzeyinde kek tabakası oluştukça bu tabaka ikincil bir bariyer görevi görmekte ve dezenfeksiyon verimi artmaktadır. Ancak akı artışı sağlanması amacıyla membranın kimyasal temizliği sonrasında yüzeydeki tabakanın temizlenmesine bağlı olarak dezenfeksiyon verimi düşmektedir. Her ne kadar MBR ile büyük oranda fiziksel dezenfeksiyon sağlanıyor olsa da, geri kazanım söz konusu olduğunda gerek kontaminasyon riskine karşı emniyet amacıyla, gerekse de arıtılmış suda bakteriyolojik giderim hedefinin sağlanmasının garantilenmesi ve virüslerin giderimi için UV kullanılması ve sonrasında düşük dozda klorlama yapılması ön görülmüştür. UV virüslerin gideriminde daha etkilidir. MBR çıkış suyunda bulanıklığın < 1 NTU civarında olması (membran yırtılması, kaçak vb. olmaması durumunda) UV'nin verimliliğini arttıracaktır. Ancak sistemde bakiye kalmaması sebebiyle UV sonrasında düşük dozda klorlama yapılması planlanmıştır. Hirani vd. (2014) yaptığı çalışmada 5 log bakteri giderimi için C_T değeri olarak 5 mg-dk/L, 5 log virüs giderimi için C_T değeri olarak 30 mg-dk/L'nin yeterli olduğunu göstermiştir. Kaliforniya Title 22'ye göre ise, arıtılmış suların sulamada kullanılabilmesi için üçüncül arıtmadan geçirilmiş (biyolojik arıtma sonrasında kum filtrasyonu) suların klorlanmasında C_T değeri olarak 450 mg-dk/L şartı aranmaktadır. Bu durumda, klorlama sonrasında suda nispeten yüksek klor konsantrasyonu bulunacağından sulama öncesinde klor giderimi yapılması gerekmektedir. MBR'lar da ise MBR'da sağlanan fiziksel dezenfeksiyon sayesinde klor dozajı, aktif çamur alternatifine göre daha düşük seçilebilir. Bunun neticesinde, bakiye klor konsantrasyonunu düşük seviyelerde kolaylıkla tutmak mümkün olabilir ki bu sulama açısından avantajlıdır.

MBR'la arıtılmış gri suyun klorlanması için ortalama debi için temas süresi 30 dk, C_T değeri olarak 30 mg-dk/L seçilmiştir. Buna göre;

Arıtılmış suda toplam koliform hedefi: bulunmamalı (<2.2 MPN/100 mL),

Ortalama debide klor temas süresi: 30 dk.

C_T 30 mg-dk/L için klor dozajı: 1 mg/L olacaktır,

Buna göre;

Klor temas tankı hacmi $= Q_s \times t_{\text{temas süresi}}$

Klor temas tankı hacmi = 1,8 m^3

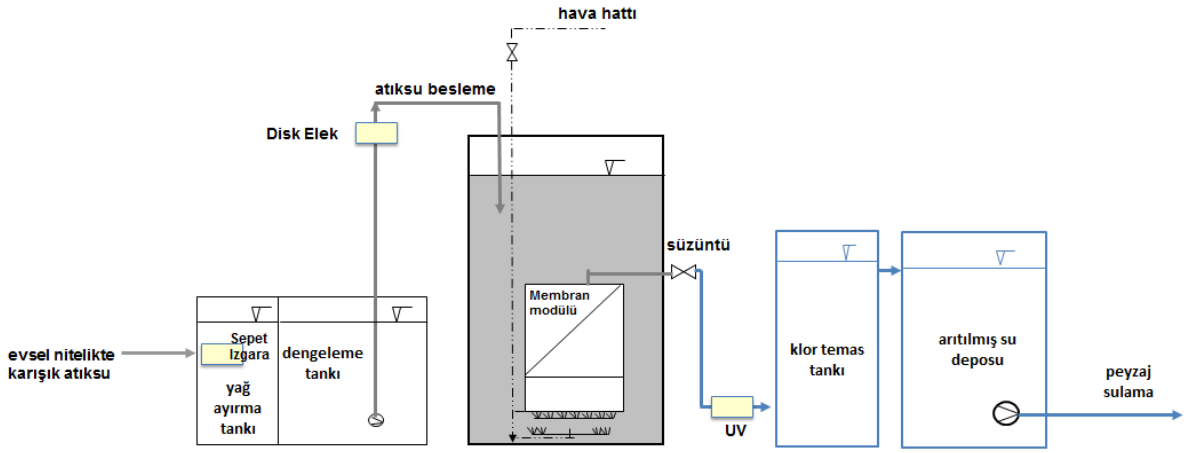
Seçilen boyutlar: 1,2x1x1,5 m (hsu)

Klor dozaj miktarı %12'lik = 0,9 L/gün

8.2.2 SAYFİYE OTELİ ÖRNEĞİ- EVSEL ATIKSU GERİ KAZANIM SİSTEMİ

Sayfiye oteli için karışık evsel atıksuyun geri kazanımı ön görülmüştür. Otellerde temizlik işlerinin yoğun yapılması, mutfaklarda kalan sıvı içeceklerin lavabolara dökülmesi gibi sebeplerle kişi başı organik kirliliğin konutlardan çok daha yüksek olduğu tahmin edilmektedir. Ancak, buna karşılık, misafir başına kullanılan su miktarı da konutlarda kişi başı birim su kullanımının neredeyse 3 katı mertebelerindedir. Bu nedenle, otellerde oluşan karışık evsel atıksuyun konsantrasyonlarının, konutlarda oluşan evsel atıksu konsantrasyonundan bir miktar yüksek olduğu tahmin edilmektedir. Karışık evsel atıksu geri kazanımı yapan otellerle yapılan görüşmeler bunu doğrulamaktadır. Buna göre, atıksu karakterizasyonu orta ve yüksek kuvvette atıksu arasında kabul edilmiştir (Metcalf & Eddy, 2003). Teknoloji olarak MBR teknolojisi seçilmiştir. Batık tip, düz tabaka UF membranının kullanılması ön görülmüştür. Evsel atıksu arıtma tesisinin aşağıdaki ünitelerden oluşması planlanmıştır. Proses şeması Şekil 107'de verilmiştir.

- Sepet Izgara (10 mm) ve Yağ Ayırma Tankı
- Evsel Atıksu Dengeleme ve Terfi İstasyonu
- Disk Elek (1 mm)
- Membran Biyoreaktör Tankı
- UV Dezenfeksiyon Sistemi
- Klor Temas Tankı
- Arıtılmış Su Deposu



Şekil 107. Evsel atıksu arıtım ve geri kazanım şeması

Tablo 85. Tasarıma esas alınan atıksu miktarı ve evsel atıksu karakterizasyonu

Parametre	Evsel atıksu
Atıksu miktarı	
Günlük ortalama evsel atıksu debisi (yıl ortalaması), m^3/gün	150
Günlük ortalama evsel atıksu debisi (yüksek doluluk ortalaması), m^3/gün	190
Günlük maksimum evsel atıksu debisi, m^3/gün	220
Atıksu karakterizasyonu	
Toplam KOI konsantrasyonu, C_T, mg/L	750
Ayrışabilir KOI konsantrasyonu, mg/L (C_S/C_T oranı ~%85 olarak alınmıştır)	640
AKM konsantrasyonu, mg/L	290
UAKM konsantrasyonu, mg/L	220
TKN konsantrasyonu, mg/L	65
TP konsantrasyonu, mg/L	7

Hedeflenen arıtma performansı ve arıtılmış su kalitesi **Tablo 86**'da verilmiştir.

Tablo 86. Evsel atıksu su için arıtılmış su kalitesi ve arıtma performans hedefi

Parametre	**Arıtılmış su kalitesi (konsantrasyon)**	**Arıtma verimi %**
pH	6,5-8	-
BOİ	≤5 mg/L*	≥95
Toplam KOI	≤50 mg/L	≥95
AKM	≤3 mg/L*	≥99
Bulanıklık	≤1 NTU	≥99
Fekalkoliform	0/100 mL	≥99,999
Koku	kokusuz	-

*Raporlanabilir en küçük ölçüm değerini göstermektedir.

PROSES HESAPLARI ve BOYUTLANDIRMA

Dengeleme İhtiyacının Hesabı: Debinin gün içinde özellikle yemek saatleri sonrasında hem miktar, hem de organik kirlilik açısından dengelenmesine ihtiyaç vardır. Yıl ortalaması debisine göre bekletme süresi 4 saat olarak seçilmiştir.

Buna göre dengeleme havuzu hacmi = 25 m^3 olacaktır.

Seçilen boyutlar= 2x3,6x3.5 m (hsu),

Membran Biyoreaktörün Boyutlandırılması: Reaktörün 10 gün çamur yaşında ve ortalama 10 g/L MLSS'de çalıştırılması hedeflenmiştir. Atıksu karakteri ile ilgili diğer kabuller aşağıda verilmiştir (Tablo 87).

Tablo 87. Biyolojik sistem tasarımına esas alınan parametreler

Parametre	**Değer**
Hetetrofik teorik dönüşüm oranı, Y_H	0,67 g KOI/ g KOI
Biyokütlenin KOI eşdeğeri, f_X	1,42 g KOI/ gUAKM
Biyolojik havuzda *UAKM/AKM oranı*	0,8
Biyokütlenin inert bileşeni, f_E	0,2
Heterotrofik biyokütlenin içsel solunum hızı, b_H	0,16 1/gün

Net dönüşüm oranı Y_{NH},

$$Y_{NH} = \frac{1+ f_E b_H \theta_X}{1+ b_H \theta_X} Y_H$$ (Hocaoğlu S.M, 2010)

$$Y_{NH} = \frac{1+0{,}2*0{,}16*10}{1+0{,}16*10} 0{,}67 = 0{,}34\ g\ \text{Hücre KOI} / gKOI$$

Fazla çamur, (P_{XT}*)*: oluşan biyolojik çamur (P_{XH}), içsel solunum esnasında oluşan partiküler çamur (P_{XP}), atıksuyla gelen ve reaktörde biriken inorganik çamur (P_{XS}) ve atıksuyla gelen ve reaktörde biriken inert partiküler çamur (P_{XI}) toplamı olacaktır (Orhon ve Artan 1994, Orhon vd., 2009).

Buna göre;

$$P_{XH} = \frac{Y_{NH} C_{S1}}{f_X} \times Q = \frac{0.34*0{,}64}{1.42} \times 190 = 29{,}1\, kg / gün\, UAKM$$

$$P_{XP} = \frac{Y_{NH} C_{S1} f_{EX} b_H \theta_X}{f_X} \times Q = \frac{0.34x0.64x0.2x0.16x10}{1.42} \times 190 = 9{,}3\, kg / gün\, UAKM$$

$$P_{XI} = \frac{C_T \frac{X_I}{C_T}}{f_X} \times Q = \frac{0.64x0{,}07}{1.42} \times 190 = 6{,}85\, kg / gün\, UAKM$$

Burada X_I partikuler inert KOİ konsantrasyonunu (evsel atıksularda ve siyah suda yapılmış çalışmalar, Hocaoğlu 2010, Orhon vd. 1997, Henze vd. 2000, Orhon ve Okutman 2003, Henze vd. 2008, incelenmiş ve oran olarak toplam KOI'nin %7'si olarak kabul edilmiştir) ifade etmektedir.

$$P_{XS} = X_{SI} \times Q = 0{,}07 \times 190 = 13{,}3\, kg / gün\ AKM$$

Burada X_{SI} inorganik madde konsantrasyonunu (atıksuda bulunan askıda katı madde ve uçucu askıda katı maddenin farkı) ifade etmektedir.

$\frac{UAKM}{AKM} = 0{,}8$ alınırsa,

Toplam fazla çamur;

$$P_{XT} = 69{,}93\, kg / gün\ AKM$$

Reaktörde toplam biyokütle miktarı, M_X;

$$M_X = P_{XT} \times \theta_X = 69{,}93 \times 10 = 699\, kg$$

Reaktörde biyokütle konsantrasyonu, X =10 g AKM / L olarak seçilmiştir.

Buna göre reaktör hacmi;

$$V = \frac{P_{XT}\,\theta_X}{X} = 69{,}9\ \mathrm{m}^3$$

Membran modülü için yaklaşık 5 m^3'lük bir hacim ilave edilirse,

Seçilen reaktör toplam hacmi yaklaşık 75 m^3 olarak bulunur.

Buna göre reaktörde hidrolik bekletme süresi, θ_h *;*

$$\theta_h = \frac{V_{efektif}}{Q}$$

Buna göre, hidrolik bekletme süresi maksimum debiye göre yaklaşık 8 saat, yıl ortalaması debiye göre ise 12 saat olacaktır.

Birim biyokütle başına (aktif biyokütle ayrımı yapılmadan) yükleme, F/M

$\frac{F}{M} = \frac{Q \times C_S}{Mx} = \frac{190 \times 0{,}64}{699} = 0{,}17$ kg KOI/kg UAKM-gün bulunur.

Seçilen boyutlar: 3x7,1x3.5 m (hsu)

Biyolojik reaksiyonlar için havalandırma ihtiyacı;

Teorik oksijen ihtiyacı hesabı

Havalandırma havuzunda giderilecek KOI miktarı = 640 mg/L

Karbon giderimi için teorik oksijen ihtiyacı, O_{RH}

$O_{RH} = (1 - 0{,}34) \times Q \times C_S = (1 - 0{,}21) \times 190 \times 0{,}64 = 80$ kg O_2/gün

Burada, azot giderimi yapılmayacağı için O_{RH} toplam teorik oksijen ihtiyacı O_R olarak alınabilir.

Saha şartlarında verilmesi gereken oksijen miktarı, O_C

$$O_C = \frac{O_R}{\alpha} \times \left(\frac{C_S^*}{(C_{ST} - C_L)}\right) \times k_{10} / k_T$$

Burada;

C_S^*=10 ^oC de çözünmüş oksijenin doygunluk değeri (11,33 mg/L)

α = Atıksu için oksijen transfer verimi düzeltme katsayısı
(atıksu için 0,7-0,9, temiz su için 1.0)

C_L = Reaktör içindeki oksijen konsantrayonu, mg/L

C_{ST} = Atıksuyun T sıcaklıktaki ÇO doygunluk değeri, mg/L, aşağıdaki ifadeyle hesaplanır.

$C_{ST} = \beta * C^*_{ST}$

C^*_{ST} =temiz su için T sıcaklıkta çözünmüş oksijenin doygunluk değeri, mg/L

β = Atıksu için oksijen doygunluk düzeltme katsayısı (atıksu için 0,90-0,95, temiz su için 1.0)
Kış ayları için hesap yapılmıştır, sıcaklık 12 ^oC olarak seçilmiştir (T=12 ^oC).Buna göre;

$$C^*_{S12} = C^*_{S20} \times 1{,}024^{T-20} = 9{,}17 \times 1{,}024^{12-20} = 7{,}59 \text{ mg/L}$$

$C_{S12} = \beta \times C^*_{ST} = 0{,}9 \times 7{,}59 = 6{,}97$ mg/L

k_{10}/k_T = sıcaklık düzeltme katsayısı (0,964)

$$O_C = \frac{80}{0{,}7} \times (\frac{11{,}33}{6{,}97 - 2}) \times 0{,}964 = 251 \text{ kg } O_2\text{/ gün}$$

Hava ihtiyacı, O_R

1 m^3 havadaki oksijen miktarı =havanın özgül ağırlığı x havanın ağırlık olarak oksijen miktarı

= 1,201 x 0,232 =0,28 kg O_2/m^3 hava

$$\text{OR} = \frac{O_C}{\eta \times 1m^3 havadaki O_2 miktarı} = \frac{251}{0{,}15 \times 0{,}28} = 5976 \text{ m}^3 \text{ hava/gün}$$

η = oksijen iletim verimi, 0,05-0,3. Burada 0,15 olarak seçilmiştir.

Saha şartlarında verilmesi gereken hava ihtiyacı: ~249 m^3/saat

Membran sıyırma amacıyla sadece kaba hava vermek için ayrı bir blower kullanılabildiği gibi tek blower kullanılarak havalandırma düzeneği bir otomasyon yardımı ile kaba ve ince havalandırma olarak ayarlanabilir. Burada hesaplama, tek blower kullanımı üzerinden yapılmıştır. Buna göre, membran sıyırma için havalandırmanın her 10 dk.da 5 dk. kaba havalandırma düzeniyle yapılması ön görülmüştür. Buna göre, saatlik havalandırmanın 40 dk.sı biyolojik reaksiyonlar için yapılırken, 20 dk.sı membran yüzey sıyırma için yapılacaktır. Buna göre saha şartlarında verilmesi gereken düzeltilmiş hava ihtiyacı:

Saha şartlarında verilmesi gereken hava ihtiyacı: ~373 m^3/saat

olarak bulunur.

Seçilen Blower kapasitesi: 400 m^3/saat

Gerekli Membran Alanı Hesabı:

Membran akısı, birim zamanda, birim alandan süzülebilecek/geçebilecek su miktarını göstermektedir. Buna göre, gereken membran alanı membran akısına göre hesaplanmaktadır. Membran akısı, membran tipine, gözenek açıklığına, süzüntünün gravite mi yoksa vakumla mı alındığına göre değişkenlik göstermekte ve akı bilgisi üretici tarafından belirtilen ürün özellikleri arasında yer almaktadır. Ancak, her ne kadar akı küçüldükçe gereken toplam membran alanı büyüse de, membran tıkanmasının kontrolü amacıyla yüksek akılardan kaçınılmaktadır. Son yıllarda birçok çalışmada "kritik akı" dan bahsedilmekte ve araştırmalar sürmektedir (Pollice vd., 2005, Judd s., 2006, Bottino vd., 2009, Wei vd., 2011, Tiranuntakul vd. 2011, Nguyen vd. 2014). Uygun akının seçimi, atıksu özellikleri, membran tipi, biyokütle konsantrasyonu ve özellikleri gibi bir çok faktöre göre değişmektedir. Bu çalışmada, UF düz tabaka membranları için kullanılabilecek ortalama bir akı değeri seçilmiştir (Judd 2006, üretici hesap tablosu-uygulama projesi ekinde verilmiştir).

Seçilen membran akısı: 15 L/m^2-h

Membran filtrasyon düzeni: 9 dk. filtrasyon, 1 dk dinlenme/filtrasyon yok (günlük filtrasyon süresi 21,6 saat)

Bu durumda,

Membran Alanı: 600 m^2 olarak seçilmiştir.

Saatlik süzüntü debisi: 8,8 m^3/h,

Buna göre, birim *membran alanı başına spesifik havalandırma ihtiyacı (SAD_m)*,

$$SAD_m = \frac{Qhava}{Am}$$ (Judd, 2006)

SAD_m,: 0,67 m^3 hava/m^2 saat

Buna göre, *birim akı başına spesifik havalandırma ihtiyacı (SAD_P)*,

$$SAD_m = \frac{Qhava}{Qsüzüntü}$$ (Judd, 2006)

SAD_P : 45,5 m^3 hava/m^3 süzüntü olacaktır.

SAD_m ve SAD_P değerleri literatürde düz tabaka membranlar için verilen değerlerle uyumludur.

Dezenfeksiyon prosesi:

UV dezenfeksiyon sonrasında düşük dozda klorlama yapılması planlanmıştır.

Arıtılmış suda toplam koliform hedefi: bulunmamalı (<2.2 MPN/100 mL),

Ortalama debide klor temas süresi: 30 dk.

C_T 30 mg-dk/L için klor dozajı: 1 mg/L olacaktır,

Buna göre;

Klor temas tankı hacmi =Q_s x $t_{temas\ süresi}$

Klor temas tankı hacmi = 3,2 m^3

Seçilen boyutlar: 1x2,15x1,5 m (hsu)

Klor dozaj miktarı %12'lik = 1,3 L/gün

8.2.3 PİLOT TURİZM TESİSLERİ ATIKSU ARITMA SİSTEMLERİ ÖZELLİKLERİ

Her iki pilot turizm tesisi için atıksu geri kazanımına yönelik tasarlanan arıtma sistemlerine ait özet bilgi ve kabuller aşağıda **Tablo 88**'de özetlenmiştir. Şehir oteli için seçilen arıtma sisteminin özellikleri gri su başlığı altında, sayfiye oteli için seçilen arıtma sisteminin özellikleri ise evsel atıksu başlığı altında yer almaktadır.

Tablo 88. Tasarım Özet Tablosu

Hesaplanan Değerler	Gri Su	Evsel Atıksu
Günlük ortalama evsel atıksu debisi (yıl ortalaması), m^3/gün	80	150
Günlük ortalama evsel atıksu debisi (yüksek doluluk ortalaması), m^3/gün	100	190
Günlük maksimum evsel atıksu debisi, m^3/gün	130	220
Dengeleme hacmi, m^3	21	25
Dengeleme tankı boyutları (uzunluk, genişlik, su derinliği), m	2x3x3.5	2x3,6x3.5
Dengelemede hidrolik bekletme süresi, saat (yıl ortalaması debiye göre)	~6	4
Çamur Yaşı (seçim), gün	40	10
Net dönüşüm oranı, Y_{NH} (g hücre KOİ/gKOİ)	0,21	0,34
Oluşan Toplam Günlük Çamur Miktarı, kg/gün	7,7	~70
Reaktörde Toplam Biyokütle Miktarı, kg	308	~700
Reaktörlerdeki Biyokütle Konsantrasyonu (seçim), mg/L	10.000	10.000
Karbon Giderimi için Gerekli Oksijen İhtiyacı, kg O_2/gün	8,7	80
Hava İhtiyacı, Nm^3/saat	45	373
Seçilen Blower Kapasitesi, Nm^3/saat	100	400
Biyoreaktör Toplam Hacmi, m^3	35	75
Reaktör Sayısı, adet	1	1
Reaktör boyutları (uzunluk, genişlik, su derinliği), m	2x5x3.5	3x7,1x3.5
Membran akışı (seçim), L/m^2-saat	15	15
Klor temas tankı hacmi, m^3	1,8	3,2
Klor temas tankı boyutları (reaktör uzunluk ve genişliği, su derinliği), m	1,2x1x1,5	1x2,15x1,5
Klor dozaj miktarı (%12'lik), L/gün	0,9	1,3

9 SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Şehir turizmi ve sayfiye turizmini temsil eden iki pilot turizm tesisinde gerçekleştirilen çalışmalar neticesinde, misafir başı su kullanımının sulama ihtiyacının yüksek olduğu yaz aylarında oldukça yüksek olduğu görülmektedir. Su kullanımı ve atıksu oluşumu açısından ulaşılan önemli sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

- Sayfiye otelinde misafir başı toplam su kullanımı (bina içi ve bina dışı dahil) ortalama 830 L/misafir-gün (Mayıs-Kasım ayları), bina içinde misafir başı su kullanımı ortalama 330 L/misafir-gün olarak tespit edilmiştir (Mayıs-Kasım ayları),
- Pilot şehir otelinde, yaz ve kış aylarında misafir başı toplam su kullanımı değişkenlik göstermiş, misafir başı toplam su kullanımı yıl ortalaması 735 L/misafir-gün, yaz aylarında 965 L/misafir-gün, kış aylarında ise 790 L/misafir-gün bulunmuştur. Yaz aylarında yükselen ihtiyaç peyzaj sulama ve havuz besleme suyu kullanımı ile açıklanmıştır,
- Sayfiye oteli verileri ile yapılan çalışma sonucunda, kullanılan toplam suyun % 44'nün bina içinde, %56'sının ise bina dışında kullanıldığı belirlenmiştir. Bina dışı kullanımın yaklaşık %80'i bahçe sulamada kullanılmaktadır. Bina içinde kullanılan toplam suyun %30'u odalarda duş ve banyoda, %13'ü ise odalarda tuvalet rezervuarlarında kullanılmıştır, odalarda su kullanımı, bina içi ve bina dışı toplam su kullanımının %19'unu oluşturmaktadır. Odalarda duş ve banyolarda su kullanımı (gri su olarak toplanabilecek miktar) ise toplam su kullanımının %13'üdür.
- Sayfiye oteli verilerine göre, bina içinde misafir başı su kullanımının otel doluluğu ile doğrudan ilişkili olduğu ve doluluk arttıkça misafir başına su kullanımının neredeyse ½ oranında düştüğü görülmektedir. Buna göre, otel boş olsa dahi minimum su kullanımının genel kullanım içinde önemli yer tuttuğunu söylemek mümkündür. Bu kullanım içinde personel kullanımı, genel alanların temizliği, mutfak ve çamaşırhane gibi kullanım alanları sayılabilir. Bununla birlikte bir diğer önemli parametre de kültürel alışkanlıklardır. Örneğin çocukları küveti doldurarak yıkama alışkanlığı olan İskandinav ağırlıklı misafir profiline sahip sayfiye otelinde çocuk sayısındaki değişiklik bina içinde misafir başına su kullanımını ve gri su miktarını etkileyen parametreler arasında yer almıştır.

- Odalarda duş ve lavabolarda kullanılan su miktarları dikkate alındığında misafir başına gri su miktarı pilot şehir otelinde 145 L/misafir-gün, pilot sayfiye otelinde ise 110 L/misafir-gün olarak bulunmuştur.
- Gri suyun içerdiği öncelikli kirlilik unsurunun organik madde olması nedeni ile karakterizasyonunda birincil parametre toplam KOİ'dir. Bununla birlikte, literatürden farklı olarak gri suyun bakteriyolojik parametreler açısından da dikkatle değerlendirilmesi gerektiği görülmektedir. Şehir otelinde gerçekleştirilen çalışmalar gri suyun aslında bakteriyolojik parametreler açısında tahmin edildiği gibi seyreltik olmadığını göstermiştir. Organik madde açısından, iki otelde gerçekleştirilen tüm ölçümler için ortalama 120 mg/L (şehir oteli) ve 170 mg/L (sayfiye oteli) civarında olan TKOİ değerlerinin literatür verileriyle uyumlu olduğu söylenebilir. Sayfiye otelinde, genel olarak temizlik saatlerinde, temizlik işlerinde kullanılan organiklerden kaynaklanabileceği tahmin edilen organik madde kirliliğinin arttığı gözlenirken (maks. 335 mg/L), şehir otelinde belirgin bir trend gözlenememiştir. Genel olarak, önceden de tahmin edildiği gibi, gri suyun organik madde açısından zayıf evsel atıksu karakterinde olduğu görülmektedir. Ancak iki otelin sonuçları birbirinden bir miktar farklı bulunmuş, sayfiye otelinde çözünmüş kirlilik yüksekken şehir otelinde partiküler kirlilik çoğu zaman baskın olmuştur. Özetle genel olarak gri suyun organik madde açısından zayıf evsel atıksu karakterinde olduğunu, ancak özellikle azot parametresi açısından zayıf evsel atıksuya kıyasla fakir olduğunu söylemek mümkündür. Bununla birlikte, ortofosfat değerleri zayıf atıksu ile karşılaştırılabilir olsa da, toplam fosfor açısından değerler orta kuvvetteki evsel atıksu değerlerini aşabilmektedir. Fosfor'un önemli bölümünün ise organik kökenli olduğu anlaşılmaktadır. Şehir otelinde beklenenin üzerindeki toplam fosfor/organik fosfor değerlerinin kökeninin fosfor içeriği yüksek olan temizlik ürünlerinden kaynaklandığı, sayfiye otelindeki fosfor değerlerinin şehir oteline göre nispeten daha düşük tespit edilmesinin de kullanılan temizlik ürünlerinin farklılığından oluştuğu düşünülmektedir. Askıda katı madde açısından incelendiğinde pik değerler haricinde elde edilen sonuçların tipik grisu karakterizasyonunda olduğu söylenebilir.

Her iki otelin de su ihtiyacı, su kullanım alanları ve geri kazanılacak atıksuyun potansiyel kullanım alanları, farklı mertebelerde atıksu geri kazanımının hedeflendiği senaryolar bazında değerlendirilmiş ve ulaşılan önemli sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

– Geri kazanılan atıksuyun en önemli kullanım potansiyeli peyzaj sulamadır. Ancak, kış aylarında peyzaj sulama ihtiyacı olmamakta ve geri kazanılan atıksuya olan ihtiyaç azalmakta ve kullanım potansiyeli kısıtlı olmaktadır.

– Pilot şehir otelinde kış aylarında otel açıktır, kışın arıtılmış atıksuya olan ihtiyaç düşmekte ve yaz ile kış kazanımları arasında büyük farklar olmaktadır. Karışık evsel atıksuyun geri kazanımı durumunda yazın dahi bir miktar suyun kanalizasyona deşarjı söz konusudur. Şehir otelinde arıtılmış atıksuyun kullanım alanı yaz aylarında peyzaj sulama, kış aylarında ise rezervuarda kullanımdır. Dolayısıyla, bu örnekte geri kazanımı limitleyen faktör yeşil alanın su ihtiyacı ve rezervuarlarda kullanılabilecek su miktarıdır. Sonuç olarak, fayda değişmekte ve maliyet açısından değerlendirildiğinde akım ayrımı ve gri suyun geri kazanımı şehir oteli için anlamlı görünmektedir. Gri su geri kazanımına alternatif olarak karışık evsel atıksuyun sulama amaçlı kullanımı da (sadece yaz aylarında geri kazanım yapılacak olması durumu) gerek su tasarrufu, gerekse de karlılık açısından avantajlı görünmektedir. Gri suyun ayrılması ve geri kazanılması durumunda en ucuz teknolojiye göre geri ödeme süresi 2,3 yıl, karışık evsel atıksuyun sulama amaçlı kullanımında ise en ucuz teknoloji ile geri ödeme süresi yaklaşık 2,1 yıl bulunmuştur. Pilot tesisin bulunduğu İstanbul'da birim su fiyatının yüksek olması (7,67 TL+KDV/m^3), atıksu geri kazanımının faydasının yüksek, geri ödeme süresinin düşük çıkmasındaki en önemli etkendir. Alternatifler arasında en gelişmiş teknoloji olan MBR uygulanması durumunda gri su geri kazanımının geri ödeme süresi yaklaşık 3,2 yıl, karışık evsel atıksuyun (sulama amaçlı) geri ödeme süresi ise yaklaşık 1,9 yıl bulunmuştur. Doğrudan membran filtrasyonu alternatifi ise sadece gri su için mümkün olup, geri ödeme süresi yaklaşık 3,1 yıl olmuştur. Ancak doğrudan filtrasyon yöntemi sadece gri suyun seyreltik olduğunun bilindiği durumda ihtiyatla kullanılmalıdır. Arıtılmış suda biyolojik ayrışabilir organik madde kalması durumunda mikrobiyolojik kontaminasyon riski önem kazanmaktadır (besin maddesi olduğu için kontaminasyon durumunda çoğalma riski yüksektir).

– Sayfiye otelinde gerçekleştirilen çalışma neticesinde ise bina içinde oluşan evsel nitelikli tüm atıksuların geri kazanımı ve sulamada kullanılması durumunda dahi sulama için şebekeden su takviyesi yapılması gerektiği ortaya çıkmaktadır. Bu durum benzeri özellikler gösteren yaz aylarının nispeten kurak, sıcaklıkların yüksek olduğu, yeşil alanı büyük olan benzeri tesisler için de geçerli olacaktır. Sayfiye otelinin sezon süresince açık olması ve bu süre boyunca sulama ihtiyacının süreklilik arz etmesi sebebiyle atıksu geri kazanımı açısından en uygun senaryo, en fazla suyun geri kazanılabildiği ve faydanın en yüksek olduğu senaryo olmuştur. Sayfiye oteli örneğinde karışık evsel atıksuyun geri kazanımı ile yaklaşık 180 m^3/gün atıksu geri kazanılabilmektedir ve yatırımın geri ödeme süresi aktif çamur teknolojisinin kullanıldığı durumda yaklaşık 7,4 yıl olmaktadır. MBR teknolojisinin seçilmesi durumunda ise anlamlı bir geri ödeme süresi ve karlılık yok görünmektedir. Bu geri ödeme süreleri şehir oteli ile karşılaştırıldığında yüksektir ve göreceli olarak karlılığı düşük görünmektedir. Pilot otelin bulunduğu Manavgat bölgesinde, MATAB tarafından idare edilen su kanalizasyon hizmetleri neticesinde atıksu bedeli yatak başına alınmakta ve otelin kapalı olduğu dönemde de bu bedel ¼ oranında azaltılarak alınmaya devam etmektedir. Dolayısıyla atıksu geri kazanımının mali olarak tek kazanımı şebekeden temin edilen su miktarının azalması sebebiyle suya ödenen bedelin azalması ile olmaktadır. Birim su fiyatının da çok yüksek olmaması neticesinde şehir oteline kıyasla geri kazanım fazla olmasına karşın karlılıkları düşük bulunmuştur. Bir başka ifadeyle, sayfiye oteli verileri, şehir oteli örneğindeki birim su fiyatları ile değerlendirildiğinde, şehir otelinde atıksu geri kazanımının karlılığı daha fazla geri ödeme süresi daha düşük bulunmaktadır.

– Ekonomik olarak en avantajlı teknoloji, konvansiyonel teknoloji olan aktif çamur, filtrasyon ve klorlama ile dezenfeksiyon olarak görünmektedir. Ancak, otellerin alışık olduğumuz atıksu arıtım ve geri kazanım projeleri açısından farklı özellikleri ve öncelikleri olduğu görülmektedir. Örneğin, bir atıksu arıtım ve geri kazanım projesinin uygulama kararı sadece bütçe analizi neticesinde değil, güvenilirlik, arıtma performansının salınım göstermemesi, misafirin kabul etmesi gibi çeşitli faktörlere bağlı olarak alınmaktadır. Bu nedenle uygun arıtma teknolojisinin seçimi sürecine teknik, çevresel ve sosyal kriterlerin de eklenmesi gerekmektedir. Buna göre turizm

tesisleri ile yürütülmüş anket sonuçlarına göre ağırlığı en büyük olan kriterlerin "misafirlere rahatsızlık verme potansiyeli" ve "arıtılmış su kalitesi" olduğu görülmektedir. Eşit puan alan bu iki kriteri, mali kriterler (sırasıyla ilk yatırım maliyeti, geri ödeme süresi ve işletme maliyeti) takip etmektedir. Önemi en düşük kriter ise "getireceği prestij (sertifikasyon avantajı vb." kriteri olmuştur. Bu değerlendirme, turizm tesislerinin, bir atıksu geri kazanımı yatırımı yaparken maliyetinden çok sistemin performansını ve misafirler tarafından kabul edilebilirliğini düşündüklerini göstermektedir. Bununla birlikte "çevresel fayda" kriterinin orta seviyelerde yüksek puan alması, aslında sektörde çevre bilincinin oluşmakta olduğunu ve doğal kaynakların korunmasını önemsediklerini ve geri kazanım yapmak istediklerini göstermektedir. Nitekim, anketin diğer sorularına verdikleri cevaplar çeşitli tereddütleri olmasına karşın atıksu geri kazanımı fikrine mesafeli olmadıklarını göstermektedir. Buna göre oluşturulan çoklu karar matrisine göre senaryoların önceliği sırasıyla yağmur suyu hasadı, karışık evsel atıksuyun sulama amaçlı geri kazanımı ve gri suyun geri kazanımı (sulama+rezervuar) olmuş, en son sırada ise ECOSAN uygulaması kalmıştır. Öncelik sırası puanı eski ve inşaat halindeki otel için ayrı ayrı hesaplanmış, inşaat halindeki otel için gri su ve ECOSAN uygulamalarının puanı bir miktar daha yüksek bulunmuş ancak sıralama değişmemiştir. Pilot şehir ve sayfiye oteli için maliyet parametreleri de eklenerek matris genişletilmiştir. Buna göre, karışık evsel atıksu geri kazanımı ve sulama amaçlı kullanımı ile yağmur suyu hasadı öncelikli olarak ortaya çıkmaktadır. Gri su geri kazanımı ise ikinci öncelik sırasında yer almıştır. Teknolojilerin maliyet parametresi eklenmeden hesaplanmış toplam puanlarına göre en yüksek puanı MBR teknolojisi almış, MBR'ı konvansiyonel aktif çamur teknolojisi izlemiş, en düşük puanı ise doğrudan filtrasyon almıştır. Özetle, hem gri su, hem de karışık evsel atıksu geri kazanımı açısından en uygun teknoloji MBR sistemi olarak görülmektedir. Performansın süreklilik arz etmesi, fiziksel dezenfeksiyon sağlanması ve buna bağlı olarak klorlama ihtiyacının azalması en öne çıkan avantajlarıdır. İşletmenin otomasyonla yapılması durumunda bilgi ve uzmanlık gereksinimi azalacaktır.

– Yağmur suyu hasadını değerlendirdiğimizde ise, sulama ihtiyacının yüksek olduğu yaz aylarında hasatlanabilecek yağmur suyu potansiyelinin düşük olması, buna

karşın geri kazanılacak atıksuyun kısıtlı kullanım potansiyeli bulunan kış aylarında yağmur suyu potansiyelinin yüksek olması, otellerde yağmur suyu hasadının uygulanabilirliğini kısıtlamaktadır. Sayfiye oteli yağış potansiyelinin yüksek olduğu, kış, sonbahar ve erken ilkbahar döneminde kapalıdır ve su ihtiyacı yoktur, şehir otelinde ise gri su geri kazanımı düşünüldüğünde dahi yağışın fazla olduğu kış ve bahar aylarında gri suyun bir kısmının dahi kanalizasyona deşarjı söz konusudur. Bu nedenlerle her iki otel için de diğer atıksu geri kazanım alternatifleriyle birlikte yağmur suyu hasadı anlamlı görünmemektedir. Ancak atıksu geri kazanımı yapmanın anlamlı olmadığı küçük oteller su tasarrufu açısından yağmur suyu hasadını değerlendirebilirler. Özellikle mevcut durumda kurulu olan otellerde, bina içine rezervuara dönüş maliyeti nispeten yüksek olacağından başka kullanım alternatifleri de örn. yapay gölet besleme, araba yıkama, temizlik vb. değerlendirilebilir.

– Sarı, kahverengi ve gri suyun tamamının ayrımı değerlendirildiğinde ise net faydanın düşük ve geri ödeme sürelerinin çok yüksek olduğu görülmektedir. Her ne kadar nütrient ve enerji kazanımı söz konusu ise de tahminlerin ve teorik maliyet analizlerinin ötesinde, sarı suyun satışı konusunda da çeşitli belirsizlikler mevcuttur. Problem, otel yönetiminin bu akımları ayırmayı, uygulamayı kabul edip etmemesinin de ötesine geçmekte ve nihai kullanıcı faktörünün belirsizliği de denkleme eklenmektedir. Sarı suyun gübre olarak kullanımının, çiftçiler tarafından kabul edilip edilmeyeceği tam olarak bilinmemektedir. Gerek karlılığının düşük olması, gerekse de ürünün nihai kullanıcısının otel dışında olması, bu suların turizm sektöründe ayrılarak yönetilmesinin kısa dönemde faydalı olmayacağı sonucunu doğurmaktadır.

– Kanalizasyon hattının bulunmadığı ve alıcı ortama deşarj etmek durumunda olan turizm tesislerinin durumunu temsilen oluşturulan senaryo 5 değerlendirildiğinde ise kanalizasyon hattının bulunmadığı ve alıcı ortama deşarj etmek durumunda olan turizm tesislerinin, mevcut arıtma yükümlülüklerine ilave olarak yapacakları yatırım sonrasında, atıksularını kullanmalarının karlılığı yüksek bulunmuştur. İlave olarak yapılacak yatırımın geri ödeme süreleri diğer alternatiflere göre oldukça kısadır (1-1.5 yıl). Bu nedenle, bu durumda olan tesislerin geri kazanım yapması, hem alıcı ortamın korunması, hem de su kaynaklarının sürdürülebilir kullanımı açısından avantajlı görünmektedir.

– Atıksu geri kazanımına yaklaşımın ölçülmeye çalışıldığı turist anketi çalışması özetle şu şekildedir; turistlere bahçe sulaması ve rezervuarların arıtılmış atıksu ve yağmur suyu ile doldurulması hususları sorulduğundan sulama amaçlı yağmur suyu hasadına olumsuz yaklaşan kimse bulunmazken, arıtılmış gri suyun sulama amaçlı kullanımı %2 oranında, arıtılmış siyah suyun sulama amaçlı kullanımı ise %4 oranında olumsuz karşılanmıştır. İki kaynak için de olumlu görüş bildirenler değerlendirildiğinde arıtılmış gri suyun bahçe sulamada ve rezervuarda kullanımının olumlu karşılanma oranının daha yüksek olduğu görülmektedir. Bununla birlikte, arıtılmış gri suyun rezervuarda kullanımının, gri suyun bahçe sulamada kullanımına göre daha yüksek oranda olumlu olarak değerlendirildiği dikkat çekmektedir. Karışık evsel atıksuda ise tam tersi bir durum söz konusudur, rezervuarda kullanıma olumlu bakanların oranı, bahçe sulamada olumlu bakanlara kıyasla bir miktar daha düşüktür. Her iki kullanım amacı için gri su ve arıtılmış atıksuyun kullanımına olumlu ve nötr yanıtını verenler bir arada değerlendirildiğinde ise gri suyun kullanımının bir miktar daha olumlu olduğu görülmekle birlikte aradaki farkın çok da yüksek olmadığı söylenebilir.

– Ekonomik analiz kapsamında merkezi atıksu geri kazanımı yapılması ve otellere dağıtılması ile otellerin müstakil olarak karışık evsel atıksuyu geri kazanmaları durumu karşılaştırılmıştır. Bunun için, Beldibi atıksu arıtma tesisi örnek olarak alınmıştır. Halihazırda merkezi arıtma tesisine yakın durumda olan büyük ve orta büyüklükte 12 otelin, müstakil geri kazanım ve merkezi arıtma tesisinden geri kazanım yapılması durumu karşılaştırılmıştır. Arıtma tesisine yakın konumda olan 12 otelin toplam yatak sayısı 17.462, yaklaşık olarak sulanan yeşil alan büyüklüğü 576.650 m^2, tahmin edilen toplam sulama suyu miktarı yaklaşık olarak yıllık 590.000 m^3'tür. Müstakil atıksu geri kazanımı yapılması durumunda geri kazanılacak atıksu miktarı yıllık 359.000 m^3 civarındayken, merkezi atıksu geri kazanımı yapıldığı durumda ise yıllık 590.000 m^3 sulama suyunun tamamının arıtılmış sudan sağlanması söz konusudur. Bunun sebebi, merkezi atıksu geri kazanımında arz ve talebin dengeleniyor olmasıdır. Bu örnekte, su kaynağının korunması açısından merkezi geri kazanım ile, müstakil geri kazanıma kıyasla yaklaşık %64 daha fazla su tasarrufu sağlanabilmektedir. Merkezi atıksu geri kazanımının bir diğer avantajı birim maliyetlerin çok daha düşük olmasıdır. Bunun yanında sistemin kontrolü, işletmenin

daha profesyonel olarak yapılabilmesi de merkezi geri kazanımın avantajları arasındadır.Özetle, müstakil atıksu geri kazanımı yapılması durumunda otellerin konvansiyonel (aktif çamur, kum filtrasyonu, klorlama) ve gelişmiş teknoloji (MBR ve klorlama) için yapmaları gereken yatırım toplamı sırasıyla 3 milyon ve 7 milyon TL civarında olacaktır. Buna karşılık merkezi atıksu arıtma tesisinde geri kazanım ve borulama için yapılacak yatırımın toplam tutarı; konvansiyonel teknoloji (mevcut biyolojik arıtma sonrasında kum filtrasyonu ve klorlama yapılması) ve gelişmiş teknoloji (mevcut biyolojik arıtma sonrasında ultrafiltrasyon ve klorlama yapılması) durumunda sırasıyla 1.5 milyon ve 2 milyon TL civarında olacaktır. Arıtılmış suyun otellere konvansiyonel uygulamada yaklaşık 0.44 TL, membran teknolojisinde ise yaklaşık 0.66 TL'ye satılması durumunda yatırım 8 yıl sonunda kendini geri ödeyecektir (bu fiyatlar sadece geri kazanım için yapılan yatırımın maliyetlerini karşılaması hedeflenerek belirlenmiştir, deşarj standartlarını sağlamak için kurulmakla yükümlü olan mevcut biyolojik arıtma tesisinin maliyetlerini içermemektedir). Seçilen arıtma kapasitesi civarda bulunan çoğu küçük ölçekli ve müstakil arıtma kurması anlamlı olmayacak 12 adet daha otele bağlanabilir. Bu durumda yıllık geri kazanılacak, dolayısı ile şebekeden tasarruf edilecek su miktarı 620.000 m^3 civarında olacaktır.

Sonuç olarak topoğrafyanın müsait olduğu ve mesafelerin uygun olduğu bölgelerde öncelikli olarak merkezi atıksu geri kazanımı düşünülmeli, ileri teknoloji (membran filtrasyonu) yatırımı yapılarak arıtılmış su otellere satılmalıdır (Beldibi örneğinde merkezi olarak ultrafiltrasyon sistemi kurulması ve dezenfeksiyon yapılması durumunda bir m^3 arıtılmış su 0,66 TL birim fiyata satıldığı durumda yatırım 8 yılda kendisini ödeyecektir). Merkezi geri kazanım yapılması durumunda arz ve talep dengelenmekte ve daha fazla atıksu geri kazanımı söz konusu olmaktadır. Beldibi örneğinde müstakil geri kazanıma kıyasla en az %64 daha fazla su tasarrufu yapmak mümkün görünmektedir. Merkezi geri kazanım yapılan kıyı bölgelerinde kuyu suyu kullanımı yasaklanarak, hem tuzlanma probleminin önüne geçmek, hem de ekonomik olarak su tasarrufu sağlamak mümkün görünmektedir. Ancak merkezi arıtma tesisinin yeterli olmadığı, topoğrafyanın uygun olmadığı şehir otellerinde ise (örn. İstanbul) müstakil geri kazanım anlamlı olabilir. Burada da otellerin yatırım kararını almaları için bilinçlendirme çalışmalarıyla birlikte birim su ve atıksu fiyatlarının gözden geçirilmesine

ihtiyaç vardır. Şöyle ki, müstakil atıksu geri kazanımının maliyet analizi incelendiğinde karlılık açısından, su fiyatının kritik parametreler arasında yer aldığı görülmektedir. Su fiyatının yüksek olduğu yerlerde karlıdır. Atıksu geri kazanımının otel açısından net faydasının yanında çevresel ve sosyal faydaları da önemlidir. Uzun vadede atıksu geri kazanımının faydalarını değerlendirdiğimizde, yeniden kullanımın kısıtlı su kaynaklarının korunmasına, kaynaklar üstündeki baskının azaltılmasına ve kaynakların sürdürülebilir kullanımına fayda sağlayacağı unutulmamalıdır. Bu nedenle, uygulayıcı açısından net faydanın yüksek olmadığı durumlarda, ancak politikalar ve teşvikler ile yaygınlaştırmanın önünün açılacağı göz önünde bulundurulmalı, birim su ve atıksu bedeli belirlenirken, atıksu geri kazanımına olası etkisi de değerlendirilmelidir. Örneğin, sayfiye oteli örneğindeki gibi yatak başına atıksu bedeli uygulanmasının önüne geçilmesi ve atıksu fiyatının kullanılan su miktarına bağlı olarak fiyatlandırılması dolaylı olarak teşvik edici olacaktır.

REFERANSLAR

Almeida, M. C., Butler D., Friedler E., 1999: At-source domestic wastewater quality, Urban Water, Vol.1, pp-49-55.

Andersen, H. R., Lundsbye, M., Wedel, H. V., Eriksson, E., Ledin, A., 2007. Estrogenic personal care products in a greywater reuse system.Water Sci. Technol. 56 (12), 45{49.

APHA, AWWA, WPCP, 2005: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, (Edited by Clesceri, L.S., Greenberg A. E., Eaton, A. D.), 21th edn. APHA,Washington, D.C.

Atasoy et al., 2007 E. Atasoy, S. Murat, A. Baban, M. Tiris Membrane Bioreactor (MBR) treatment of segregated household wastewater for reuse. Clean, 35 (2007), pp. 465–472.

Australian Guidelines for Water Recycling, 2006

Balmer, M. E., Buser, H. R., Muller, M. D., Poiger, T., 2005. Occurrence of some organic UV filters in wastewater, in surface waters, and in fish from Swiss lakes. Environ. Sci. Technol. 39 (4), 953{962.

Benotti MJ, Trenholm RA, van der Ford BJ, Holady JC, Stanford BD, Snyder SA (2009) Pharmaceuticals and endocrine disrupting com-pounds in U.S. drinking water. Environ Sci Technol 43:597–603

Bester, K., 2004. Retention characteristics and balance assessment for two polycyclic musk fragrances (HHCB and AHTN) in a typical German sewage treatment plant. Chemosphere 57 (8), 863{870.

Bottino, A., Capannelli, G., Comite, A., Mangano, R. (2009), Critical flux in submerged membrane bioreactors for municipal wastewater treatment, Desalination, 245 (1-3), pp. 748-753.

Boyjoo, Y., V. K. Pareek, vd. (2013). "A review of greywater characteristics and treatment processes." Water Science and Technology 67(7): 1403-1424.

British Standard, BS 8515 (2009), Code of Practice for the installation of RWH systems

Bullermann, M, Lücke, F.-K., Mehlhart, G. and Klaus, U. 2001. Grau- und Regenwassernutzung Kassel-Hasenhecke: Hygienische und Betriebstechnische Begleitunteruschungen. fbr-Schriftenreihe , Band 7.

Cabije A.H., Agapay R.C., and Tampus M.V., Asia-Pac. J. Chem. Eng., 4 (2009) 735–743

Can İ., Uluslar arası Beş Yıldızlı Otellerin Mekanik Tesisat Dizayn ve Uygulama Örnekleri Ttmd Dergisi 7. Sayı Makaleler (Mart-Nisan 2000)

Canosa, P., Rodriguez, I., Rubi, E., Negreira, N., Cela, R., 2006b. Forma-tion of halogenated by-products of parabens in chlorinated water. Anal. Chim. Acta 575 (1), 106{113.

Chen Z., Wen Q., Wang J. and Li F. Process Biochemistry, 41 (2006) 2468–2472.

Chin, W. H., F. A. Roddick, vd. (2009). "Greywater treatment by UVC/H2O2." Water Research 43(16): 3940-3947.

Christova-Boal, D., Robert, E., Edenb, R. E., McFarlane, S. (1996). An investigation into greywater reuse for urban residential properties, Desalination 106, 391-397.

Cirja, M., Ivashechkin, P., Schäffer, A., Corvini, P., Factors affecting the removal of organic micropollutants from wastewater in conventional treatment plants (CTP) and membrane bioreactors (MBR). Reviews in Environmental Science and Technology

Cortez, S. Teixeira P, Oliveira R. and Mota M., Environ. Tech-nol., 30,13 (2009).

Devlet Meteoroloji Genel Müdürlüğü, yağış verileri, (2013).

Devlet Meteoroloji Genel Müdürlüğü, yağış verileri, (2013).

EPA 2012, Guidelines for water reuse.

Eriksson E., Andersen H.R., Madsen T.S., Ledin A., Ecol. Eng., 35 (2009) 661–669.

Eriksson, E., Andersen, H. R., Ledin, A., 2008a. Substance flow analysis and source mapping of chemical UV-filters. Water Air Soil Pollut.: Focus 8 (5-6), 473-484

Eriksson, E., Auffarth, K., Eilerse, A. M., Henze, M., Ledin, A., 2003. Household chemicals and personal care products as sources for xenobiotic organic compounds in grey wastewater. Water SA 29 (2), 135-146

Espejo, R., Valter, K., Simona, M., Janin, Y., Arrizabalaga, P., 2002. De-termination of nineteen 4-alkylphenol endocrine disrupters in geneva mu-nicipal sewage wastewater. J. Chromatogr., A 976 (1-2), 335{343.

European Comission, Water Frame Directive (2009)

Fangyue, Li., Wichmann, K., Otterpohl, R., 2009: Review of the technological approaches for grey water treatment and reuses, Science of the Total Environment 407, 3439–3449.

Fountoulakis M.S., Terzakis S., A. Brix Chatzinotas, Kalogerakis H., N. and Manios T., Sci. Total Environ., 407 (2009) 2996–3003

Friedler, E., Kovalio, R., Galil, N. (2005). On-site greywater treatment and reuse in multi-storey buildings. Water Science and Technology, Vol: 51 No: 10, 187–194.

Friedler, E., Kovalio, R., Galil, N. I., Mathew, K. & Ho, G.2005, On-site greywater treatment and reuse in multi-storey buildings.Water Science and Technology51(10), 187–194.

GEC Sanitation Program, http://nett21.gec.jp/gesap/themes/themes2.html

Gerba, C.P., Straub, T.M., Rose, J.B., Karspiscak, M.M., Foster, K.E., Brittain, R.G. (1995).Water quality study of greywater treatment systems. Water Resour J 18:78–84.

Ghunmi L. A., Zeeman G., Fayyad M., Van Lier J. B., (2011), Grey Water Treatment Systems: A Review, Critical Reviews in Environmental Science and Technology, 41:7, 657-698.

Gilboa Y., Friedler E., Water Res., 42 (2008) 1043–1050.

Golden, R., Gandy, J., Vollmer, G., 2005. A review of the endocrine activity of parabens and implications for potential risks to human health. Crit. Rev. Toxicol. 35, 435-458.

Gonzalez-Marino, I., Quintana, J. B., Rodriguez, I., Cela, R., 2009. Simul-taneous determination of parabens, triclosan and triclocarban in water by liquid

chromatography/electrospray ionisation tandem mass spectrome-try. Rapid Commun. Mass Spectrom. 23 (12), 1756{1766.

Henze, M., Gujer, W., Mino, T., and Van Loosdrecht, M.C.M. 2000. Activated Sludge Models: ASM1, ASM2, ASM2d and ASM3, Scientific and Technical Report No. 9. London: IAWPRC.

Henze, M., Van Loosdrecht M.C.M, Ekama, G. A., Brdjanovic, D., 2008: Biological treatment principles, modelling and design, IWA publishing.

Herna´ndez-Leal L., Temmink H., Zeeman G., Buisman C.J.N. Removal of micropollutants from aerobically treated grey water via ozone and activated carbon, Water Research 45 (2011) 2887 – 2896

Hernandez-Leal L., Removal of micropollutants from grey water, Doktora Tezi, (2010)

Hills, S., Birks, R. & McKenzie, The Millennium Dome 'Watercycle' experiment: to evaluate water efficiency and customer perception at a recycling scheme for 6 million visitors.Water Science and Technology46(6), 233–240

Hirani Z, Zia Bukhari, Joan Oppenheimer, Patrick Jjemba, Mark W. LeChevallier, Joseph G. Jacangelo (2014), Impact of MBR cleaning and breaching on passage of selected microorganisms and subsequent inactivation by free chlorine, Water Research 57, 313-324.

Hocaoğlu Murat Selda, Mechanisms and Modelling of Segregated Household Wastewater Treatment by Membrane Bioreactor, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 2010.

Hocaoglu Murat S., Atasoy E., Baban A., Orhon D., 2013, Modeling biodegradation characteristics of grey water in membrane bioreactor. Journal of Membrane Science 429, 139–146

Hocaoglu S.M, Insel G., Ubay Cokgor E., Baban A., Orhon D. (2010), COD fractionation andbiodegradation kinetics of segregated domestic wastewater: black and grey water fractions, Journal of Chemical Technology and Biotechnology, 85 (9), 1241–1249.

http://ecotechproducts.net/product/ecoflush.

http://onlinembr.info/Cost/SAD%20in%20literature.htm, erişim tarihi: mayıs 2014

Judd S., 2006, The MBR Book. Principles and applications of membrane bioreactors in water and wastewater treatment. Elsevier, UK.

Kaçaroğlu, F. (2006), Gökpınar Karst Kaynaklarının Gürün-Sivas Hidrojeoloji İncelemesi. Hacettepe Üniversitesi Yerbilimleri Uygulama ve Araştırma Merkesi Dergisi, 27 (3),181-194.).

Kaman H. ve Diğ. 2011. "Denizle İrtibatlı Akarsularda Deniz Suyu Girişiminin İrdelenmesi: Antalya Acısu Deresi Örneği, Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi" 4 (2): 43-47, 2011 ISSN: 1308-3945, E-ISSN: 1308-027X, www.nobel.gen.tr,).

Kasprzyk-Hordern B., Dinsdale R.M., Guwy A.J., The removal of pharmaceu-ticals, personal care products, endocrine disruptors and illicit drugs during wastewater treatment and its impact on the quality of receiving waters, Water Research 43 (2009) 363–380

Kasprzyk-Hordern B., Dinsdale R.M., Guwy A.J., The removal of pharmaceu-ticals, personal care products, endocrine disruptors and illicit drugs during wastewater treatment and its impact on the quality of receiving waters, Water Research 43 (2009) 363–380

Kocatürk, N. P. (2010) Kaynakta ayrılmış idrardaki nütrientlerin klinoptilolitle geri kazanımı ve tarımda uygulanabilirliğinin incelenmesi İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Bilimleri ve Mühendisliği Programı Yüksek lisans Tezi (Tez Danışmanı Bilsen Beler Baykal).

Lamine, M., Bouseselmi, L., Ghrabi, A., 2007: Biological treatment of grey water using sequencing batch reactor, Desalination, Vol.215, 127-132

Lazarova V. Asano T., Bahri, A and Anderson J., (2013), Miletstones on Water Reuse: The Best Success Stories, IWA Publishing, London, UK.

Ledin, A., Eriksson, E., Henze, M., 2001. Aspects of groundwater recharge using grey wastewater. In: Lens, P., Zeeman, G., Lettinga, G. (Eds.), Decentralised Sanitation and Reuse: Concepts, Systems and Implemen-tation. IWA Publishing, Wageningen, The Netherlands.

Lee, H. B., Peart, T. E., Svoboda, M. L., 2005. Determination of endocrine-disrupting phenols, acidic pharmaceuticals, and personal-care products in sewage by solid-phase extraction and gas chromatography-mass spec-trometry. J. Chromatogr. A 1094 (1-2), 122{129

Loraine, G. A., Pettigrove, M. E., 2006. Seasonal variations in concentra-tions of pharmaceuticals and personal care products in drinking water and reclaimed wastewater in Southern California. Environ. Sci. Technol. 40 (3), 687{695.

Metcalf & Eddy 2003Wastewater Engineering Treatment Disposal Reuse, 3.Edition.

Montagner C. C. , Jardim W. F., Von der Ohe P. C., Umbuzeiro G. A., 2013, Occurrence and potential risk of triclosan in freshwaters of São Paulo, Brazil—the need for regulatory actions, Environ Sci Pollut Res., 11356-013-2063-5.

Morel, A. ve Diener, S. (2006) Greywater Management in Low and Middle-Income Countries, Review of Different Treatment Systems for Households or Neighbourhoods. Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology (Eawag), Dübendorf, Switzerland.

Nguyen, T.-N.-P., Su, Y.-C., Pan, J.R., Huang, C. (2014), Comparison of membrane foulants occurred under different sub-critical flux conditions in a membrane bioreactor (MBR) Bioresource Technology, 166, pp. 389-394.

Nolde, E. (1999). Grey water reuse systems for toilet flushing in multi-storey buildings-over ten years experience in Berlin. Urban Water, Vol.1, 275-284.

Nolde, E. 2000, Greywater reuse systems for toiletflushing in multi-storey buildings-over ten years experience in Berlin. Urban Water1(4), 275–284.

Oppenheimer, J., Stephenson, R., Burbano, A., 2007. Characterizing the passage of personal care products through wastewater treatment pro-cesses. Water Environ. Res. 79 (13), 2564{2577.

Orhon, D. ve Artan, N., 1994. Modeling of Activated Sludge Systems, Technomic Press, Lancaster, PA, Bölüm 5.

Orhon, D., Ateş, E., Sözen, S., Çokgör, E., 1997: Characterization and COD Fractionation of Domestic Wastewaters, Environmental Pollution, Vol. 95, No.2, 191-204.

Orhon, D., Okutman, D., 2003: Respirometric assessment of residual organic matter for domestic sewage, Enyzme and Microbial Technology 32, 560-566.

Orhon D., Germirli Babuna F., Karahan O., 2009. Industrial Wastewater Treatment by Activated Sludge. IWA Publishing, London., Bölüm 7.

Ottoson, J., Stenström, T.A. (2003) Faecal contamination of greywater and associated microbial risks. Water Research 37(3), 645-55.

Palmquist, H., Hanus, J., 2004. A Swedish overview of selecting haz-ardous substances as pollution indicators in wastewater. Manage. Envi-ron. Qual.: Int. J. 15 (2), 186{203

Pollice, A., Brookes, A., Jefferson, B., Judd, S. 2005, Sub-critical flux fouling in membrane bioreactors - A review of recent literatüre, Desalination, 174 (3), pp. 221-230.

Ramona, G., Green, M., Semiat, R. & Dosoretz, C.2004 Low strength graywater characterization and treatment by direct membranefiltration. Desalination170(3), 241–250

Regelsberger, M., Baban, A., Bouselmi, L., Abdel Shafy, H.L., El Hamouri B. (2007). Zer0-M, sustainable concepts towards a zer0 outflow municipality. Desalination, 215 64–72.

Rodil, R., Quintana, J. B., Lopez-Mahia, P., Muniategui-Lorenzo, S., Prada-Rodriguez, D., 2009. Multi-residue analytical method for the de-termination of emerging pollutants in water by solid-phase extraction and liquid chromatography-tandem mass spectrometry. J. Chromatogr. A 1216 (14), 2958{2969.

Routledge, E. J., Parker, J., Odum, J., Ashby, J., Sumpter, J. P., 1998. Some alkyl hydroxy benzoate preservatives (parabens) are estrogenic. Toxicol. Appl. Pharmacol. 153 (1), 12{19.

Sanchez, M., Rivero, M.J., Ortiz, I. (2010). Photocatalytic oxidation of grey water over titanium dioxide suspensions. Desalination 262(1-3) 141-146.

Santos A., Ma W., Judd S.J., Membrane bioreactors: two decades of research and implementation, Desalination 273 (2011) 148–154. [2]

Schreurs, R., Sonneveld, E., Jansen, J. H. J., Seinen, W., van der Burg, B., 2005. Interaction of polycyclic musks and UV filters with the estrogen receptor (ER), androgen receptor (AR), and progesterone receptor (PR) in reporter gene bioassays. Toxicol. Sci. 83 (2), 264-272.

Simonich, S. L., Federle, T. W., Eckho, W. S., Rottiers, A., Webb, S., Sabaliunas, D., De Wolf, W., 2002. Removal of fragrance materials during US and European wastewater treatment. Environ. Sci. Technol. 36 (13), 2839{2847.

Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği, Atıksu Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliği (20.03.2010), EK 7-Arıtılmış Atıksuların Sulama Suyu Olarak Geri Kullanım Kriterleri

Tawfik A., G Zeeman., Klapwijk A., Sanders W., El-Gohary F. and Lettinga G., Water Sci. Technol., 48(1) (2003) 131–138.

Tawfik A., Klapwijk A. , El-Gohary F. and Lettinga G., Bio-chem. Eng. J., 25 (2005) 89–98

Ternes, T., Joss, A., 2006. Human pharmaceuticals, hormones and fragrances: the challenge of micropollutants in urban water management. IWA, London

Ternes, T.A., Meisenheimer, M., McDowell, D., Sacher, F., Brauch, H.-J., Haist-Gulde, B., Preuss, G., Wilme, U., Zulei-Seibert, N.,. Removal of pharmaceuticals during drinking water treatment. Environmental Science and Technology (2002), 36, 3855–3863.

Tiranuntakul, M., Schneider, P.A., Jegatheesan, V. (2011), Assessments of critical flux in a pilot-scale membrane bioreactor, Bioresource Technology, 102 (9), pp. 5370-5374.

Urkiagaa A., L. de las Fuentes, Bis B., Chiruc E., Balasz B., F. Hernández, Development of analysis tools for social, economic and ecological effects of water reuse, Desalination 218 (2008) 81–91.

Vethaak, A. D., Lahr, J., Schrap, S. M., Belfroid, A. C., Rijs, G. B. J.,Gerritsen, A., de Boer, J., Bulder, A. S., Grinwis, G. C. M., Kuiper, R. V., Legler, J., Murk, T. A. J., Peijnenburg, W., Verhaar, H. J. M., de Voogt, P., 2005. An integrated assessment of estrogenic contamination and biological eects in the aquatic environment of The Netherlands. Chemosphere 59 (4), 511{524.

Wei, C.-H., Huang, X., Ben Aim, R., Yamamoto, K., Amy, G. (2011), Critical flux and chemical cleaning-in-place during the long-term operation of a pilot-scale submerged membrane bioreactor for municipal wastewater treatment

Zhou, H. D., Huang, X., Gao, M. J., Wang, X. L., Wen, X. H., 2009. Dis-tribution and elimination of polycyclic musks in three sewage treatment plants of Beijing, China. J. Environ. Sci.-China 21 (5), 561{567.

EKLER

EK 1- TURİZM TESİSLERİ GÖRÜŞLERİNİN ALINMASINA YÖNELİK BİLGİ FORMU

* Gerekli

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından desteklenen ve TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi tarafından yürütülmekte olan "Turizmde Çevre Dostu Atıksu ve Yağmur Suyu Yönetim Modelinin Oluşturulması" projesi ile turizm sektörüne yönelik en uygun atıksu geri kazanım yönteminin belirlenmesi ve bir model oluşturulması hedeflenmektedir. Bu kapsamda, önerilecek yöntem ve teknolojilerin uygulanabilir ve yaygınlaşabilir olması için sektörün görüşlerinin alınması büyük önem arz etmektedir. Bu sebeple, aşağıda yer alan sorularımızın teknik müdür veya konu uzmanlarınca yanıtlanması turizm sektörüne yönelik yapılan bu projeye katkı sağlayacaktır. Bölüm C mutlaka doldurulmalıdır.

İLETİŞİM

Dr. Selda Hocaoğlu selda.murat@tubitak.gov.tr 0 262 677 2941

TANIMLAR

GRİ SU: Foseptik atığı içermeyen evsel atıksudur (genel olarak banyo-duş, küvet ve lavabo atıksuları). YAĞMUR SUYU: Yeniden kullanım için biriktirilen yağmur suyu. SARI SU: Ayrı toplanmış idrar. KAHVERENGİ SU: Ayrı toplanmış dışkı ve sifon suyu karışımı. KARIŞIK EVSEL ATIKSU: otel içinde oluşan ve karışık olarak toplanan tüm atıksular.

Bölüm A - İşletmeniz Hakkında Bilgiler

Otelinizin adı ve adresi *

Formu dolduran kişinin ismi, görevi ve iletişim bilgileri *

Bu bilgi sadece iletişim amaçlı istenmektedir

Otelinizin oda sayısı

Otelinizin yatak sayısı

Otelinizin sınıfı

Otelinizin konsepti

- [ ] Şehir oteli
- [ ] Sayfiye oteli
- [ ] Apart Otel
- [ ] Tatil Köyü
- [ ] Termal Otel
- [ ] Diğer:

Çalışma süresi

- Tüm yıl açık
- Sezon süresince açık

Çalışma sezonu hangi aylar arasıdır?

Kapalı alanı

m2

Sulanan yeşil alan

m2

Kaç ay sulama yapılıyor?

Havuz var mı?

Varsa toplam hacmi m3 cinsinden giriniz.

- Yok
- Diğer:

Çevre koruma ya da sürdürülebilirlik alanında sahip olduğunuz sertifikalar

Çevre koruma ya da sürdürülebilirlik sertifikalarının misafirlerinizin otel tercihini etkilediğini düşünüyor musunuz?

- Evet, pek çok misafirimiz bu konuya dikkat ediyor.
- Bazı misafirlerimizin dikkatini çekiyor
- Fikrim yok
- Hayır, misafirlerimiz açısından bu sertifikaların bir önemi yok.

Çevre ve sürdürülebilirlik konularına önem veren misafirlerin çoğunluğunun sertifikaya sahip tesiste konaklamak için fiyat farkı ödeyeceklerini düşünüyor musunuz?

- Evet, az da olsa fiyat farkı vermeye hazırlar
- Hayır, çevre ve sürdürülebilirlik konularına önem verseler de, böyle bir tesisin işletilmesinden oluşacak bedelin konaklama bedeline yansımasını istemezler.
- Fikrim yok

Kullanma suyu temininde sıkıntınız var mı?

- Var
- Yok

Bazen

Oteliniz için suyun birim fiyatını biliyor musunuz?

TL/m3 + KDV

Su sarfiyatınız ortalama aylık ne kadardır? (sulama dahil)

Yaz

m3/ay (su faturasından kontrol edilebilir)

Kış

m3/ay (su faturasından kontrol edilebilir)

Ayrı sayacınız varsa bina içi su sarfiyatınız ortalama aylık ne kadardır?

Yaz

m3/ay

Kış

m3/ay

Bahçe sulama suyu miktarınızı biliyor musunuz?

m3/gün

Ortalama aylık toplam misafir sayınız (Otelde kalan toplam kişi sayısı) / (Otelin toplam geceleme sayısı)

Yaz

misafir/ay

Kış

misafir/ay

Bölüm B - Geri Kazanım Hakkında Düşünceler

Sizce arıtılmış atıksuların yeniden kullanılması bir ihtiyaç mıdır?

- ○ Evet
- ○ Hayır

Arıtılmış evsel atıksuyun aşağıda yer alan yeniden kullanım alanlarından işletmeniz için uygun olanları seçiniz.

Birden fazla seçebilirsiniz.

- ☐ Bahçe sulama
- ☐ Golf sahalarının sulanması
- ☐ Tuvalet rezervuarları
- ☐ Çevre restorasyonu (yapay gölet vb.)
- ☐ Araba yıkama
- ☐ Soğutma kulesinde
- ☐ Çamaşırhane
- ☐ Yangın söndürme
- ☐ Yüzme havuzları
- ☐ Duş/Banyo

Otelinizin çeşitli alanlarda farklı su kaynaklarını kullanmasını nasıl karşılarsınız?

	Olumlu	Nötr	Olumsuz
yeşil alanlarının sulanmasında, arıtılmış gri suyun	○	○	○
yeşil alanlarının sulanmasında, arıtılmış karışık evsel atıksuyun	○	○	○
yeşil alanlarının sulanmasında, yağmur suyunun	○	○	○
oda tuvaletlerinin rezervuarlarını doldurmak için arıtılmış gri suyun	○	○	○
oda tuvaletlerinin rezervuarlarını doldurmak için arıtılmış karışık evsel atıksuyun	○	○	○
oda tuvaletlerinin rezervuarlarını doldurmak için yağmur suyu	○	○	○

Bilgi

Sarı su (ayrı toplanmış idrar) azot, fosfor ve potasyum açısından zengindir. Genellikle, 6 ay kadar bekletme sonrasında ya da bir takım kimyasal işlemlerden sonra doğrudan gübre olarak kullanılabilir. Elde edilen gübrenin, yeşil alanlarda ve tarım alanlarında kullanımı mümkündür. Geriye kalan kahverengi su (ayrı toplanmış dışkı ve sifon suyu karışımı) ise havasız arıtma ile arıtılarak metan ve karbondioksit karışımı gaz elde edilebilir (buradan elde edilecek enerji miktarı, arıtma tesisinin enerji ihtiyacını büyük oranda karşılayabilecek mertebelerde olduğu düşünülebilir).

Otelinizin odalarında idrar ayıran özel tuvaletlerin kullanımı ve sarı suyla kahverengi suyun ayrılmasını nasıl karşılarsınız?

- Olumlu
- Nötr
- Olumsuz

Otellerde sarı suyun gübre olarak değerlendirilmesi ve otelin bahçe, yeşil alanda kullanımını nasıl karşılarsınız?

- Olumlu
- Nötr
- Olumsuz

Neden

Otellerde ayrılacak Sarı suyun yakında otel alanında depolanması ve sonrasında tarıma satışı konusundaki yaklaşımınız nasıl olur?

- Olumlu
- Nötr
- Olumsuz

Neden

Otellerde kahverengi suyun ayrı toplanması ve arıtılarak enerji elde edilmesi konusunda yaklaşımınız nasıl olur?

- Olumlu
- Nötr
- Olumsuz

Neden

Bölüm C - Yatırım Kararı Kriterleri

Otelinizde atıksu geri kazanımı gibi bir çevre yatırımına karar verirken aşağıdaki kriterleri ne oranda göz önünde bulundurduğunuzu puanlayın *

1: en az - 5: en fazla

	1	2	3	4	5
Kurulum kolaylığı	○	○	○	○	○
İşletme ve bakım kolaylığı, Kaynak gereksinimi (örn. kimyasal, ekipman ihtiyacı, personel)	○	○	○	○	○
Güvenilirliği / istikrarı (örn. sistem performansının değişimlerden etkilenmemesi)	○	○	○	○	○
Misafirlere rahatsızlık verme potansiyeli (koku oluşturup oluşturmaması, sağlık açısından riski, misafirler tarafından kabul edilebilirliği)	○	○	○	○	○
Arazi gereksinimi	○	○	○	○	○
Getireceği prestij (sertifikasyon avantajı vb.)	○	○	○	○	○
Çevreci olması (örn. su kaynaklarının korunması)	○	○	○	○	○
Yatırım maliyeti	○	○	○	○	○
İşletme maliyeti	○	○	○	○	○
Geri ödeme süresi	○	○	○	○	○

EK 2 - TURİST ANKETİ SONUÇLARININ DEĞERLENDİRMESİ

Metodoloji

Turist Paydaş Analizi ile ülkemizi ziyaret eden yabancı turistlerin su tüketim alışkanlıkları, atıksu ve atıksuyun geri kazanımı hakkındaki bilgi düzeyleri ve yeniden kullanıma ilişkin tercihlerinin saptanması hedeflenmiştir. Veri toplama aracı olarak her biri kapalı uçlu olan, Likert türü ve birden çok seçenekli 32 sorudan oluşan bir anket hazırlanmıştır. Ülkemizi ziyaret eden turistler, herhangi bir demografik fark gözetilmeksizin hedef kitle olarak belirlenmiştir. Örnekleme grubunun hedef kitleyi hakkaniyetli temsil etmesi için, birçok farklı millet ve kesimden gelen turistin İstanbul'da en sık ziyaret ettiği Sultanahmet Meydanı saha çalışması için uygun görülmüştür. 2013'ün ekim ayında Türkiye Su Enstitüsü'nden (SUEN) dört kişilik bir ekip, iki gün süreyle, 100 yabancı turiste yüz yüze mülakat yoluyla anketi uygulamıştır.

Genel Bilgiler

Ankete katılan turistlerin demografik bilgilerine Tablo 1'de yer verilmiştir. Görüldüğü üzere **cinsiyet** gruplarında dengeli bir dağılım vardır. **Yaş** dağılımında ise 26-35 yaş aralığında bir yığılma varken 16-25 yaş grubunda sadece 10 katılımcı bulunuyor. Bu nedenle toplam turist sayısı, 16-35 arasında (42), 36-55 arasında (30) ve 56 yaş üzerinde (28) üç yaş grubu altında kümelenmiştir. **Gelir** gruplamasında ise nispeten dengeli bir tablo var. Sadece, aylık hane geliri 500 € altında kalan iki kişi bir üst gruplama olan 500-999 € hanesine dahil edilmiştir. Tabloda yer verilememekle birlikte katılımcı profili, çoğunluğu Avrupa (73), Asya (6), Afrika (3), Avustralya (3) ve Amerika (15) kıtalarında olmak üzere 31 ülkeye dağılmıştır.

Tablo 1. Anket katılımcılarının demografik özellikleri

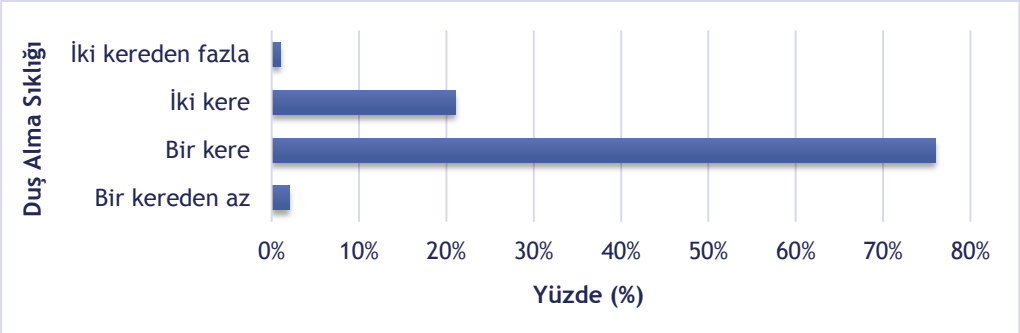
Özellikler		**Yüzde (%)**
Cinsiyet	Kadın	58
	Erkek	42
Yaş	16 – 25	10
	26 – 35	32
	36 - 45	15
	46 - 55	15
	56 - 65	15
	65 ve üzeri	13
Eğitim	Lise	13
	Üniversite	57
	Yüksek Lisans	21
	Doktora	9
Gelir	500 € ve altı	2
	500 - 999 €	15
	1000 – 1999 €	13
	2000 – 2999 €	21
	3000 – 4999 €	29
	5000 € ve üzeri	20

Tatil Beklentileri, Tercihleri ve Tüketim Alışkanlıkları

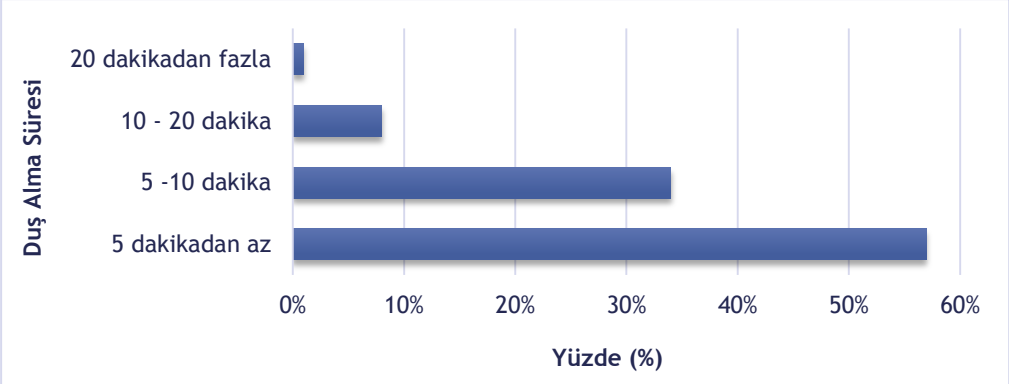
Su tüketim alışkanlıkları

Turizm tesislerinde ziyaretçilerin kişisel olarak en yoğun su kullanımı banyo ve çamaşırhane başlığında ele alınmıştır. Diğer iki önemli kullanım alanı içme suyu ile tuvalet rezervuarının değişken olarak ele alınmayışının sebepleri sırasıyla ülkemizde içme suyu olarak şişelenmiş kaynak sularının ağırlıklı olarak tercih edilmesi ve tuvalet ihtiyacının gün içinde konaklama tesisinin dışında giderilmesi ihtimalidir. Yapılan çalışmada turistlerin günlük su tüketim alışkanlıkları incelenmiştir. Alınan sonuçlara göre, katılımcıların % 76'sı günde bir kez duş almaktadır (Şekil 1) ve % 91'inin ortalama duş süresi 10 dakikanın altındadır (Şekil 2). Buna

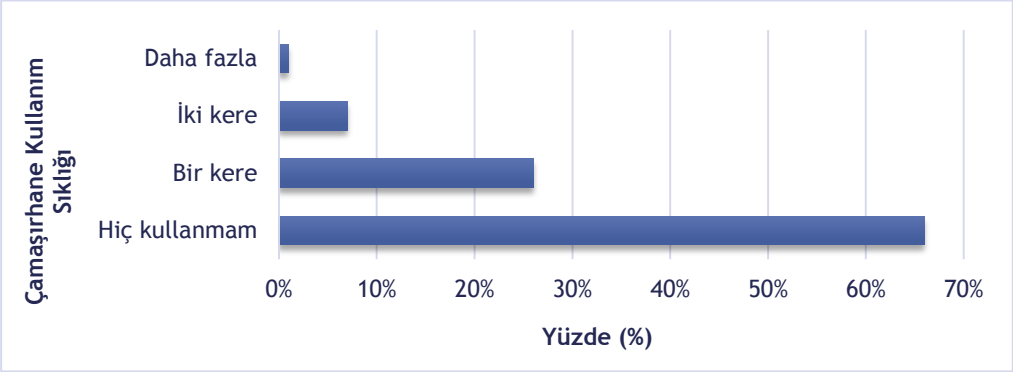
karşılık turistlerin % 66'sı bir haftalık tatilleri süresince konaklama tesislerinin çamaşırhane servisini hiç kullanmazken, sadece % 26'sı bir seferliğine çamaşırhaneyi kullanmaktadır (Şekil 3).



Şekil 1. Katılımcıların duş alma sıklığı



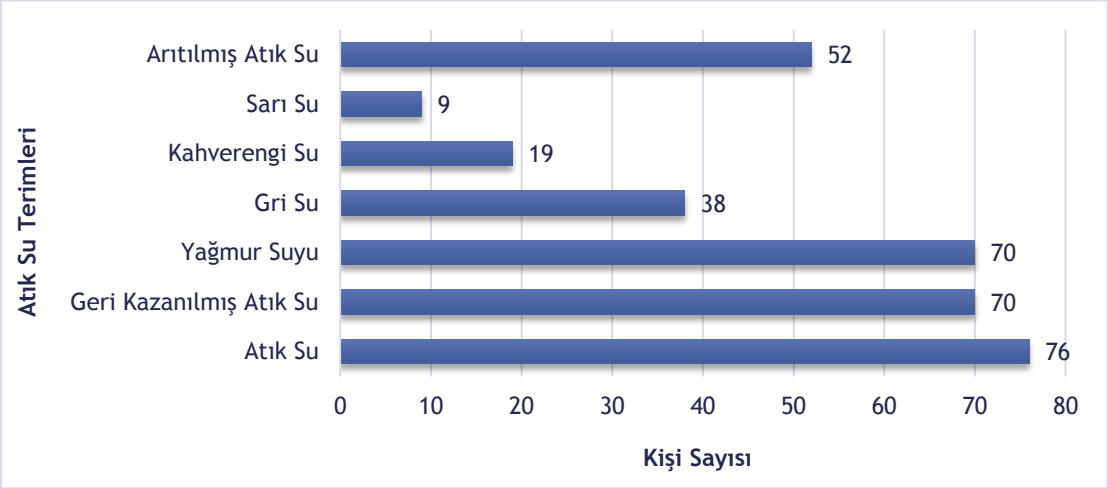
Şekil 2. Katılımcıların duş alma süreleri



Şekil 3. Katılımcıların çamaşırhaneyi kullanma sıklığı

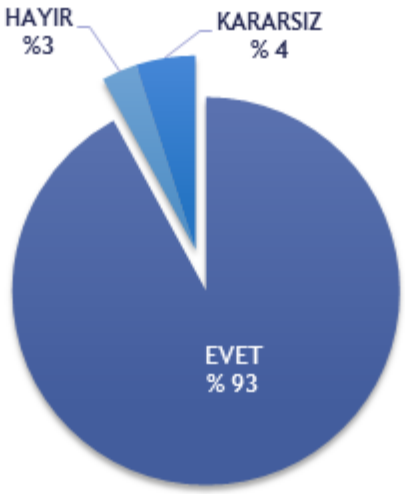
Atıksu ve atıksuyun geri kazanımı hakkında bilgi düzeyi

Araştırmanın öne çıkan kısımlarından birisi de **atıksu** kavramıyla ilgili farkındalığın ölçüldüğü kısımdır. Anket katılımcılarına **atıksu**, **geri kazanılmış atıksu**, **arıtılmış atıksu**, **yağmur suyu** gibi gündelik hayatta daha sık duymaları muhtemel kavramların yanı sıra, atıksuyun alt sınıflandırmalarına dahil olan **gri su**, **kahverengi su** ve **sarı su** kavramları hakkında bilgileri olup olmadığı sorulmuştur. Neticede atıksu, geri kazanılmış atıksu ve yağmur suyu kavramları hakkında farkındalık oranı % 70'in üzerindeyken, gri su, kahverengi su ve sarı su birlikte ele alındığında bu oran ortalama olarak % 22'dir (Şekil 4). Lisans ve üzeri eğitim seviyesine sahip olan katılımcılarda sadece atıksu kavramıyla ilgili farkındalık % 78 iken, bu oran lise ve dengi okul mezunları arasında % 62'dir. Anketin devamında gri su ve kanalizasyon suyunun (sarı ve kahverengi) arıtılarak farklı alanlarda kullanımına yaklaşımlarla ilgili sorular olduğu için anketi uygulayan SUEN araştırmacıları bu kavramlar hakkında katılımcıları bilgilendirmiştir.



Şekil 4. Atıksu terminolojisiyle ilgili bilgi düzeyi

Buna ek olarak, katılımcılara arıtılmış atıksuyun geri kazanım gerekliliği sorulmuştur. Sonuçlara göre, katılımcılardan % 93'ü atıksuyun geri kazanılmasını bir ihtiyaç olarak görürken, % 3'ü geri kazanımı bir ihtiyaç olarak görmemektedir (Şekil 5). "Evet" oyu verenlerin, % 60'ı kadın, % 40'ı erkek katılımcıdır.

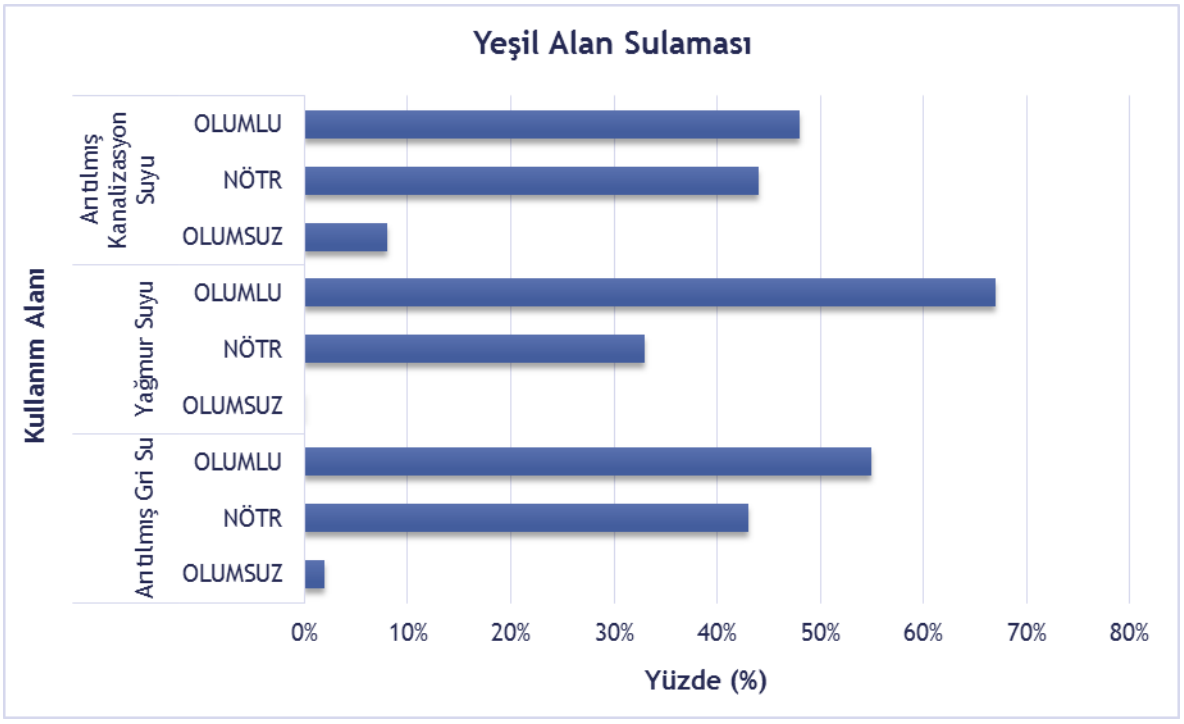


Şekil 5. Atıksuyun yeniden kullanım ihtiyacı hakkında görüşler

Arıtılmış atıksuyun ve yağmur suyunun turizm tesisi içinde yeniden kullanımına ilişkin tercihler

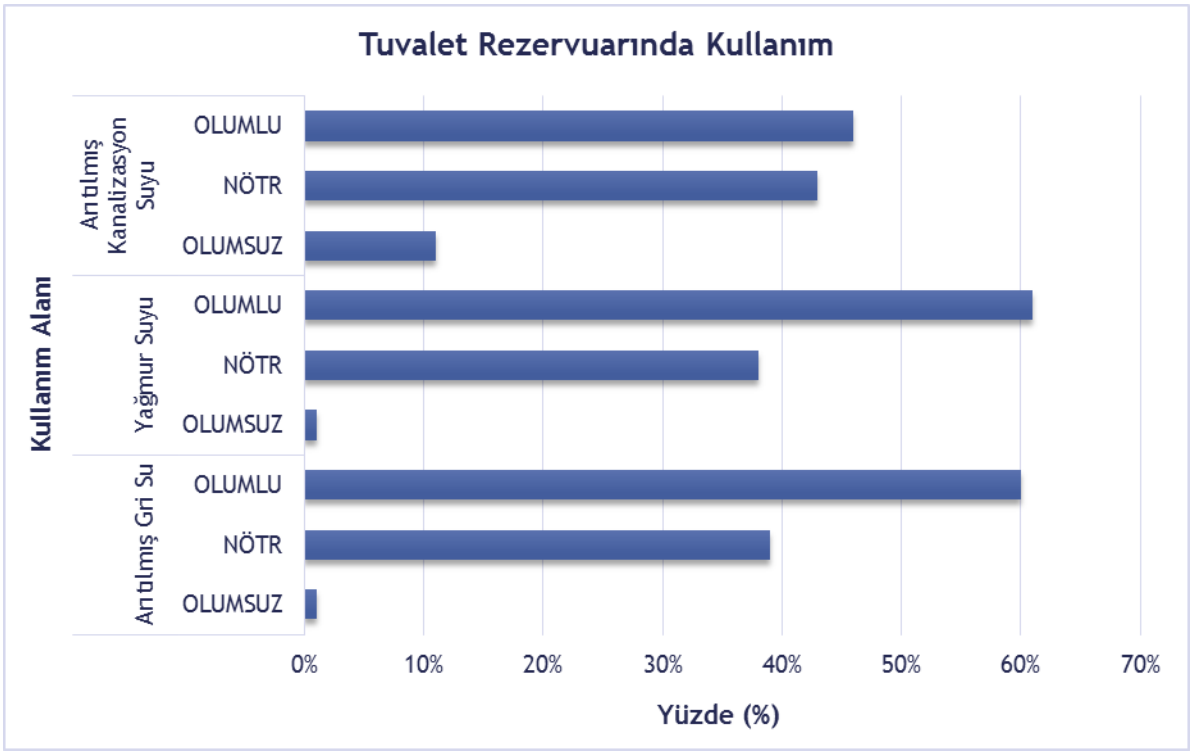
Çalışmanın turizm tesisi işletmecileri ve yatırımcılar açısından en önemli bölümü turistlerin arıtılmış atıksuyun ve yağmur suyunun tesis içinde kullanılmasıyla ilgili yaklaşımlarıdır. Bu çalışma dahilinde tesis içerisinde arıtılan suların yaygın yeniden kullanım seçenekleri yeşil alanların sulanması ve tuvalet rezervuarlarının doldurulmasıdır.

Yeşil Alanların Sulanması: Anket sonuçları göstermektedir ki yeşil alanların sulanması için biriktirilen yağmur suyu kullanılmasına hiçbir itiraz yoktur. Katılımcıların % 67'si bu fikri olumlu karşılarken, % 33'ü yansız kalmıştır. Diğer taraftan yeşil alanların sulanması için gri su ve kanalizasyon suyunun kullanılması için olumsuz yaklaşım oranları yüksek olmamakla birlikte (sırasıyla % 2 ve % 8), yansız yaklaşım oranları (% 43 ve % 44) azımsanmayacak ölçüdedir (Şekil 6). Gri suyun sulama için kullanımıyla ilgili yansız ve negatif yaklaşımların toplam oranı erkek katılımcılar için % 40, kadın katılımcılar için ise % 48'dir. Arıtılmış kanalizasyon suyunun kullanımı için ise aynı değerler erkekler arasında % 54, kadınlar arasında ise % 50'dir. Araştırmanın bu bölümü yaş gruplarına göre değerlendirildiğinde karşımıza daha farklı bir tablo çıkmaktadır. Yeşil alanların sulanmasında gri su kullanımında yaş grupları arasında bir fark gözlenmezken (56 ve üzeri: % 57, 36-55: % 53, 16-35: % 52), arıtılmış kanalizasyon suyunun yeşil alanlarda yeninden kullanımı konusunda yaşla doğru orantılı olarak olumlu yaklaşımın arttığı gözlenmektedir; 16-35 yaş aralığında olumlu yaklaşım oranı % 38 iken, 36-55 yaş arası için bu oran % 47, 56 yaş üzeri için ise % 64'dür.



Şekil 6. Atıksuyun yeşil alan sulamasında yeniden kullanımı hakkında görüşler

Rezervuarın Doldurulması: Tuvalet rezervuarında arıtılmış atıksuyun kullanılması konusunda yeşil alan sulamasındakine benzer bir tabloyla karşılaşmaktayız. Rezervuarda yeniden kullanım konusunda en kabul edilebilir su türü % 61 ile yağmur suyuyken onu % 60'la arıtılmış gri su takip etmektedir (Şekil 7). Diğer taraftan arıtılmış kanalizasyon suyunun rezervuarda kullanılmasına olumlu yaklaşmayanların (yansız ve olumsuz) oranı % 54'tür. Yaş dağılımına göre bir değerlendirme yapmak gerekirse genç katılımcılar (16-35 yaş aralığı) arasında tuvalet rezervuarında arıtılmış gri su kullanılmasına olumlu yaklaşım % 66'iken, 56 yaş üzeri katılımcılarda bu oran % 46'ya inmektedir. Fakat arıtılmış kanalizasyon suyunun rezervuarda yeniden kullanılması konusunda tüm yaş gruplarında benzer kabul edilebilirlik eğilimleri gözlemlenmektedir; 56 yaş üstü için bu oran % 42, 36-55 yaş aralığı için % 50, 16-35 yaş aralığı için ise % 45'dir.

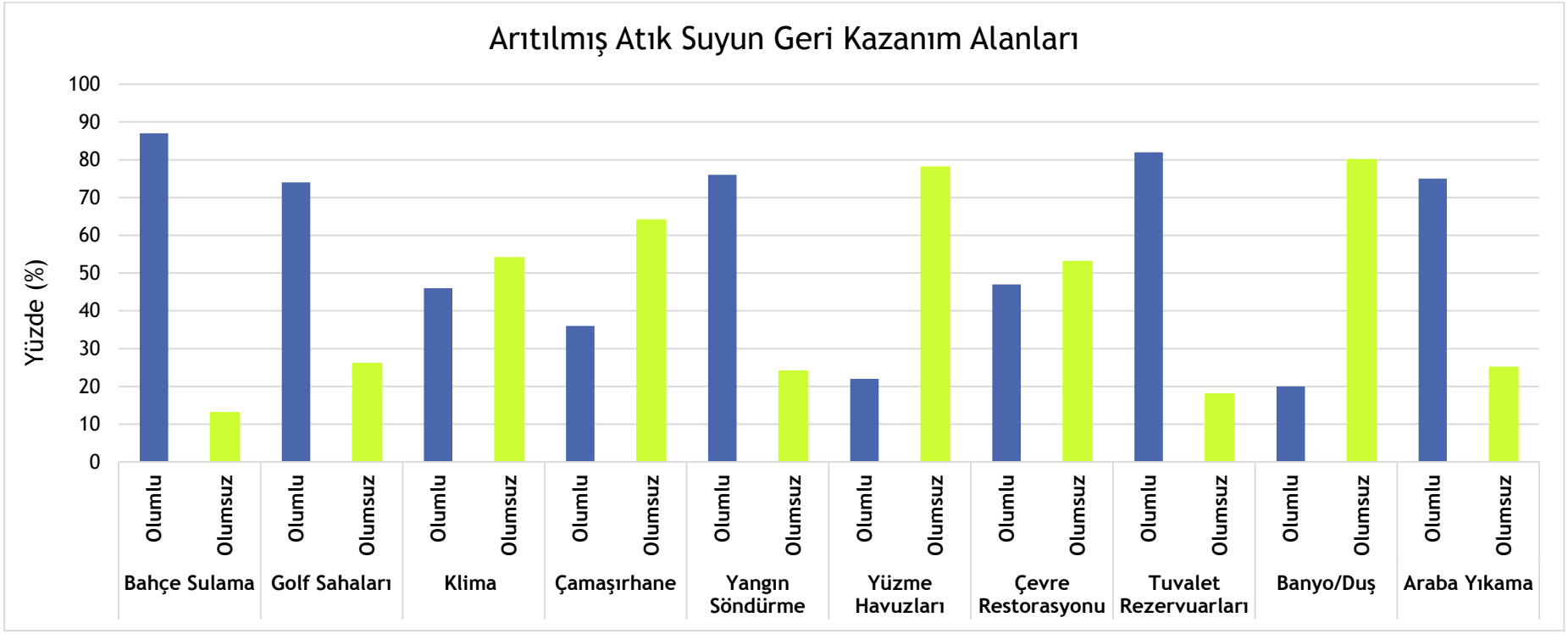


Şekil 7. Atıksuyun tuvalet rezervuarında yeniden kullanımı hakkında görüşler

Katılımcılara yöneltilen Likert türü sorular ile arıtılmış atıksuyun yeniden kullanımına neden destek verdikleri araştırılmıştır. Katılımcıların % 88'i, atıksuyun nehir ve göllere deşarj edilmesiyle kıyaslandığında arıtılmış atıksuyun yeniden kullanımının daha sürdürülebilir bir uygulama olduğunu savunmuştur. Yeniden kullanımın aynı zamanda havzada artan nüfusun temiz su talebinde azalma olacağını düşünenlerin oranı % 89'dur. Benzer şekilde yeniden kullanım sayesinde su kaynaklarına daha az kirletici karışacağını ve besin maddelerinin daha etkin biçimde geri kazanılacağını düşünen katılımcıları oranı ise sırasıyla % 88 ve % 89'dur.

Arıtılmış atıksuyun yeşil alan sulaması ve tuvalet rezervuarında kullanımına ek olarak katılımcılara, turizm tesisi içerisinde hangi alanlarda yeniden kullanabileceği sorulmuştur. Çoktan seçmeli olarak yöneltilen bu sorudaki seçenekler bahçe sulama, golf sahalarının sulanması, klima, çamaşırhane, yangın söndürme, yüzme havuzları, çevre restorasyonu, tuvalet rezervuarı ve banyo/duşlarda kullanımdır. Alınan cevaplar cinsiyet, yaş, eğitim seviyesi ve gelir dağılımına göre incelendiğinde, yeniden kullanım alanı tercihlerinin

demografik farklılık göstermediği anlaşılmaktadır. Şekil 8'de görüldüğü gibi, anket katılımcılarının büyük çoğunluğu atıksuyun yeniden kullanım alanlarından 5'ine (bahçe sulama, golf sahaları, yangın söndürme, tuvalet rezervuarı, araba yıkama) olumlu yaklaşmaktadır. Bu beş seçenek içinde en çok tercih edilen % 87 çoğunlukla bahçe sulama olmuştur. İkinci en çok tercih edilen yeniden kullanım alanı ise tuvalet rezervuarıdır (% 82). Öte yandan, yüzme havuzları, banyo/duş, çamaşırhane seçenekleri en az oyu almıştır. Edinilen bu sonuçlar doğrultusunda direkt temasın daha fazla olduğu seçeneklerin (yüzme havuzları, banyo/duş), tercih edilmediği görülmüştür. Ankete katılan 100 kişiden sadece 11'i arıtılmış atıksuyun her alanda kullanılabileceğini öngörmüştür.

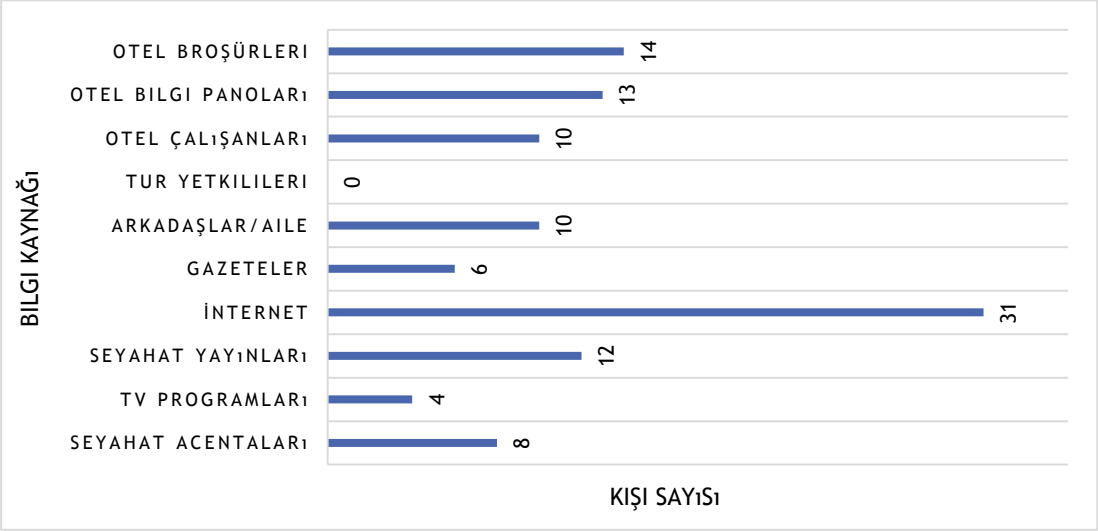


Şekil 8. Arıtılmış atıksuyun yeniden kullanım alanları hakkında görüşler

C. Çevresel Göstergeler

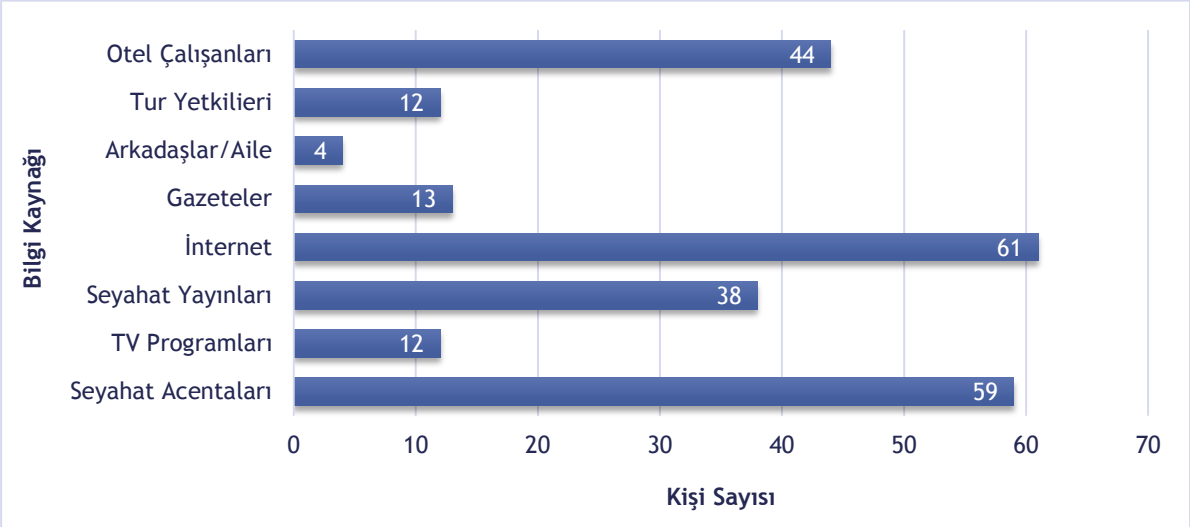
Anket çalışmasının son kısmında katılımcıların tatil tercihlerini yaparken çevresel göstergeleri ne ölçüde dikkate aldıkları ve bu göstergelerle ilgili bilgi almak için hangi kaynakları tercih ettiklerini anlamaya yönelik sorular sorulmuştur. Ankete göre katılımcıların sadece % 26'sı seyahate çıkmadan önce ya da seyahatteyken otellerinin çevresel sürdürülebilirlik performansı hakkında bilgi almaktadır. Ayrıca "Otelinizle ilgili edindiğiniz bu bilgi tatil tercihlerinizi etkiler mi?" sorusuna alınan yanıtlara göre katılımcılardan yalnızca % 34'ü tercihlerinin bu bilgi doğrultusunda değişeceğini belirtmiştir. Katılımcılara konaklayacakları otelin çevresel performansıyla ilgili yeterli bilgi alıp almadıkları sorulduğunda ise, ankete katılanların % 78'i yeterli bilgi almadığını belirtmiştir.

Çevresel sürdürülebilirlikle ilgili bilgi almak üzere en çok faydalanılan kaynağın ise internet olduğu saptanmıştır. Diğer yararlanılan kaynaklar ise sırasıyla otel broşürleri, bilgi panoları ve seyahat yayınlarıdır (Şekil 9).



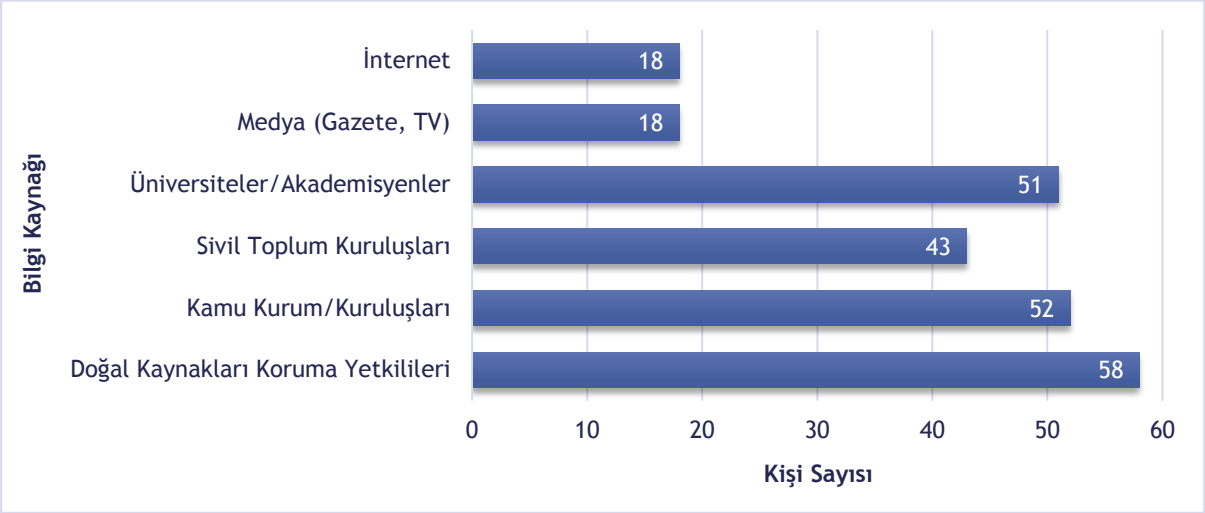
Şekil 9. Otellerin çevresel performansıyla ilgili bilgi kaynakları

Benzer şekilde çevresel performansla ilgili bilgi sağlamak konusunda en büyük sorumluluğun internet kaynaklarında olması gerektiği ortaya çıkarken; otel çalışanlarının, seyahat acenteleri ve seyahat yayınlarının da bu konuda daha fazla sorumluluk üstlenmesi gerektiği yönünde bir talep olduğu anlaşılmaktadır (Şekil 10).



Şekil 10. Otellerin çevresel performansıyla ilgili bilgi akışından sorumlu olması gerektiği düşünülen kaynaklar

Ankete katılanlara ayrıca arıtılmış atıksuyun kullanımıyla ilgili bilgi almak için güvendikleri kaynaklar sorulmuştur. Alınan cevaplara göre katılımcıların en fazla doğal kaynakları koruma yetkililerine, kamu kurum/kuruluşlarına ve üniversitelere güvendikleri saptanmıştır. Bunları sivil toplum kuruluşları izlemektedir. En az güvenilir kaynaklar ise medya (gazete, TV) ve internettir. İnternet bir bilgiye erişim "aracı" olarak çok kullanılmasına rağmen (Şekil 9 ve 10), bir "kaynak" olarak değerlendirildiğinde güvenilirlikten yoksundur (Şekil 11). Diğer taraftan internete göre daha rafine ve sorumlu bilgi sağladığı varsayılabilecek gazete, televizyon gibi geleneksek medya kanallarının tercih edilmediği (Şekil 9), bu kaynaklardan sorumluluk beklenmediği (Şekil 10) ve bu kaynaklara fazlaca güven duyulmadığı (Şekil 11) gözlemlenmektedir. Bilgi almada en çok güvenilen kaynaklar yaş gruplarına göre karşılaştırdığımızda, doğal kaynakları koruma yetkililerine en çok 55 yaş üstü grubun güvendiği, buna karşılık 35 yaş altı grubun en çok kamu kurum/kuruluşlarına ve üniversitelere güvendiği görülmüştür. Öte yandan, 55 yaş üstü katılımcıların kamu kurum/kuruluşlarına ve sivil toplum kuruluşlarına 35 yaş altı gruba kıyasla daha az güvendiği gözlemlenmiştir.



Şekil 11. Atıksuyun yeniden kullanımıyla ilgili bilgi almada güvenilen bilgi kaynakları

Turist anketi sonuçlarının değerlendirilmesi

İstanbul'un demografik zenginliği en yüksek turistik semtinde yapılan anket çalışması cinsiyet, yaş, eğitim ve gelir durumu farkı gözetmeksizin arıtılmış atıksuyun yeniden kullanılması konusunda % 93 oranında bir mutabakat olduğunu ortaya koymuştur. Katılımcılar başta yeşil alan sulaması ve tuvalet rezervuarında olmak üzere birçok farklı kullanım alanında arıtılmış atıksu kullanımına azımsanmayacak ölçüde olumlu bakmaktadırlar (Bkz. Şekil 6-8).

Alternatif su kaynakları arasında en kabul edilebilir olanı yağmur suyuyken, arıtılmış kanalizasyon suyu en az destek gören kaynak olmuştur. Otel işletmecilerine ve karar vericilere bu noktada verilebilecek birinci tavsiye yeniden kullanım konusunda önceliklerini Şekil 8'de görüldüğü üzere çamaşırhane, havuz, duş gibi doğrudan temas içeren yöntemler yerine yeşil alan (bahçe, golf sahası vb.), tuvalet rezervuarı, araç yıkama, yangın söndürme gibi dolaylı kullanım alanlarına kaydırmaları yönündedir. Dikkate alınması gereken bir diğer konu çevresel göstergelerle ilgili bilgi kaynaklarının etkin kullanımıdır.

Anket sonuçlarına göre, otellerin çevresel performansı turist tercihleri üzerinde belirleyici bir faktör değildir. Aynı zamanda çevresel göstergelerle ilgili yeteri kadar bilgi üretimi ve paylaşımı da yoktur. Bu nedenle çevrenin turizm tercihleri üzerindeki etkisinin sağlıklı bir şekilde ölçülebilmesi için öncelikle yeterli bilgi temini yapılmalıdır. Bilginin "dağıtımı" konusunda, erişilebilirliğinin yüksek olması nedeniyle en çok tercih edilen araç internet

olmakla birlikte en güvenilir bilgi “kaynağı” olarak doğal kaynakları koruma yetkilileri, kamu kuruluşları ve üniversiteler öne çıkmaktadır. Bu bağlamda, bakanlıkların ilgili birimlerince ve resmi araştırma kurumları aracılığıyla kalite sertifikaları verilerek, turizm tesislerinin atıksu yönetimi performansları derecelendirilebilir. Bir sonraki aşamada turizm tesisleri ve acenteler kendi olanaklarıyla çevresel farkındalığın yaygınlaştırması için faaliyet gösterebilirler. Turist Paydaş Analiziyle ilgili olarak son önerimiz, benzer analizlerin ülkemizin farklı turizm ve su potansiyeline sahip bölgelerinde, düzenli aralıklarla yapılarak, atıksu yönetimi alanında etkin ve katılımcı bir yapının tesisine katkıda bulunulmasıdır.

EK 3. TURIST ANKETİ-TÜRKÇE/İNGİLİZCE

12. Arıtılmış atıksuyun yeniden kullanımını desteklıyorum çünkü...

- *atıksuyun nehir ve göllere deşarj edilmesine kıyasla daha sürdürülebilir bir uygulamadır.*
- ☐ Kesinlikle katılıyorum ☐ Katılıyorum
- ☐ Kararsızım ☐ Katılmıyorum
- ☐ Kesinlikle katılmıyorum

- *havzada artan nüfusun temiz su talebinde azalma olacaktır.*
- ☐ Kesinlikle katılıyorum ☐ Katılıyorum
- ☐ Kararsızım ☐ Katılmıyorum
- ☐ Kesinlikle katılmıyorum

- *su kaynaklarına daha az kirletici karışacaktır.*
- ☐ Kesinlikle katılıyorum ☐ Katılıyorum
- ☐ Kararsızım ☐ Katılmıyorum
- ☐ Kesinlikle katılmıyorum

- *suyun ve besin maddelerinin daha etkin biçimde geri kazanımı mümkün olacaktır.*
- ☐ Kesinlikle katılıyorum ☐ Katılıyorum
- ☐ Kararsızım ☐ Katılmıyorum
- ☐ Kesinlikle katılmıyorum

13. Aşağıda yer alan arıtılmış atıksuyun yeniden kullanım alanlarından sizin için uygun olanları seçiniz.

- ☐ Bahçe sulama
- ☐ Golf sahalarının sulanması
- ☐ Klima sistemleri
- ☐ Çamaşırhane
- ☐ Yangın söndürme
- ☐ Yüzme havuzları
- ☐ Çevre restorasyonu
- ☐ Tuvalet rezervuarları
- ☐ Banyo
- ☐ Araba yıkama

C. Çevresel Göstergeler

1. Tatile gitmeden önce ya da tatildeyken otelinizin çevresel sürdürülebilirlik performansı hakkında bilgi alır mısınız?
☐ EVET ☐ HAYIR

2. Otelinizin çevresel performansıyla ilgili bilgiyi nereden alırsınız?
- ☐ Seyahat acentaları
- ☐ TV programları
- ☐ Seyahat yayınları
- ☐ İnternet
- ☐ Gazeteler
- ☐ Arkadaşlar/Aile
- ☐ Tur yetkilileri
- ☐ Otel çalışanları
- ☐ Otel bilgi panoları
- ☐ Otel broşürleri

3. Otelinizle ilgili edindiğiniz bu bilgi tatil tercihinizi etkiler mi?
☐ EVET ☐ HAYIR

4. Tatil seçiminizde, gideceğiniz yerin çevresel performansıyla ilgili yeterli bilgi aldığınızı düşünüyor musunuz?
☐ EVET ☐ HAYIR

5. Otelinizin çevresel performansına yönelik bilgi akışı kimin sorumluluğunda olmalıdır?
- ☐ Seyahat acentaları
- ☐ TV programları
- ☐ Seyahat yayınları
- ☐ İnternet
- ☐ Gazeteler
- ☐ Arkadaşlar/Aile
- ☐ Tur yetkilileri
- ☐ Otel çalışanları

6. Arıtılmış atıksuyun yeniden kullanımıyla ilgili bilgi almak için hangi kaynaklara güvenirsiniz? Lütfen size en uygun olan seçenekleri (üç seçeneğe kadar) işaretleyiniz.
- ☐ Doğal kaynakları koruma yetkilileri
- ☐ Kamu Kurum/Kuruluşları (Bakanlıklar, Yerel yönetimler, vb.)
- ☐ Sivil Toplum Kuruluşları
- ☐ Üniversiteler, akademisyenler
- ☐ Medya (Gazete, TV)
- ☐ İnternet

Anket sona ermiştir. Zaman ayırdığınız için teşekkür ederiz.

YÜZME SUYU ALANLARININ PROFİLLERİNİN BELİRLENMESİ PROJESİ

PAYDAŞ ANALİZİ TURİST ANKETİ

T.C. ÇEVRE VE ŞEHİRCİLİK BAKANLIĞI

SUEN TÜRKİYE SU ENSTİTÜSÜ

TÜBİTAK

Bu anket Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından desteklenen "Turizm Tesislerinde En İyi Atıksu Arıtım Uygulamaları Analizi" başlıklı projenin bir parçasıdır. Bu anketi doldurarak ülkemizde turizm sektöründe sürdürülebilir su yönetimi çalışmalarına önemli bir katkıda bulunacaksınız.

Değerli vaktinizi ankete ayırdığınız için teşekkür ederiz.

A. Genel Bilgiler

1. Yaşadığınız yer
.....

2. Yaşınız
☐ 16-25 yaş ☐ 26-35 yaş ☐ 36-45 yaş
☐ 46-55 yaş ☐ 56-65 yaş ☐ 65 üzeri

3. Cinsiyet
☐ Erkek ☐ Kadın

4. Meslek
.....

5. Eğitim durumu
☐ İlköğretim ☐ Lise
☐ Lisans ☐ Yüksek Lisans
☐ Doktora

6. Tatilinizin süresi
☐ Günübirlik
☐ 1-3 gece
☐ 4-7 gece
☐ 1 haftadan fazla

7. Gecelik konaklama masrafı
☐ 70 TL'den az ☐ 70-150 TL
☐ 150-300 TL ☐ 300 TL'den fazla

8. Ailenizin aylık ortalama geliri
☐ 1.000 TL'den az
☐ 1.000-2.000 TL
☐ 2.000-4.000 TL
☐ 4.000-6.000 TL
☐ 6.000-10.000 TL
☐ 10.000 TL üzeri

9. Konaklama tercihi
☐ Otel (yarım pansiyon)
☐ Otel (her şey dahil)
☐ Pansiyon
☐ Kamp alanı
☐ Devremülk
☐ Yat/tekne
☐ Diğer (lütfen belirtiniz)

B. Tatil Beklentileri, Tercihler ve Tüketim Alışkanlıkları

GRİ SU - Foseptik ağı içermeyen evsel atıksudur (duş, küvet, lavabo, çamaşır ve bulaşık makineleri).
YAĞMUR SUYU - Yeniden kullanım için biriktirilen yağmur suyu.

I. Tatilinizi planlarken aşağıdaki kriterler sizin için ne kadar önemlidir?

1. Otelin kalitesi ve sunduğu hizmetler
☐ çok önemli ☐ önemli ☐ az önemli ☐ önemsiz

2. Otelin fiyat/kalite karşılaştırması
☐ çok önemli ☐ önemli ☐ az önemli
☐ önemsiz

3. Otelin sürdürülebilirlik politikası ve çevre uygulamaları
☐ çok önemli ☐ önemli ☐ az önemli
☐ önemsiz

4. Otelin genel hijyen durumu
☐ çok önemli ☐ önemli ☐ az önemli
☐ önemsiz

II. Tatil süresince su kullanım tercihleri ve alışkanlıkları

1. Tatiliniz süresince günde ortalama kaç kere duş alırsınız?
☐ Bir kereden az ☐ Bir kere ☐ İki kere
☐ İki kereden fazla (belirtiniz.....)

2. Duşta ortalama olarak ne kadar kalırsınız?
☐ 5 dakikadan az
☐ 5-10 dakika
☐ 10-20 dakika
☐ 20 dakikadan fazla

3. Bir haftalık tatiliniz süresince çamaşırhane hizmetiniz kaç kere kullanırsınız?
☐ Hiç kullanmam
☐ Bir kere
☐ İki kere
☐ Daha fazla (belirtiniz.....)

4. Aşağıda yer alan terimler arasında daha önce aşina olduklarınızı işaretleyiniz
☐ Atıksu ☐ Geri kazanılmış atıksu
☐ Yağmur suyu ☐ Gri su
☐ Kahverengi su ☐ Sarı su
☐ Arıtılmış atıksu

5. Sizce arıtılmış atıksuların yeniden kullanılması bir ihtiyaç mıdır?
☐ EVET ☐ HAYIR

6. Turizm tesisinin yeşil alan sulamasında arıtılmış gri su kullanmasını nasıl karşılarsınız?
☐ Olumlu ☐ Nötr ☐ Olumsuz

7. Turizm tesisinin yeşil alan sulamasında yağmur suyu kullanmasını nasıl karşılarsınız?
☐ Olumlu ☐ Nötr ☐ Olumsuz

8. Turizm tesisinin oda tuvaletlerinin rezervuarlarını doldurmak için arıtılmış gri su kullanmasını nasıl karşılarsınız?
☐ Olumlu ☐ Nötr ☐ Olumsuz

9. Turizm tesisinin oda tuvaletlerinin rezervuarlarını doldurmak için yağmur suyu kullanmasını nasıl karşılarsınız?
☐ Olumlu ☐ Nötr ☐ Olumsuz

10. Turizm tesisinin yeşil alan sulamasında arıtılmış kanalizasyon suyu kullanmasını nasıl karşılarsınız?
☐ Olumlu ☐ Nötr ☐ Olumsuz

11. Turizm tesisinin rezervuarlarında arıtılmış kanalizasyon suyu kullanmasını nasıl karşılarsınız?
☐ Olumlu ☐ Nötr ☐ Olumsuz

QUESTIONNAIRE FOR TOURISTS

This questionnaire is a part of the project entitled as "Best Waste Water Treatment Practices for Tourism Facilities in Turkey" supported by Ministry of Environment and Urbanization. We kindly ask you to complete the questionnaire. Hereby we take this opportunity to thank you for dedicating us your valuable time. By filling in this questionnaire, you will be contributing to studies on sustainable water management in tourism sector in our country.

A. GENERAL INFORMATION

1. Which country do you come from?

2. Age

□16-25 years □26-35 years □36-45 years □46-55 years □56-65 years □over 65 years

3. Sex

□ male □ female

4. Profession

-

5. Education

□Primary □Secondary □University/College □Master's degree □Doctorate

6. Duration of stay in Turkey

□ 0 night □ 1-3 nights □ 4-7 nights □ More than 7 nights

7. Daily cost of accommodation per person in Turkey

□ Less than 30 €

□ 30-50 €

□ 50-100 €

□ More than 100 €

8. Average monthly income of your family unit

□ Less than 500 €

□ 500-999 €

□ 1 000-1 999 €

□ 2 000-2 999 €

□ 3 000-4 999 €

□ Over 5 000 €

9. What kind of accommodation did you choose?

□ Hotel (half-board)

□ Hotel (all inclusive)

□ Bed and Breakfast

□ Camp site

□ Private apartment

□ Marina

□ Other (please specify)

B. VACATION HABITS AND EXPECTATIONS

*** GREY WATER -** wastewater generated from basins, showers and baths, which can be recycled on-site for uses such as WC flushing, landscape irrigation and constructed wetlands

***RAINWATER/ STORM WATER -** accumulation and deposition of rainwater for reuse

When you plan your touristic visit, how important are the following criteria?

1. **Offers/quality of the hotel**
   □ very important □ important □ neutral □ unimportant
2. **Price-quality comparison of the hotel**
   □ very important □ important □ neutral □ unimportant
3. **Sustainability policy and ecological offers of the hotel**
   □ very important □ important □ neutral □ unimportant
4. **General hygienic conditions of the hotel**
   □ very important □ important □ neutral □ unimportant

Water consumption trends during vacation

1. **How many times do you take shower in a day on average during your vacation?**

□ Less than one □ Once a day □ Two times a day □ More than two times (please indicate)

2. How long does an average shower take?

□ 5 minutes □ 5-10 minutes □ 10-20 minutes □ More than 20 minutes

3. How many times on average do you use the laundry service of the hotel in a one week holiday?

□ None □ Once □ Twice □ More (indicate)

4. Please check the box if you are familiar with the following terms.

□ Wastewater

□ Recycled wastewater

□ Storm water/rain water

□ Grey water

□ Brown water

□ Yellow water

□ Treated waste water

5. Do you think there is a need to reuse purified/ treated wastewater?

□ YES □ NO

How does it affect your preferences whether the hotel uses

6. <u>treated grey water for irrigation of green areas</u>?

□ positively □ neutral □ negatively

7. <u>storm/rain water for irrigation of green areas?</u>

□ positively □ neutral □ negatively

8. <u>treated grey water for refilling flushing systems</u>?

□ positively □ neutral □ negatively

9. <u>storm/rain water for refilling flushing systems</u>?

□ positively □ neutral □ negatively

10. <u>purified/treated sewage waste water</u> <u>for irrigation of green areas</u>?

□ positively □ neutral □ negatively

11. purified/treated sewage waste water for refilling <u>flushing systems</u>?

□ positively □ neutral □ negatively

12. I would support reusing treated wastewater because …

➢ it is more environmentally sustainable than continuing to discharge treated wastewater into streams and lakes

□ strongly agree □ agree □ neutral □ disagree □ strongly disagree

➢ it will reduce the water demands of growing populations in the watershed

□ strongly agree □ agree □ neutral □ disagree □ strongly disagree

➢ it will reduce the pollutant going into the lakes and waterways

□ strongly agree □ agree □ neutral □ disagree □ strongly disagree

➢ it allows for the beneficial recycling of water and nutrients

□ strongly agree □ agree □ neutral □ disagree □ strongly disagree

➢ Other reasons? (Please describe)

13. Please indicate which uses of treated wastewater would be acceptable to you?

□ Landscape Irrigation

□ Golf Courses

□ Air Conditioning

□ Laundries

□ Fire Fighting

□ Public Swimming Pools

□ Environmental Restoration

□ Toilet Flushing

□ Showering

□ Washing Cars, Fences, etc.

C. ENVIRONMENTAL INDICATORS

1. Before going on holiday, or once you are on holiday, do you look for information about environmental sustainability performance of your hotel?

□ YES □ NO

2. Where do you seek this environmental information?

□ travel agents

□ TV programs

□ travel books

□ internet

□ newspapers

□ friends and family

□ tour reps

□ staff at hotel

□ information boards at the hotel

□ brochures at the hotel

3. Does this environmental information influence your choice of holiday destination?

□ YES □ NO

4. Do you feel that you currently receive adequate environmental information about your holidays?

□ YES □ NO

5. Whose responsibility do you think it is to provide environmental information about your hotel?

□ travel agents

□ TV programs

□ travel books

□ internet

□ newspapers

□ friends and family

□ tour reps

□ staff at resort

6. Whose opinions about a proposal to reuse purified wastewater would you trust the most? Please choose up to three by check marking the most relevant ones.

□ Conservation Authorities

□ Governmental agencies (ministries, local administrations, etc.)

□ NGOs

□ Universities, academic experts

□ Media (Newspapers, TV)

□ Internet

The survey is over. Thank you very much for your time.

EK4- PİLOT TURİZM TESİSLERİNİN BULUNDUĞU BÖLGELERE AİT ALTYAPI BİLGİLERİ DETAYLARI

ANTALYA'DA BULUNAN ATIKSU ARITMA TESİSLERİ

Antalya Havzası'nda kentsel atıksuların arıtımı için kurulmuş ve işletilmekte olan atıksu arıtma tesislerine ait kaynak adı, nüfus bilgileri, türü, kapasite bilgisi, arıtma teknolojisi ve deşarj durumuna ait bilgiler Tablo 1'de verilmektedir.

Tablo 2'de Manavgat İlçesi ve ilçeye bağlı yerleşim yerlerindeki yaz/kış nüfusu, foseptik ve kanalizasyona bağlılık oranları, foseptik türü ve atıksu bertaraf yöntemi bilgileri yeralmaktadır.

MATAB'A bağlı işletilen Manavgat bölgesindeki atıksu arıtma tesislerine ait bilgiler aşağıda verilmiştir.

Tablo 1 Antalya Havzası Kapsamında AAT'ye Bağlı Olan Yerleşim Yerlerine Ait Mevcut Durumu
(TÜBİTAK MAM, Havza Koruma Eylem Planlarının Hazırlanması-Antalya Havzası Proje Gelişme Raporu, 2012)

İlçe	Bağlı Yerleşim adı	AAT Adı	Nüfus 2011	Kanalizasyon yağmur şebekesi durumu	Deşarj İzin durumu	Kapasite (m^3/gün)	Deşarj Noktası	AAT Teknolojisi
İncekum	İncekum ve Avsallar Belediyeleri	İncekum AAT (TURAŞ AAT)	200000	-	-	15000	Derin Deniz Deşarjı	BNR(Karbon, Azot ve Fosfor Giderimi)
Serik	Serik Belediyesi	Serik AAT	41000	Ayrık	01/01/2013	9000	Acısu Deresi	BNR(Karbon ve Azot Giderimi)
Çolaklı	Çolaklı Belelediyesi, Yavrudoğan Belelediyesi, Gündoğdu Belelediyesi Turizm Tesisleri ve Evrenseki Belelediyesi Turizm Tesisleri	Çolaklı AAT	60000	Ayrık	03/03/2014	15000	Derin Deniz Deşarjı	BNR(Karbon, Azot ve Fosfor Giderimi)
Kadriye	Kadriye Belelediyesi, Kadriye Belelediyesi Turistik Tesisleri	TURAŞ A.Ş.(BELEK 1)	15000	Ayrık	17/02/2013	13100	Beşgöz Deresi	BNR(Karbon, Azot ve Fosfor Giderimi)
Belek	Belek Belelediyesi, Belek Belelediyesi Turistik Tesisleri	TURAŞ A.Ş. -2 (BELEK-2)	50000	Ayrık	17/02/2013	23000	Acısu Deresi	BNR(Karbon, Azot ve Fosfor Giderimi)
Boğazkent	Boğazkent Belelediyesi ve Boğazkent Belelediyesi Turistik Tesisleri	TURAŞ	30000	Ayrık	15-02-2013	11000	Acısu	BNR(Karbon, Azot ve Fosfor Giderimi)
Manavgat	Titreyengöl Yerleşim Ve Oteller	MATAB Titreyengöl AAT	35000	Birleşik	06/08/2012	11000	Derin Deniz Deşarjı	BNR(Karbon, Azot ve Fosfor Giderimi)
Manavgat	Kumköy Turistik Tesisleri ve Turistik Tesisleri	MATAB Kumköy AAT	90000	Birleşik	01/08/2014	50000	Derin Deniz Deşarjı	BNR(Karbon, Azot ve Fosfor Giderimi)

Tablo 1 Antalya Havzası Kapsamında AAT'ye Bağlı Olan Yerleşim Yerlerine Ait Mevcut Durumu
(TÜBİTAK MAM, Havza Koruma Eylem Planlarının Hazırlanması-Antalya Havzası Proje Gelişme Raporu, 2012)

İlçe	Bağlı Yerleşim adı	AAT Adı	Nüfus 2011	Kanalizasyon yağmur şebekesi durumu	Deşarj İzin durumu	Kapasite (m^3/gün)	Deşarj Noktası	AAT Teknolojisi
Manavgat	Manavgat Belediyesi ve Turistik Tesisleri	Manavgat MATAB AAT	90000	Birleşik	-	50000	-	BNR(Karbon, Azot ve Fosfor Giderimi)
Muratpaşa	Lara Bölgesi Otelleri (Topkapı,Kremlin Palas,Venediye,Ice Green Palas)	Kundu KUYAB AAT	6400	Ayrık	-	8000	Aksu Dere	BNR(Karbon ve Azot Giderimi)
Yalvaç	Yalvaç Belediyesi	Yalvaç AAT	22500	Birleşik	-	5000	Akçay	BNR(Karbon ve Azot Giderimi)
Eğirdir	Eğirdir Belediyesi, Asya ve Mavideniz Meyvesuları Fabrikaları Atıksuları	Eğirdir AAT	17197	Birleşik	-	7945	Kovada Kanalı	BNR(Karbon ve Azot Giderimi)
Sütçüler	Ayvalıpınar Belediyesi	Ayvalıpınar Doğal AAT	1200	Birleşik	-	-	Aksu çayı	-
Alanya	Okurcalar	Okurcalar AAT	30000	Birleşik	27/09/2012	20000	Derin Deniz Deşarjı	BNR(Karbon ve Azot Giderimi)
Alanya	Oba, Tosmur, Cikcilli ve Çıplaklı Belediyeleri	TURAŞ Oba AAT	76000	Ayrık	27/01/2013	30000	Derin Deniz Deşarjı	-
Alanya	Türkler Belediyesi	Türkler AAT (TURAŞ A.Ş)	23000	Birleşik	26/04/2012	15000	Derin Deniz Deşarjı	BNR(Karbon ve Azot Giderimi)
Alanya	Mahmutlar %95,Oteller, Kestel, Kargıcak Belediyesi ve Oteller	Mahmutlar ATT	24895	Ayrık	27/09/2012	20000	Derin Deniz Deşarjı	BNR(Karbon ve Azot Giderimi)
Konyaaltı	Muratpaşa %80,Kepez,	HURMA AAT	80000	Ayrık	30/10/2013	210000	Derin Deniz Deşarjı	BNR(Karbon, Azot ve

Tablo 1 Antalya Havzası Kapsamında AAT'ye Bağlı Olan Yerleşim Yerlerine Ait Mevcut Durumu
(TÜBİTAK MAM, Havza Koruma Eylem Planlarının Hazırlanması-Antalya Havzası Proje Gelişme Raporu, 2012)

İlçe	Bağlı Yerleşim adı	AAT Adı	Nüfus 2011	Kanalizasyon yağmur şebekesi durumu	Deşarj İzin durumu	Kapasite (m^3/gün)	Deşarj Noktası	AAT Teknolojisi
	Konyaaltı Belediyeleri							Fosfor Giderimi)
Göynük	Göynük Belediyesi.,Tatil Köyleri ve Oteller	Göynük Kızıltepe AAT	15000	Birleşik	-	-	Derin Deniz Deşarjı	-
Muratpaşa	Büyükşehir Belediyesi Sınırları İçerisinde Batı Bölgesinin Dışında Kalan Nüfus İle Turistiktesisleri	LARA AAT	500000	Ayrık	30/10/2013	31250	Derin Deniz Deşarjı	BNR(Karbon, Azot ve Fosfor Giderimi)
Alanya	Alanya ve Cikcilli Belediyesinin 10000 Kişilil Nüfusunun Atıksularını Alıyor	Alanya ASKO AAT	300000	Ayrık	05/03/2012	70000	Derin Deniz Deşarjı	BNR(Karbon, Azot ve Fosfor Giderimi)
Konaklı	Konaklı Belediyesi, Payallar Belediyesi	Konaklı Belediyesi AAT	76000	Ayrık	30/07/2017	30000	Derin Deniz Deşarjı	BNR(Karbon, Azot ve Fosfor Giderimi)
Korkuteli	Korkuteli Belediyesi	Korkuteli AAT	21320	Ayrık		14960	-	BNR(Karbon ve Azot Giderimi)

Tablo 2 Manavgat ve Bağlı Yerleşimlerinde Yaz/Kış Nüfus ve Altyapı Bilgileri
(TÜBİTAK MAM, Havza Koruma Eylem Planlarının Hazırlanması-Antalya Havzası Proje Gelişme Raporu, 2012)

İlçe	Yerleşim adı	Yağmur suyu şebekesi	Nüfus 2011	Nüfus yaz	Oranyz/kış	Foseptik kullanan nüfus yüzdesi	Kanalizasyona bağlılık (%)	Sızdırmalı/ sızdırmasız foseptik	Atıksu bertaraf şekli (foseptik veya aat)
Manavgat	Kızılot	-	1053	7000	665	100	0	sızdırmalı ferdi foseptik	Her haneye ait sızdırmalı ferdi foseptik kullanılmaktadır.
Manavgat	Gündoğdu		2709	20000	738	40	60	sızdırmalı ferdi foseptik	Her haneye ait sızdırmalı ferdi foseptik kullanılmaktadır.
Manavgat	Evrenseki		2634	15000	569	100	0	sızdırmalı ferdi foseptik	Her haneye ait sızdırmalı ferdi foseptik kullanılmaktadır.
Manavgat	Ulukapı		2566	3000	117	100	0	Sızdırmalı ferdi foseptik	Vidanjörle çekilen foseptikler MATAB AAT'ye gönderilmekte olduğu belirtilmiş olup mevcut durumda yerleşim yerinde kanalizasyon bulunmamaktadır.
Manavgat	Taşağıl		4339	4.361	101	100	0	Sızdırmalı ferdi foseptik	Her haneye ait sızdırmalı ferdi foseptik kullanılmaktadır. Kanalizasyon projesi İller Bankasına yaptırılmış olup ihale aşamasındadır.
Manavgat	Ilıca	-	5108	50000	979	40	60	sızdırmalı ferdi foseptik	MATAB AAT'ye gönderilmektedir.

Tablo 2 Manavgat ve Bağlı Yerleşimlerinde Yaz/Kış Nüfus ve Altyapı Bilgileri
(TÜBİTAK MAM, Havza Koruma Eylem Planlarının Hazırlanması-Antalya Havzası Proje Gelişme Raporu, 2012)

İlçe	Yerleşim adı	Yağmur suyu şebekesi	Nüfus 2011	Nüfus yaz	Oranyz/kış	Foseptik kullanan nüfus yüzdesi	Kanalizasyona bağlılık (%)	Sızdırmalı/ sızdırmasız foseptik	Atıksu bertaraf şekli (foseptik veya aat)
Manavgat	Çolaklı	AYRIK	5656	60000	1061	0	100		Yerleşim yerinden kaynaklanan evsel atıksular ÇOLAKLI AAT'ye gönderilmektedir.
Manavgat	Sarılar		8717	10.324	118	10	90	Sızdırmalı ferdi foseptik	Yerleşim yerinden kaynaklanan evsel atıksular KUMKÖY AAT'ye gönderilmektedir.
Manavgat	Side	AYRIK	10135	55000	543	0	100	Sızdırmalı ferdi foseptik	Yerleşim yerinden kaynaklanan evsel atıksular MATAB MANAVGAT AAT'ye gönderilmektedir.
Manavgat	Manavgat	BİRLEŞİK	94661	250000	264	0	100	sızdırmalı ferdi foseptik	MATAB MANAVGAT AAT'ye atıksularını göndermektedirler.

MATAB-Kumköy Atıksu Arıtma Tesisi: Antalya Manavgat Çayı Alt Havzasında bulunan MATAB-Kumköy Atıksu Arıtma Tesisi Ilıca Beldesi sınırları içersinde olup; D400 karayolu güney tarafında yer almaktadır. Bulunduğu konum Kumköy Mevkii olarak anılmaktadır. Tesisin inşaatına 2005 yılında başlanmış ve 2006 yılında tamamen işletmeye alınmıştır. Tesis 50.000 m^3/gün kapasiteli olarak tasarlanmıştır. Tesisin projesi Alman bir firma tarafından yapılmış olup; 6 Kasetli Kaskat Tipi Aktif Çamur Tesisidir (Şekil 1).

Tesise atıksu, Side Beldesi'nin bir bölümü, Ilıca Beldesi ve Kumköy Mahallesi, Hatıplar Köyü, Gültepe Köyü, Sarılar Beldesi ve D400 karayolunun tesise ve bu yerleşim birimlerine yakın olan kısımlarından gelmektedir. Ayrıca yukarıda sayılan yerleşim yerlerine bağlı turistik tesislerden de atık sular mevcut kanalizasyon ile tesiste bulunan terfi merkezine gelmektedir. Tesis doğu ve batı kısım olmak üzere ikiye ayrılmıştır. Doğuda ve batıda ayrı ayrı olmak üzere toplam 3 adet Denitrifikasyon havuzu ve 2' şer olmak üzere toplam 6 adet Nitrifikasyon havuzu bulunmakta olup; Doğu ve batının toplamında 6 adet Denitrifikasyon ve 12 adet Nitrifikasyon havuzu bulunmaktadır.

Proje eşdeğer nüfusu 160.000 kişi olup ortalama proje debisi 50.000 m^3/gündür. Sistemde oluşan çamur ise; önce yoğunlaştırma havuzundan geçirildikten sonra çamur stabilizasyon havuzuna alınmakta ve katı madde konsantrasyonu % 25 –30'a çıkarılmaktadır.

Şekil 1. Kumköy Atıksu Arıtma Tesisinden bir görünüm
(TÜBİTAK MAM, Havza Koruma Eylem Planlarının Hazırlanması-Antalya Havzası Proje Gelişme Raporu, 2012)

MATAB-Manavgat Atıksu Arıtma Tesisi: Antalya Manavgat Çayı Alt Havzasında bulunan MATAB-Manavgat Atıksu Arıtma Tesisi Antalya ili Manavgat ilçesinin yerleşim alanını

kapsayan ve eşdeğer nüfusu 160.000 kişi olan 50.000 m3/gün'lük kapasite ile inşa edilmiş bir arıtma tesisidir. Mevcut durumda 2012 yılı içerisinde Kızılağaç ve Kızılot Beldelerindeki atıksuları arıtma tesisine göndereceğini belirtmişlerdir. Yetkililerden alınan son bilgilere göre bu çalışmaların devam ettiği belirtilmiştir (Şekil 2).

Şekil 2. Manavgat Atıksu Arıtma Tesisinden bir görünüm
(TÜBİTAK MAM, Havza Koruma Eylem Planlarının Hazırlanması-Antalya Havzası Proje Gelişme Raporu, 2012)

MATAB-Titreyengöl Atıksu Arıtma Tesisi: Antalya Manavgat Çayı Alt Havzasında bulunan MATAB-Titreyengöl Atıksu Arıtma Tesisi Manavgat-Titreyengöl bölgesindeki otel, tatil köyü, kamping gibi turistik tesislerden kaynaklanan evsel nitelikli atıksuların arıtılması amacıyla inşa edilmiştir. Titreyengöl Atıksu Arıtma tesisi ilk olarak 1986 yılında kurulmuş olup, 1993 yılında kapasite arttırımı yapılmış en son 2000 yılında revize edilmiştir. Mevcut

durumda tesisin eşdeğer nüfusu 35.000 kişi olup atıksu arıtma kapasitesi 10.725 m3. Tesis, Uzun Havalandırmalı Aktif Çamur sistemi teknolojisine göre inşa edilmiştir. Tesise atıksu giriş yapısı, ızgaralar, parshall savağı, kum ve yağ tutucu, selektör tankı, dağıtım yapısı, havalandırma havuzu, son çökeltim havuzları, yoğunlaştırma havuzu, stabilizasyon havuzu, çamur susuzlaştırma ünitesi, klor temas havuzu, derin deniz deşarj sistemi ve koku giderme ünitesinden oluşmaktadır (Şekil 3).

Şekil 3. Titreyengöl Atıksu Arıtma Tesisinden görünüm
(TÜBİTAK MAM, Havza Koruma Eylem Planlarının Hazırlanması-Antalya Havzası Proje Gelişme Raporu, 2012)

Antalya İli Su Kaynakları

Manavgat Çayı Alt Havzası İçme Suyu Durumu

Manavgat Çay Alt Havzası içme suyu açısından değerlendirildiğinde ana içme suyu kaynakları her yerleşim yeri için ayrı ayrı olarak (kaynak adı, türü, miktarı ve arıtma durumu) Tablo 3'de verilmiştir. Bölgede içme suyu kaynağı ağırlıklı olarak kaynak suyu ve kuyu suyu kullanılmaktadır. Antalya ilinde yer alan yeraltı suyu, akarsu, göl ve göletler aşağıda Tablo 4'de verilmiştir.

Tablo 3. Manavgat Çayı Alt Havzası İçme Suyu Kaynakları
(TÜBİTAK MAM, Havza Koruma Eylem Planlarının Hazırlanması-Antalya Havzası Proje Gelişme Raporu, 2012)

İlçe	Yerleşim Adı	Nüfus 2011	Kaynak Adı/Uzaklık (km)	Türü (Kuyu/Yüzeysel Su)	Miktar (l/sn)	Miktar (1000 m^3/yıl)	İçme Suyuna Bağlılık Oranı(%)	Arıtma Durumu (klorlama)
Akseki	Süleymaniye	560	Yayla mevkinde 4-5 adet farklı kaybaktan yüzeysel su ve cazibe ile içme suyu sağlanıyor+1 adet kuyu açılmış ancak henüz su çekilmediği belirtilmiştir.	kaynak suyu+ kuyu suyu	3	95	100	Yapılıyor
Akseki	Bademli	576	1. Arapsuyu 5km - 2.Boriçi 2km- 3.Kızıldel 5 km	Kaynak suyu	7,5	237	100	Yapılıyor
Akseki	Yarpuz	1,122	Göktepe yaylası-26 km	Kaynak suyu	3,01	95	100	Yapılıyor
İbradı	İbradı	1,756	1-Sülek mevkii (22 km) 2- Söğütbeli mevki (6 km)	Kaynak suyu	3,4	107	100	yapılıyor
İbradı	Ormana	647	Söğüt mevki-2 adet kaynaktan 10 km mesafeden cazibe ile	Kaynak suyu	4,5	142	100	yapılıyor
Manavgat	Oymapınar	1,874	Emelli Kaynağı ve Olukdere Kaynağı	Kaynak suyu	10	315	100	Yapılıyor
Akseki	Akseki	3,548	1. Sondj-Bucak kışla mevki(mevcut durumda kullanılmıyor) 2. Kaynak suyu Göktepe mevkii cazibe ile geliyor	kuyu suyu	60	1892	100	Yapılıyor
Akseki	Cevizli	1,617	1. Ketenderesi-derinkuyu 4km - 2.Ayvalı mevkii kaynak susu 4km- 3.Çakıllı-Gedik 3-4km, 4.Suluyer 2 km	kuyu suyu	11	347	100	Yapılıyor
Akseki	Kuyucak	773	Tongay mevki-1200m	kuyu suyu	36	1135	100	Yapılıyor
Manavgat	Manavgat	94,661	Manavgat çayı yanı 2 adet keson	kuyu suyu	480	15137		yapılıyor

Tablo 3. Manavgat Çayı Alt Havzası İçme Suyu Kaynakları
(TÜBİTAK MAM, Havza Koruma Eylem Planlarının Hazırlanması-Antalya Havzası Proje Gelişme Raporu, 2012)

İlçe	Yerleşim Adı	Nüfus 2011	Kaynak Adı/Uzaklık (km)	Türü (Kuyu/Yüzeysel Su)	Miktar (l/sn)	Miktar (1000 m^3/yıl)	İçme Suyuna Bağlılık Oranı(%)	Arıtma Durumu (klorlama)
			kuyudan karşılanıyor.					
Manavgat	Sarılar	10,324	Manavgat Şelalesi Yer Altı Suyu / 3,272 km	kuyu suyu	60	1892	100	Yapılıyor
Manavgat	Side	11,368	Manavgat Şelalesi/Derin Kuyu/8,5 km	kuyu suyu	300	9461	100	Yapılıyor
Manavgat	Ulukapı	2,619	Manavgat Çayı kenarı	kuyu suyu		0	90	Yapılıyor

Tablo 4. Antalya İli yer altı suyu, akarsu, göl ve göletleri
(Antalya İl Çevre Durum Raporu, 2011)

Yeraltı Su Kaynakları	Akarsular	Göller Ve Göletler
Aykırçay Kaynağı-Aykırçay	Antalya Eşen-Karaçay	Antalya Korkuteli Kozağacı Göleti
Akçapınar Kaynağı-Akçapınar	Antalya Demre Deresi	Antalya Korkuteli Dikenli Göleti
Bileydi – Antalya	Antalya Finike –Karasu	Antalya Döşemealtı Ekşili Göleti
Beypınarı – Gömbe	Antalya Finike- Başgöz Çayı	Antalya Elmalı Baranda Göleti
Bodemya Kaynağı-Ġslamlar	Antalya Finike-Tekke Pınarı	Antalya Akseki Cevizli Göleti
Balıklar Kaynağı-Karacaören	Finike-Alakır Çayı	Antalya Korkuteli Yelten Göleti
Çatalpınar Kaynağı-Gödene	Finike-Salur Pınarı	Antalya Döşemealtı Hatipler Gölet
Çokpınar Kaynağı-Kayabükü	Kırgözler Çayı	Antalya Konyaaltı Doyran Göleti
Deregözü Kaynağı-Dereköy	Düden Çayı	Antalya Korkuteli Yeşilyayla Göleti
Değirmenözü Kaynağı-Eskibağ	Aksu Çayı	Antalya Korkuteli Osmankalfalar Göleti
Dörtgözlü Kaynağı - Karayolu Köprüsü.	Köprüçay	Antalya Korkuteli Hacıbekar Göleti
Dumlupınar Kaynağı-Küçüklü	Manavgat Çayı	Antalya Manavgat Taşağıl Karabekir Göleti
Eylek – Antalya	Karpuz Çayı	Antalya Kumluca Toptaş Göleti
Evga Kaynağı-Sinanhoca	Alara Çayı	
Ekizpınarı-Kızılcaköy	Kargı Çayı	
Fadıl Kaynağı-Arif Köyü	Dim Çayı	
Gürkavak Kaynağı	Sedre Çayı	

Gökçesu Kaynağı - Kayadibi Fethiye Bıçkıcı Çayı
Gelinuçtu Kaynağı-Topallı
Hurma Pınarı – Antalya
Ġngiliz Gölü – Antalya
Karaağaç Kaynakları
Kocapınar Kaynağı-Adrasan
Kadıpınarı-Değirmendere
Kadıoğlu Kaynağı-DemirtaĞ
Kocadere Kaynağı-Fettahlı
Kızılöz Kaynağı-Hacıyusuflar
Kurbağalı Kaynağı-Haskızılören
Kalabatlı Kaynağı -Topallı
KurĢunlu ġelalesi-Topallı
Kazanpınarları – Elmalı
Kilise Pınarı-KurĢunlu
Kırkpınar Kaynağı-Kırkpınar
Kocapınar Kaynağı-Manay
Kırkpınar Kaynağı-Yeleme
KürdeĢen Pınarı-Yeleme
Karapınar Kaynağı-YeĢilyayla
Pınargözü Kaynağı-Gödene
Pınargözü Kaynağı-Değirmenözü
Sinadon Kaynağı-Çukurbağ
Sugözü Kaynağı-Çaltı
Sugözü Kaynağı-Çıplaklı
Sugözü Kaynağı-Değirmenlik
Soğucaksu-Yeniköy
Salur Pınarları-Finike
Sıtmagözü Kaynağı-ġahinler
Tekke Pınarları-Finike
Tekirova Sualma ağzı
Ulupınar Kaynağı Memba
Üzümdere Kaynağı-Üzümdere
Yarıkpınar-Yeleme

Süvariler Yaylası
zümlü Kaynağı – Dim
Aksu Karayolu Köprü
Gürleyik Kaynağı

İstanbul'da Atıksu Arıtma Tesisleri Durumu ve Kapasiteleri

İstanbul'da 1.809.000 m^3/gün toplam arıtma kapasitesi ile büyük ölçekli 14 atıksu arıtma tesisi vardır. Atıksuyun hemen hemen% 85'i arıtılarak deşarj edilmektedir. Arıtılmış atıksuyun yaklaşık % 83'ü ön arıtma, % 14'ü biyolojik arıtma ve % 3 ileri biyolojik arıtmadan geçirilmektedir. Şekil 108'de ileri biyolojik arıtma tesislerinden Paşaköy ve Ataköy arıtma tesislerinin fotoğrafları yer almaktadır. Yarı kapalı bir deniz olan Marmara Denizi, düşük su rejenerasyonu ve kara kökenli kirleticilerin önemli miktarda deşarjı nedeniyle ötrofikasyona açıktır. Bu nedenle, yüksek çıkış suyu kalitesine sahip biyolojik artıma tesisleri çıkış suyunun hemen hemen tamamı Marmara Denizi'ne deşarj edilmektedir. Buna karşın İstanbul Boğazı'na dökülen atıksuları arıtmak için çevre planları hazırlanırken öncelikli olarak ön arıtma sistemleri öngörülmüş, İstanbul Boğazı'ndan Karadeniz'e olan dip akıntı sayesinde ön arıtmadan geçen atıksuların derin deniz deşarj yöntemiyle Karadeniz'in yaşam olmayan bölgesine ulaştırılması planlanmıştır. Bu doğrultuda Boğaz Hattı'na inşa edilen tesisler ilk etapta Ön Arıtma Tesisi olarak inşa edilmiştir. Kanalizasyon ve yağmur suyu ağının toplam uzunluğu 13.600 km dir, hatların çağları ise 300 cm ile 4500 cm arasında değişmektedir. İstanbul hizmet alanı içinde farklı kapasite ve özelliklerde toplam 33 Atıksu Arıtma Tesisi mevcuttur. Hizmete alınan atıksu arıtma tesisleri sayesinde 1994 yılında % 9 olan günlük atıksu arıtma miktarı bugün % 90 seviyelerine çıkmıştır. Toplam atıksu arıtma kapasitesi 5.063.910 m^3/gün'dür. Bunun 5.060.310 m^3/gün kısmı İstanbul içinde bulunan arıtma tesisilerinin, 3600 m^3/gün kadarı ise köylerdeki arıtma tesislerinin toplam kapasitesidir. İstanbul'da ve köylerinde kurulu atıksu arıtma tesislerine ait bilgiler ve kapasiteleri Tablo 5 ve 6'da verilmiştir.

Tablo 5. İstanbul'da kurulu atıksu arıtma tesisleri bilgileri

ATIKSU ARITMA TESİSLERİ		Hizmete Giriş/ Devralınma Yılı	Kapasite (m^3/gün)
Yenikapı Atıksu Ön Arıtma Tesisi		1988	864.000
Baltalimanı Atıksu Ön Arıtma Tesisi		1997	625.000
Üsküdar Atıksu Ön Arıtma Tesisi		1992	77.760
Büyükçekmece Atıksu Ön Arıtma Tesisi		1998	155.120
Tuzla Atıksu Arıtma Tesisleri	Tuzla Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi	1998	150.000
	Tuzla İleri Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi (2. Kademe)	2009	100.000
Paşaköy Atıksu Arıtma Tesisleri	Paşaköy İleri Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi	2000	125.000
	Paşaköy İleri Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi (2. Kademe)	2009	100.000
Terkos İleri Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi		2000	1.730
Küçükçekmece Atıksu Ön Arıtma Tesisi		2003	354.000
Kadıköy Atıksu Ön Arıtma Tesisi		2003	833.000
Küçüksu Atıksu Ön Arıtma Tesisi		2004	640.000
Bahçeşehir Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi		2004	7.400
Çanta Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi		2006	1.600
Gümüşyaka Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi		2007	1.700
Ömerli Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi		2008	500
Kumbaba Atıksu Ön Arıtma Tesisi		2008	46.000
Paşabahçe Atıksu Ön Arıtma Tesisi		2009	575.000
Ataköy İleri Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi		2010	400.000
Ağva Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi		2010	2.000
İzzettinköy Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi		2010	500

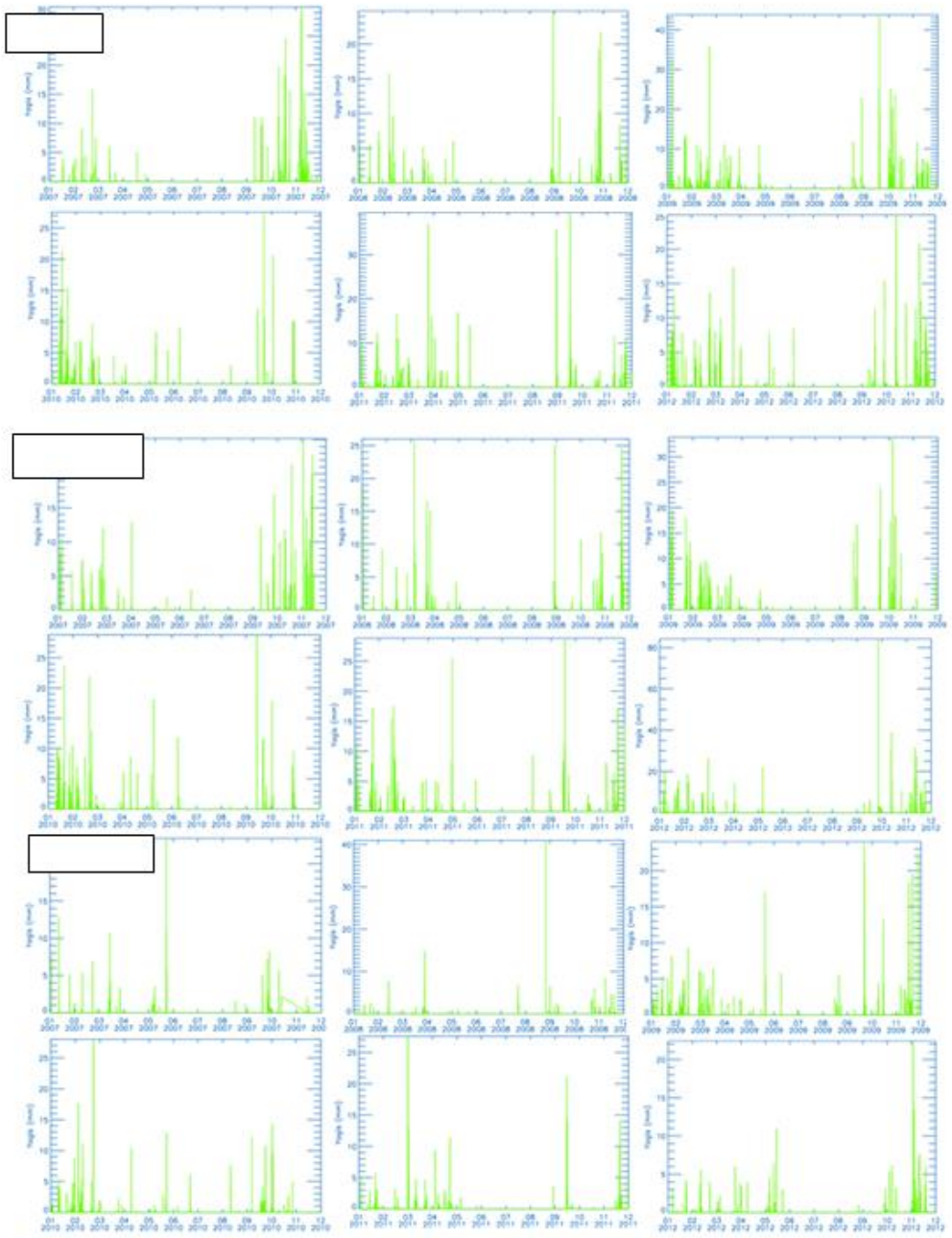
Tablo 6. İstanbul'un köylerinde kurulu atıksu arıtma tesisleri bilgileri

KÖYLERDEKİ ATIKSU ARITMA TESİSLERİ	Hizmete Giriş/ Devralınma Yılı	Kapasite (m^3/gün)
Akalan Köyü Paket Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi	2008	200
Belgrat Köyü Paket Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi	2008	50
Örencik Köyü Paket Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi	2008	250
Kömürlük Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi	2008	125
Sahilköy Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi	2008	200
Örcünlü Köyü Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi	2010	250
Kestanelik Köyü Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi	2010	500
Çanakça Köyü Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi	2010	500
Oklalı Köyü Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi	2010	500
Yazlık Köyü Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi	2010	250
Başakköy Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi	2010	250
Oruçoğlu Köyü Bitkisel Atıksu Arıtma Tesisi	2010	125
Öğümce Köyü Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi	2010	200
Yeniköy Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi	2008	200

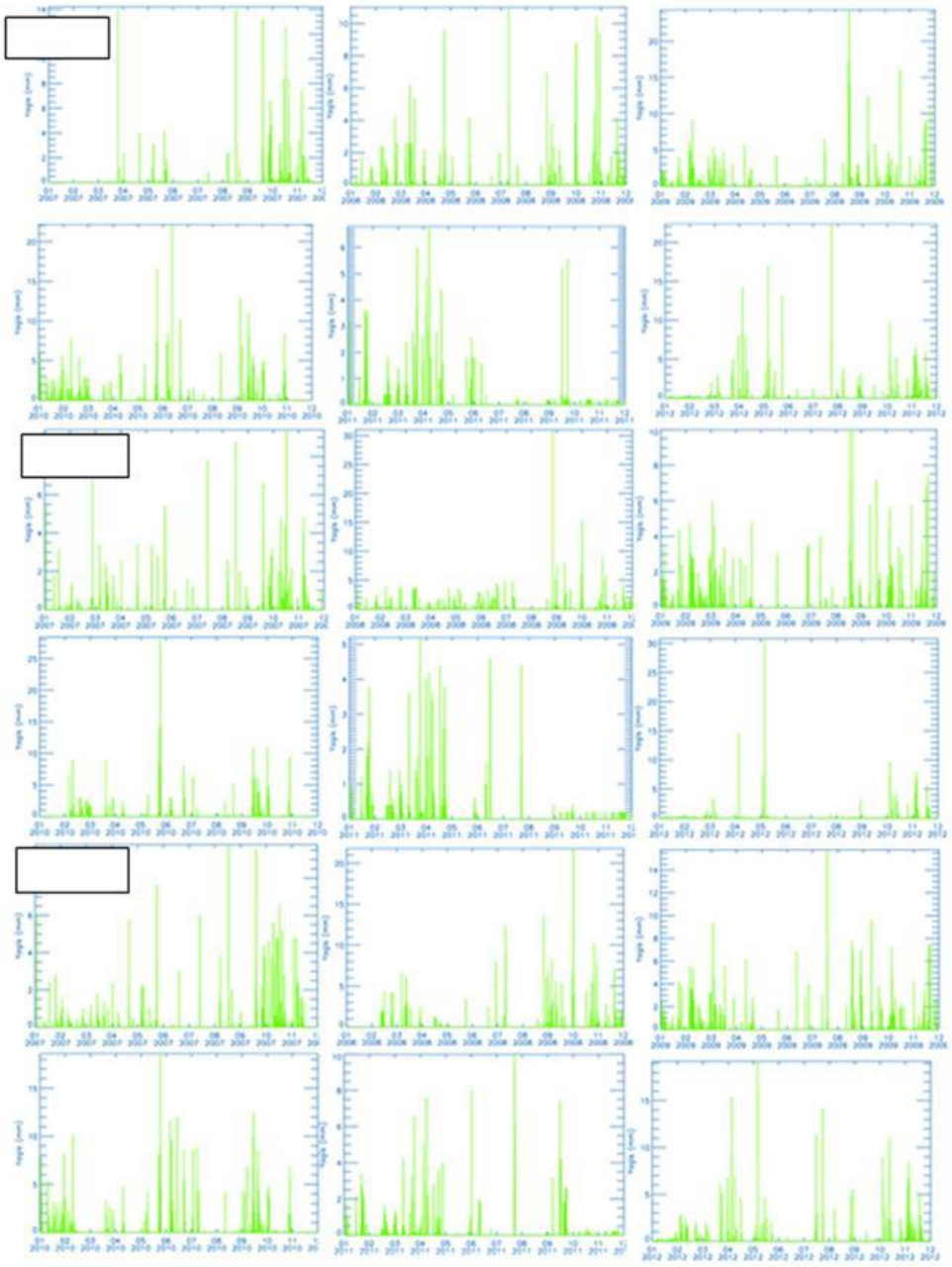
(a) (b)

Şekil 108. İstanbul'daki ileri biyolojik atıksu arıtma tesisleri, a) Paşaköy AAT, b) Ataköy AAT

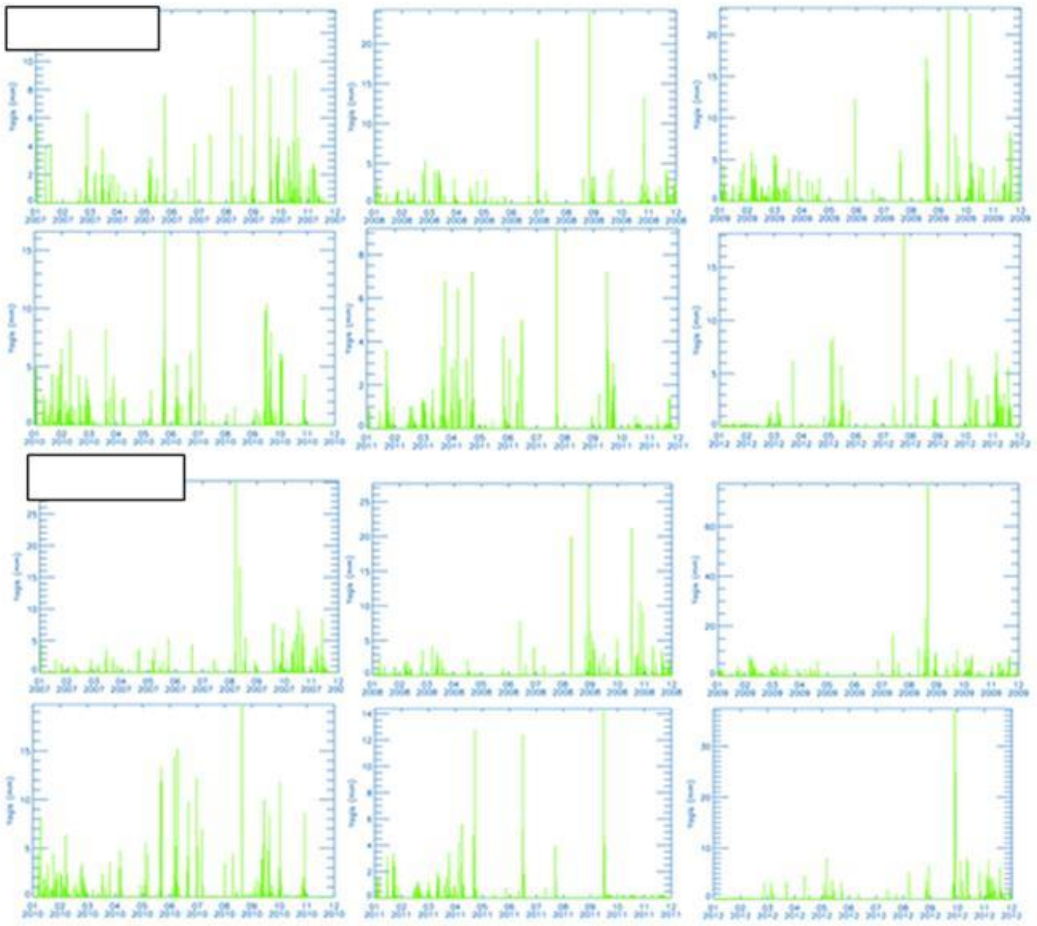
EK 5. SAATLİK YAĞIŞ VERİLERİ



Şekil 1 2007-2012 dönemi saatlik yağış verileri



Şekil 1 2007-2012 dönemi saatlik yağış verileri (devamı)

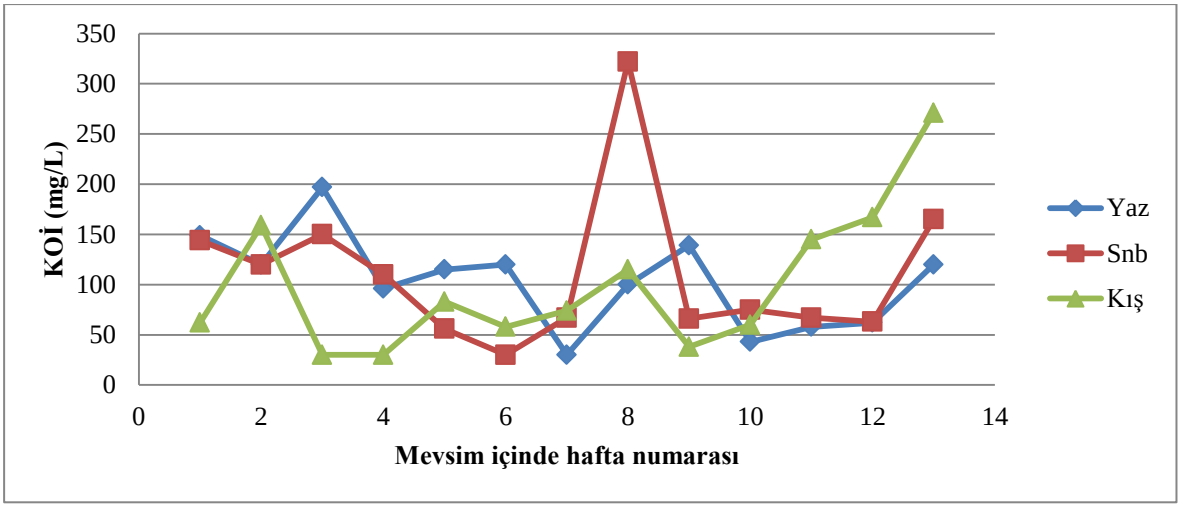


Şekil 1 2007-2012 dönemi saatlik yağış verileri (devamı)

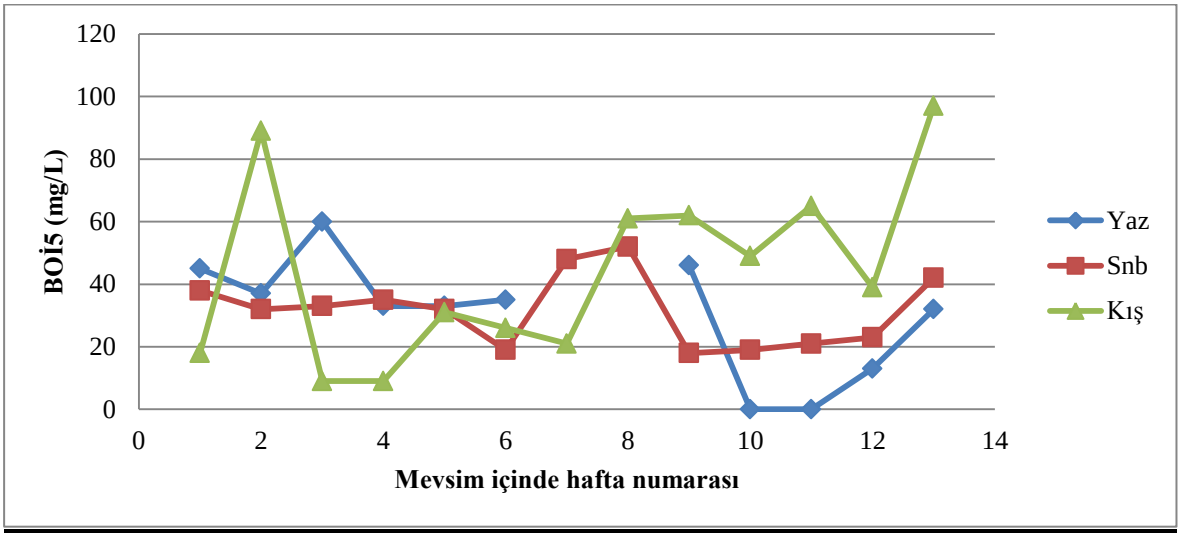
EK 6 HİLTON: HİLTON İSTANBUL OTELİ GRİ SU İZLEMESİ

1 - Rutin izleme verilerinin mevsimlere göre değerlendirilmesi

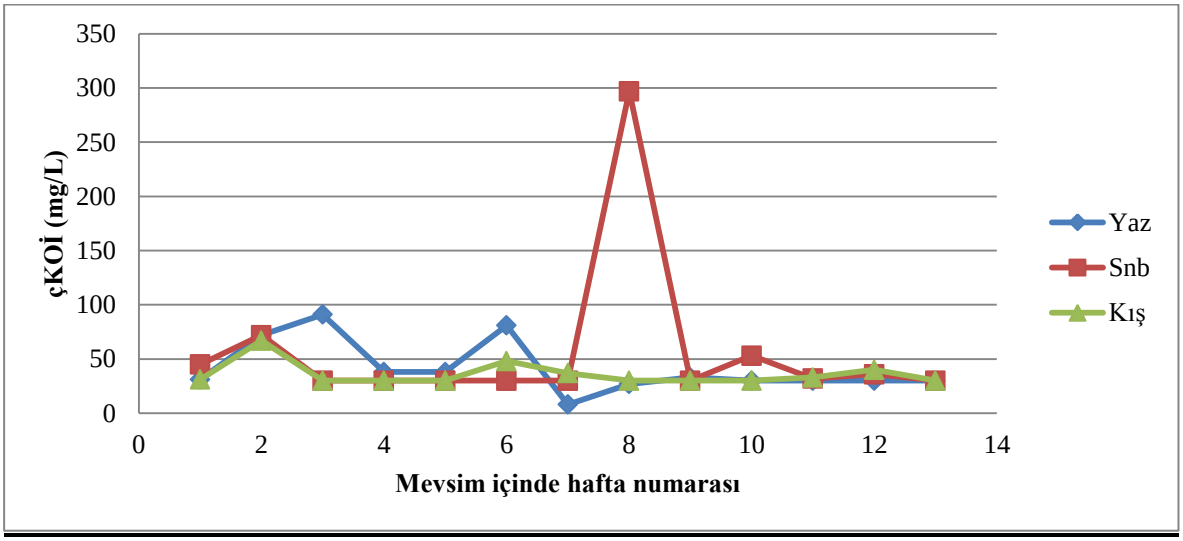
Rutin ölçüm değerleri bütün parametreler bazında değerlendirildiğinde analizleri tamamlanan 47 hafta içinde çok belirgin değişimler/pikler izlenmemektedir. Rutin izleme verilerinin mevsimlere göre değerlendirilmesi yapıldığında Şekil 1- 9 arası grafiklerde görüldüğü gibi genelde trend olarak mevsimler arası belirleyici bir patern görülmemekle birlikte kış aylarındaki salınımların nispeten düşük olduğu ve fosfor parametresi için ölçülen değerlerin yaz mevsiminde diğer mevsimlere göre daha yüksek seyrettiği gözlemlenmektedir. Konsantrasyon değişimleri açısından incelendiğinde rutin deneylerde organik madde ve askıda katı madde parametre gruplarındaki salınımların diğerlerine oranla daha fazla olduğunu söylemek mümkündür.



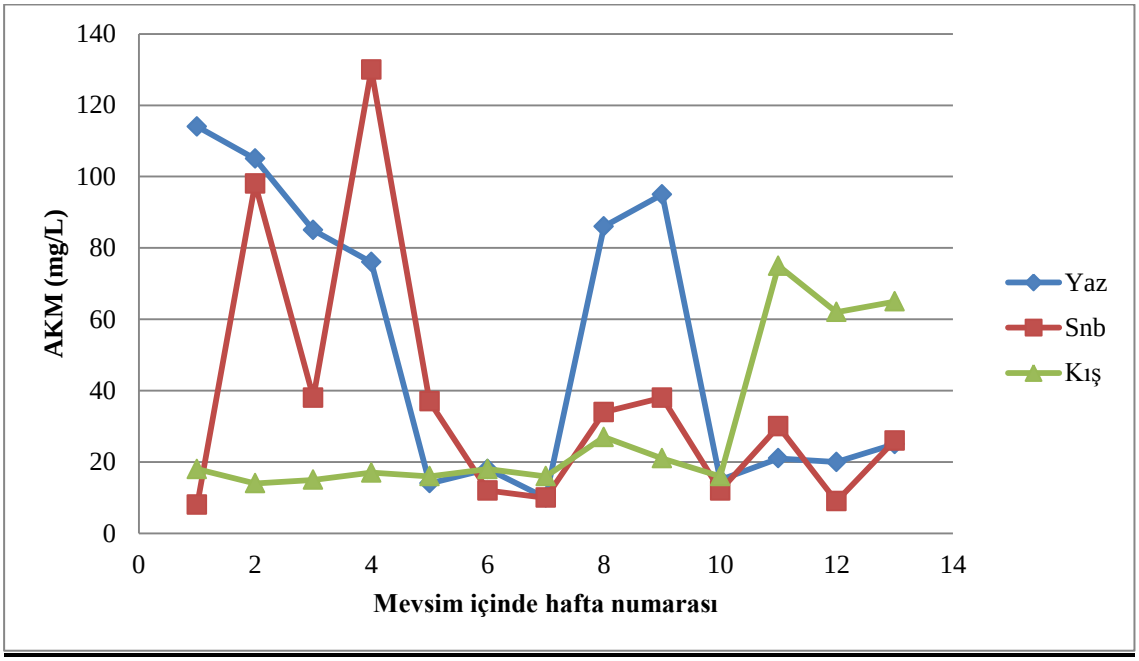
Şekil 1 KOİ rutin analiz sonuçlarının mevsimsel karşılaştırması



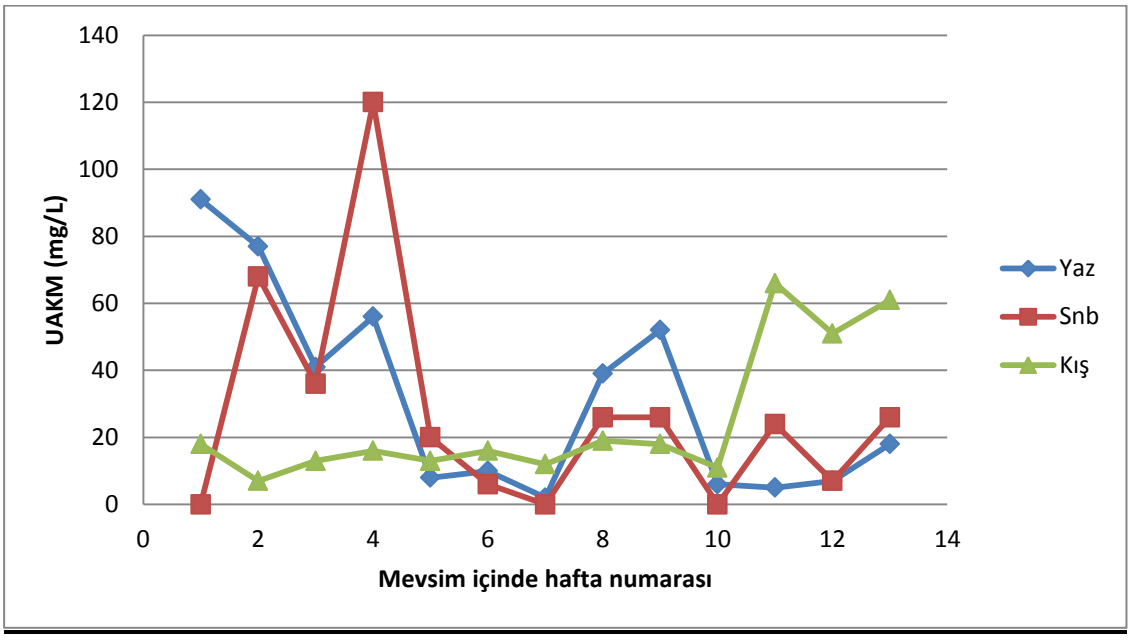
Şekil 2 BOİ$_5$ rutin analiz sonuçlarının mevsimsel karşılaştırması



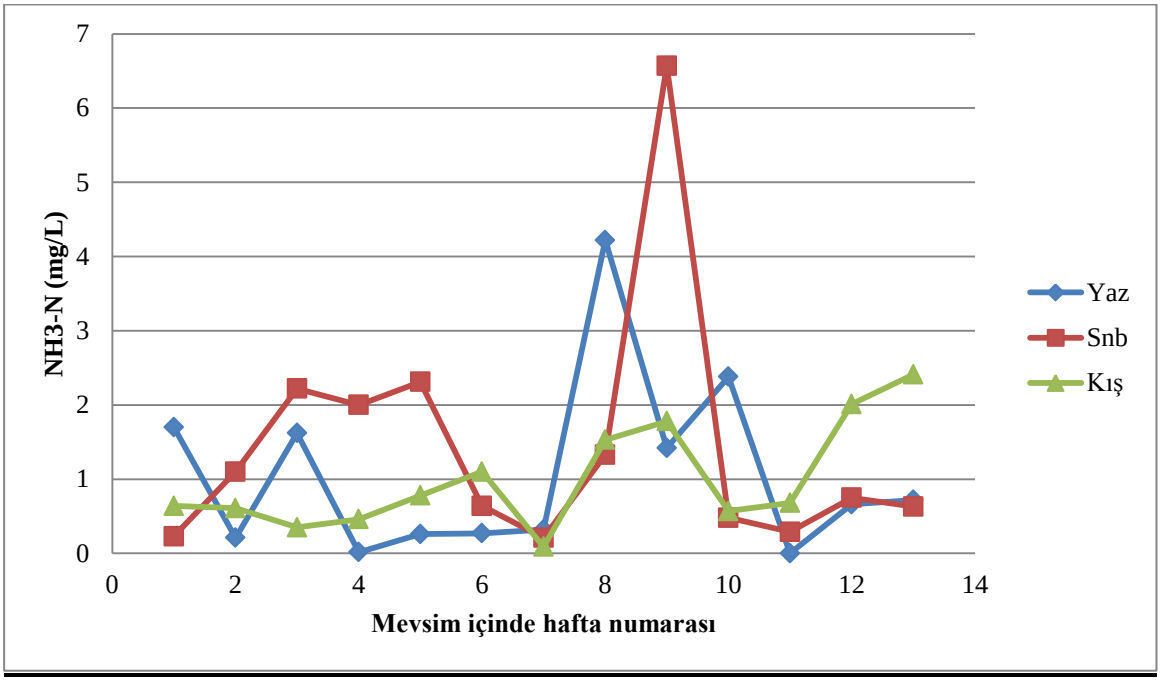
Şekil 3 çKOİ rutin analiz sonuçlarının mevsimsel karşılaştırması



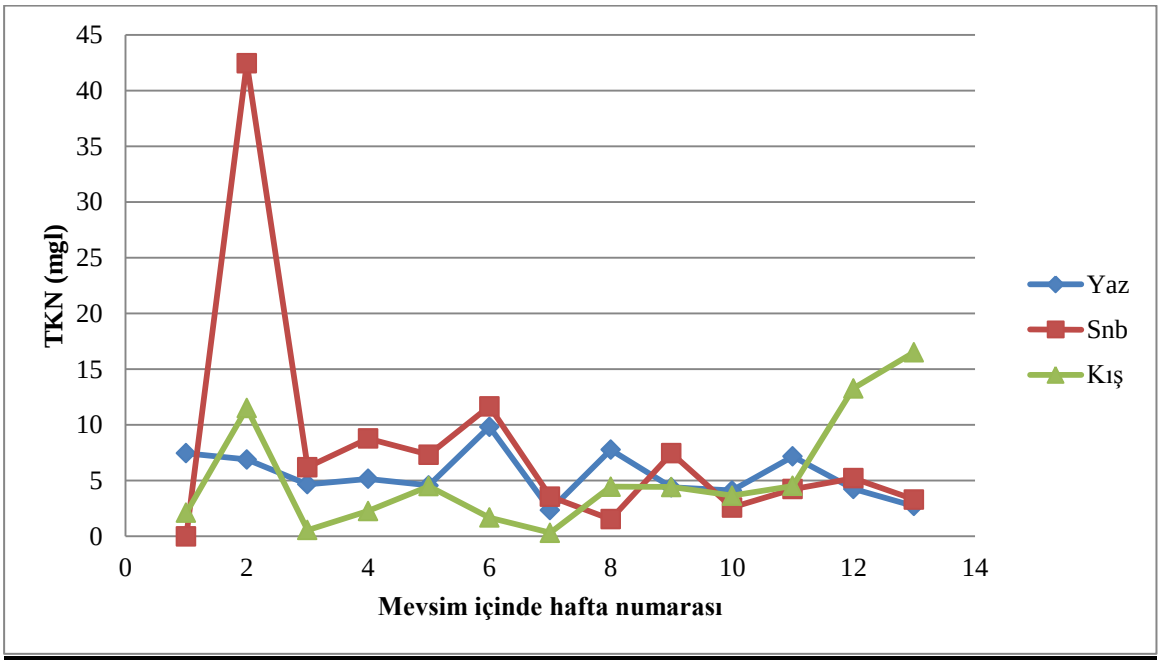
Şekil 4 AKM rutin analiz sonuçlarının mevsimsel karşılaştırması



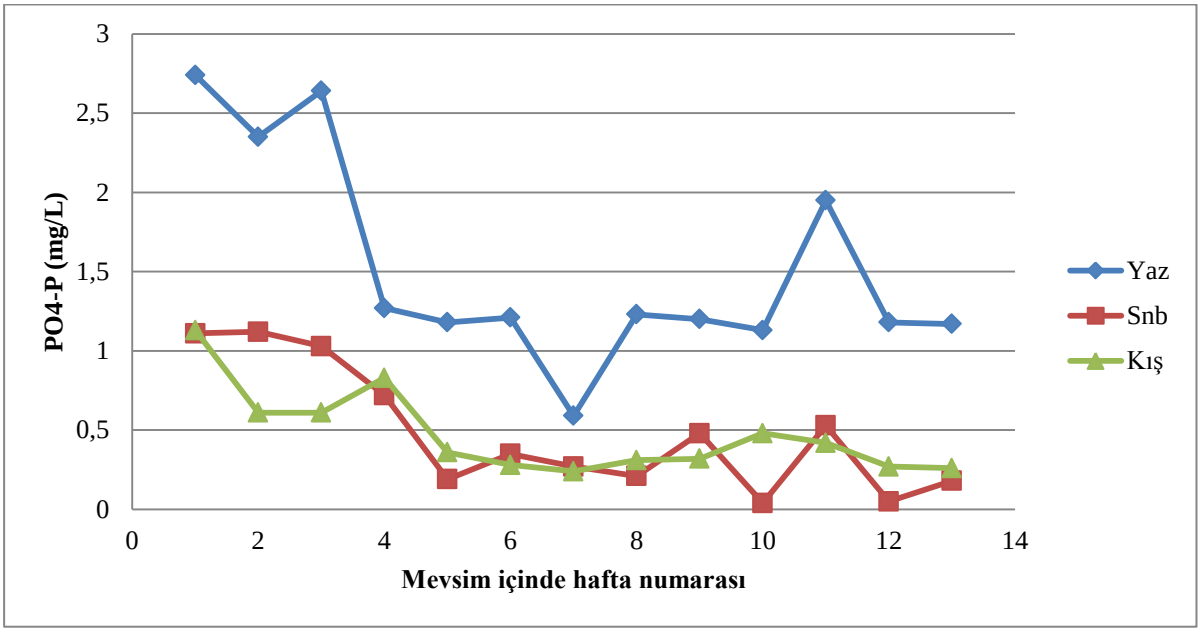
Şekil 5 UAKM rutin analiz sonuçlarının mevsimsel karşılaştırması



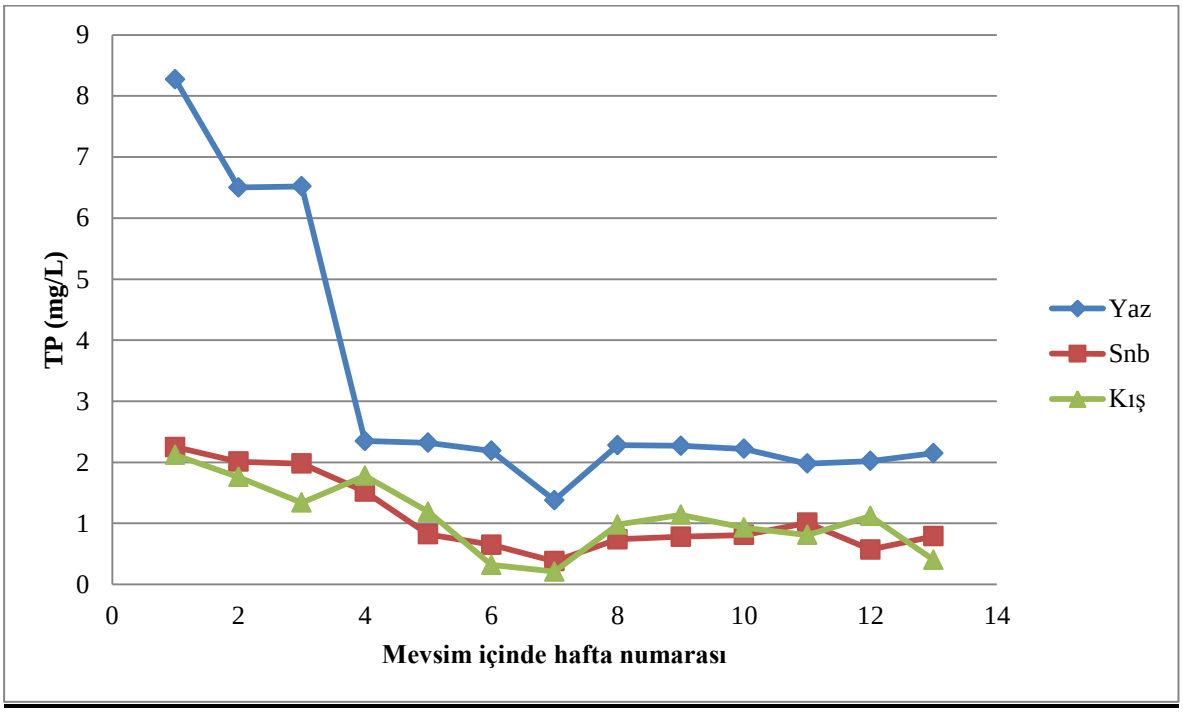
Şekil 6 NH3-N rutin analiz sonuçlarının mevsimsel karşılaştırması



Şekil 7 TKN rutin analiz sonuçlarının mevsimsel karşılaştırması



Şekil 8 Ortofosfat rutin analiz sonuçlarının mevsimsel karşılaştırması



Şekil 9 Toplam Fosfor rutin analiz sonuçlarının mevsimsel karşılaştırması

2 -Hilton İstanbul Oteli Gri Su İzleme Analiz Sonuçları

Tablo 1 Rutin izleme analiz sonuçları

Tarih	Rutin								
	KOİ	$BOİ_5$	çKOİ	TP	OrtoP	NH3-N	TKN	AKM	UAKM
	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
06.06.2013	106							86	
17.06.2013	190		131	5,79	3,02	2,2	5,3	56	10
27.06.2013	149	45	31	8,27	2,74	1,7	7,45	114	91
04.07.2013	120	37	72	6,5	2,35	0,21	6,9	105	77
11.07.2013	197	60	91	6,52	2,64	1,62	4,66	85	41
18.07.2013	96	33	38	2,35	1,27	0,015	5,152	76	56
25.07.2013	115	33	38	2,32	1,18	0,26	4,56	14	8
01.08.2013	120	35	81	2,19	1,21	0,27	9,82	18	10
08.08.2013	<30		8	1,38	0,59	0,32	2,35	10	2
15.08.2013	100		27	2,28	1,23	4,22	7,77	86	39
22.08.2013	139	46	33	2,27	1,2	1,42	4,4	95	52
29.08.2013	43	<1	<30	2,22	1,13	2,38	4,1	15	6
05.09.2013	58	<1	<30	1,98	1,95	0	7,17	21	5
12.09.2013	62	13	<30	2,02	1,18	0,66	4,25	20	7
19.09.2013	120	32	<30	2,15	1,17	0,72	2,72	25	18
26.09.2013	144	38	45	2,25	1,11	0,23	0	8	0
03.10.2013	120	32	72	2,01	1,12	1,1	42,45	98	68
10.10.2013	150	33	<30	1,98	1,03	2,22	6,2	38	36
17.10.2013	110	35	<30	1,52	0,72	2	8,78	130	120
24.10.2013	56	32	<30	0,82	0,19	2,31	7,33	37	20
31.10.2013	<30	19	<30	0,65	0,35	0,64	11,66	12	6
07.11.2013	67	48	<30	0,38	0,27	0,21	3,56	10	0
14.11.2013	322	52	297	0,74	0,21	1,33	1,54	34	26
21.11.2013	66	18	<30	0,78	0,48	6,57	7,45	38	26
28.11.2013	75	19	53	0,81	0,04	0,48	2,58	12	0
05.12.2013	67	21	32	1,01	0,53	0,29	4,23	30	24
12.12.2013	63	23	36	0,57	0,05	0,75	5,21	9	7
19.12.2013	165	42	<30	0,79	0,18	0,63	3,3	26	26
26.12.2013	62	18	31	2,12	1,13	0,64	2,11	18	18
02.01.2014	159	89	67	1,76	0,61	0,61	11,51	14	7
09.01.2014	<30	9	<30	1,34	0,61	0,35	0,56	15	13
16.01.2014	<30	9	<30	1,78	0,83	0,46	2,27	17	16
23.01.2014	83	31	<30	1,19	0,36	0,78	4,5	16	13
30.01.2014	58	26	48	0,32	0,28	1,1	1,68	18	16
06.02.2014	74	21	37	0,21	0,24	0,09	0,32	16	12

Tablo 1 Rutin izleme analiz sonuçları (devam)

Tarih	Pit Tankı Rutin								
	KOİ	$BOİ_5$	çKOİ	TP	OrtoP	NH3-N	TKN	AKM	UAKM
	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
13.02.2014	115	61	<30	0,98	0,31	1,53	4,45	27	19
20.02.2014	62	38	<30	1,14	0,32	1,78	4,42	21	18
27.02.2014	60	49	<30	0,93	0,48	0,57	3,65	16	11
06.03.2014	145	65	33	0,81	0,42	0,68	4,52	75	66
13.03.2014	167	39	40	1,12	0,27	2,01	13,27	62	51
20.03.2014	271	97	<30	0,4	0,26	2,41	16,52	65	61
27.03.2014	129	111	<30	0,89	0,15	1,62	9,59	70	68
03.04.2014	159	101	51	1,03	0,04	0,19	7,21	59	50
10.04.2014	99	73	<30	1,12	0	2,02	6,04	84	70
17.04.2014	210	82	41	0,98	0,19	1,93	14,71	332	184
24.04.2014	615	58	30	6,04	0,45	1,95	17,33	570	468

Tablo 2 Kış için hafta boyu değişim sonuçları

Tarih	Hafta Boyu Kış								
	KOİ	BOİ5	çKOİ	AKM	UAKM	NH3-N	TKN	PO4-P	TP
	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
Pazartesi	188		<30	69	46	2,93	7,28	0,43	2,18
Salı	73		<30	23	20	0	4,13	0,55	1,6
Çarşamba	48	28	43	15	11	1,3	5,41	0,71	1,98
Perşembe	<30	9	<30	15	13	0,35	0,56	0,61	1,34
Cuma	143	93	<30	162	98	1,62	10,14	0,71	2,87
Cumartesi	64		41	6	0	1,18	2,14	0,59	0,99
Pazar	50		<30	12	8	0,52	2,86	0,39	0,52

Tablo 3 Kış için gün boyu değişim sonuçları

No	Tarih	Saat	Gün Boyu Kış								
			KOİ	$BOİ_5$	çKOİ	AKM	UAKM	Amonyum	TKN	PO4-P	TP
			mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
2	23.1.14	12:45	98		77	12	11	0,57	5,03	0,12	0,98
4	23.1.14	14:45	50		47	10	10	0,56	5,53	0,27	1,05
6	23.1.14	16:45	71		<30	8	8	0,92	10,71	0,51	1,46
8	23.1.14	18:45	45		<30	20	15	1,13	9,33	0,26	1,20
10	23.1.14	20:45	41		<30	24	14	0,75	5,74	0,34	1,44
12	23.1.14	22:45	<30		<30	39	34	0,86	9,17	0,35	1,11
14	24.1.14	00:45	<30		<30	12	9	0,55	4,97	0,48	1,26
16	24.1.14	02:45	<30		<30	10	9	0,52	4,88	0,09	0,90
18	24.1.14	04:45	<30		<30	16	6	0,41	2,41	0,00	0,67
20	24.1.14	06:45	51	19	<30	11	6	0,45	3,58	0,21	1,01
22	24.1.14	08:45	55	28	<30	10	10	0,37	3,96	0,20	1,02
24	24.1.14	10:45	NUMUNE ALINAMADI.								

Tablo 4 İlkbahar için gün boyu değişim sonuçları

No	Tarih	Saat	Gün Boyu İlkbahar								
			KOİ	BOİ5	çKOİ	AKM	UAKM	Amonyum	TKN	PO-4 P	TP
			mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
1	24.4.14	10:00	615	58	<30	570	468	1,95	17,33	0,45	6,04
3	24.4.14	12:00	149		<30	60	57	0,67	7,44	0,21	1,39
5	24.4.14	14:00	234		<30	14	8	0,71	6,2	0,22	0,74
7	24.4.14	16:00	356		<30	464	401	2,12	19,51	0,51	6,16
9	24.4.14	18:00	112		<30	30	19	0,65	6,21	0,12	0,92
11	24.4.14	20:00	100		<30	26	23	0,57	6,16	0,10	0,57
13	24.4.14	22:00	123		<30	16	15	0,66	5,95	0,05	1,00
15	25.4.14	00:00	115		<30	100	96	1,19	9,83	0,37	2,18
17	25.4.14	02:00	54		<30	18	16	1,23	9,62	0,28	1,28
19	25.4.14	04:00	147	7	<30	44	41	0,99	5,65	0,13	1,23
21	25.4.14	06:00	173	35	<30	5	3	0,51	3,82	0,11	0,54
23	25.4.14	08:00	65	44	<30	42	16	0,57	4,66	0,04	0,72

PİT Tankında Organik Madde Karakterizasyonu

Tablo 5 BOI_5, KOI değerleri ve BOI_5/KOİ oranları

Tarih	Rutin		
	KOİ	$BOİ_5$	$BOİ_5$/KOİ
	mg/L	mg/L	
06.06.2013	106		
17.06.2013	190		
27.06.2013	149	45	0,3
04.07.2013	120	37	0,31
11.07.2013	197	60	0,3
18.07.2013	96	33	0,34
25.07.2013	115	33	0,29
01.08.2013	120	35	0,29
08.08.2013	<30		
15.08.2013	100		
22.08.2013	139	46	0,33
29.08.2013	43	<1	
05.09.2013	58	<1	
12.09.2013	62	13	0,21
19.09.2013	120	32	0,27
26.09.2013	144	38	0,26
03.10.2013	120	32	0,27
10.10.2013	150	33	0,22
17.10.2013	110	35	0,32
24.10.2013	56	32	0,57
31.10.2013	<30	19	
07.11.2013	67	48	0,72
14.11.2013	322	52	0,16
21.11.2013	66	18	0,27
28.11.2013	75	19	0,25
05.12.2013	67	21	0,31
12.12.2013	63	23	0,37
19.12.2013	165	42	0,25
26.12.2013	62	18	0,29
02.01.2014	159	89	0,56
09.01.2014	<30	9	
16.01.2014	<30	9	
23.01.2014	83	31	0,37
30.01.2014	58	26	0,45
06.02.2014	74	21	0,28
13.02.2014	115	61	0,53

Tarih	Rutin		
	KOİ	$BOİ_5$	$BOİ_5$/KOİ
	mg/L	mg/L	
20.02.2014	62	38	0,61
27.02.2014	60	49	0,82
06.03.2014	145	65	0,45
13.03.2014	167	39	0,23
20.03.2014	271	97	0,36
27.03.2014	129	111	0,86
03.04.2014	159	101	0,64
10.04.2014	99	73	0,74
17.04.2014	210	82	0,39
24.04.2014	615	58	0,09

Gün	Hafta Boyu Yaz		
	KOİ	$BOİ_5$	$BOİ_5$/KOİ
	mg/L	mg/L	
Çarşamba	86	58	0,67
Perşembe	197	60	0,3
Cuma	62	17	0,27

Gün	Hafta Boyu Sonbahar		
	KOİ	$BOİ_5$	$BOİ_5$/KOİ
	mg/L	mg/L	
Çarşamba	163	45	0,28
Perşembe	56	19	0,34
Cuma	42	6	0,14

Gün	Hafta Boyu Kış		
	KOİ	$BOİ_5$	$BOİ_5$/KOİ
	mg/L	mg/L	
Çarşamba	48	28	0,58
Perşembe	<30	9	
Cuma	143	93	0,65

Mikrobiyolojik Analiz Sonuçları

Tablo 6 Mikrobiyolojik analiz sonuçları

	Toplam koliform	Fekal koliform	E.Koli	Enterokok
	koloni/100ml	koloni/100ml	koloni/100ml	koloni/100ml
Ekim*	8,00E+05	2,00E+05	2,00E+05	Bakılmadı.
Ocak	6,00E+09	1,50E+09	Bakılmadı.	Bakılmadı.
Şubat	1,00E+07	2,00E+06	8,00E+05	0
Mart	7,82E+06	5,15E+05	3,00E+04	0
Nisan	6,57E+07	7,91E+05	3,71E+04	0
Mayıs	7,73E+07	5,01E+06	7,20E+04	0

*Hizmet alımı ile İTÜ Çevre Mühendisliği Laboratuvarı'na yaptırılmıştır.