

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**SAZLIDERE HAVZASI SU KALİTESİ,
ATIKSU UZAKLAŞTIRMA OPTİMİZASYONU VE
SULAK ALAN MALİYETLERİNİN
DEĞERLENDİRİLMESİ**

Adnan AKÇA

**F.B.E Çevre Mühendisliği Anabilim Dalında
Hazırlanan**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Gürdal KANAT

İSTANBUL, 2005

İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
SİMGE LİSTESİ	v
KISALTMA LİSTESİ	vi
ŞEKİL LİSTESİ	vii
ÇİZELGE LİSTESİ	viii
FOTOĞRAF LİSTESİ	x
ÖNSÖZ	xi
ÖZET	xii
ABSTRACT	xiv
1. İSTANBUL' UN SU İHTİYACINDA SAZLIDERE REZERVUARININ ÖNEMİ	
1.1 Genel Bilgi	1
1.2 Sazlıdere Rezervuarı - Sazlıdere Barajı	2
1.2.1 Mevcut Su Kaynakları içerisinde Sazlıdere Barajı	2
1.2.2 Sazlıdere Rezervuarı	6
1.2.3 Sazlıdere Barajı	7
1.2.4 Sazlıdere Su kalitesi	10
1.2.5 Hamsu İletim Sistemleri içerisinde Sazlıdere Rezervuarı	11
1.2.6 Küçükçekmece-Sazlıdere Ham Su Transferi	12
2. HAVZA HAKKINDA BİLGİLER	15
2.1 Alan Sınırı	15
2.2 Havzadaki Yerleşimler	15
2.3 Coğrafi Durum	18
2.4 Topoğrafik Yapı	19
2.5 Katı Atık Uzaklaştırma	19
2.6 Hava Kirliliği	19
2.7 Tarım Ve Hayvancılık	20
2.8 Mevcut Altyapı Tesislerinin Durumu	22
2.8.1 Su ve Kanalizasyon	22
2.9 Hidroloji	24
2.9.1 Yüzeysel Akışlar	25
2.9.2 Rezervuar Verimi	25
2.10 Sonuçlar	27
3. ARAZİ KULLANIMI VE NÜFUSLAR	28

3.1	Özet.....	28
3.2	Arazi Kullanımı	28
3.2.1	Beldelerin Arazi Kullanımı	29
3.2.2	Köy ve Mahallelerin Arazi Kullanımı	29
3.3	Mevcut Nüfus	30
3.4	Nüfus Projeksiyonları	32
3.5	Sanayi	34
4.	KİRLETİCİ KAYNAKLAR ve ATIK YÜKLERİ.....	35
4.1	Evsel Kirletici Kaynaklar ve Özellikleri.....	35
4.2	Endüstriyel Kirletici Kaynaklar ve Kirletici Yükleri.....	38
4.3	Yayıllı Kaynaklar.....	38
4.3.1	Tarım ve Orman Alanları.....	38
4.3.2	Yerleşim Alanı Yağış Suları Drenajı.....	42
4.3.3	Çöp Toplama Alanlarından Kaynaklanan Kirletici Yüklerin Belirlenmesi	43
4.4	Toplam Kirletici Yükler	43
4.5	Sonuçlar	44
5	KİRLENME KONTROL STRATEJİLERİ.....	46
5.1.1	Sazlıdere Gölü ve Derelerin Su Kalitesi.....	46
5.2	Ötrofikasyon Kontrolü için Model Kullanımı	47
5.2.1	Model Çalışmaları	47
5.2.2	Amprik Modeller	50
5.2.3	Modele Kontrol Stratejileri Geliştirme	51
5.2.4	Ötrofikasyon Kontrolünde Etkili Stratejiler	52
5.2.4.1	Göle Boşaltılan Fosfor Yükünün Kontrolü.....	53
5.2.4.2	Noktasal Kaynakların Kontrolü.....	53
5.2.4.2.1	Noktasal Olmayan (Yayıllı) Kaynakların Kontrolü.....	57
5.2.4.2.2	Noktasal Olmayan Nutrient Kaynakları ve Olası İyileştirme Metodları	57
5.2.4.2.3	Noktasal Olmayan Tarımsal Kaynaklar.....	57
5.2.4.2.4	Göl/Rezervuar Kontrol	58
5.2.5	Su Koruma Bölgeleri İçinde Alınacak Tedbirler.....	60
5.2.6	Sazlıdere Su Toplama Havzası için Özel Çözümler.....	61
5.2.7	Sonuçlar	62
6	KIRSAL YERLEŞİMLER İÇİN ÖNERİLER	63
6.1	Giriş	63
6.2	Arıtım için Doğal Sistemler.....	63
6.2	Suda Yaşayan Bitki Sistemleri	68
6.3	Sulak Alan Sistemleri	69
6.4	Sulak Alanlar İşletme Performansı ve Çıkış Suyu Kalitesi.....	72
6.5	Yapay Sulak Alanların Maliyeti	73
6.5.1	Giriş	73
6.5.2	İnşaat Maliyetleri	73
6.5.2.1	Toplam İnşaat Maliyetleri.....	73
6.5.2.2	Jeoteknik Araştırmalar.....	76
6.5.2.3	Temizleme ve Kök Kazıma	76
6.5.2.4	Kazı ve Toprak işi (Hafriyat).....	77
6.5.2.5	Kaplama Maliyeti	77

6.5.2.6	Ortam Maliyeti.....	77
6.5.2.7	Bitkiler ve Dikim Maliyeti	78
6.5.2.8	Giriş ve Çıkış Yapılarının Maliyeti	78
6.5.2.9	Çeşitli Maliyetler	79
6.5.2.10	İnşaat Maliyetinin Özeti	79
6.5.2.11	İşletim ve Bakım Maliyeti	80
7	ATIKSU PLANLAMA ESASLARI	83
7.1	Giriş	83
7.1.1	Planlama Esasları.....	83
7.2	Mevcut Tesisler	84
7.3	Atıksu Toplama Sistemleri	85
7.4	Sazlıdere Havzası Köyleri (1. Bölge) Gezi Notları	86
7.4.1	Baklalı Köyü.....	86
7.4.2	Boyalık Köyü.....	87
7.4.3	Dursunköy.....	88
7.4.4	Sazlıbosna Köyü	89
8	ATIKSU ARITMA SİSTEMLERİNİN DEBİ-MALİYET MÜNASEBETLERİ. 91	
8.1	Mukayese Edilen Sistemlerin Maliyet Hesap Esasları	91
8.2	Atıksu Arıtma Tesisleri Maliyet Mukayeseleri	92
8.2.1	Debi-Toplam Proje Maliyeti (İnşaat) Münasebetleri.....	92
8.2.2	Toplam İşletme ve Bakım Maliyeti Münasebetleri	93
8.3	Debi-Maliyet Münasebetlerinin Genel Değerlendirmesi.....	94
9	MALİYET ANALİZLERİ.....	100
9.1	Maliyet Tahmini Esasları.....	100
9.2	Maliyet Mukayese Hesapları	100
9.2.1	Atıksu Toplama Maliyetleri.....	102
10.	SONUÇLAR ÖNERİLER.....	114
	KAYNAKLAR.....	120
	ÖZGEÇMİŞ.....	122
	EKLER	1
	Ek 1 Analiz Raporları	2
	Ek 2 Su Kalitesi Sınıfları	6
	Ek 3 Birim maliyetler	8
	Ek 3.1 Atıksu Kanalizasyon Sistemleri için Birim Maliyetler.....	8
	Ek 3.2 Yağmursuyu Kanalizasyon Sistemleri için Birim Maliyetler.....	12
	Ek 3.3 Terfi Merkezleri İçin Genel Maliyetler	14
	Ek 3.4 Atıksu Tasfiyesi için Genel Maliyet Analizleri	14
	Ek 3.5 Çamur Arıtımı ve Uzaklaştırılması Maliyetleri	15

SİMGE LİSTESİ

\$	Amerikan Doları
P	Fosfat
N	Azot
cm	santimetre
m	metre
Kw	kilowatt
lt	litre
sn	saniye
mg	miligram
m ³	metreküp
m ²	metrekare
Km	kilometre
sa	saat
ha	hektar
C ⁰	Santigrad derece
NH ₃	Amonyak
NH ₄ ⁺	Amonyum
NO ₂ ⁻¹	Nitrit
NO ₃ ⁻²	Nitrat

KISALTMA LİSTESİ

ABD	Amerika Birleşik Devletleri
İSKİ	İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi
WPCF	Su Kirliliği Kontrolü Federasyonu
EPA	Çevre Koruma Merkezi
DSİ	Devlet Su İşleri
SA	Sulak Alan
YA	Yüzeysel Akışlı Sulak Alanlar
YAA	Yüzey Altı Akışlı Sulak Alanlar
IMC	İstanbul Master Plan Konsorsiyumu
GOP	GaziOsmanPaşa
AAT	Atıksu Arıtma Tesis
SAT	Su Arıtma Tesis
FSMH	Fatih Sultan Mehmet Han
İBM	İşletme Bakım Maliyeti
İYM	İlk Yatırım Maliyeti
KDV	Katma Değer Vergisi
TM	Terfi Merkezi
AKM	Askıda Katı Madde
YAS	Yer altı Su Seviyesi
BOİ	Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı
KOİ	Kimyasal Oksijen İhtiyacı
ÇO	Çözünmüş Oksijen
GAC	Granüler Aktif Karbon
PM	Partiküler Madde
DAP	Diamonyum Fosfat
Topl N	Toplam Azot
Topl P	Toplam Fosfat
RBC	Döner Biyodiskler
% of SS	Katı AtıkYüzdesi
d/d	Devir / dakika
DAP	Diamonyumfosfat

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa No
Şekil 1.1 Mevcut ve planlanan su kaynakları ile arıtma tesisleri	3
Şekil 1.2 Sazlıdere baraj yeri	9
Şekil 2.1 Sazlıdere havzası alan ve sınırı	16
Şekil 2.2 Yerleşimlerin sazlıdere havzasındaki yerleri	17
Şekil 5.1 Gölün trofik seviyesi'nin derinlik ve bekleme süresi ile orantısı.....	49
Şekil 5.2 Trofik seviyesi'nin fosfor yükü ile değişiminin yüzde (%) olarak oranı	49
Şekil 6.1 Doğal sulak alanlar, yüzeysel akış(YA) sulak alanları(yapay) ve yüzey altı akışlı (YAA) sulak alanlar (yapay).....	70
Şekil 8.1 Stabilizasyon havuzlu atıksu arıtma tesisi akım şeması.....	92
Şekil 8.2 Arazide arıtma sistemleri akım şemaları	92
Şekil 8.3 Düşük hızlı infiltrasyon yoluyla arazide arıtma için debi – toplam proje maliyeti grafiği.....	93
Şekil 8.4 Düşük Hızlı infiltrasyon yoluyla arazide arıtma için debi – toplam işletme ve bakım maliyeti grafiği.....	94
Şekil 9.1 Dursunköy, Baklalı ve Boyalık Köyleri Seçilen Atıksularının Uzaklaştırma Alternatifi	107
Şekil 9.2 Sazlıbosna Köyü (seçilen ve planlanan) Atıksu Uzaklaştırma Alternatifleri.....	110
Şekil 9.3 Alibeyköy ve Sazlıdere Havzaları (2. Bölge) K.Çekmece AAT'ye iletilmesi (Tünelle).....	112
Şekil E.3.1 Tali atıksu kanallarının temin ve inşaat birim fiyatları	9
Şekil E 3.2 Kollektörlerin temin ve inşaat birim fiyatları (kaplamasız alanlar)	10
Şekil E.3.3 Tünellerin inşaat birim maliyetleri	11
Şekil E.3.4 Atıksu basınçlı boru hatları temin ve inşaat birim maliyetleri	12

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa No

Çizelge 1.1 1971 Yılı Master Planında öngörülen su kaynaklarının durumu	4
Çizelge 1.2 Mevcut ve planlanan ham su kaynakları (Avrupa Yakası)	5
Çizelge 1.3 Sazlıdere Barajı Karakteristik Değerleri	8
Çizelge 1.4 Sazlıdere'nin Su Kalitesi *	10
Çizelge 1.5 Mevcut ve Gelecekteki Ham Su Kaynakları	14
Çizelge 2.1 Havzada kullanılan yıllara ait kömür tüketimi (ton/yıl).....	20
Çizelge 2.2 Havza içindeki köylerde zirai ilaç ve sun'ı gübre kullanımı (kg) (GOP ilçe tarım müd.)	21
Çizelge 2.3 Havzadaki Yerleşimlerde Toplam Su Kullanım Miktarı	23
Çizelge 2.4 Yerleşimlerin Atıksu Bertaraf Yöntemleri ve Taşıma Noktaları	24
Çizelge 2.5 Sazlıdere barajı işletme çalışması icmalı.....	26
Çizelge 3.1 Sazlıdere havzası mevcut arazi dağılımı (ha).....	29
Çizelge 3.2 Havza içindeki yerleşimlerin nüfusları.....	31
Çizelge 3.3 Sazlıdere havzalarında 2000 yılına ait nüfus dağılımı	31
Çizelge 3.4 Sazlıdere havzasında İSKİ havzalar yönetmeliğine göre nüfus dağılımı ⁽³⁾	31
Çizelge 3.5 Belde belediyelerinin hazırlattığı imar planlarına göre nihai nüfusları ve 2000 yılı nüfusları.....	32
Çizelge 3.6 Havza içindeki yerleşimlerin nüfus projeksiyonları.....	33
Çizelge 3.7 : Sazlıdere havzalarında bulunan sanayilerden alınan numune analiz sonuçları.....	34
Çizelge 4.1 İstanbul için atıksu özellikleri tasarım değerleri	36
Çizelge 4.2 Proje çalışmalarında kullanılmak üzere tavsiye edilen atıksu özellikleri.....	37
Çizelge 4.3 Sazlıdere havzasında nüfusa bağlı evsel atıksu yükleri (kg/gün).....	37
Çizelge 4.4 Sazlıdere havzasında ki köylerin evsel atıksu yükleri (kg/gün).....	37
Çizelge 4.5 Endüstriyel atık yükleri (kg / gün)	38
Çizelge 4.6 Pestisitlerin toprakta kalıcılık durumları (Öztürk, 1990)	39
Çizelge 4.7. Türkiye genelinde ve İstanbul ilinde ortalama birim alan başına düşen pestisit kullanımları (kg-lt/ha).....	40
Çizelge 4.8 Sazlıdere havzasında toksikolojik sınıflandırmaya göre kullanım miktarları bazında pestisit dağılımları	41
Çizelge 4.9 Yerleşim Alanları Dışında Kalan Alanlarda Birim Kirletici Yükler (İSKİ,1993)	42
Çizelge 4.10 Yerleşim Alanları Dışında Kalan Alanlardan Kaynaklanan Kirletici Yükler	42
Çizelge 4.11 Yerleşim alanları yağış sularının kirlilik yükleri.....	43
Çizelge 4.12 Sazlıdere havzasında tüm kaynaklardan oluşan kirletici yükler ve toplamı	44
Çizelge 4.13 Sazlıdere havzasında sadece köylerden ve diğer tüm yayılı kaynaklardan kaynaklardan oluşan kirletici yükler ve toplamı.....	44
Çizelge 5.1 Baraj birim alanına gelen yük ile yükseklik ve bekleme süresinin hesaplanması.	48
Çizelge 5.2 Senaryo I için Ötrifikasyon kontrolü.....	54
Çizelge 5.3 Senaryo II için Ötrifikasyon kontrolü	55
Çizelge 6.1 3786 m ³ /gün arıtma kapasitesine sahip, klasik aktif çamur arıtma sistemiyle bir fakültatif lagün ve bir yapay sulak alanla birleştirilen doğal arıtma sisteminin karşılaştırılması	64
Çizelge 6.2 Doğal Atıksu Arıtım Teknolojilerinin Karşılaştırılması	66
Çizelge 6.3 Kuzey Amerika Sulak Alan Sistemlerine ait İşletme Performansları	72
Çizelge 6.4 4645 m ² Alanda Kurulan Serbest Yüzeyle ve Ekimli Alt Akışlı Sulak Alanlar için Maliyet Karşılaştırması	74
Çizelge 6.5 1997 Çalışmaları Araştırma Ziyaretlerini İçeren Sulak Alanlara Ait Teknik ve Maliyet Dataları	74
Çizelge 6.6. Carville Yıllık İşletme&Bakım Masrafları, LA (570 m ³ /gün).....	82

Çizelge 6.7 İnşa Edilen Sulak Alanlar için Yıllık İşletme Bakım Masrafları	82
Çizelge 8.1 Ham atıksu karakteristikleri	91
Çizelge 8.2 Evsel atıksuların arıtma maliyetlerini ve arazi ihtiyaçlarını hesaplamak üzere geliştirilen parametrik denklemler	95
Çizelge 9.1 Hızlı infiltrasyon yoluyla arazide arıtma yöntemlerinin mukayeseli karşılaştırması	101
Çizelge 9.2 Düşük hızlı infiltrasyon yoluyla arazide arıtma yöntemlerinin mukayeseli karşılaştırması :	101
Çizelge 9.3 Hızlı infiltrasyon yoluyla arazide arıtma yöntemlerinin işletme&bakım maliyetlerinin mukayeseli karşılaştırması :	101
Çizelge 9.4 Düşük hızlı infiltrasyon yoluyla arazide arıtma yöntemlerinin işletme&bakım maliyetlerinin mukayeseli karşılaştırması :	101
Çizelge 9.5 Sazlıdere havzası kuzey ve batısındaki köylerden kaynaklanan atıksuların toplanması şimdiki değer maliyeti	102
Çizelge 9.6 -a Dursunköy, Baklalı ve Boyalık Köylerinin atıksularının toplanması ve arıtılması maliyetleri (Alt I-a)	104
Çizelge 9.6-b Dursunköy, Baklalı ve Boyalık Köylerinin atıksularının toplanması ve arıtılması maliyetleri (Alt I-b).....	104
Çizelge 9.7 Dursunköy, Baklalı ve Boyalık Köylerinin atıksularının toplanması ve arıtılması maliyetleri (Alt II).....	105
Çizelge 9.8 Dursunköy, Baklalı ve Boyalık Köylerinin atıksularının toplanması ve arıtılması maliyetleri (Alt III)	106
Çizelge 9.9-a Sazlıbosna köyünün atıksularının toplanması ve arıtılması maliyetleri (Proses: Tam Karışımli Aktif Çamur Yöntemi).....	108
Çizelge 9.9-b Sazlıbosna Köyünün Atıksularının Toplanması ve Arıtılması Maliyetleri (Proses: Biyodisk).....	109
Çizelge 9.10 Sazlıbosna köyünün atıksularının toplanması ve haraçcı kanalizasyon hattı' na iletilmesi maliyeti (Terfi ile).....	109
Çizelge 9.11 Atıksuları topluca uzaklaştırılabilen yerleşimlerin 2000 yılı nüfusları	111
Çizelge 9.12 Sazlıdere Havzasında Toplanan 1. bölge Atıksularının, K. çekmece (kuzey) Arıtma Tesisine bir Tünel Vasıtası ile İletilmesi Maliyeti.....	113
Çizelge E.2.1 Karasal Su Kaynakları İçin Su Kalitesi Sınıfları.....	6
Çizelge E.2.2 Yüzeysel Su Kaynakları İçin Su Kalitesi Kriterleri	7
Çizelge E.3.1 Tali atıksu kanallarının temin ve inşaat birim fiyatları	9
Çizelge E 3.2 Kollektörlerin temin ve inşaat birim fiyatları (kaplamasız alanlar)	10
Çizelge E.3.3 Tünellerin inşaat birim maliyetleri	11
Çizelge E.3.4 Atıksu basınçlı boru hatları temini ve inşaatı için tahmini birim maliyetleri....	12
Çizelge E.3.5 Tali yağmursuyu sistemleri birim maliyetleri	13
Çizelge E.3.6 Büyük çaplı betonarme yağmursuyu drenaj borularının İnşaat Birim Maliyetleri	13
Çizelge E.3.7 İleri arıtma tesisinin maliyet hesap esasları.....	15

FOTOĞRAF LİSTESİ

Sayfa No

Fotoğraf 7.1 Baklalı Köyü Dere Mansap Noktası	87
Fotoğraf 7.2 Boyalık Köyü Mansap Noktası.....	88
Fotoğraf 7.3 Dursunköy Deresi (menfez sonrası görünüş)	89
Fotoğraf 7.4 Sazlıbosna'dan Sazlıdere Baraj Gölü Görünüşü.....	90

ÖNSÖZ

İstanbul'un gelecekteki içmesuyu ihtiyacının karşılanması gayesiyle kaynakların geliştirilmesi ve bu su kaynaklarının korunması büyük önem taşımaktadır. Bu anlamda Sazlıdere Havzası İstanbul' un kentsel sınırları dışında kalan kırsal bölge olmasına rağmen bu bölgedeki hızlı nüfus artışı ve bu nüfusun bölgedeki su kaynakları için oluşturduğu tehlikede göz önüne alınarak, atıksuların toplanması ve arıtımı ile ilgili münferit çözümler yanında özel çözüm yöntemleri de araştırılmalıdır. Aksi takdirde İkitellide ki Fatih Sultan Mehmet Han Su Arıtma Tesisi ne kaynak sağlayacak olan Sazlıdere Rezervuarı ham su kalitesi bozulacaktır.

Çalışmaların yürütülmesi esnasındaki katkıları ve desteği için hocam Yrd. Doç. Dr. Gürdal KANAT' a, sulak alanlarla ilgili maliyetlerin hesaplanmasında yardımlarını esirgemeyen Prof. Dr. Lütfi Akça'ya, Vollenweider modeli ve su kalite çalışmalarında kullanılmak üzere bilgi ve çalışmaları ile Prof. Dr. Ethem Gönenç' e ve diğer hocalarıma teşekkür ederim.

Tezin biçimlendirmesi yanında bilgi ve dökümantasyonların tez içerisinde kullanılabilecek forma getirilmesinde büyük emeği geçen ve fedakarca çalışan kıymetli arkadaşım Çetin Yılmaz'a teşekkürü borç bilirim.

Çalışmada kullanılan havza bilgileri ve maliyet verilerinin temininde yardımcı olan belde belediyeleri ile Polat Yol Yapı ve İSKİ yetkililerine teşekkür ederim.

Tüm okul hayatım boyunca maddi ve manevi desteklerinden ötürü aileme, tez çalışmaları sırasında vermiş olduğu desteklerden dolayı eşime, çalışmalarımızda tecrübe ve bilgisiyle desteklerini esirgemeyen Prof. M. Nevzat Kor hocama ve çalışmada katkısı bulunan tüm arkadaşlarıma içten teşekkürlerimi sunarım.

ÖZET

İstanbul'da bilhassa Avrupa yakasındaki büyük su talebini karşılamak üzere Istrancalar'daki 7 dere ile Sazlıdere Barajı 1995-1998 yılları arasında tamamlanmıştır. Istrancalar'daki 7 dereden getirilen yıllık 235 milyon m³ suya, Sazlıdere Barajı'ndan temin edilecek 55 milyon m³ ilave edilince toplam 290 milyon m³ miktarına ulaşılmaktadır. Sazlıdere Barajı hamsuyu Fatih Sultan Mehmet Han İçmesuyu Tasfiye Tesisinde arıtılacak ve buradan şebekeye verilecektir. Bu tesisten İstanbul'un K. Çekmece, Bağcılar, Bahçelievler, Bakırköy, Güngören, Esenler, Gaziosmanpaşa, Bayrampaşa, Eyüp'de yaşayan milyonlarca vatandaş istifade edecektir.

Bu çalışmada Sazlıdere havzasının mevcut su kalitesi elde ki bilgilerle belirlenmeye çalışılmıştır. Sazlıdere Rezervuarı su kalitesi verileri parametrelerin çoğunun konsantrasyonları bakımından iç sular için belirlenen I. ve II. Sınıf kriterleri ancak sağlayabilmektedir. Sazlıdere Gölü'nü besleyen derelerde ise su kalitesi III ve IV. Sınıfa yöneldiği görülmektedir. Barajın ve derelerin su kalitesinin bozulmasının en büyük nedeni civardaki yerleşimlerden gelen evsel atık sulardır.

Bu çalışmada öncelikli olarak Sazlıdere Rezervuarında kirliliğe neden olan noktasal ve yayılı kaynaklar belirlenmeye çalışılmıştır. Bu amaçla, yerinde yapılan etüd ve incelemelerle birlikte literatürden de faydalanılmıştır. Evsel kirlletici kaynaklar arazi kullanımı ve nüfus projeksiyonu dikkate alınarak doğru bir şekilde tespit edilebilmiş, tarım ve orman alanlarından gelen kirlletici yükler için ise literatürden de faydalanılmıştır. Havzada bulunan endüstriler için ise su kalite verilerinden baraja gelecek atıksu yükü tespit edilmeye çalışılmıştır.

Bir sonra ki adımda ise Sazlıdere rezervuarının trofik durumunun değerlendirilmesi sonucu ötrofikasyon tehlikesi belirlendiğinden hesaplanan fosfor yükleri çeşitli senaryolar ışığında ötrofikasyon kontrolü için model kullanarak hesaplanmış ve bu yükün (ötrofikasyonu önleyecek şekilde) ne oranda azaltılması gerektiği belirlenmiştir.

Sağlıklı bir değerlendirme yapmak için kırsal yerleşimler ile ilgili bir literatür taraması yapılmış ve bu çalışmalar kırsal yerleşimler için öneriler başlığı altında özetlenmiştir. Önerilen altyapı çalışmaları ve sıralanan arıtma proses seçenekleri ile birlikte tavsiye edilen prosesler belirlenmiştir. Konuyla ilgili olarak sulak alanlarla ilgili yurtdışında yapılan çalışmalardan örnekler verilmiştir. Özetlenen bu çalışmalarda atıksu arıtma tesisi seçiminde etkili ekonomik ve çevresel faktörlerin yanında küçük yerleşimlerde seçilen düşük maliyetli atıksu arıtma tesisleri ve atıksu yönetim sistemlerine değinilmiştir.

Yukarıda sayılan arıtma yöntemlerinin uygulanabilirliğini görmek için Sazlıdere havzasında bulunan köylere gezi yapılarak, arıtma için gerekli alan özellikleri ve kanalizasyon sistemleri yerinde incelenmiş ve fizibilite çalışması yapılmıştır. Atıksularının bir arada toplanarak veya münferiden arıtılma optimizasyon çalışmaları yapılmış, çıkan sonuçlara göre en ekonomik arıtma yöntemleri belirlenmeye çalışılmıştır. Münferiden arıtma yöntemleri içerisinde arazide arıtma yöntemlerine ait yurtdışı maliyetler, yurtiçi maliyetlerle kıyaslanmıştır. Ayrıca diğer arıtma yöntemleri ile kıyaslama yapabilmek için Türkiye şartlarını yansıtan, inşa edilmiş atıksu arıtma tesislerinin debi-maliyet münasebetleri Tuna (1995) doktora çalışmasından alınarak özetlenmiştir.

Son bölümde bölgedeki atıksuların uzaklaştırılmasında söz konusu alternatifler için çözümlerin ekonomik açıdan uygunlukları incelenmiştir. Coğrafik durum, atıksu toplama ve arıtma sistemlerinin merkezi veya münferit çözümler gerektirmeleri yönünden, Sazlıdere Havzalarındaki yerleşimler iki kısımda incelenmiştir. Havzada nüfusun büyük yoğunluğunun

yaşadığı Arnavutköy, Taşoluk ve Haraççı beldelerinin atıksularının havza dışarısına çıkarılacağı düşünülerek bir maliyet optimizasyonu yapılmamış, atıksu uzaklaştırma maliyetleri önceki çalışmalarda ki şekliyle özetlenmiştir. Sazlıdere Havzasının kuzeyinde bulunan köylerin çevresel ve maliyet yönünden detaylı atıksu uzaklaştırma optimizasyon çalışmaları yapılmış, en uygun ve ekonomik arıtma sistemleri belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Sazlıdere Havzası Su Kalitesi, Kirletici Kaynaklar ve Yükleri, Ötrifikasyon Kontrolü için Model Kullanımı, Arazide Arıtma Yöntemleri, Sulak Alanlar, Atıksu Arıtma Maliyet Optimizasyonu.

ABSTRACT

Seven streams in Istrancalar and Sazlıdere dam were completed between 1995-1998 to meet the water need in Istanbul, especially in the European part of Istanbul. Supplied from Sazlıdere Dam 55 million m³ per year will be added to seven creeks carrying 235 million m³ water per year that comes from Istrancalar, therefor total amount of water will reach 290 million m³ per year. Raw water of Sazlıdere dam will be treated in Fatih Sultan Mehmet Han drinking water treatment plant, and will be sent to network. Millions of citizens living in K.Çekmece, Bağcılar, Bahçelievler, Bakırköy, Güngören, Esenler, Gaziosmanpaşa, Bayrampaşa, Eyüp, in Istanbul, will take advantage of this facility.

In this study, available water quality of Sazlıdere water basin is tried to be determined with available data. Parameters of water quality data in Sazlıdere Reservoir can only provide most of the first and the second class criterias for inland waters in terms of concentration. It can be seen that water quality in the streams feeding Sazlıdere Lake are heading for third and fourth class criterias. The main reasons of deterioration of water quality is the wastewater coming from houses in the area.

In this study, firstly the point and diffuse sources causing pollution in Sazlıdere Reservoir are tried to be determined. For this reason, in-situ etüd and studies are utilized as well as literature. Pollutation sources caused by settlements is correctly determined only by taking account into land use and population projections. However, literature survey was carried out to determine pollutation loads from agricultural and forest areas. For industries locating in the basin, wastewater loads leading to the dam is tried to be determined by the water quality data.

In the next step, because a danger of eutrophication was determined as a result of the evaluation of Sazlıdere Reservoir's trophic condition, calculated phosphorus loads are recalculated in view of various scenarios and in what proportion these loads have to be reduced (to prevent eutrophication)

Through literature survey was made about rural areas to make a stable evaluation and these progresses were summarized under the guideline of ' suggestions for rural areas'. Suggested processes are determined with the suggested infrastructure processes and mentioned treatment process choices. Related to the subject, examples of wetland studies in the foreign countries are given. Besides economical and environmental factors that are effective to choose wastewater treatment plants summerized in these studies, low cost treatments chosen in rural areas and wastewater management systems are also mentioned.

In order to see the feasebilitiy of treatment methods mentioned above, land properties necessary for treatment and sewer systems were studied in-situ and feasibility studies were made by visiting the villages in Sazlıdere basin. The optimization studies made for together or separate wastewater treatment, according to the results the most cost-effective treatment methods are determined. In the subject of separate treatment, the cost in the foreign countries and in the inland are compared. Also, in order to be able to compare with the other treatment methods, built wastewater treatment plant's flow-cost relations reflecting Turkey's condition on this subject were summarized by taking some data from Tuna PhD studies.

In the last part, the economical suitability of the concerning alternatives for transferring the wastewater are examined. Settlements in Sazlıdere basin were examined in two parts, because of geographical location, wastewater collection, and the need of central or separate treatment. In Arnavutköy, Taşoluk and Haraççı where large part of the population lives, no

cost optimization is made by assuming that wastewater would be driven away from the basin and cost of driving the wastewater away were summarized as in the previous studies. Detailed optimization estimations were made for villages located in the North of Sazlıdere, about environmentally friendly wastewater collection systems, best treatment technology and cost efficiency for treatment alternatives.

Key Words: Sazlıdere basin water quality , pollution sources and loads, use of models for the control of eutrophication, land treatment methods, wetlands, cost optimizations of wastewater treatment

1. İSTANBUL' UN SU İHTİYACINDA SAZLIDERE REZERVUARININ ÖNEMİ

1.1 Genel Bilgi :

İstanbul'un gelecekteki içmesuyu ihtiyacının karşılanması gayesiyle kaynaklarının geliştirilmesi ve ihtiyaç olan yerlere iletilmesi büyük önem taşımaktadır.

İstanbul için son derece önemli olan içmesuyu ihtiyaç açığını kapatmak için planlanan ve yürütülen Terkos-Sazlıdere-İkitelli Proje paketinde yer alan Fatih Sultan Mehmed Han İçmesuyu Tasfiye Tesisi tamamlanmış olup, bu projede yer alan içmesuyu isale hatları ve ana dağıtım sistemi inşaatları halihazırda devam etmektedir.

1994 yılına kadar Avrupa yakası içmesuyu ihtiyacı Terkos Gölü, Büyükçekmece Barajı ve Alibeyköy Barajı'ndan karşılanmakta idi. Bu barajlardan temin edilen yıllık toplam su miktarı 248 milyon m³/yıl idi.

İstanbul'da bilhassa Avrupa yakasındaki büyük su talebini karşılamak üzere Istrancalar'daki 7 dere ile Sazlıdere Barajı 1995-1998 yılları arasında tamamlanmıştır. Istrancalar'daki 7 dereden getirilen yıllık 235 milyon m³ suya, Sazlıdere Barajı'ndan temin edilecek 55 milyon m³ ilave edilince toplam 290 milyon m³ miktarına ulaşılmaktadır ki, Terkos Gölü'nün 1883 yılında devreye alındığı dikkate alınırsa Avrupa yakasında yaşayan İstanbullular için son 4 yılda temin edilen su miktarı, 100 yılda temin edilenden fazla olmuş, böylece 1998 yılı sonu itibariyle İstanbul'un Avrupa yakasındaki su kaynaklarının toplam yıllık verimi 538 milyon m³'e yükseltilmiştir.

Büyükçekmece Barajı ham suyu Büyükçekmece Tasfiye Tesisi'nde, Alibeyköy Barajı ham suyu ve Terkos Gölü ham suyu Kağıthane Tasfiye Tesisi'nde arıtılıp şebekeye verilmektedir. Sazlıdere Barajı ve Terkos Gölü'nün bir kısım hamsuyu artık İkitelli'de inşaatı tamamlanan İkitelli Fatih Sultan Mehmet Han İçmesuyu Tasfiye Tesisi'nde arıtılacak ve buradan şebekeye verilecektir. Bu tesisten İstanbul'un K. Çekmece, Bağcılar, Bahçelievler, Bakırköy, Güngören, Esenler, Gaziosmanpaşa, Bayrampaşa, Eyüp'de yaşayan milyonlarca vatandaş istifade edecektir. Ayrıca İkitelli Sanayi Sitesi, İkitelli Toplu Konut Alanı, Halkalı Toplu Konutları ile yapılması planlanan Olimpiyat Köyü öncelikli olarak faydalanacaktır.

Sazlıdere gibi önemli ölçüde gelişmiş bulunan havzalarda halen zarar görmekte olan su kalitesinin daha da kötüye gitmesini önlemek için atıksu altyapısı acilen tamamlanmalıdır.

İstanbul'un su kaynaklarının kirlenmeye karşı korunabilmesi için Sazlıdere havzasında bulunan dağınık yerleşimlerin atıksularının toplanıp, havza dışına alınarak, Kuzey Küçükçekmece AAT'ne verilmelidir.

Böylece Sazlıdere barajı kirlenmeye karşı korunabilecektir. Bunlara ilaveten, barajları besleyen akarsuların göllere döküldüğü kesimlerdeki sulak alanlar kurulup, korunup geliştirilmek suretiyle etkili bir nutrient ve ağır metal kontrolü sağlanabilecektir. Bu çalışma kapsamında yapılan "kırsal yerleşimler için arıtma seçenekleri" ile ilgili literatür araştırmaların da sulak alanların yurtdışında oldukça yaygın bir kullanım alanı olduğu görülmüş ve raporda bu husus özellikle belirtilmiştir.

İkitelli Fatih Sultan Mehmed Han İçmesuyu Tasfiye Tesisi

İstanbul için son derece önemli olan içmesuyu ihtiyaç açığını kapatmak için planlanan ve yürütülen Terkos-Sazlıdere-İkitelli Proje paketinde yer alan Fatih Sultan Mehmed Han İçmesuyu Tasfiye Tesisi tamamlanmış olup, bu projede yer alan içmesuyu isale hatları ve ana dağıtım sistemi inşaatları halihazırda devam etmektedir.

Sazlıdere Barajı ve Terkos Gölü'nün bir kısım hamsuyu İkitelli'de inşaatı tamamlanan 20 Aralık 1998'de hizmete giren İkitelli Fatih Sultan Mehmet Han İçmesuyu Tasfiye Tesisi'nde arıtılacak ve buradan şebekeye verilecektir. Tesisin ortalama debisi 400.000 m³/gün, azami debisi de 420.000 m³/gün'dür. Ham su Terkos Gölü'nden 2200 mm'lik ve Sazlıdere Barajı'ndan 1400-1600 mm'lik çelik borularla gelmektedir.

1.2 Sazlıdere Rezervuarı - Sazlıdere Barajı

1.2.1 Mevcut Su Kaynakları içerisinde Sazlıdere Barajı

İstanbul'da onbir adet su kaynağı belirlenmiş ve bu önerilerin mevcut durumu Çizelge 1.1'de özetlenmiştir. Planlanan bu projelerin yerleri yakın gelecekte geliştirilmesi planlanan ilave kaynaklarla birlikte Şekil 1.1'de gösterilmiştir.

Şekil 1.1 Mevcut ve planlanan su kaynakları ile arıtma tesisleri

Çizelge 1.1 1971 Yılı Master Planında öngörülen su kaynaklarının durumu

Kaynak	Öngörülen Verim ⁽¹⁾ (milyon m ³ /yıl)	Durumu	Emniyetli Verim ⁽²⁾ (milyon m ³ /yıl)
Terkos Gölü	120	1971’de tamamlandı	142
Alibeyköy Barajı	39	1983’de tamamlandı	36
Ömerli Barajı	180	1972’de tamamlandı	220
Küçükçekmece Gölü	56	Su kalitesi kontrol edilerek Kullanılacaktır.	30
Sazlıdere Barajı	46	1998’de tamamlandı	55
Tavşanlı Barajı	22	Planlamada öngörülmüştür, ancak Master Plan’da kaynak olarak önerilmemektedir.	-
Büyükçekmece Barajı	101	1989’da tamamlandı	70
Darlık Barajı	60	1988’de tamamlandı	97
İsaköy Barajı	160	Muhtemel su kaçağı riski yüzünden durduruldu.	-
Pendik Rezervuarı	13	Planlamada öngörülmüştür, ancak, Master Planda kaynak olarak önerilmemektedir.	-
Sungurlu Rezervuarı	81	İsaköy ile Sungurlu derelerinin birleştiği yerde Yeşilçay Barajı düşünülmektedir. Ancak, Master Plan çalışmasında regülatör olarak önerilmiştir.	116

Halen su temini amacıyla kullanılan yedi adet baraj vardır:

Avrupa Yakası:	Alibeyköy Barajı
	Terkos Gölü
	Büyükçekmece Barajı
	Sazlıdere Barajı
Asya Yakası:	Ömerli Barajı
	Elmalı Barajı
	Darlık Barajı

Ayrıca, Avrupa yakasında Istranca Sistemi şimdi Terkos Gölü’ne ham su temin etmektedir;

(1) 1971 İSKİ Master Planında öngörülen

(2) Sonradan yapılan Master Plan Çalışmaları ile düzeltilen

Asya yakasında ise, ilerideki bir tarihte Kirazdere'den (Yuvacık Barajı) alınacak su da kullanılabilir.

Çizelge 1.2'de, İstanbul'un Avrupa yakasındaki mevcut ve planlanan hamsu kaynakları gösterilmektedir. Toplam güvenilir su verimi 614 milyon m³/yıl olan bu kaynaklar, maksimum 2 032 000 m³/gün' lük artırılmış su temin edebilecektir. Büyükçekmece ve Kağıthane'deki mevcut arıtma tesisleri, devam eden ve planlanan arıtma tesisleri ile birlikte toplam mevcut hamsu kaynaklarından tam olarak faydalanılacak, bu nedenle, Avrupa yakasında bu Master Plan'da öngörülenin dışında ilave arıtma kapasitesi sağlama imkanı olmayacaktır.

Çeşitli iletim sistemlerinin kapasiteleri su temin sistemi optimizasyonlarının bir parçası olarak, seçilen her bir arıtma tesisi kapasitesine bağlı olacaktır. İstanbul'un Avrupa yakasındaki mevcut ve planlanan hamsu kaynakları gelecekteki ihtiyacı karşılamak için yeterli kapasiteye sahip olmayacağından, Büyük Melen Sisteminin 1. Etapı kapsamında inşa edilecek tünel ve Kadıköy-Eminönü arasında halen mevcut olan ikiz boru hattı vasıtasıyla Boğaz'ın karşı yakasından artırılmış su transferi yapılması gerekecektir. Boğaz'ı kesen mevcut boru hattının maksimum kapasitesi 250 000 m³/gün olup, kullanılmaya devam edilecektir. Önerilen tünelin maksimum kapasitesi takriben 2 800 000 m³/gün olacak, tünelin, 2032 yılında 1 295 000 m³/gün'lük su transferi yapması gerekecektir.

Çizelge 1.2 Mevcut ve planlanan ham su kaynakları (Avrupa Yakası)

Kaynak	Tamamlanma Tarihi	Güvenli Su Verimi⁽¹⁾ (milyon m³/yıl)	Maks. Arıtılmış Su (milyon m³/gün)
Terkos Gölü	Mevcut	142.0	470 000
Alibeyköy Rezervuarı	Mevcut	36.0	119 000
Büyükçekmece Gölü	Mevcut	70.0	232 000
Istranca I. Etap	Mevcut	4.0	113 000
Istranca II. Etap	2000	46.9	487 000
Istranca III. Etap	2003	2.3	173 000
Istranca IV. Etap	2004	7.5	157 000
Küçükçekmece Transferi	2003	0.0	99 000
Sazlıdere Rezervuarı	1998	5.0	182 000
Toplam		613.7	2 032 000

⁽¹⁾ İSKİ'nin istediği planlama değerlerinin esas alındığı güvenli verimlerdir. Istranca değerleri İSKİ'nin tavsyesine göre 1.3'e bölünen ortalama yıllık giriş akımlarıdır.

1.2.2 Sazlıdere Rezervuarı:

Sazlıdere Rezervuarı - Sazlıdere Barajı 1998 yılında tamamlanmıştır. 47 m yükseklikte bir kaya dolgu barajdır ve başlangıçta İstanbul için bir kaynak olarak Küçükçekmece Gölü'nün kullanılmasına bir alternatif olarak önerilmiştir, kaynak 55 milyon m³/yıl emniyetli verim sağlayacaktır.

Halen İstanbul'a hizmet veren rezervuarlar arasında, Elmalı'nın verimi, civardaki su toplama havzalarındaki kirlilik yüzünden geçici olarak düşürülmüştür, fakat bu kaynağın gelecekte hizmet vermek üzere tamamen ıslah edilmesi beklenmektedir. Çizelge 1.1'de gösterildiği gibi, İstanbul'un batı yakasına hizmet vermesi düşünülen Küçükçekmece Rezervuarı, hızla yayılan kent ve sanayi gelişiminin yol açtığı su kalitesi bozulması sonucu, potansiyel bir kaynak olmaktan çıkmaktadır. Devam etmekte olan Sazlıdere projesi ile aynı su toplama havzası içinde daha fazla kaynak geliştirilmesi gerekmektedir.

Sazlıdere Barajı Sazlıdere Çayı üzerinde inşa edilmiştir. Barajın çevrilmesinden önce, su örnekleri su toplama havzası içindeki derelerden alınmıştır.

Bu ilk veriler esas alınarak, 1979-1989 yılları arasındaki dönemde, Sazlıdere'deki klor, toplam fosfor, amonyak ve KOİ konsantrasyonları nedeniyle derenin Sınıf IV özelliği gösterdiği belirlenmiştir. Koliform bakterisi de aynı dönem içinde Sınıf II özelliği göstermiştir. 1992 yılında Baklalıdere'deki KOİ konsantrasyonu da Sınıf IV özellikleri yansıtmaktadır. Ancak bu gözlemler çok sınırlı bilgilere dayanmakta olduğundan, bu sonuçlardan genel yorumlar çıkarmak pek mantıklı olmayacaktır.

Rapor ekinde verilen Atıksu Ruhsat Denetim Daire Başkanlığı'ndan 1999- 2000 dönemi için alınan Sazlıdere Baraj Gölü' ne dökülen dereler üzerinde ki kirletici konsantrasyon değerleri incelendiğinde

1. Baklalı, Boyalık ve Dursunköy yerleşimlerinin atıksularını toplayan derelerin toplam fosfor dışında ki parametreler açısından Sınıf I özelliği gösterdiği ancak toplam fosfor konsantrasyonu 0.2 mg/lit olduğu için bu parametre açısından Sınıf II-III özelliği gösterdiği belirlenmiştir.
2. Sazlıdere Havzasında kümeleşmiş şekilde bulunan yerleşimlerin atıksuyunu toplayan Türkköse deresinde ki kirletici konsantrasyonlar incelendiğinde klor, toplam fosfor, amonyak, KOİ ve BOİ konsantrasyonları nedeniyle derenin Sınıf III ile IV özelliği gösterdiği belirlenmiştir.

Bu analizler sonucu belirlenen kabul edilmeyecek derecedeki yüksek konsantrasyonların oluşma sebebi, civardaki su toplama havzalarındaki evsel atık sularıdır. Sazlıdere gelecekte bir su kaynağı olarak kullanılacağından, atıksu alt yapısına acilen öncelik verilmiştir.

Rezervuar şu anda aktif olarak hizmet vermektedir ve rezervuardaki ham su kalitesinin bugün düzenli bir numune alma ve test programı ile sürekli olarak izleniyor olması önemlidir.

1.2.3 Sazlıdere Barajı

Sazlıdere barajı TEM' in kuzeyinde, Sazlıdere üzerinde ve Küçükçekmece Gölü memba' ının yaklaşık 6 km uzağında kurulmuştur. Avrupa yakası ham su sistemi için oldukça önemli olan bu rezervuara yılda 55 milyon m³ su gelecektir. Rezervuar doğu-batı yönünde 20 km uzunluğa, kuzey-güney yönünde ise 9 km genişliğe sahip olacaktır. Sazlıdere Baraj Yeri Şekil 1.2 de gösterilmiştir.

Barajdaki ortalama su seviyesi +22.40 kotundadır. Taşkında maksimum su yüksekliği 25.03 m, barajın kret kotu +27.00 m, kret uzunluğu 420 m, temelden yüksekliği 47.0 m. olmaktadır. Normal işletme şartlarında rezervuardaki ortalama su seviyesi yaklaşık +14.63 m olacaktır. Dere yatağının ortalama kotu ise 4.00 m. olup, yatak genişliği ise 285.00 m. kadardır.

Sazlıdere vadisinde üç yerleşim bölgesi bulunmaktadır. Bunlardan Şamlar ve Dursunköy rezervuarın "mutlak" koruma bölgesi sınırları içinde yer aldığından, buralardaki (yalnızca mutlak koruma alanı içerisinde ki) yerleşimler kaldırılmıştır. Sazlıbosna ve Cemalbey tarım alanları da boşaltılmıştır. "Mutlak " koruma bölgesi sınırlarının dışında kalan Kayabaşı köyü ise, sıkı planlama kontrolü ile yerinde kalacaktır.

Sazlıdere vadisindeki arazi kullanımı daha çok tarımsal ağırlıklı olmuş ve çiftlik hayvanları yetiştirilmesinde kullanılmıştır. Sazlıdere Barajı inşaatı tamamlanmış ve barajda su tutulmuştur. Sazlıdere Baraj sahası Küçükçekmece Gölü'nün kuzeybatısına 6 km mesafede, Sazlıdere ile Vezirçayı derelerinin birleştiği kısmın 150 m aşağısındadır.

Baraj talveg'den 23 m, temelden ise 47 m yüksekliktedir ve kaya dolgu tipindedir. Sazlıdere Barajı ile İstanbul'a yılda 55 milyon m³/yıl ilave su temini sağlanması planlanmıştır. 165 km² drenaj alanına sahip barajda toplanan sular, İkitelli'de yapımı planlanan ve Istranca (Yıldız Dereleri)'lerden Terkos'a aktarılacak suyun önemli bir kısmının da artırılmasında kullanılacak olan Fatih Sultan Mehmet Han Su Arıtma Tesis'i'nde arıtılacaktır. Barajda Sazlıdere'den

hamsu aktarmak için bir terfi merkezi inşa edilmiştir. Pompa istasyonundan itibaren F.S.M girişine kadar inşaatı tamamlanmış Ø 1400 mm'lik 1345 m boyunda bir terfi hattı ile bunu takip eden Ø 1600 mm'lik 3708 m uzunluğunda bir cazibeli hat bulunmaktadır.

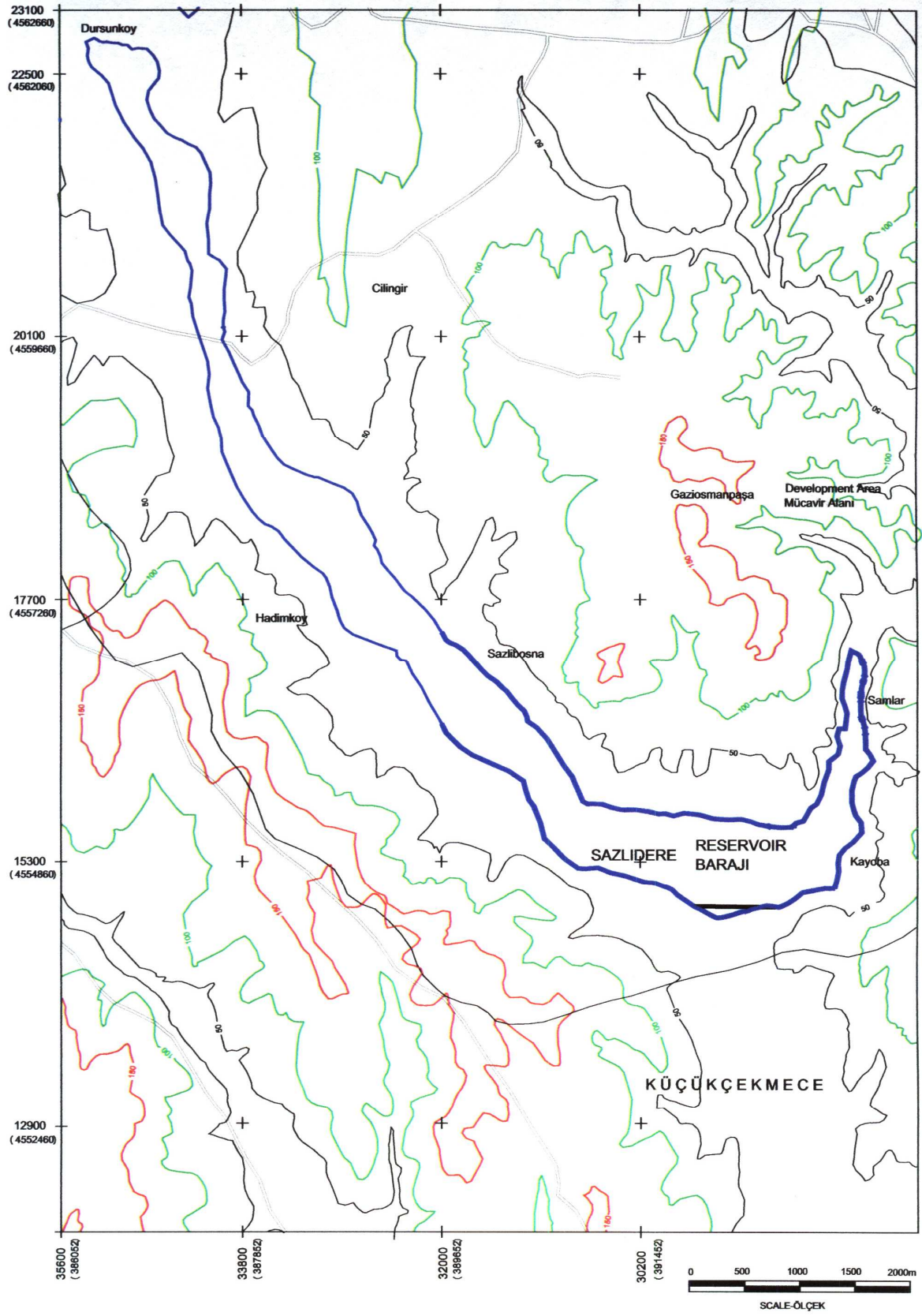
Baraj, Sazlıdere ile yan kollarından Vezirçayırı deresinin birleşim noktasından 150 m. kadar mansapta, Manastır tepe ile tam karşısındaki kireçtaşı burun arasında yer almaktadır. Sazlıdere barajı, tabanda mevcut 20 m. derinliğindeki alüvyonun kaldırılması suretiyle tabanda kireçtaşlarına oturan ortası kil çekirdekli, menba şevi 1/2, mansap şevi 1/1.9 olan zorlu kaya dolgu tipinde inşa edilmiş bulunmaktadır.

Su alma yapısı, derivasyon ve dolusavak tesisleri, sol sahildeki kireçtaşı yamaçta, 30 m. genişliğinde bir beton yapı inşa edilmiş ve böylece derivasyon tüneli yapılmasına gerek kalmamıştır. Dolu savak kapaksız olarak planlanarak inşa edilmiştir. Sazlıdere Barajına ait karakteristik değerler Çizelge 1.3 de gösterilmektedir.

Çizelge 1.3 Sazlıdere Barajı Karakteristik Değerleri*

Drenaj Alanı	165.00 km ²
Yıllık Ortalama Akım	53.26x10 ⁶ m ³
İçmesuyuna Alınan Yıllık Su	49.56x10 ⁶ m ³
Baraj Tipi	Zonlu kaya Dolgu
Baraj Toplam Dolgu Hacmi	1055449 m ³
Barajın Amacı	İçme suyu
Max. İşletme Kotu/Göl Hacmi	22.40 m/91.3x10 ⁶ m ³
Min. İşletme Kotu /Göl Hacmi	6.85 m/2.57x10 ⁶ m ³
Max ve Min. İşletme Kotu /Göl Alanı	0.4/4.3 Km ²
Baraj Aktif Hacmi	88.73x10 ⁶ m ³
Taşkında Max. Su Kotu	25.03 m
Baraj Kret Kotu	27.00 m
Talveg Kotu	4.00 m
Barajın Talvegden Yüksekliği	23.00 m
Barajın Temelden Yüksekliği	47.00 m
Derivasyon Galerisi Boyutlan	3.5mx3.5mx14.0 m
Derivasyon Giriş/Çıkış debisi	191.2/65.96 m ³ /sn
Dolusavak Tipi	Karşıdan akışlı, kapaksız
Dolusavak Giriş/Çıkış debisi	1107/169.37 m ³ /sn
Dolusavak Kret kotu/Genişliği	22.4/20.0 m
Su alma yapısı kondüvi	
Çapı/kotu:	1200mm/4.45 m.
Su alma kapasitesi	2.04 m ³ /sn

* Gönenç İ.E vd., (1996), Sazlıdere Havzası Sonuç Raporu, İTÜ, Cilt I, Bölüm I



Şekil 1.2 Sazlıdere baraj yeri

1.2.4 Sazlıdere Su kalitesi

1992 ve 1995-1998 yıllarına ait Sazlıdere su kalitesi verileri İSKİ' den temin edilmiş ve Çizelge 1.4' de gösterilmiştir. Melen Çayı'nda olduğu gibi, burada da parametrelerin çoğunun konsantrasyonları iç sular için belirlenen I. ve II. Sınıf kriterlerini sağlamaktadır. Bu parametrelere pH, renk, ÇO, NO₃-N, sülfat ve BOİ de dahildir. Ancak, suyun 1992'deki mikrobiyolojik durumu düşük kaliteli olup, II. Sınıfı aşmakta ve ancak III. Sınıf su kriterlerini sağlayabilmektedir. Daha sonra 1995'de su kalitesinde iyileşme gözlenmiş ve II.-I.Sınıf su kriterleri sağlanmıştır. Ancak, 1997 ve 1998'de bakır seviyeleri ve 1997'de ise kadmiyum seviyeleri III. Sınıfı aşmıştır.

Bundan dolayı Sazlıdere havzasındaki küçük yerleşim alanlarının atıksuları kollektör/kanal sistemiyle havza dışındaki kuzey Küçükçekmece AAT' ne iletilmesine öncelik verilmelidir. Böylece Sazlıdere Barajı'nın kirlenmeye karşı korunması sağlanmış olacaktır.

Sazlıdere Barajı Sazlıdere Çayı üzerinde inşa edilmiştir. Barajın çevrilmesinden önce, su örnekleri su toplama havzası içindeki derelerden alınmıştır.

Çizelge 1.4 Sazlıdere'nin Su Kalitesi *

Parametreler	1992 Ortalama	1995 Ortalama	1996 Ortalama	1997 Ortalama	1998 Ortalama
Q (m ³ /sn)			1.994		
tw (oC)	14.2				
Fiziksel					
pH	8.0	7.95	8.33	7.83	8.21
Bulanıklık (NTU)	35	11.6	15.6		
İletkenlik (µmho/cm)	471	441.8			
Renk (mg/l Pt/Co Ölçek)	35	38			
Kimyasal					
Toplam Sertlik (mg/l, CaCO ₃)	197	154	168		
M. Alkal (mg/l CaCO ₃)		132.6			
Bikarbonat (mg/l)		161.8			
Sülfat (mg/l)	21.1	42.2	54		
T. K.N. (mg/l)			2	2.47	4.88
Klorür (mg/l)	45.6	50.8	37		
Toplam Fosfor (mg/l)			0.10	0.50	0.10

* İMC İstanbul Master Plan Konsorsiyumu (1999), İSKİ Master Plan, Cilt6

Parametreler	1992 Ortalama	1995 Ortalama	1996 Ortalama	1997 Ortalama	1998 Ortalama
Nitrat (mg/l)		1.9	3.3		
Kalsiyum (mg/l)	72	48.96			
Sodyum (mg/l)	20.78				
Potasyum (mg/l)				0.02	
Magnezyum (mg/l)	7.3	7.68			
Toplam Demir (mg/l)	0.51	0.56			
Top. Org. Madde (mg/l)		6	4.8		
KOİ (mg/l)			25	27.50	15.40
BOİ (mg/l)	3.5		3	8.83	4.30
NH3-N (mg/l)	0.44				
NO2-N (mg/l)	0.067				
NO3-N (mg/l)	1.4				
Ortho. PO4 (mg/l)	0.3				
ÇO (mg/l)	10.5				
Pb (mg/l)			0.02	0.01	0.01
Cu (mg/l)			0.02	0.03	0.05
Zn (mg/l)			0.3	0.33	0.2
Mn (mg/l)			0.2	0.19	0.09
Cd (mg/l)				0.01	
Cr (mg/l)			0.02	0.02	0.02
Toplam CN (mg/l)			0	0	0
H2S (mg/l)			0.04	0.06	0.1
Fenol (mg/l)	4.49		0		
Bakteriyolojik					
Tot. Koli. Bakt. (EMS/100 ml)	14940	2484			
E. Koli (EMS/100 ml)	4140	0			

1.2.5 Hamsu İletim Sistemleri içerisinde Sazlıdere Rezervuarı

Büyükçekmece, Ömerli ve Elmalı'daki arıtma tesisleri kaynakları olan barajların hemen bitişiğinde olup, direkt olarak kısa giriş hatları üzerinden bu tesislere hamsu çekmektedirler. Diğer taraftan, Kağıthane Arıtma Tesisine, halen İstanbul'a hizmet veren en büyük hamsu iletim sistemi ile Istranca, Terkos ve Alibeyköy'den su verilmektedir. Ek olarak, İkitelli SAT Sazlıdere Rezervuarı'ndan beslenmektedir.

1800 mm çaplı çelik isale hattı, Istranca Projesi'nin 1. Etap'ından gelen hamsuyu Terkos Gölü'ne aktarmakta ve 2. Etap işlerinin bir parçası olarak aynı çapta genişletilmektedir.

Sazlıdere-İkitelli Sistemi - Ham su iletim sisteminin yapımı 1999 yılında tamamlanmıştır. Sazlıdere Rezervuarı'ndan İkitelli su arıtma tesislerine ham su pompalamaktadır ve proje iletim kapasitesi 200 000 m³/gün'dür.

Halen İSKİ, mevcut kaynaklardan günde yaklaşık 1.7 milyon m³ su çekmektedir. Bu miktarla ihtiyacı karşılaştırmak gerekirse, hamsu talebinin 2032 yılı sonuna kadar üç kat artarak, günde 5 milyon m³ seviyesini aşacağı tahmin edilmektedir. Tahmin edilen büyümenin yakından izlenebilmesi için gelecek yıllarda su kaynakları geliştirme altyapısına önemli bir yatırım yapılması gerekeceği açıktır.

İstanbul için Su ihtiyacının temin edilen miktardan fazla olması beklenmektedir. Aradaki bu eksikliği karşılayabilmek için, İSKİ ve DSİ bir kaç su kaynağı geliştirme projesini uygulamaya sokmuş durumdadır. İSKİ tarafından değerlendirilmekte olan diğer projelerle birlikte, halen devam etmekte olan bu projeler şunlardır:

- Istanca Projesi, 3. ve 4. Etap (İSKİ)
- Yeşilçay Projesi (DSİ)
- Büyük Melen Sistemi, 1. Etap (DSİ)
- Küçükçekmece-Sazlıdere Ham Su Transferi (İSKİ)
- İznik Gölü

Bu projelerin yerleri Şekil 2.1’de gösterilmektedir.

1.2.6 Küçükçekmece-Sazlıdere Ham Su Transferi

Küçükçekmece Gölü

Küçükçekmece Gölü 1971 yılında yapılan DAMOC çalışmalarında tanımlanan su kaynaklarından biridir. İstanbul' un 20 kilometre batısında olup, Sazlıdere Barajı havzası ile birlikte 340 km²'lik su toplama havzasına sahiptir. DAMOC çalışması, göl içinde debi regülasyonu yaptırıldıktan sonra yılda 55 milyon m³ güvenli su verimi alınacak şekilde Küçükçekmece' nin geliştirilmesini tavsiye etmiştir.

Kentsel alanların havza içindeki genişlemesi sonucu su kalitesindeki bozulmalar sebebiyle Küçükçekmece İstanbul' a su temin eden bir kaynak olmaktan çıkarılmıştır. Göl kenarındaki araziler yerleşime açılmış, Küçükçekmece Gölü' ndeki suyun kalitesini içme suyuna uygun bir seviyede tutmanın güç olduğuna karar verilmiştir. Son zamanlarda İSKİ tarafından(1998), gölden yılda 30 milyon m³'e yakın suyun Sazlıdere rezervuarına terfi ile alınması düşünülmektedir.

Küçükçekmece Gölü aslında bir lagün gölü olup, gölsuyu Marmara Denizi' ne yakın olması dolayısıyla hafif tuzludur. Klorür değerleri ortalama 4400 mg/l gibi yüksek seviyededir. Ayrıca, su, kurşun ve kadmiyum gibi ağır metaller bakımından kirli olup, yüksek miktarda koliform içermektedir. Su kalitesi göl kenarındaki şehirleşmiş bölgelerden gelen arıtılmamış atıksular ve gölün üst tarafındaki eski Halkalı katı atık toplama sahasından gelen sızıntı suları sebebiyle daha da bozulmuştur. Bu nedenle, İSKİ yaptığı planlama ile Sazlıdere rezervuarına aktarmayı düşünürken, bu problemlerin kendi kontrolü dışında meydana gelmesi önemli hale gelmiştir. Küçükçekmece'de merkezi olmayan arıtma (4 tesis) seçeneği Güney ve Kuzey Küçükçekmece ileri biyolojik arıtma sistemleri ile kollektör ve kanal şebekesi uygulamaya konduğu takdirde, gölün denizle irtibatı kesilerek su kalitesinin kademeli olarak III. ve II. Sınıfa yükseltilmesi mümkün görülmektedir.

Küçükçekmece gölü su kalitesi göle olan evsel ve sanayi atıksu deşarjları sebebiyle kirlenmiş durumda olmakla birlikte öngörülen atıksu toplama ve uzaklaştırma sistemlerinin hayata geçirilmesi ile göl su kalitesinin zamanla düzeleceği aşıkardır. Ancak bu düzelmenin hız ve miktarı bir su kalitesi izleme programı ile takip edilmelidir. Elde edilen sonuçlar değerlendirilerek içmesuyu kaynağına dönüştürülmesinin zamanına karar verilmelidir.

İstanbul'un Avrupa yakasında, Istanca'nın genişletilmesine ilave olarak, İSKİ, Küçükçekmece Gölü'nden Sazlıdere Barajı'na hamsu aktarmayı da planlamıştır. Bu kaynak kullanılmadan önce, göle giren kirleticileri kontrol etmek ve bilhassa ağır metallerin birikmesinin önlenmesi gerekmektedir. Planlama maksadıyla, İSKİ tarafından işletmeye alınacağı kabul edilen bu aktarma planı, uygulamada, ancak su kalitesi ile ilgili hususlar yeterince kontrol altına alındığında devreye alınmalıdır.

Küçükçekmece Gölü'nün üst tarafında bulunan Sazlıdere Barajının işletmeye alınması ile artık göle yıllık ortalama su girişinin 37 milyon m³/yıl kadar olacağı tahmin edilmektedir. İSKİ' nin projesinde, yılda 30 milyon m³ kadar hamsu transfer edilecektir. Mevcut ve planlanan su kaynaklarının bir özeti Çizelge 1.5'de verilmektedir.

Çizelge 1.5 Mevcut ve Gelecekteki Ham Su Kaynakları

Kaynak	Ortalama Giren Akım (milyon m ³ /yıl)	Rezervuar Hacmi (milyon m ³)	Emniyetli Su Verimi ⁽¹⁾ (milyon m ³ /yıl)
Avrupa Yakası :			
Terkos Gölü	162.7	145	142
Alibeyköy Barajı	67.4	35	36
Büyükçekmece Barajı	108.8	162	70 ⁽²⁾
Sazlıdere Barajı	49.2	61	55
Istranca 1. ve 2. Kademe	235.2	146	181 ⁽⁴⁾
Istranca 3. ve 4. Kademe	129.7	128	100 ⁽⁴⁾
Küçükçekmece Gölü	37.3	- ⁽³⁾	30
Avrupa Yakası Toplamı	790.3	>677	614
Asya Yakası :			
Elmalı Barajı	14.1	10	15
Ömerli Barajı	242.3	235	220
Darlık Barajı	96.4	107	97
Kirazdere Barajı	151.8	55	20
Yeşilçay Regülatörü	168.4	-	145
Ara Toplam	673.0	407	477
Büyük Melen	1373.5	639	1190
Asya Yakası Toplamı	2046.5	1046	1687

⁽¹⁾ Son hidrolojik verilere göre güncelleştirilen hesaba göre, giren akımların değeri bazı durumlarda daha önceki çalışmalarda hesaplanan emniyetli su verimi değerlerinden daha düşük olmaktadır.

⁽²⁾ 1988'de İSKİ tarafından tavsiye edilen azaltılmış emniyetli su verimleri

⁽³⁾ Detayları mevcut değildir.

⁽⁴⁾ Planlama amacıyla İSKİ tarafından tanımlanan giriş verilerinin esas alındığı ve mevsimsel değişimlerin hesaba katılması için 1.3 katsayısı ile çarpılan Istranca verileri (giriş verileri kaynağı: İSKİ Raporu No. 29, Mayıs 1997).

2. HAVZA HAKKINDA BİLGİLER

2.1 Alan Sınırı

Sazlıdere havzası İstanbul'un Avrupa yarımadasında, Durusu (Terkos) gölünün güneydoğusunda, Küçükçekmece Gölü'nün kuzeydoğusunda yer almaktadır. İdari yönden Sazlıdere Havzasının tümü İstanbul Büyükşehir Belediyesi'nin sınırları içerisindedir. Şekil 2.1'de havzanın alanı ve sınırları verilmiştir. Sazlıdere Havzası 16 876.98 ha genişliğindedir.

2.2 Havzadaki Yerleşimler

G.O.P Mücavir alanındaki Çilingir Köyü,Hacımaşlı Köyü, Tayakadın Köyü, ÇATALCA İLÇESİ dahilinde Dursunköy, Sazlıbosna, Baklalı, Boyalık köyleri, KÜÇÜKÇEKMECE İLÇE BELEDİYESİ Mücavir alanındaki Kayabaşı ve Şamlar köyleri; Müstakil Belde Belediyeleri olarak:

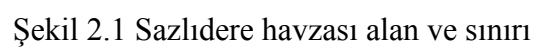
Arnavutköy,

Haraçcı,

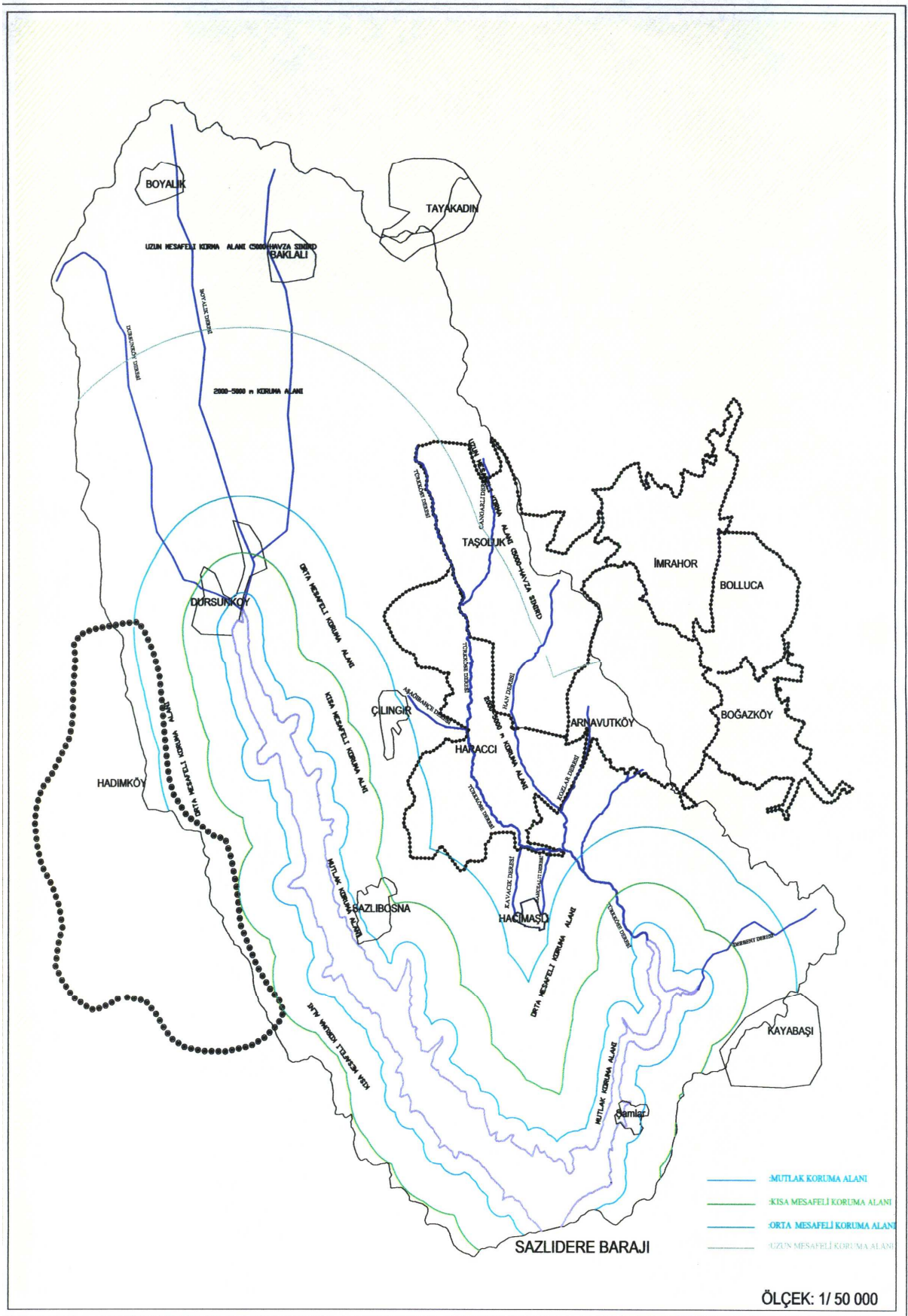
Taşoluk,

Hadımköy (sadece Sazlıdere havzasındaki mücavir alanları);

Bu yerleşimlerin havzadaki yerleri Şekil 2.2'de verilmiştir.



Şekil 2.1 Sazlıdere havzası alan ve sınırı



Şekil 2.2 Yerleşimlerin sazlidere havzasındaki yerleri

2.3 Coğrafi Durum

Sazlıdere havzası coğrafi bölge olarak Marmara Bölgesinde yer almaktadır. İstanbul'un Avrupa yarımadasında, Durusu (Terkos) gölünün güneydoğusunda, Küçükçekmece'nin kuzeydoğusunda bulunup rakımları (6-170) m arasında değişmektedir.

İdari yönden Sazlıdere Havzasının yarısı İstanbul Büyükşehir Belediyesi'nin sınırları içerisinde.

Sazlıdere Havzasının % 18'ini ormanlık alanlar teşkil etmektedir. Havzalarda tarım arazileri ve otlak olarak kullanılan meralar bulunmaktadır. Bu alanlar ise Sazlıdere Havzasının % 58'sini kaplamaktadır.

Havzanın toplamı 159,75 km², baraj ise 9.25 km²'lik bir alanı kapsamaktadır. Havzanın doğusu batısına göre daha alçakta kalmakta ve rezervuar bunların arasında kuzey-güney doğrultulu bir vadide bulunmaktadır.

Sazlıdere barajı yağış alanı doğuda Küçükçekmece Gölüne dökülen Hasanoğlu (Balıklı) deresinin, kuzeyde Terkos gölünün, batıda ise yine Küçükçekmece gölüne dökülen Ispartakule (Hadımköy) derenin yağış alanları ile çevrilidir, Sazlıdere baraj yerinin drenaj alanı 165 km² 'dir. Proje sahası doğu-batı yönünde yaklaşık 9 km, kuzey güney yönünde ise 20 km. uzunluktadır. Proje sahası yer şekilleri ve genel arazi dağılışı yönünden dalgalı bir yapıya sahiptir. Sazlıdere Barajı göl alanı ve yakın çevresi yüksekliği. 90-150 m. arasında değişen alçak tepelerle tam bir çanak şeklinde çevrilmiştir. Komşu vadilerde Sazlıdere'ye paralel olarak yarılmış ve yine alçak tepelerle çevrilmiştir. Sazlıdere'nin boyuna meyilli göl alanında çok düşüktür. Göl alanı enine istikamette de fazla meyilli değildir. Yani Sazlıdere göl alanı mümbit bir ova karakterindedir. Sazlıdere baraj yeri ile Küçükçekmece gölü arasındaki düzlük ise, gölün sularının, tahdidi altında olup büyük ölçüde sazlık, bataklık ve çayır karakteri arz etmektedir.

2.4 Topoğrafik Yapı

Havzada arazi engebeli bir yapıya sahip olup alçak tepecikler bulunmaktadır.

Havzanın denizden olan yüksekliği rezervuarların olduğu yerlerde 6-20 m arasında olup kuzey ve güneydeki topoğrafik sınırlarda 170 m'ye ulaşmaktadır. Bu kısımlarda yamaçlar yer yer dikleşmektedir. Sazlıdere havzasının en dik arazi kotu 170 m ye kadar çıkmaktadır. Havzanın büyük bir kısmında arazi morfolojisi, erozyon ile aşınan malzemenin sularla taşınıp birikmesi şeklindedir.

2.5 Katı Atık Uzaklaştırma

Belde ve Mahallelerde ortalama olarak nüfus başına günde 1kg çöp meydana gelmektedir. Katı atık miktarı genelde kış aylarında yakıt olarak odun ve kömürün kullanımı dolayısıyla nüfusla orantılı olarak bir miktar artmaktadır.

Katı atıklar belediye sınırları içinde belediye tarafından haftada 2 gün toplanmaktadır. Ancak araç sayısı kısıtlı olan yerleşimlerde ise belirli günlerde toplama yapılmaktadır. Boğazköy, Taşoluk Beldelerinde toplanan çöpler Kemerburgaz çöplüğüne verilmektedir. Arnavutköy Beldesi'nin çöpleri Halkalı aktarma istasyonuna götürülüyor. Bazı yerleşimlerde toplanan çöpler kaçak olarak terkedilmiş taş ocaklarına verilmektedir. Küçük yerleşimler ve köylerde oluşan az miktardaki katı atık ise çevreye olumsuz yönde etkilemeyecek şekilde kendi arazilerinde bertaraf edilmektedir.

2.6 Hava Kirliliği

Sazlıdere havzasındaki Belde, Köy ve Mahalle / Mevkiilerin toplam nüfusları:

	1980	1985	1990	1997	2000
Toplam Nüfus	7 901	10 558	31 701	55 274	66 348

Görüldüğü gibi 1980'de 7 901 olan nüfus, 2000 de 66 348'e kadar yükselmiştir. Bu nüfus artışına paralel olarak, kış aylarında halkın ısıtma ihtiyacı için kullandığı yakıttan ileri gelen hava kirliliğinde artmakta olduğu gözlenmektedir. Bilindiği gibi SO₂ ve PM kirliliğinin

büyük bir yüzdesi, kalitesiz kömür ve yüksek kükürtlü fuel-oilden kaynaklanmaktadır. Bu iki tip yakıtın kış aylarındaki kükürtdioksit ve partiküler madde nitelikli hava kirliliğindeki toplam payları %98'dir. Havzada artan nüfusu ile birlikte yerleşim birimine talebin artması, hava kirliliğinin hissedilebilir boyutlara ulaşmasında etkili olmuştur. Hava kirliliğinin mertebesini, plansız yapılaşma ile birlikte meteorolojik faktörlerde arttırmıştır.

Havza içinde Büyükşehir Belediyesi alanlarında bulunan yerleşimlerde Büyükşehir Belediyesi'nin kontrolünde kömür satışı gerçekleşmektedir. Havza alanında bulunan yerleşimlerin çoğunluğunda İstanbul merkezinde satışı yasak olan ve sadece köy ve belde yerleşimlerinde satışına sınırlı olarak izin verilen; Terkos Havzası içinde bulunan Yeniköy mevkiinden özel şirketler tarafından çıkarılan Yeniköy Kömürü olarak adlandırılan kömür kullanılmaktadır.

Havza alanında tüketilen kömür miktarının yıllara göre dağılımı Çizelge 2.1'de gösterilmiştir.

Çizelge 2.1 Havzada kullanılan yıllara ait kömür tüketimi (ton/yıl)

Havzalar	1980	1985	1990	1997
Sazlıdere	2933	4946	11560	20688

Hesaplama hane başına kömür tüketimi yıllık 2.5 ton olarak alınmıştır.

2.7 Tarım Ve Hayvancılık

Tarım yapılan veya tarıma elverişli nitelikteki topraklar bölgede hızla gelişen yapılaşmanın baskısı altındadır. Bu sebeple tarım sahaları gün geçtikçe daralmaktadır.

Havzadaki alanların toprak mülkiyeti, tarımsal büyüklükleri göz önüne alındığında, küçük topraklı ailelerin büyük çoğunluk da olduğu, bunu orta büyüklükteki işletmelerin izlediği görülmektedir. Bu havzadaki tarım sektörünü küçük ve orta dereceli işletmelerin teşkil ettiğini göstermektedir.

Tarımsal işletmelerin giderek küçülmesi, tarımda modern girdilerin çoğalması ile hızlanan topraksızlaşma süreci ve miras yolu ile toprakların bölünmesi, doğal ve ekonomik şartların

ürün çeşitlemesini engellemesi, ulaşım ve pazar ortamının kısıtlanması sebepleriyle tarımda düşüş yaşanmaktadır.

Havzada tarımda kullanılan arazi toplam havza alanın %32'sidir. Kullanılan araziler tarla arazisi, meyve ve diğer uzun ömürlü bitkilerin kapladığı alanlar, sebze ve çiçek bahçelerinden meydana gelmektedir.

Tarımda verimin artması havza alanında sürüme elverişli verimli alanların çokluğu ve bölgelerdeki yağış miktarı, yağış rejimi ve su dengesi gibi etmenlere bağlıdır. Ayrıca verim arttırmak için zirai ilaçlar kullanılmaktadır. Kullanılan zirai ilaçlar çeşitleri üre (%46 N içerir), %21 sülfat, %26 ve %33 $\text{NH}_4\text{-N}$, 20.20.0 kompoze, 15.15.0 kompoze ve DAP (Di Amonyum Fosfat) gübreleridir. Kullanılan bu gübrelerin köylere göre dağılımları Çizelge 2.2' de görülmektedir. Sazlıdere Barajı mutlak koruma ve kısa mesafeli koruma alanlarında zirai ilaçlama ve sun'i gübre kullanımı yasaklanmıştır. Diğer yerlerde kontrollü olarak tarımda ilaçlama yapılabilmektedir.

Hayvancılık, köylerin çoğunluğunda yapılmaktadır Genellikle aileler ferdi olarak bütçelerine uygun ortalama 3 adet büyükbaş hayvan yetiştirmektedir. Havza alanında 2 adet tavuk çiftliği vardır. Bu çiftliklerde tavuklar yumurta ve etlik olarak üretilmektedir. Devekuşu çiftliğinde 35 adet devekuşu yetiştirilmektedir. Domuz çiftliklerinde ise 800 adet domuz bulunmaktadır.

Çizelge 2.2 Havza içindeki köylerde zirai ilaç ve sun'i gübre kullanımı (kg) (GOP ilçe tarım müd.)

KÖYLER	DAP	15.15.0	20.20.0	Üre	%26 $\text{NH}_4\text{-N}$	%33 $\text{NH}_4\text{-N}$	%21 Sülfat
Şamlar	18 300	66 500	114 250	50 650	71 650	30 300	2 000
Kayabaşı	4 400	-	35 700	17 300	6 450	6 000	-
Tayakadın	650	-	37 700	9 300	25 000	-	-
Hacımaşlı	10 000	-	103 500	49 800	36 550	3 500	2 500
Çilingir	9 500	-	189 050	73 400	79 750	15 050	-

2.8 Mevcut Altyapı Tesislerinin Durumu

2.8.1 Su ve Kanalizasyon

i. Su Temini

Havzadaki Beldelerde içmesuyu ihtiyacı, (bazı köyler hariç), okul, hastane v.s. gibi müesseseler ile dağınık vaziyette ve az sayıdaki küçük ölçekli sanayinin ihtiyaçları da göz önünde tutularak nüfus başına günlük maksimum su ihtiyacının 250 L olarak planlanması uygun görülmektedir.

Yerleşim bölgelerinde yapılan incelemelerde içme sularının kaynak sularından veya kuyulardan sağlandığı anlaşılmıştır. Yerleşim birimlerinin çoğunda kendi imkanları ile veya Köy Hizmetleri İl Müdürlüğü veya İller Bankası yardımıyla inşaa edilmiş su dağıtım şebekesi mevcuttur.

İçmesuyu şebekesi olan Beldeler ve Köy Yerleşimleri:

Taşoluk Beldesi	Şamlar Köyü
Arnavutköy Beldesi	Kayabaşı Köyü
Dursunköy	Çilingir Köyü
Baklalı Köyü	

Aşağıdaki yerleşim birimlerinde ise içme suyu şebekesinin bulunmadığı, su ihtiyacının özel kuyu, çeşmelerden ve İSKİ'nin su tankerleri vasıtası ile sağlandığı görülmüştür.

İçmesuyu şebekesi olmayan Belde ve Köyler :

Hacımaşlı Köyü
Boyalık Köyü
Tayakadın Köyü

Su dağıtım şebekesi olmayan bu köylerde içmesuyu ihtiyacı, özel kuyulardan, el pompalarıyla donatılmış basit borulu kuyulardan veya çatılara yerleştirilmiş tanklardan karşılanmaktadır. Bazı yerlerde dalgıç pompalar ile donatılmış sondaj kuyuları da mevcuttur. Bazı durumlarda yağmursuları sarnıçlarda toplanmakta ve ev ihtiyaçları için bu sulardan yararlanılmaktadır. Havza içindeki yerleşim alanlarında günlük ortalama su kullanımı 100 L/kişi-gün olarak

belirlenmiştir. Aşağıdaki Çizelge 2.3’de yerleşim bölgelerindeki günlük su tüketimleri verilmiştir.

Çizelge 2.3 Havzadaki Yerleşimlerde Toplam Su Kullanım Miktarı

Yıl	Şehirleşmiş Bölgeler (Beldeler) Toplamı, m ³ /gün	Köyler ve Kırsal Bölgeler Toplamı, m ³ /gün
1990	8 366	10 850
1997	16 618	11 225

ii. Kanalizasyon

a) Atıksu Kanalizasyonu

Sazlıdere havzasında Çatalca İlçesindeki köyler dışında kalan köyler ile Beldelerde hızlı bir yapılaşma vardır. Bölgede yaşayan kişilerin ürettiği atıksu, içmesuyu rezervuarlarındaki suların kalitesini tehdit etmektedir. Bu bakımdan, havzalardaki mevcut kanalizasyon tesisleri incelenmiştir.

Havzada henüz daha atıksu toplama sistemlerinin bulunmadığı alanlar kanalizasyonsuz alanlar olarak ifade edilmiştir. Şu anda havzada yerleşimlerin yaklaşık %95’inde kanalizasyon bulunmamaktadır. Bu çeşit köyler ve beldelerde binaların atıksuları fosseptiklerde toplanmaktadır. Bu yerleşimlerden ortalama olarak günde kişi başına 50-75 lt atıksu çıkmaktadır.

Atıksu kanalizasyon sistemi bulunmayan yerleşimlerin, atıksu bertaraf yöntemleri Çizelge 2.4’de belirtilmiştir. İSKİ’ den elde edilen bilgiler ve havza alanındaki Belediyelerin teknik müdürlükleri ile yapılan görüşmeler sonucu :

Haraçcı Beldesinde ve Boyalık köyünde kısmen bir kanal şebekesi bulunmaktadır. Baklalı ve Sazlıbosna köylerinin tamamında, Dursunköy ve Çilingir Köyünün % 80’inde ve Yeni Şamlar Köyü’nün tamamında kanalizasyon mevcuttur.

Bu yerleşimlerde toplanan atıksular fosseptiklerde toplanmakta, fosseptiklerin çamurları belli aralıklarla vidanjörlerle alınıp eski taş ocaklarına verilmektedir.

b) Yağmursuyu Kanalizasyonu

Yağmursuları suları arazi eğimi istikametinde cadde ve sokak yüzeylerinden akarak kuru derelere veya akarsu yataklarına ulaşmakta ve oradan Baraj göllerine karışmaktadır.

Çizelge 2.4 Yerleşimlerin Atıksu Bertaraf Yöntemleri ve Taşıma Noktaları

YERLEŞİM YERLERİ		Bertaraf Şekli	Atıksu Taşıma Noktaları
GOP	Çilingir Köyü	Kanal + Fosseptik	Köyün % 80'i Kanalizasyona sahip, köyden 1km uzaktaki 4 kademeli fosseptik çukuruna verilen atıksular oradan Türkköse deresine veriliyor
	Hacımaşlı Köyü	Her bina için ayrı Fosseptik	Kanalizasyon sistemi yok. Fosseptik Haraccı Belediyesinin vidanjörüyle boşaltılıp Türkköse deresine veriliyor.
K.ÇEKMECE	Kayabaşı Köyü	Her bina için ayrı Fosseptik	Kısmen kanal mevcut. Kanal olmayan yerlerde her bina veya birkaç bina için fosseptik var. G.O.P Belediyesi tarafından vidanjörlerle boşaltılıyor.
	Şamlar Köyü	Kanal+ Fosseptik	Eski Şamlar mevkiinde kanal yok. Yeni Şamlar'da kanal mevcut olup atıksular dışarıya verilmektedir.
HARAÇCI Beldesi		Kanal+Fosseptik	Kısmen bir kanalizasyon sitemi mevcut olup toplanan Atık sular Türkköse Deresi'ne verilmektedir.
ARNAVUTKÖY Beldesi		Her bina için ayrı Fosseptik	Vidanjörlerle çekilen atıksular Habibler de Askeri alanın içindeki kollektöre taşıyor.
TAŞOLUK Beldesi		Her bina için ayrı Fosseptik	Vidanjörlerle çekilen atıksu Habibler de özel alanın içindeki İSKİ kanalizasyonuna ait kollektöre taşıyor.
ÇATALCA	Sazlıbosna Köyü	Kanal+Fosseptik	Ana boruları 30 cm ve yan bağlantılar 20cm'lik kanallarla toplanan atıksu Sazlıbosna'nın Baraj tarafındaki mutlak koruma bandında bulunan 4 kademeli fosseptiğe veriliyor. Çamur alınarak Kömür ocaklarına veriliyor.
	Baklalı Köyü	Kanal+Fosseptik	Köyün tamamında kanal mevcut olup fosseptikte toplanan atıksular köyün 150 m güneyindeki Baklalı Deresine veriliyor.
	Boyalık Köyü	Kanal+Fosseptik	Köyün bir kısmında kanal mevcut olup atıksular 4 kademeli bir fosseptik tankı na verilmektedir. Tank henüz dolmamıştır.
	Dursunköy	Kanal+Fosseptik	%80'inde kanal mevcut olup toplanan atıksu Dursunköy Deresine veriliyor.

2.9 Hidroloji

Proje sahasının yüzeysel su kaynağı, Sazlıdere ve kollandır. Sazlıdere, Küçükçekmece gölüne dökülen Dereköy deresi, Sazlıdere ve Nakkaş dere üçlüsünden ortadaki olmaktadır. Sazlıdere, Boyalık dere ile Baklalı derenin birleşmesinden meydana gelir ve ana kol Boyalık civarında 200 kotlu tepelerden doğar. Genelde kuzey-güney istikametinde akar ve baraj yeri menbasında Vezirçayırı deresi ile Çayır deresini alır. Bazı seneler Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında kurur. Baraj yerindeki drenaj alanı 165.0 km² dir.

2.9.1 Yüzeysel Akışlar

Proje sahasının güneyinde, örneğin Küçükçekmece gölü kuzeyinde mostra veren eosen kireçtaşlarında yeraltı suyu mevcuttur. Ancak bu eosen kireç taşları yatay tabakalanma gösteren ve havzada geniş alanlar kaplayan marnlı kireç taşları ile kesilmiş ve sınırlandırılmış oluşu sebebiyle, akifer verimleri limitlidir. DSI' ce yapılan hesap sonucu bu akiferlerin yıllık güvenli su kapasitesinin 3.3 milyon m³ civarında olabileceği hesaplanmıştır. Miktarın çok küçük oluşu, ayrıca bu kaynağın kısmen developpe edilmiş durumda oluşu gibi gerekçelerle yeraltı suları plana dahil edilmemiştir (SUIŞ, 1988)

Sazlıdere sularını ölçmek üzere, DSI' ce 1967 senesinde (2-22) Sazlıbosna akım rasat istasyonu kurulmuştur, istasyon yerinde rakım 12.0 m. ve drenaj alanı 84.0 km² dir. İstasyon 1978 senesinde kapatılmıştır. Ölçüm değerlerinin 12 seneden daha kısa bir süreyi kapsamaması sebebiyle, civarda daha uzun süreli rasat değeri olan akım rasat istasyonları aranmış ve kuzeyde Istranca çayı üzerindeki (2-28) Karamandere Akım Rasat istasyonu değerlerinden yararlanılarak (1967-1986) korelasyonla uzatılmıştır (SUIŞ, 1988 Sazlıbosna istasyon yerinde 20 yıllık ortalama akım 27.11 milyon m³ olmaktadır.

Sazlıdere baraj yerindeki aylık akımlar ise, Sazlıbosna istasyon yerindeki gözlenmiş ve hesapla bulunmuş aylık akım değerlerinden, oranlanarak elde edilmiştir. Sonuçlar Çizelge 2.5' de verilmiştir. Buna göre baraj yerindeki 20 yıllık ortalama akım 59.26 milyon m³/yıl, verim 10.23 lt/sn/km², akış yüksekliği 323 mm olmaktadır.

2.9.2 Rezervuar Verimi

İstanbul Su ve Kanalizasyon idaresi Genel Müdürlüğüne, İstanbul'un süratle artan su ihtiyaçlarını karşılamak üzere hazırlanmış bulunan uzun vadeli plan ve kaynak ihtiyaç dengesi içinde Sazlıdere sularının kente tahsisinin 1988-1990 seneleri arasında gerçekleşmesi planlanmıştır. Bu bakımdan Sazlıdere barajında regüle edilecek tüm Sazlıdere sularının kente verileceği, bunun dışında her hangi bir maksatla bir su tahsisinin yapılmayacağı prensip olarak kabul edilmiştir.

Yıllık ihtiyacın aylara göre değişimi için, günlük maksimum talep faktörü 1.3 alınarak 18.4 m irtifaındaki baraj alternatifi benimsenmiştir (SUIŞ, 1988). Bir başka deyişle, Sazlıdere

havzasından kente verilebilecek azami su yılda 49.56 milyon m³ olmaktadır. Buna göre 20 yıllık (1967-1986) periyotta gelen 53.26 milyon m³ suyun, yılda ortalama 3.69 milyon m³ lük kısmı buharlaşma ile kaybolmakta, kalan 49.56 milyon m³ lük kısmı, şehre verilmektedir (Çizelge 2.5). Bu hal için kritik periyod (Barajın dolu halinden boşalmasına kadarki süre) 42 ay olarak hesaplanmıştır (SUIŞ, 1988).

Sazlıdere barajı sadece içmesu maksatlı olarak düşünülmüştür. Bu bakımdan barajda taşkın kontrolü maksadıyla her hangi bir hacim ayrılmamıştır. Bununla beraber, dolusavağın kapaksız olarak tertiplenmiş olması ve rezervuarın yayvan oluşu sebebiyle taşkın savma kapasitesinin büyük oluşu, Sazlıdere barajının, baraj mansabındaki taşkın riskini büyük ölçüde azaltacağı rahatça söylenebilir.

Çizelge 2.5 Sazlıdere barajı işletme çalışması icmalı

Yıl	Gelen Su	İçme suyu	Dolu Savak Suyu	Buharlaşma Kaybı
1967	54.72	49.56	27.61	4.45
1968	47.00	49.56	0.00	4.11
1969	70.02	49.56	7.29	4.29
1970	48.18	49.56	0.00	4.15
1971	60.13	49.56	1.72	4.27
1972	22.94	49.56	0.00	3.54
1973	68.36	49.56	0.00	3.75
1974	53.52	49.56	0.00	3.72
1975	49.73	49.56	0.00	3.60
1975	48.66	49.56	0.00	3.66
1977	52.84	49.56	0.00	3.61
1973	46.77	49.56	0.00	3.34
1979	54.41	49.56	0.00	3.47
1980	74.45	49.56	0.00	3.90
1981	96.42	49.56	35.21	4.27
1982	64.02	49.56	4.03	4.41
1983	22.08	49.56	0.00	3.72
1984	40.96	49.56	0.00	3.11
1985	29.24	49.56	0.00	2.21
1986	60.79	49.56	0.00	2.32
	1065.24		75.87	3.69

Dolu S. / GEL. SU = 0.07

MAX: DEPOLAMA = 91.3 milyon m³

MAX. H = 18.34 m

MIN DEPOLAMA = 2.57 milyon m³ (Kritik Periyot Sonu 230. uncu ay)

ÖLÜ HACMI = 2.5 milyon m³

MIN. H = 2.79 m

2.10 Sonuçlar

Yukarıdaki inceleme ve değerlendirmelerin ışığı altında koruma-kullanma dengesi açısından önemli sonuçlar aşağıda sıralanmıştır.

- * Uzun dönemli değerlendirmelere göre Sazlıdere barajına gelen su ortalama 1.8 m³/sn veya 10.2 lt/sn/km² dir.
- * Derelerin çoğu özellikle Sazlı dere yüzey suları ile beslenirken aynı zamanda az miktarda tabandan kaynaklanan su ile de beslenir. Bu nedenle yağışa bağımlı olan akış da çok değişkendir. Toplam yıllık akışın;

- * %33'ü Mart-Mayıs ayları arasında
- * %3'ü Haziran-Ağustos ayları arasında
- * %7'si Eylül-Kasım ayları arasında
- * %57'si Aralık-Şubat ayları arasında

görülmektedir.

- * Barajdan güvenle çekilebilecek su miktarı farklı kaynaklarda farklı değerler almaktadır. Gönenç İ.E. vd. hazırlamış olduğu Sazlıdere Havzası Sonuç Raporu'nda bu değer yılda 49.6 milyon m³ tür.

IMC İstanbul Master Plan Konsorsiyumu (1999), İSKİ Master Plan, Cilt6, Çevresel Değerlendirme raporunda bu değer 55 milyon m³ tür. Çizelge 1.1 ve 1.5 de görüldüğü gibi emniyetli su verimi son hidrolojik verilere göre düzeltilmiştir. Model çalışmalarında emniyetli su verimi ve giriş akımı için düzenlenmiş bu değerlerden faydalınalacaktır.

3. ARAZİ KULLANIMI VE NÜFUSLAR

3.1 Özet

Arazi kullanım ve nüfus projeksiyonlarının amacı, Kirletici Kaynak ve Atık Yüklerini belirlemek aynı zamanda altyapı sistemlerinin planlanması için, kentsel büyümeyi esas alarak genel varsayımlarda bulunmaktır.

Sazlıdere Havzasında yapılan çalışmalar sonucu, kara kökenli kirletici kaynaklar, Noktasal Kaynaklar;

- Evsel Kirletici Kaynaklar
- Endüstriyel Kirletici Kaynaklar

Yayılı Kaynaklar;

- Tarım ve orman alanlarından gelen kirleticiler
 - Yerleşim alanları yağış sulan drenajları
 - Katı atık depo ve dökme sahalarından gelen kirleticiler
 - Atmosferden taşınma
- olarak sıralanabilir.

Bu bölümde, söz konusu kirletici kaynaklardan açığa çıkan ve doğrudan veya dolaylı yollarla rezervuara ulaşan atık yüklerini belirlemede kullanılacak doneler belirlenmeye çalışılacaktır. Bu amaçla, yerinde yapılan etüd incelemelerle birlikte literatürden de yararlanılacaktır. Ancak evsel kirletici kaynaklar arazi kullanımı ve nüfus projeksiyonu dikkate alınarak doğru bir şekilde tespit edilebilir. Tarım ve orman alanlarından gelen kirletici yükler için ise kullanılan tarım ilaçları tespit edilmiş, ayrıca literatürden de faydalanılmıştır. Havzada bulunan endüstriler için ise 1999-2000 yılları arasında İSKİ Atıksu Şube Müdürlüğünden alınan Su Kalite Analiz Sonuçları analiz edilerek baraja gelecek atıksu yükü tespit edilmeye çalışılmıştır.

3.2 Arazi Kullanımı

Arazi kullanımları, Sazlıdere havzası arakesiti civarındaki mevcut şehirleşmiş bölgenin sınırları içinde yapılaşmaya, İSKİ Havzalar Koruma çerçevesinde imkan tanıma maksadını gütmektedir. Çizelge 3.1' de görüldüğü gibi 1155.80 hektar büyüklüğündeki yerleşik alan

havza toplamının alanının %6.85'i büyüklüğündedir. Açık araziler, sanayi, ticaret ve diğer yeşil alanlar veya yapılaşma olmayan bölgeler havzaların yaklaşık % 69'u; ormanlık alanlar ise % 18.32'sini teşkil etmektedir. Geri kalan %5.87 lik kısmını ise Sazlıdere Barajının maksimum su yüzeyindeki Rezervuar alanı kaplamaktadır.

Çizelge 3.1 Sazlıdere havzası mevcut arazi dağılımı (ha)

Arazi Kullanım Kategorisi	Sazlıdere Havzası	(%’si)
Yerleşik Alanlar	1 155.8	6.85
Yerleşik Dışı İmara Açık Alanlar	928.28	5.50
Sanayi, Ticaret ve Diğer Alanlar	892.92	5.29
Tarım ve otlak olarak kullanılan açık alan	9 817.73	58.17
Ormanlık ve fundalık alan	3 091.60	18.32
Rezervuar maksimum su yüzeyi	990.65	5.87
Toplam	16 876.98	100

3.2.1 Beldelerin Arazi Kullanımı

Havza sınırları içinde bulunan beldeler arasında nüfus olarak en büyüğü **Arnavutköy Beldesinde** yerleşim Belde alanının tamamına yayılmış bulunmaktadır. **Haraççı Beldesi** nin %33'lük alanları mevcut iskan sahası , %67'lik kısmı ise yerleşime müsait alan olarak ifade edilebilir. **Taşoluk Beldesinin** Belde sınırı,Haraççı dışındaki diğer beldelere nazaran daha geniştir. Toplam alanın yaklaşık %46'lık kısmı yerleşik alandır, imar planlarına göre %54'lik kısım ise imara açık alanlardır.

3.2.2 Köy ve Mahallelerin Arazi Kullanımı

Sazlıdere havzasında ise hakim olan arazi kullanımının yerleşimlerin dışında kalan tarım ve otlak olarak kullanılan boş araziler olduğu gözükmemektedir. Sazlıdere Havzasında bulunan bu boş arazilerin Baraj koruma kuşaklarına göre dağılımı (ha) ve bunların havzanın “yerleşik alan + boş alanlar” toplamına oranı ile Havzadaki boş alanlar Sazlıdere Havzasının %58'ini oluşturmaktadır.

3.3 Mevcut Nüfus

İstanbul Büyükşehir Belediyesi hudutları içinde bulunan yirmi dört havzanın beşi şehre içmesuyu temin edilen su rezervuarları olmaları nedeniyle koruma alanı ilan edilmiştir. Bu koruma alanları, içme suyu kaynaklarını kirlilikten korumak üzere, özel çevre yönetmeliklerinin uygulandığı, İSKİ sorumluluğundaki alanlardır.

Sazlıdere Havzası atıksu debi tahminleri, burada yaşayan nüfusun projeksiyonları sonrası geliştirilecektir. Dolayısıyla nüfus projeksiyonu yapabilmek için havza içinde bulunan yerleşimlerin geçmiş yıllara ait ve 2000 yılı nüfuslarını bilmek gerekmektedir.

Havza alanında bulunan yerleşimlerde 1997 sayımına göre Sazlıdere havzasında yaklaşık 33 489 kişi yaşamaktadır.

Havzadaki yerleşimlerin nüfusları 1980, 1985, 1990 ve 1997 sayım sonuçlarına göre Çizelge 3.2’de verilmiştir. Çizelgede görülen 2000 yılı nüfus sayım sonuçlarıdır. Bu değerlere bakıldığında Havzadaki beldelerin nüfusu 1980-1997 arasında 8 ila 15 katına çıkmış, Mahalle ve köylerde ise bir kısmında sabit kalırken bir kısmında 1.6 ~ 1.75 katına çıkmıştır.

Havzadaki yerleşimlerden bazılarının havza dışında da alanı bulunduğundan bu yerlerin havza alanındaki nüfusları yaklaşık değerlerdir.

Havzadaki mevcut nüfusun belde ve köyler arasındaki dağılımı Çizelge 3.3’de verilmiştir. İSKİ’ nin Havza Koruma Yönetmeliği’ne (21.02.2003 tarihli) göre hesaplanan ve planlanan nüfuslar Çizelge 3.4’de görülmektedir.

Çizelge 3.2 Havza içindeki yerleşimlerin nüfusları

YERLEŞİMLER		NÜFUSLAR				
		1980	1985	1990	1997	2000
GOP	Çilingir Köyü	520	550	612	884	867
	Hacımaşlı Köyü	245	283	326	377	431
	Tayakadın Köyü ⁽¹⁾	126 (678)	148 (935)	173 (1 097)	306 (1 853)	363 (2 300)
K.ÇEKMECE	Kayabaşı Köyü ⁽²⁾	1 095	1 425	9 190	10 000	400
	Şamlar Köyü	681	713	798	850	1100
ARNAVUTKÖY	Beldesi	740	1 394	7 048	11 302	12 279
HARAÇCI	“	745	897	2 671	6 471	11 970
TAŞOLUK	“	442	560	1 895	5 949	7 669
HADIMKÖY Mücavir Alanı		Havza içinde nüfus yok				
ÇATALCA	Sazlıbosna Köyü	981	1 073	1 198	1 725	1 800
	Baklalı Köyü	368	407	586	651	600
	Boyalık Köyü	476	495	485	868	750
	Dursunköy	543	558	635	576	600
Toplam		6 962	8 503	25 617	39 959	38 829

Çizelge 3.3 Sazlıdere havzalarında 2000 yılına ait nüfus dağılımı

		Sazlıdere Havzası
Mevcut Nüfus	Toplam	38 829
	Beldeler	31 918
	Köy ve Mah.	6 911

Çizelge 3.4 Sazlıdere havzasında İSKİ havzalar yönetmeliğine göre nüfus dağılımı⁽³⁾

		Sazlıdere Havzası
İSKİ Havz Yön. Nüfus	Toplam	45 043
	Beldeler	40 075
	Köy ve Mah.	4 968

⁽¹⁾ Parantez içindekiler yerleşimlerin toplam (havza içi ve dışı) nüfuslarıdır. Parantez dışındaki havza içi 1997 ve önceki nüfuslar nüfusları tahminidir.

⁽²⁾ Bu yerleşimlerin 2000 yılı nüfusu hariç diğer yıllardaki nüfuslar havza içi ve havza dışıdır.

⁽³⁾ 21.02.2003 tarihinde yürürlüğe giren “İçmesuyu Havzaları Koruma ve Kontrol Yönetmeliği” dikkate alınarak hesaplanmıştır.

3.4 Nüfus Projeksiyonları

Mevcut nüfus bilgilerini baktığımızda Havzadaki yerleşimlerin 1980 senesindeki nüfusu ile 2000 yılları arasında geçen 20 yıllık zaman içerisinde nüfusun 6 962'den 38 829'a ulaştığı görülmektedir 20 yıllık bir zaman diliminde havzada ikamet edenlerin sayısı yaklaşık 6 kat artmıştır. Bu artış köy yerleşimlerinde 2 katına geçmezken Beldelerde 16-17 kat civarındadır.

İstanbul geneli için daha önceki Master Plan çalışmalarında da nüfus tahminleri yapılmış, fakat bu tahminler genelde İstanbul'un büyümesinin altında kalmıştır.

Belde Belediyeleri tarafından hazırlatılan, ancak İSKİ tarafından uygun görülmeyip onaylanmayan İmar planlarındaki nüfus yoğunlukları dikkate alınarak hesaplanmış nüfuslar, yoğunluklar ile birlikte Çizelge 3.5'de görülmektedir. Bu çizelgeden de görüldüğü gibi Beldelerin hazırlattığı İmar Planlarına göre nüfus, 351 309 olup 2000 yılı toplam nüfusunun (38 829) yaklaşık 9 katı gibi bir değere çıkmaktadır.

Çizelge 3.5 Belde belediyelerinin hazırlattığı imar planlarına göre nihai nüfusları ve 2000 yılı nüfusları

Beldeler	Yoğunluk (Kişi/ha)	Koruma Alanı	Alan (ha)	İmar Pl. göre Nüfus	2000 yılı Nüfusu
ARNAVUTKÖY	200	I. Uzun	181.10	36 220	
	Toplam		181.10	36 220	12 279
TAŞOLUK	100	II.Uzun	133.42	13 342	
	250	I.Uzun	637.18	159 295	
	400	I.Uzun	112.25	44 900	
	Toplam		882.85	217 537	7669
HARAÇÇI	145	Orta	137.36	20 000	
	75	I. Uzun	666.11	48 000	
	Toplam		803.47	68 000	11 970
HADIMKÖY	250	I.ve II Uzun	118.21	29 552	-
	Toplam		118.21	29 552	-

Havzanın tamamının İSKİ Havzalar Koruma Yönetmeliğine göre dolacağı varsayılırsa müsaade edilebilecek nüfus 45 043 kişidir. Görüldüğü gibi taslak imar planlarında teklif edilen nüfus ile İSKİ Havza Koruma Yönetmeliğine göre müsaade edilen nüfus arasındaki fazla nüfusun (meydana gelen gelişme ve Beldelerin durumları da göre dikkate alınarak)

ancak belli bir oranına müsaade edilebileceği, ve bu değerlere göre hazırlanması, Havzalardaki alt yapı (su ve kanalizasyon) projelerinin hazırlanmasında bu müsaade olunan nüfusların dikkate alınması İSKİ yetkililerinin de onayı ile uygun görülmüştür. Ancak bu yaklaşımlarda mutlak mesafeli koruma sınırları içerisinde hiçbir yerleşim ve işyerinin kalmaması görüşü kesinlik kazanmıştır.

Nüfus projeksiyonları hazırlanırken yerleşimler tek tek ele alınarak incelenmiştir. Gelecekteki nihai nüfuslar, yerleşimlerin önceki yıllara ait nüfus artış hızları ve yapılaşma durumları, atıksuların dere yataklarına verilmeksizin, arıtma tesislerine iletilebilme imkanları, dolayısıyla çevrenin korunabilmesi hususları dikkate alınarak hesaplanmıştır.

Sazlıdere Havzasında bulunan Beldeler hem bulundukları yer (1. ve 2. Uzun Mesafeli Koruma) itibariyle hem de birbirleriyle yan yana olmaları nedeniyle atıksularının uzaklaştırılmasında fazla güçlüklerle karşılaşılmayacağı göz önünde bulundurularak nüfuslar belli bir oranda arttırılmış bu şekilde tespit edilen nihai nüfuslar sabit tutulmuşlardır.

Havzadaki Beldeler ile Köy ve Mahallelerin geçmiş nüfuslarına oranla projeksiyonlar yapılmış, yerleşimlerin hedeflenen nüfus değerleri Çizelge 3.6’da verilmiştir. İSKİ tarafından yapılan toplantılar sonucu onaylanan bu nüfus projeksiyonu sonucu, havzada nüfusun 2035 yılında 76 730 kişide dondurulması düşünülmektedir.

Çizelge 3.6 Havza içindeki yerleşimlerin nüfus projeksiyonları

YERLEŞİMLER		NÜFUSLAR		
		2000	2020	2035
GOP	Çilingir Köyü	867	1 000	1 000
	Hacımaşlı Köyü	431	560	580
	Tayakadın Köyü	363	710	930
K.ÇEKMECE	Kayabaşı Köyü	400	400	400
	Şamlar Köyü	1 100	200	200
ARNAVUTKÖY	“	12 279	15 500	17 000
HARAÇCI	“	11 970	26 000	29 000
TAŞOLUK	“	7 669	18 750	22 500
ÇATALCA	Sazlıbosna Köyü	1 800	1 960	2 000
	Baklalı Köyü	600	1 340	1 460
	Boyalık Köyü	750	1 060	1 060
	Dursunköy	600	600	600
Toplam		38 829	68 080	76 730

3.5 Sanayi

Rezervuar sahası ve çerçevesinde İstanbul çevresinde görülen hızlı sanayi ve şehirleşmeyi görmek mümkün olmamakla beraber, Dursunköy hudutları içerisinde mutlak koruma alanında kalan bir adet kemik unu fabrikası faaliyetine devam etmektedir. Bunun dışında mutlak koruma alanı içerisinde yer alan Samlar ve Dursunköy, kısa mesafe koruma alanı içerisinde yer alan Sazlıbosna köylerinde tamir atölyeleri yer almaktadır. Çizelge 3.7’ de Havzada bulunan sanayilerden alınan numunelere ait analiz sonuçları görülmektedir. Endüstrilerden kaynaklanan atık yüklerinin belirlenebilmesi için aşağıda ki çizelgeden faydalanılacaktır.

Çizelge 3.7 : Sazlıdere havzalarında bulunan sanayilerden alınan numune analiz sonuçları

Firma Adı	ÖLÇÜLEN PARAMETRELER								
	Debi (m3/gün)	BOI (mg/L)	KOI (mg/L)	AKM (mg/L)	TOP-N (mg/L)	TOP-P (mg/L)	Yağ- Gres (mg/L)	Top- Sülfür (mg/L)	pH
Silis Gıda Şarap San.	20,0	30.000	1,8835	285,0	20,0	0,6	16,10	22,0	6,26
Nurtaş Mermer	65,0	65,0	220,0	18,450	7,0	3,4	< 10,0	0,6	8,91
Binbir Çiçek Balcılık	20,0	330,0	960,0	170,0	20,0	1,3	40,0	16,0	6,48
Aktaş Giyim	5,0	150,0	520,0	185,0	123,0	9,4	25,0	4,6	7,98
Özen Cam	40,0	3900,0	7760,0	16,040	144,0	15,2	165,0	3,4	6,58
Antik Halı Yıkama	30,0	560,0	1360,0	145,0	69,0	2,5	15,0	< 0,1	7,20
Saran Metal	20,0	290,0	450,0	70,0	94,0	6,4	80,0	0,8	7,85
Emsan Tencere	0,5	280,0	990,0	570,0	60,0	2,3	15,0	-	1,41
Hamtaş Mermer	20,0	22,0	64,0	13,340	9,0	0,4	< 10,0	0,1	8,83
Gıda Plas	5,0	50,0	140,0	190,0	37,0	3,0	< 10,0	0,9	9,15
Yerçizan Terlik	0,3	300,0	1020,0	190,0	108,0	9,8	45,0	2,4	7,89
Akvan Vana	1,0	30,0	110,0	20,0	110,0	10,5	15,0	-	8,0
Alkoy Mutfak Eşyaları	0,125	140,0	500,0	95,0	140,0	3,4	20,0	-	7,70
Fual Terzi Plastik	0,03	190,0	620,0	100,0	190,0	20,0	100,0	34,0	7,35
Eserfleks Haraccı	20,0	150,0	500,0	160,0	62,0	8,0	30,0	1,7	7,39
Oğuzlar A,Ş,	10,0	2230,0	4730,0	235,0	27,0	4,4	20,0	0,9	12,47
Sintaş	0,25	2480,0	5180,0	305,0	50,0	0,0	130,0	4,0	8,1
Nurgaz	2,5	780,0	1530,0	480,0	200,0	13,4	300,0	11,0	7,2

4. KİRLETİCİ KAYNAKLAR ve ATIK YÜKLERİ

Sazlıdere Havzasında yapılan çalışmalar sonucu, kara kökenli kirletici kaynaklar, Noktasal Kaynaklar;

- Evsel Kirletici Kaynaklar
- Endüstriyel Kirletici Kaynaklar

Yayılı Kaynaklar;

- Tarım ve orman alanlarından gelen kirleticiler
- Yerleşim alanları yağış sulan drenajları
- Katı atık depo ve dökme sahalarından gelen kirleticiler
- Atmosferden taşınma

olarak sıralanabilir.

Bu bölümde, söz konusu kirletici kaynaklardan açığa çıkan ve doğrudan veya dolaylı yollarla rezervuara ulaşan atık yükleri belirlenmeğe çalışılmıştır. Bu amaçla, yerinde yapılan etüd incelemelerle birlikte literatürden de yararlanılmıştır.

4.1 Evsel Kirletici Kaynaklar ve Özellikleri

Sazlıdere havzasındaki yerleşim alanlarından kaynaklanan evsel nitelikli atıksuların saptanabilmesi için yapılan nüfus tespiti ve artışı çalışmaları ile buna bağlı havzadaki sosyo-demografik gelişmeler gözönüne alınmalıdır. Sazlıdere Havzası, Küçükçekmece Gölü'nün 6 km. kuzeyinde yer almaktadır. Batısında Hadımköy, Büyükçekmece İçme Suyu Havzaları, doğusunda Alibey, kuzeyinde Terkos Havzaları yer almaktadır. Küçükçekmece'nin içme suyu olarak özelliğini yitirmesi sonucunda bu havza alternatif olarak ortaya çıkmıştır. İstanbul İlinin Avrupa yakasında nüfus yönünden en fazla artış gösteren havza Sazlıdere olup, özellikle 1985-1990 yılları arasında büyük bir gelişme gösterip yoğunlaşmıştır. Özellikle havzadaki beldelerin nüfusu 1980-1997 arasında 8 ila 15 katına çıkmış, Mahalle ve köylerde ise bir kısmında sabit kalırken bir kısmında 1.6 ~ 1.75 katına çıkmıştır. Havzada ki yerleşimlerin 1980-1990 ve 2000 yılı nüfusları sırasıyla 6 962, 25 617 ve 38 829 kişi olarak tespit edilmiştir. Bir önceki bölümde açıklandığı gibi yapılan nüfus projeksiyonu sonunda havzada ki nüfusun 2020 yılında 68 080 kişiye, 2035 yılında ise 76 730 kişiye çıkacağı öngörülmektedir.

Bu artışların nedeni incelendiğinde, bölgede kaçak sanayi tesislerinin büyük bir hızla artması ve bunların büyük bir nüfusu bu bölgeye çekmesi gösterilebilir. Evsel atıksuların hiçbir önlem alınmadığı takdirde rezervuara verebilecekleri olası atık yükleri detaylı bir şekilde BOI₅, Toplam N ve Toplam P parametreleri bazında Çizelge 4.1 ve 4.2.'de verilmektedir. Atık yükleri nüfuslara göre, göl su toplama alanı içinde aşağıda verilen birim kirlilik yükleri kabul edilerek hesaplanmıştır.

İstanbul genelinde Camp-Tekser, Watson/Motor / Temel, BC- Berlin ve ort., TBP-UBM ve GWE-SP firmalarınca yapılan araştırma ve analizler sonucu (IMC Master Plan Konsorsiyumu (1999), İSKİ Master Plan, Cilt3, Atıksu Altyapısı) elde edilen veriler ile atıksuların özellikleri belirtilmiştir . Bu değerler Çizelge 4.1 'de verilmiştir.

Çizelge 4.1 İstanbul için atıksu özellikleri tasarım değerleri

Tasarım Parametresi	Yıl	Çalışmayı Yapan Grup				
		Camp-Tekser	Watson / Motor/ Temel	BC-Berlin, et al.	TBP-UBM	GWE-SP
Evsel Atıksu Kirlletici Yükleri, g/kişi/gün:						
BOİ ₅	1975	32				
	1990	50	60	60	60	60
	2020	75		70	70	120
KOİ	1975	44				
AKM	1990	75	70		70	70
	2020	105				
NH ₃ -N			6.5		6.5 - 8.0	
Toplam N	1975	6				
	1990	8	10	6.7		11
	2020	9			10 - 12	
Toplam P	1975	1				
	1990	2	2	1.3		2.5
	2020	2.5			2	

Atıksu arıtma tesislerinin tasarım raporlarında açıkça belirtilmemiş olmasına rağmen, tesise girişte atıksuyun BOI₅ konsantrasyonu için 250 mg/l'ten 300 mg/l'te, askıda katı maddeler (AKM) için 330 mg/l 'den 350 mg/l'te kadar değişen değerler kullanıldığı görülmüştür. Bu değerler, bugüne kadar yürütülen örnekleme programlarında elde edilenlerden çok daha yüksek olmasına rağmen, yine de bir atıksudan beklenebilecek tipik değerleri yansıtmaktadır.

Çizelge 4.1’de belirtilen önceki çalışmalar ve İSKİ’de yapılan çalışmalarda yapılan benzer projelerle ilgili parametreler ele alınarak Sazlıdere Havzası yerleşimlerinden verilen atıksuların bertaraf edilmesi için tavsiye edilen parametreler Çizelge 4.2’de verilmiştir. Çizelge 4.2 de ki veriler kullanılarak hesaplanan nüfusa bağlı evsel atıksu yükleri Çizelge 4.3 de görülmektedir. Ayrıca ileride bahsedileceği üzere Sazlıdere köylerinde uygulanacak arazide arıtma yöntemlerinde hedeflenen su kalitesinin tayini açısından Sazlıdere Havzası köylerinin nüfusa bağlı Evsel Atıksu Yükleri Çizelge 4.4 de görülebilmektedir. Bu köyler Baklalı, Boyalık, Dursunköy ve Sazlıbosna köyleri olup, nüfuslar bir önceki bölümde ki nüfus projeksiyon değerlerinden alınmıştır.

Çizelge 4.2 Proje çalışmalarında kullanılmak üzere tavsiye edilen atıksu özellikleri

Parametre	Yıl	Değer
Evsel BOI ₅	2000	60 g/kişi/gün
	2020	70 g/kişi/gün
	2035	80 g/kişi/gün
Evsel AKM	2000	70 g/kişi/gün
	2020	90 g/kişi/gün
	2035	105 g/kişi/gün
NH ₃ -N		6.5 g/kişi/gün
Toplam N	2000	10 g/kişi/gün
	2020	11 g/kişi/gün
	2035	12 g/kişi/gün
Toplam P	Günümüzden 2035 yılına kadar	3 g/kişi/gün

Çizelge 4.3 Sazlıdere havzasında nüfusa bağlı evsel atıksu yükleri (kg/gün)

Yıllar	1980	1990	2000	2020	2035
Nüfus	6962	25617	38829	68080	76730
BOI ₅	418	1537	2330	4765.6	6138.4
Toplam N	70	256	388	749	920
Toplam P	21	77	116	204	230

Çizelge 4.4 Sazlıdere havzasında ki köylerin evsel atıksu yükleri (kg/gün)

Yıllar	1990	2000	2035
Nüfus	2904	3750	5120
BOI ₅	174	225	410
Toplam N	29.0	37.5	61.4
Toplam P	8.7	11.2	15.4

4.2 Endüstriyel Kirletici Kaynaklar ve Kirletici Yükleri

Havzada yapılan tesbit ve değerlendirmelerin sonucunda, Endüstriyel kirletici yüklerin Belirlenmesi Bölüm 3' te geniş kapsamlı olarak yer almaktadır. Özetle, havzada yer alan tesislerin toplam sayısı 116 olmasına rağmen, incelemeye alınabilecek nitelikte 18 tesis bulunmaktadır.

Tesislerin kategori bazında dağılımına bakıldığında 33 tesis ile "Hayvan Besiciliği", 8 tesis ile "Metal Son İşlemler" ve 6 tesis ile "Dökümhaneler" kategorilerinin sayısal olarak ilk üç sırayı aldıkları görülmüştür. Endüstrilerin atık yükleri Çizelge 4.5' te verilmektedir.

Çizelge 4.5 Endüstriyel atık yükleri (kg / gün)

Yükler	Miktar
BOI	219.6
KOI	838.4
AKM	26.1
Toplam N	14.2
Toplam P	1.4
Yağ / Gres	12.4
Toplam Sülfür	1.1

4.3 Yayılı Kaynaklar

4.3.1 Tarım ve Orman Alanları

Sazlıdere Havzasında "Tarım Alanı" amaçlı arazi kullanımına açık kısmen ekilen ve/ veya otlak alanı olarak yaklaşık 9817.73 ha'lık alan bulunmaktadır. Bu alan toplam 16 876.98 ha'lık Sazlıdere Su Havzasının %58.17' sine karşılık gelmektedir. Havza orman alanı ve orman toprağı toplamı yaklaşık 3091.6 ha olup, havzanın % 18.32' sine varan kısmı olarak değerlendirilmektedir. Dolayısı ile tarım ve orman alanlarından özellikle gübre kullanımlarına bağlı azot ve fosfor yükleri ile pestisit kullanımına bağlı zehirlilik yükleri havzada önemli yayılı kaynaklardır. Bu nedenle öncelikle pestisit yükleri değerlendirilmeye çalışılmıştır. Pestisitler doğrudan toprak yüzeyine ve içine uygulanır. Bitki yüzeyine atılan

ilacın önemli bir kısmı toprağa düşer. Bu ilaçlar toprak tipi, çözünübilirlik, kalıcılık ve iklim koşullarına bağlı olarak toprak içinde zamanla hareket edebilirler. Çizelge 4.6' de pestisitlerin toprakta kalıcılık durumları görülmektedir.

Çizelge 4.6 Pestisitlerin toprakta kalıcılık durumları (Öztürk, 1990)

Kalıcılık Durumu	Süre	Pestisit Grubu
Kalıcı değil	1 -12 hafta	Organik Fosforlar ve Karbonatlar
Orta derece	1 - 18 hafta	2-4 D, Atrazine ve diğer birçoklar
Kalıcı	2 -5 yıl	Klorlanmış hidrokarbonlar
Devamlı kalıcı	Devamlı	Civa, Arsenik ve Kurşun Bileşikleri

Pestisitler toprakta iki yolla dağılmaktadır;

- Çözünerek ve drenaj sularına karışarak sürüklenme yoluyla,
- Mikroorganizmaların biyokimyasal etkileri sonucu hidroliz ve oksidasyonla bozulup çözünabilir bileşikler oluşturarak, karbon gazı ve amonyağını çıkartıp basit bir mineral yapıya dönüştürmek suretiyle gerçekleşir.

Pestisitlerin topraktaki kalıntıları süzülerek yeraltı sularına, yüzeysel akışla veya hava yoluyla su toplama havzalarına karışabilirler. Rezervuarı besleyen dereler ise önemli pestisit taşıyıcılarıdır. Dereler, çevrelerindeki ilaçlamalardan kirlenir ve dolayısıyla bu derelerden beslenen rezervuarda kirlenmiş olur. Su havzalarında pestisit kullanımından kaynaklanabilecek toksik etkilerin olumsuzluklarını azaltmak için, daha az zararlı pestisit kullanımı tercih edilmeli, mümkünse suda daha çabuk bozulan, diğer bir deyişle kalıcı olmayan ilaçlar seçilmeli, klorlanmış hidrokarbonlar kesinlikle kullanılmamalıdır.

Sazlıdere Su Havzası, K. Çekmece, Gaziosman Paşa ve Çatalca ilçelerinin bölümlerini kapsamakta olup, tarım amaçlı kullanıma açık alanlarda buğday, arpa, ayçiçeği gibi hububat üretimine ağırlık verilmektedir. Ayrıca sebze ve meyve üretimi de yapılmaktadır.

Havza'da mevcut tarım alanlarında kullanılan pestisitlerin kesin verilerini toplamak mümkün değildir. GOP İlçe Müdürlüğü'nden elde edilen bilgiler, ilin ilçeleri bazında verilmiştir.

Sazlıdere havzasını temsil edebilecek diğer bir su toplama havzası Büyükçekmece'dir. Çatalca ve Silivri ilçelerinin temsil ettiği Büyükçekmece Havzasında tarıma açık alanlarda %80'e varan oranlarda hububat üretimi yapılmaktadır. Sazlıdere Havzasında yer alan tarım alanlarında yürütülen incelemelerde yine benzer oranda hububat üretimine ağırlık verildiği gözlenmiştir. Bu itibarla, Sazlıdere havzasında kullanılan pestisitlerin tanıtımı ve özellikleri Büyükçekmece havzasında kullanılanlarla aynı alınabilir.

Sazlıdere Havzasında yaklaşık 9817.7 ha'lık tarıma ayrılmış alanda kullanılan pestisitler, Büyükçekmece Havzası'ndaki kullanımları ile temsil edilmişlerdir. Ancak, sağlıklı olarak kullanım miktarları belirlenemediğinden, 1993 yılı İstanbul ili ortalama birim alan başına pestisit kullanımı olan 3.88 kg-lt/ha değeri, havzadaki kullanım miktarlarını bulmakta kullanılacaktır. İstanbul il sınırları içerisinde mevcut tarım alanlarında yıllık pestisit kullanım verileri ile Türkiye genelinde kullanımlar ise Çizelge 4.7' de verilmektedir. Çizelgeden de görüldüğü üzere bu veriler ortalama birim alan başına düşen pestisit kullanımlarıdır.

Çizelge 4.7. Türkiye genelinde ve İstanbul ilinde ortalama birim alan başına düşen pestisit kullanımları (kg-lt/ha)

Yıllar	1990	1991	1992	1993
İstanbul ili	4,167	3,667	3,51	3,88
Sazlıdere Havzası				2,34
Türkiye Geneli	1981-1990 Yılları ort. 1,4*			1,25**

Çizelge 4.8' de ise İstanbul ili Sazlıdere Havzası için birim alan düşen 2.34 kg-lt/ha pestisit kullanımı Sazlıdere Havzasında 9817.7 ha'lık tarım alanına uygulanmakta ve Gönenç vd. tarafından belirlenmiş olan toksikolojik sınıflandırma değerleri baz alınarak, havzayı temsil edebilecek kullanım miktarları Çizelge 4.8' 'de verilmektedir.

* İnce ve Bekbölet, 1991

** Aydınol vd., 1993

Çizelge 4.8 Sazlıdere havzasında toksikolojik sınıflandırmaya göre kullanım miktarları bazında pestisit dağılımları

Toplam Kullanım kg-lt/yıl	Sınıf 1 (kg-lt/yıl)	Sınıf 2 (kg-lt/yıl)	Sınıf 3 (kg-lt/yıl)	Sınıf 4 (kg-lt/yıl)
22974	-	2182	14473	6318
% Dağılım	-	%9.5	%63	%27.5
Alıcı Ortama Gelecek Yük	2182 kg -yıl / ha (Sınıf 2)			

Pestisitler toprakta çeşitli mekanizmalar ile bozunmaktadır. Tüm bu mekanizmalar pestisit yapısına ve toprakta kalıcılık durumlarına bağlıdır. Bozunma süresi açısından değerlendirildiğinde, organik yapıdaki pestisitler en kısa sürede bozunmakta ve kalıcılık özelliği bulunmaktadır.

Pestisit uygulamaları ile toprağa ulaşan aktif madde toprakta uzun süre kalabilmektedir. Pestisitlerin toprakta kalma süreleri;

- Toprak türü
- Toprak nemi
- Sıcaklık
- Bitkilerle tutunma
- Rüzgar erozyonu, ve
- su ile derine sızma

faktörlerine bağlı olarak değişmektedir. Çizelge 4.7.'den de görüldüğü gibi Sazlıdere Havzasında pestisit kullanımı sonucu, toprakta süzülerek veya yüzeysel akışla su ortamına ulaşabilecek pestisit yüklerinin neden olabileceği en önemli parametre "Zehirlilik ve Toksisite" dir. Her bir pestisit kimyasal bileşimi, kalıcılık, çözünürlük gibi özelliklerinin bilinmesine rağmen, su ortamına ulaşınca dek, kimyasal, fiziksel ve biyolojik mekanizmaların sonucu hangi etkin özelliklerinin varolabileceğini saptamak güçtür. Pestisitler, aynı zamanda "Zehirlilik Değerlerine" göre de sınıflandırılmıştır. Zirai mücadele ilaçlarının toksikolojik sınıflandırılmasına ait Yönerge maddelerinde, pestisitler zehirlilik açısından dört sınıfta toplanmışlardır. LD₅₀ değerleri; bitkilerin hastalık ve zararlılardan korunma veya kurtarılmasında bizzat etki yapan maddeler, deneme sıçanlarına ağız yoluyla bir defada verildiği zaman, bunların %50'sini öldüren ve deneme hayvanının vücut ağırlığının her kilogramı için miligram olarak ifade edilen o ilacın etkili madde miktarı olarak bulunur.

Gönenç vd. yapmış olduğu çalışma da havzada kullanılan pestisitlerin bu sınıflandırmaya göre kullanım miktarları verilmiştir. Bu kullanımların yaklaşık % 10'u (Sınıf 2) zehirlilik değeri açısından çok önemlidir. Sınıf 4'te yani az zehirli olanlar ve Sınıf 3'te orta dereceli zehirli olan, toplam kullanımın yaklaşık % 90'ı civarındadır. Dolayısıyla yıllık uygulamanın % 9.5'inin (2182 kg-lt/yıl) alıcı ortama "Zehirlilik" yükü getireceği ortaya çıkmıştır.

Tarım ve orman alanlarından özellikle gübre kullanımlarına bağlı kirletici azot ve fosfor yükleri de önemli yayılı kaynaklar arasındadır. Çizelge 4.9' de, tarım ve orman alanlarından kaynaklanan birim kirletici yükler verilmektedir. Çizelge 4.10' da ise birim yükler bazında hesaplanan havzadan kaynaklanan kirletici yükler görülmektedir.

Çizelge 4.9 Yerleşim Alanları Dışında Kalan Alanlarda Birim Kirletici Yükler (İSKİ,1993)

Alan Cinsi	Toplam- N (Azot)		Toplam- P (Fosfor)	
	(Kg/ha)	(Kg/ha-yıl)	(Kg/ha)	(Kg/ha-yıl)
Orman Alanları	2	0,00548	0,05	0,000137
Yeşil Alanlar	5	0,0137	0,10	0,000274
Tarım Alanları	10	0,0274	0,30	0,000820

Çizelge 4.10 Yerleşim Alanları Dışında Kalan Alanlardan Kaynaklanan Kirletici Yükler

Alan Cinsi	Alan (ha)	Toplam-N (kg/yıl)	Toplam-P (kg/yıl)	Zehirliliğe Neden olan Yük (kg/yıl)
Orman Alanı	3091.6	6183.2	154.5	
Tarım Alanı	9817.73	98177.3	2495.3	2182
Toplam Yük (kg/yıl)		104360.5	2649.8	2182
Toplam Yük (kg/gün)		285.9	7.26	5.98

4.3.2 Yerleşim Alanı Yağış Suları Drenajı

Yerleşim alanlarında yağış sularının, su toplama havzalarına ek kirlilik yükü getirdiği bilinmektedir. Çizelge 4.11' da yerleşim alanlarında yağış sularının toplam azot ve fosfor birim yükleri ile birlikte Sazlıdere Havzasında toplam 1 155.8 hektarlık kentleşen ve sanayileşen alana karşı gelen toplam yükleri yanında yerleşik dışı imara açılacak alan 928.8 ha alanda dahil edilerek, gelecekte ki yağış sularına ait oluşacak kirlilik yükleri verilmiştir.

Çizelge 4.11 Yerleşim alanları yağış sularının kirlilik yükleri

Alanlar	Birim N yükü*	Birim P yükü*	Toplam N yükü	Toplam P yükü
1155.8**	3 kg/ha-yıl	0,5 kg/ha-yıl	3467.4 kg/yıl 9.5 kg/gün	577.9 kg/yıl 1.58 kg/gün
2084.6***	3 kg/ha-yıl	0,5 kg/ha-yıl	6253.8kg/yıl 17.1 kg/gün	1042.3 kg/yıl 2.86 kg/gün

4.3.3 Çöp Toplama Alanlarından Kaynaklanan Kirletici Yüklerin Belirlenmesi

Havzada Belediye'ye ait çöp toplama ve döküm alanı bulunmamaktadır. Ayrıca İstanbul Büyükşehir Belediyesi yetkililerinden alınan bilgilere göre kısa vadede gerçekleşmesi planlanan Katı Atık Transfer İstasyonlarının hiçbirisi içerisinde değildir. Dolayısıyla, resmi makamlardan elde edilen bilgilere göre, Sazlıdere Havzasında rezervuara çöp sızıntı sularından gelebilecek kirlilik yükü bulunmamaktadır. Belde ve Mahallelerde ortalama olarak nüfus başına günde 1kg çöp meydana gelmektedir. Katı atık miktarı genelde kış aylarında yakıt olarak odun ve kömürün kullanımı dolayısıyla nüfusla orantılı olarak bir miktar artmaktadır.

Katı atıklar belediye sınırları içinde belediye tarafından haftada 2 gün toplanmaktadır. Ancak araç sayısı kısıtlı olan yerleşimlerde ise belirli günlerde toplama yapılmaktadır. Boğazköy, Taşoluk Beldelerinde toplanan çöpler Kemerburgaz çöplüğüne verilmektedir. Arnavutköy Beldesi'nin çöpleri Halkalı aktarma istasyonuna götürülüyor. Bazı yerleşimlerde toplanan çöpler kaçak olarak terkedilmiş taş ocaklarına verilmektedir. Küçük yerleşimler ve köylerde oluşan az miktardaki katı atık ise çevreye olumsuz yönde etkilemeyecek şekilde kendi arazilerinde bertaraf edilmektedir.

4.4 Toplam Kirletici Yükler

Sazlıdere Havzasında tüm karakökenli kaynaklardan oluşan önemli kirletici yüklerin toplamı tüm yerleşimler için Çizelge 4.12' de verilmektedir. Sadece köylerden gelecek noktasal kaynaklar ile diğer kirletici yüklerin toplamı Çizelge 4.13' de verilmektedir.

* ÖEJV, 1993

** 2001 yılı yerleşik alanlar

*** 2040 yılı için planlanan yerleşik alanlar toplamı (1155.8+928.8)

Çizelge 4.12 Sazlıdere havzasında tüm kaynaklardan oluşan kirletici yükler ve toplamı

Kirletici Kaynaklar	BOI ₅ kg/gün	%	Toplam-N kg/gün	%	Toplam-P kg/gün	%	Zehirlilik kg/gün	%
NOKTASAL								
Evsel (2000 yılı)	2330	91.4	388	96.5	116	98.8		
Endüstriyel	219.6	8.6	14.2	3.5	1.4	1.2		
YAYILI								
Tarım Alanları			269	91.0	6.83	77.3	5.98	100
Orman Alanları			16.9	5.7	0.42	4.8		
Drenaj			9.5	3.2	1.58	17.9		
Toplam	2 549.6	100	697.6	100	126.23	100	5.98	100

Çizelge 4.13 Sazlıdere havzasında sadece köylerden ve diğer tüm yayılı kaynaklardan kaynaklardan oluşan kirletici yükler ve toplamı

Kirletici Kaynaklar	BOI ₅ kg/gün	%	Toplam-N kg/gün	%	Toplam-P kg/gün	%	Zehirlilik kg/gün	%
NOKTASAL								
Evsel (2000 yılı)	225	50.6	37.5	72.5	11.2	88.8		
Endüstriyel	219.6	49.4	14.2	27.5	1.4	11.2		
YAYILI								
Tarım Alanları			269	91.0	6.83	77.3	5.98	100
Orman Alanları			16.9	5.7	0.42	4.8		
Drenaj			9.5	3.2	1.58	17.9		
Toplam	444.6	100	347.1	100	21.43	100	5.98	100

4.5 Sonuçlar

- Çizelgeden de görüleceği gibi, halihazır durumda Havzada toplam kirlilik yükünün önemli kısmı noktasal kaynaklardan gelmektedir. Noktasal kaynaklar arasında da evsel atıksular ön plandadır.
- Azot yükü dağılımına bakıldığında, evsel kaynaklı atıksular ile tarım alanlarında gübre kullanımından kaynaklanan yükler yarı yarıya paylaşılmıştır. Fosfor yükünde ise %90'a varan oranlarda yükün noktasal kaynaklardan geldiği görülmektedir.
- Havzanın arazi dağılımına bakıldığında, sadece %6.85 'inin yerleşim alanı olarak kullanıldığı ve yaklaşık %76.49' unun orman ve tarım alanı olduğu görülmektedir.

Yoğun ve hızlı bir nüfus artışının olduğu havzada evsel nitelikli atıksuların rezervuarın kirlenmesinde tek etkili neden olduğu görülmektedir.

- Sazlıdere Havzasında kümeleşmiş şekilde bulunan yerleşimlerin atıksularının havza dışarısına çıkarılacağı düşünülerek, noktasal kaynaklı atıksuların köylerden ve endüstrilerden geleceğini düşünürsek, Toplam P yükü (Çizelge 4.12' ye göre) % 83 oranında azalmaktadır. Ancak gelen fosfor yükünün % 60' ı yine noktasal kaynaklardan oluşmaktadır.

5 KİRLLENME KONTROL STRATEJİLERİ

5.1.1 Sazlıdere Gölü ve Derelerin Su Kalitesi

1979-1989 yılları arasındaki dönemde, Sazlıdere'deki klor, toplam fosfor, amonyak ve KOİ konsantrasyonları nedeniyle derenin Sınıf IV özelliği gösterdiği belirlenmiştir. Koliform bakterisi de aynı dönem içinde Sınıf II özelliği göstermiştir. 1992 yılında Baklalıdere'deki KOİ konsantrasyonu da Sınıf IV özellikleri yansıtmaktadır. Ancak bu gözlemler çok sınırlı bilgilere dayanmakta olduğundan, bu sonuçlardan genel yorumlar çıkarmak pek mantıklı olmayacaktır.

Rapor ekinde verilen Atıksu Ruhsat Denetim Daire Başkanlığı'ndan 1999- 2000 dönemi için alınan Sazlıdere Baraj Gölü' ne dökülen dereler üzerinde ki kirletici konsantrasyon değerleri incelendiğinde

- Baklalı, Boyalık ve Dursunköy yerleşimlerinin atıksularını toplayan derelerin toplam fosfor dışında ki parametreler açısından Sınıf I özelliği gösterdiği ancak toplam fosfor konsantrasyonu 0.2 mg/lt olduğu için bu parametre açısından Sınıf II-III özelliği gösterdiği belirlenmiştir.
- Sazlıdere Havzasında kümeleşmiş şekilde bulunan yerleşimlerin atıksuyunu toplayan Türkköse deresinde ki kirletici konsantrasyonlar incelendiğinde klor, toplam fosfor, amonyak, KOİ ve BOİ konsantrasyonları nedeniyle derenin Sınıf III ile IV özelliği gösterdiği belirlenmiştir.

1992 ve 1995-1998 yıllarına ait Sazlıdere su kalitesi verileri İSKİ' den temin edilmiştir. Melen Çayı'nda olduğu gibi, burada da parametrelerin çoğunun konsantrasyonları iç sular için belirlenen I. ve II. Sınıf kriterlerini sağlamaktadır. Bu parametrelere pH, renk, ÇO, NO₃-N, sülfat ve BOİ de dahildir. Ancak, suyun 1992'deki mikrobiyolojik durumu düşük kaliteli olup, II. Sınıfı aşmakta ve ancak III. Sınıf su kriterlerini sağlayabilmektedir. Daha sonra 1995'de su kalitesinde iyileşme gözlenmiş ve II.-I.Sınıf su kriterleri sağlanmıştır. Ancak, 1997 ve 1998'de bakır seviyeleri ve 1997'de ise kadmiyum seviyeleri III. Sınıfı aşmıştır.

Bu analizler sonucu belirlenen kabul edilmeyecek derecedeki yüksek konsantrasyonların oluşma sebebi, civardaki su toplama havzalarındaki evsel atıksulardır. Sazlıdere Gölü su kalitesi çeşitli parametreler açısından II. İle III. Sınıf arasında olup, 4. Bölümde incelenen

mevcut atık yüklerinin kontrol edilememesi durumunda, rezervuar suyunun kullanımı ancak ileri arıtmadan sonra mümkün olabilecektir.

5.2 Ötrofikasyon Kontrolü için Model Kullanımı

5.2.1 Model Çalışmaları

Göl kirliliği araştırmalarında, göllerin trofik seviyelerinin belirlenebilmesi ve göl ötrofikasyonunun önlenmesi için göldeki besin maddeleri konsantrasyonunun yanı sıra göle giren ve gölden çıkan besin maddelerinin de bilinmesi gerekmektedir. Bir göle giren besin maddeleri, gölün su toplama havzasından ve gölü besleyen akarsulardan kaynaklanmaktadır. Yağış havzasındaki evsel ve endüstriyel atıksular, tarım alanları, ormanlık ve kırsal alanlar, hayvancılık, yağışın kalite ve miktarı göllerde ötrofikasyonu etkileyen başlıca etkenlerdir. Bunlarla birlikte bir gölün hidrolojik verilerinin de bilinmesi önemlidir. Bu nedenle araştırmacılar, göllerin besin maddeleriyle yüklenmesinde yukarıdaki etkenlerin ışığı altında çeşitli matematiksel modeller geliştirmişlerdir. Göllerin kaldırabileceği maksimum fosfor yükünün hesaplanmasında bu modeller kullanılmaktadır. Dolayısıyla gölleri besin maddesi düzeyine göre (oligotrofik, mezotrofik, ötrofik olarak) sınıflandırmak mümkün olmaktadır.

Bir gölün besin maddesi düzeyinin (trofik düzeyinin) belirlenmesinde, besin maddesi konsantrasyonları, fitoplankton üretimi, berraklık ve hipolimnion tabakasında oksijen tüketimi gibi parametrelerin mühendislik analizlerinde sürekli bir şekilde uygulanmaları zor ve pahalıdır. Buna karşılık göldeki besin maddesi düzeyi, göl içerisindeki besin döngüsü ile göle dışarıdan giren besin maddesi arasında bir ilişki vardır. Bu ilişkinin matematiksel olarak ifade edilmesi önemli kolaylıklar sağlamaktadır. Bu konuda ilk olarak Vollenweider (1968) tarafından "göl ortalama derinliği - yıllık fosfor yükü - trofik düzey" ilişkisi bir model çerçevesinde ortaya konmuştur (OECD, 1982).

Bu ilk model, besin düzeyinin yanı sıra göllere yapılacak azot ve fosfor yüklemelerinin müsaade edilebilecek ve tehlike arz edecek sınırlarını vermesi nedeni ile ilk yıllarda genel kullanım amacı bulmuştur. Aradan geçen sürede diğer araştırmalar bu modelin uyumsuzluklarını ortaya koymuştur. Edmondson (1970) bu modeli faydalı bulmakla birlikte, göldeki fosfor yükünün artmasının, göle giren akım miktarının yanı sıra besin maddesi konsantrasyonlarına veya bunların her ikisine de bağlı olabileceğini, dolayısıyla besin

maddesi yükü ile hidrolik yük ilişkisi üzerinde durulması gereğini işaret etmiştir. Rast & Lee ve arkadaşları (1978), modele göl yüzey alanı ile su yenilenme süresinin dahil edilmesi gerektiğini belirtmiştir.

Bu gelişmeler üzerine "fosfor yükü- ortalama derinlik " modeli, hidrolik yenilenme süresi de dikkate alınarak değiştirilmiştir (Vollenweider, 1975). Kütle dengesi prensibine dayanan bu giriş / çıkış modeli, tüm göl suyundaki besin maddelerinin homojen olarak dağıldığını kabul etmektedir. OECD (1982) tarafından hazırlanmış olan ötrofikasyon programının değerlendirilmesi bu modele dayanmaktadır.

Göllerin besin maddesi miktarı hesaplanarak OECD tarafından hazırlanan grafik üzerinde (Şekil 1) gölün hangi trofik seviyede olduğu tespit edilebilmektedir. Grafiğin yatay eksen fosfor yükünü ($\text{g/m}^2/\text{yıl}$) olarak, dikey eksen ise gölün derinliğinin, bekleme süresine oranını göstermektedir. Bu grafikte kullanılan değerler Çizelge I' de Senaryo I ve II için (2000 yılı) gösterilmiştir. Şekil 1' de görüldüğü üzere Senaryo I ve II için gölün trofik seviyesi ötrofiktir.

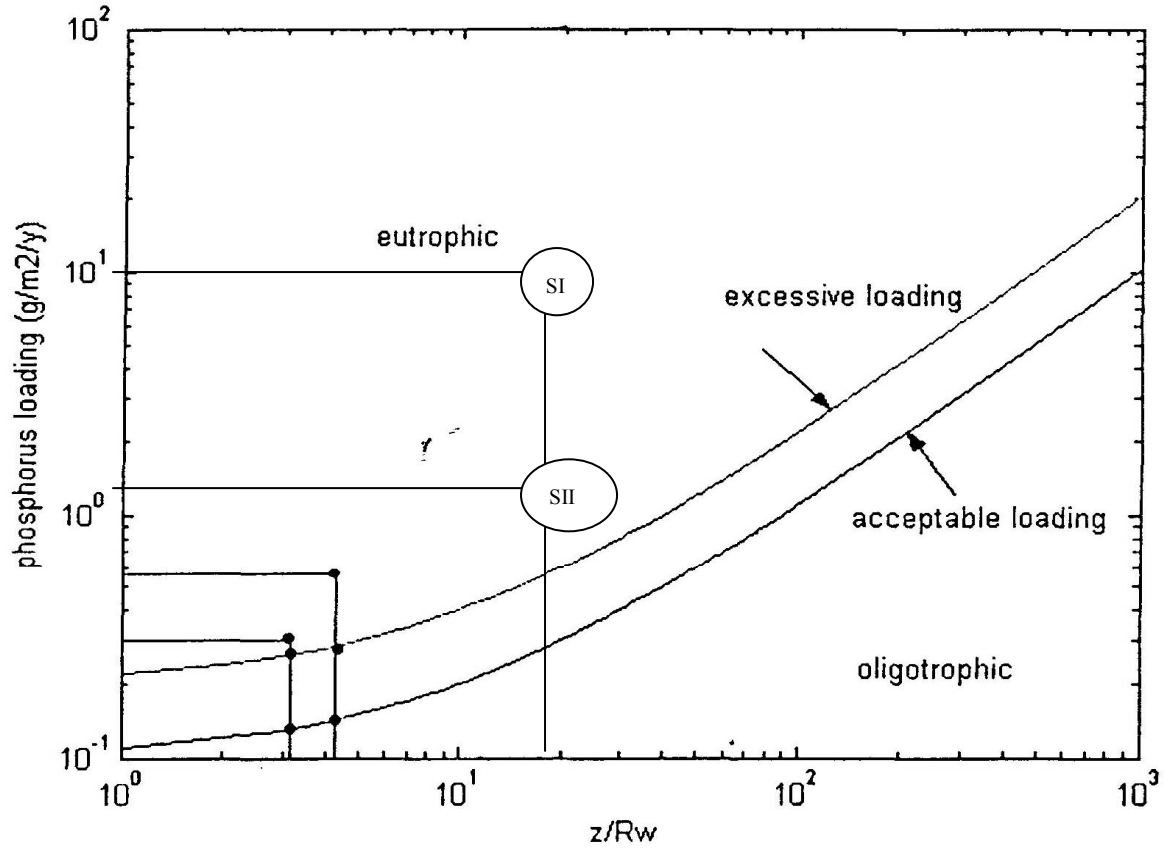
Baraja giren toplam fosfor konsantrasyonu Şekil 2' de ki grafik yardımıyla irdelendiğinde:

Senaryo I için göl trofik seviyesi %17 oranında ultra oligotrofik veya mezotrofik, %67 oranında oligotrofik tir.

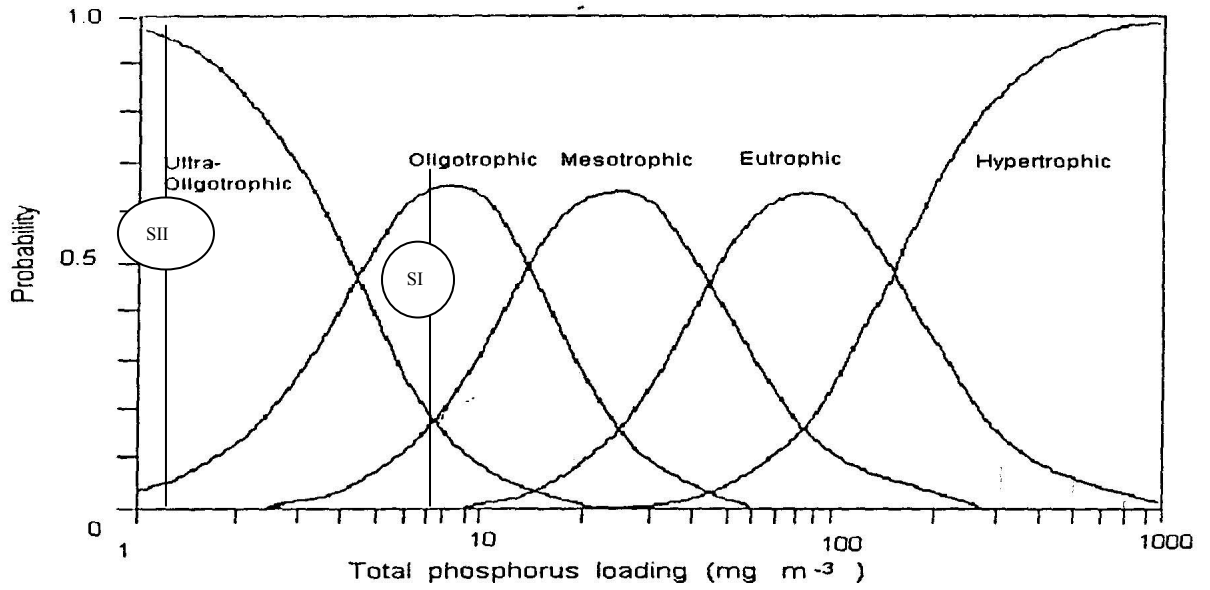
Senaryo II için ise %3 oranında ultra oligotrofik, %97 oranında oligotrofik' tir.

Çizelge 5.1 Baraj birim alanına gelen yük ile yükseklik ve bekleme süresinin hesaplanması

SENARYO	Baraj Birim Alanına Gelen Yük Jih/A, ($\text{g/m}^2\text{-yıl}$)		Bekletme Süresi $T_w=V/Q_E$ yıl		Yükseklik z (m)		Yükseklik/Bekl. Süresi (z/ T_w)		Baraja Giren ΣP Konsantrasyonu PİH, (gram/m^3)
I	10.71	115.18	0.05	1.65	2.8	18.3	59	11	7.21
II	1.74	115.18	0.05	1.65	2.8	18.3	59	11	1.17



Şekil 5.1 Gölün trofik seviyesi'nin derinlik ve bekleme süresi ile orantısı



Şekil 5.2 Trofik seviyesi'nin fosfor yükü ile değişiminin yüzde (%) olarak oranı

Bir gölün besin maddesi düzeyinin (trofik düzeyinin) belirlenmesinde, besin maddesi konsantrasyonları, fitoplankton üretimi, berraklık ve hipolimnion tabakasında oksijen tüketimi gibi parametrelerin mühendislik analizlerinde sürekli bir şekilde uygulanmaları zor ve pahalıdır. Buna karşılık göldeki besin maddesi düzeyi, göl içerisindeki besin döngüsü ile göle dışarıdan giren besin maddesi arasında bir ilişki vardır. Bu ilişkinin matematiksel olarak ifade edilmesi önemli kolaylıklar sağlamaktadır. Bu konuda ilk olarak Vollenweider (1968) tarafından "göl ortalama derinliği - yıllık fosfor yükü - trofik düzey" ilişkisi bir model çerçevesinde ortaya konmuştur (OECD, 1982).

Bu çalışmada, yoğun kirlenmeye maruz kalan Sazlıdere Rezervuarına farklı kaynaklardan gelen ve ötrofikasyona neden olan besin maddesi yükleri ve matematik model yardımıyla Sazlıdere Baraj Gölü'nün trofik seviyesi araştırılmıştır. Gölün trofik düzeyinin belirlenmesi amacıyla ülkemizde DSİ tarafından da kullanılan Vollenweider (1982) Modeli'nin bilgisayar programı hazırlanmış ve barajın trofik durumu belirlenmiştir.

Sazlıdere rezervuarının trofik durumunun değerlendirilmesi sonucu (bkz Bölüm 4) ötrofikasyon tehlikesi belirlendiğinden ve tatlı sularda ötrofikasyon için sınırlayıcı besin maddesinin fosfor olduğu açıkça ortaya konduğundan, raporun bu aşamasında dünyanın tüm ülkelerinde yaygın olarak kullanılan amprik modeller yanında arazi kullanım planları kullanılarak gelecek fosfor yükleri hesaplanmış ve bu yükün ötrofikasyonu önleyecek şekilde ne oranda azaltılması gerektiği belirlenmiştir.

5.2.2 Amprik Modeller

Bir rezervuarda genel kütle dengesi ifadesi;

Rezervuar içinde değişim = Göle giren madde miktarı - Gölden çıkan madde miktarı

- Sedimentte birikim + Sedimentten gelen madde miktarı

olarak yazılabilir. Fosfor için bu ifade, tam karışım ve kararlı denge koşullarında

$$Q_i * P_i = Q_C * P_L + P * f \quad (5.1)$$

şeklini alır. Burada;

Q: Rezervuara giren/çıkan debi (i, giren; L çıkanı gösteren indislerdir)

P_i: Rezervuara giren fosfor konsantrasyonu

P_L: Rezervuar içi /çıkışı fosfor konsantrasyonu

f: Çökelme faktörü,

olarak tanımlanmaktadır. Bu genel ifadeden yararlanarak Vollenweider modeli olarak bilinen

$$P = P * (1 + (V/Q)) \quad (5.2)$$

amprik model elde edilmektedir. Ancak Vollenweider modelinde basitleştirme amaçlı yapılan kabuller pratikte her zaman geçerli olmamaktadır. Bu nedenle geliştirilen modifiye edilmiş modeller arasında, özellikle iki tanesi yaygın olarak kullanılmaktadır.

$$\text{OECD(1982) Modeli} \quad P_i = (0.645 P_L)^{1.22} (1 + (Tw)^{1/2}) \quad (\text{toplam } P) \quad (5.3)$$

$$\text{BENDORF(1989) Modeli} \quad P_i * = P_L * (1 + Tw)^{1/2} \quad (\text{orto } P) \quad (5.4)$$

Bu bağıntılarda; V rezervuar hacmini, Q çıkış debisini, Tw bekletme süresini göstermektedir. Bundan sonraki bölümlerde bu iki model kullanılarak hesaplar yapılmaktadır.

5.2.3 Modele Kontrol Stratejileri Geliştirme

Modeller hesap sonuçları aşağıda toplu olarak verilmiştir. Bu hesaplarda; iki senaryo uygulanmıştır.

1. Senaryoda Sazlıdere havzasında ki tüm kirletici yüklerin artırılmaksızın Sazlıdere Barajına geldiği düşünülerek hesaplar yapılmıştır. Modelde bulunan kontrol edilmesi gereken yük, göl şartlarının mezotrofik seviyede tutulacağı düşünülerek hesaplanmıştır. (Çizelge 5.1)

2. Senaryo da ise Sazlıdere Havzasının merkezinde kümeleşmiş şekilde bulunan yerleşimlerin atıksularının havza dışına çıkarıldığı kabul edilerek, noktasal kirletici kaynakların sadece köylerden ve endüstrilerden kaynaklandığı kabulü ile hesaplar yapılmıştır. (Çizelge 5.2)

- A kolonu, Sadece Havzanın kendisinden gelen akışları göstermekte olup, değerler Bölüm1, Çizelge 1.5' den alınmıştır. Ortalama Giren akım değeri 49.2 milyon m³/yıl değeri, günlük giren akım değerini hesaplamak için 1.3 değeri ile çarpılarak 63.9 milyon m³/yıl değeri bulunmuştur. Bu değer çizelge 1.4 de ki değerle uyumludur.
- B kolonu, Gölden çekilen su miktarlarını göstermektedir. Bölüm 1, Çizelge 1.1 ve 1.5 de görüldüğü gibi emniyetli su verimi son hidrolojik verilere göre 55.0 milyon m³/yıl olarak düzeltilmiştir.
- C kolonu, Göl su hacmidir. Bölüm 1, Çizelge 1.3' den alınmıştır. Bu değer maksimum işletme kotu için 91.3x10⁶ m³, minimum işletme kotu için ise 2.57x10⁶ m³'tür.
- D kolonu, Göl su yüzeyi alanını göstermektedir. Bölüm 1, Çizelge 1.3' den alınmıştır. Bu değer maksimum işletme kotu için 4.3 Km², minimum işletme kotu için ise 0.4 Km² dir.
- F kolonu, esas olarak Bölüm 4'den alınmıştır.
- J kolonu, Bölüm 1, Çizelge 1.4 de ki en yüksek değer olan 0.50 mg/l (0.50 gr/m³) Senaryo I' de ki hesaplarda kullanılmak üzere alınmıştır. Senaryo II'de ise Sazlıdere Havzasında Su kalitesinin I.Sınıf Olacağı hedeflenerek Barajda Ölçülecek P konsantrasyonu 0.02 mg/l olarak hesaplarda dikkate alınmıştır.

Diğer kolonlar hesap sonuçlarıdır.

Gerek yayılı, gerekse noktasal kaynaklar için kontrol önlemleri değerlendirilerek çeşitli senaryolar oluşturulmuş ve bölüm sonunda bu önlemler özetlenmiştir. Sonuç olarak Havzada P kaynağı olarak en büyük orana sahip yerleşim bölgelerinin P yüklerinin model sonucunda da görüleceği üzere %90' nın üzerinde bir oranda azaltılması gereklidir.

5.2.4 Ötrofikasyon Kontrolünde Etkili Stratejiler

Etkili bir ötrofikasyon kontrolü için uygun bir gözleme programı seçilmesi, ölçülen verilerin, ilgili sosyal, teknik, ekonomik ve ekolojik özellikleri ile bir bütün olarak incelenmesi gerekir. En uygun kontrol seçimi koşullara bağlı olarak bölgeden bölgeye değişir. Doğal göl veya rezervuarların ötrofikasyon kontrolü için en etkili yöntem kara kökenli besin girişlerinin,

özellikle de fosforun kontrolüdür. İleri ki bölümlerde özellikle Sazlıdere havzasına ait özel çözüm önerileri ve uygulanan atıksu uzaklaştırma yöntemlerinden detaylı bir şekilde bahsedilecektir. Ancak bu bölümde model çalışmasının devamı olarak kullanılan ötrifikasyon kontrolünde etkili yöntemlerin üzerinde durulacaktır.

5.2.4.1 Göle Boşaltılan Fosfor Yükünün Kontrolü

5.2.4.2 Noktasal Kaynakların Kontrolü

1) Fosforun Kaynağında Doğrudan Azaltılması

a) Fosforun kaynağında arıtılabilmesi için yapılacak bir Atıksu Arıtması İşlemi sırasında Kimyasal Çöktürme ile Fosfat Giderimi; Evsel nitelikli atıksularda kimyasal çöktürme ile fosfor giderilmesi fiziksel-biyolojik arıtma tesislerinde gerçekleştirilebilir.

b) Arazi Kullanımının Kontrolü; Bu metod göl veya rezervuara karasal kökenli nutrientlerin (besin maddesinin) havza içinde yanlış kullanılması sonucu karışmasının kontrol edilmesi veya sınırlandırılmasını gerektirir.

Çizelge 5.2 Senaryo I için Ötrifikasyon kontrolü

Yıllar	A	B	C		D		E		F	G		H
	Sazlıdere Barajı Giriş Debisi, Qi milyon m ³ /yıl	Sazlıdere Barajı Çıkış Debisi, Qe milyon m ³ /yıl	Baraj Hacmi V milyon m ³		Baraj Yüzey Alanı, A km ²		Bekletme Süresi Tw=V/Q _E yıl		Baraja Gelen Yük J _{iH} t/yıl	Baraj Birim Alanına Gelen Yük J _{ih} /A, t/km ² -yıl		Baraja Giren ΣP Konsantrasyonu P _{iH} , gram/m ³
1985	63.9	55.0	2.6	91.0	0.4	4.3	0.05	1.65	17.34	4.03	43.35	0.27
1990	63.9	55.0	2.6	91.0	0.4	4.3	0.05	1.65	34.50	8.02	86.25	0.54
2000	63.9	55.0	2.6	91.0	0.4	4.3	0.05	1.65	46.07	10.71	115.18	0.72

I		J	K		L		M		N		O		P		R		S	
Barajda ΣP Kons. P _{LH} * Gram/m ³		Barajda Ölçülen ΣP Kons P _{LÖ} ** Gram/m ³	Baraja Giren ΣP Kons P _{iö} * Gram/m ³		Baraja Giren ΣP Yüğü J _{io} t/yıl		Baraj Birim Alanında ki Yüğü J _{io} /A t/km ² -yıl		Kritik Konst. P _{ikr} *** gram/m ³		Kritik Yüğü J _{ikr} t/yıl		Baraj Birim Alana Gelen Kritik Yüğü J _{ikr} /A t/km ² -yıl		Baraj Birim Alanında ki Mevcut ve Gelen Yüğü J _t t/km ² -yıl		Kontrol Edilecek Yüğü*** %	
0.15	0.27	0.5	0.31	0.57	19.6	36.7	4.5	91.8	0.04	0.1	2.56	5.11	0.59	12.78	8.58	135.18	93.07	90.55
0.34	0.63	0.5	0.31	0.57	19.6	36.7	4.5	91.8	0.04	0.1	2.56	5.11	0.59	12.78	12.57	178.08	95.27	92.82
0.48	0.90	0.5	0.31	0.57	19.6	36.7	4.5	91.8	0.04	0.1	2.56	5.11	0.59	12.78	15.26	207.00	96.11	93.83

* Formül: $P_i = (0.645 P_L)^{1.22} (1 + (Tw)^{1/2})$ (toplam P)

** Gölün izin verilecek trofik seviyesine göre kontrol edilir. (Mezotrofik şartlara göre belirlenmiştir.)

*** Noktasal ve yayılı kaynaklardan gelen yüklerin kontrolü ile sağlanabilir.

Çizelge 5.3 Senaryo II için Ötrifikasyon kontrolü

Yıllar	Sazlıdere Barajı Giriş Debisi, Qi milyon m ³ /yıl	Sazlıdere Barajı Çıkış Debisi, Qe milyon m ³ /yıl	Baraj Hacmi V milyon m ³		Baraj Yüzey Alanı, A km ²		Bekletme Süresi Tw=V/Q _E yıl		Baraja Gelen Yük J _{İH} t/yıl	Baraj Birim Alanına Gelen Yük J _{İH} /A, t/km ² -yıl		Baraja Giren ΣP Konsantrasyonu P _{İH} , gram/m ³
1990	63.9	55.0	2.6	91.0	0.4	4.3	0.05	1.65	6.56	1.5262	16.4	0.10
2000	63.9	55.0	2.6	91.0	0.4	4.3	0.05	1.65	7.48	1.7384	18.7	0.12
2035	63.9	55.0	2.6	91.0	0.4	4.3	0.05	1.65	8.98	2.0873	22.4	0.14

I		J	K		L		M		N		O		P		R		S	
Barajda ΣP Kons. P _{LH} ⁽¹⁾ Gram/m ³		Barajda Ölçülen ΣP Kons P _{LÖ} ⁽²⁾ Gram/m ³	Baraja Giren ΣP Kons P _{İÖ} * Gram/m ³		Baraja Giren ΣP Yüğü J _{İÖ} t/yıl		Baraj Birim Alanında ki Yük J _{İÖ} /A t/km ² -yıl		Kritik Konst. P _{kır} ⁽³⁾ gram/m ³		Kritik Yük J _{kır} t/yıl		Baraj Birim Alanına Gelen Kritik Yük J _{kır} /A t/km ² -yıl		Baraj Birim Alanında ki Mevcut ve Gelen Yüğü J _t t/km ² -yıl		Kontrol Edilecek Yüğü ⁽⁴⁾⁽⁴⁾ %	
0.04	0.08	0.5	0.31	0.57	19.56	36.73	4.5	91.8	0.04	0.08	2.56	5.11	0.59	12.78	6.07	108.24	90.22	88.19
0.05	0.10	0.02	0.01	0.01	0.39	0.72	0.1	1.8	0.04	0.08	2.56	5.11	0.59	12.78	1.83	20.50	67.48	37.65
0.07	0.12	0.02	0.01	0.01	0.39	0.72	0.1	1.8	0.04	0.08	2.56	5.11	0.59	12.78	2.18	24.25	72.69	47.29

⁽¹⁾ Formül: $P_i = (0.645 PL)^{1.22} (1 + (Tw)^{1/2})$ (toplam P)

⁽²⁾ P konsantrasyonunun Su Kaynakları için 1. sınıf Su Kalitesi değeri (Ek 2 'de görülebilir)

⁽³⁾ Gölün izin verilecek trofik seviyesine göre kontrol edilir. (Mezotrofik şartlara göre belirlenmiştir.)

⁽⁴⁾ Noktasal ve yayılı kaynaklardan gelen yüğülerin kontrolü ile sağlanabilir

2) Dere Giriş Sularının Arıtılması

a) Ön Rezervuarlar; Dere ve rezervuarlardaki nutrientlerin azaltılması biyoreaktörlerin kullanılması ile sağlanabilir. Fosfor giderimi için biyoreaktör olarak ön rezervuarların kullanımı üzerine çalışmalar yapılmıştır (Benndorf ve Pütz, 1987). Ön rezervuarlarda fosfor giderimi biyolojik üretkenliğin artmasıyla ilgilidir. Fosfor ön rezervuarda algal biyokütlenin artması ile flokleşir ve çöktürme yoluyla ön rezervuarlarda büyük miktarda tutulur. Bu tip rezervuarlarda su akış hızı azaltılarak, adsorplanan fosforun kolayca çökmesi sağlanır. Bu proses, biyolojik fosfor gideriminin aksine bazı su kaynaklarında ana fosfor giderme mekanizması olarak görülür. Ön rezervuardan çıkan su genellikle giriş akımından daha düşük fosfor içerir. Birkaç ön rezervuarın seri olarak bağlanmasıyla giriş akımı sularındaki hemen hemen bütün fosforun giderilmesini sağlayacak bir sistem oluşturulabilir.

b) Su Kaynağına Girmeden Önce Dere Giriş Sularının Fiziksel/Kimyasal Arıtımı; Göl veya rezervuarlar, dere giriş sularındaki fosforun filtrasyon ve flokülasyon metodu ile azaltılması ile kirlenmekten kurtulabilir.

c) Giriş Sularına Doğrudan Fosfor Çöktürücü Kimyasal İlavesi; Göldeki dış kaynaklı besin yükü, suyun göle girdiği noktada giriş suyuna, doğrudan fosfor çöktürücü kimyasal madde ilavesiyle azaltılabilir. Özellikle giriş akımı sularının arıtılmasının çok pahalı olduğu durumlarda yüksek fosfor içeren sığ rezervuarlarda kullanımı çok uygundur.

d) Dere Suyunun Filtrasyonunda Alüminyum Oksit Filtresinin Kullanılması; Küçük derelerden fosfor giderimi için yeni bir metod aktive edilmiş alum kolonlarının kullanımıdır. Bu metod, küçük debili (<50 l/s) zengin fosforlu sular olması halinde kullanışlıdır

e) Dere Girişlerinde **Sulak Alanlar Oluşturma**; Sulak alanlarda yetişen çeşitli bitki türlerinin önemli oranlarda nutrient giderdikleri bilinmektedir. Bunlar arasında su mercimekleri ve su sümbülleri en çok kullanılan türlerdir. Bu bitkiler %90 oranında su içerdiklerinden hasat edilip kurutulmaları ile çok az yer kaplarlar ve hayvan yemi olarak kullanılabilirler.

3) Atıksuların Kanalizasyon Sistemi ile Uzaklaştırılması / Akış Yönünün Değiştirilmesi

a) Atıksuların Uzaklaştırılması; Besi maddesi, su kaynağına drenaj havzasındaki belli bir kaynaktan ulaşması halinde borular yardımıyla toplanarak uzaklaştırılabilir. Evsel atıksulann

toplanması ve arıtma tesislerinde arıtılması buna örnektir. Sadece atıksu uzaklaştırması kısa vadeli bir çözümdür. Ancak Sazlıdere havzasında kümeleşmiş şekilde toplanan yerleşimlerin atıksuları tamamı ile havza dışına çıkarılarak etkin bir koruma sağlanacaktır.

b) Sızıntı Çukurları; Sızıntı çukurlarıyla su topraktan geçerken giderilebilir. Bu proses toprağın ince tanecikli kum olması durumunda etkilidir. Fosfor, zemin tabakasının üst yüzeyinde birikerek sudan ayrılır.

5.2.4.2.1 Noktasal Olmayan (Yayılı) Kaynakların Kontrolü

Alıcı sulara girmeden önce kâra kökenli besin yüklerinin kontrolü ile havza alanında nutrient kontrolü kolaylıkla yapılabilir. Bazı ülkelerde etkili ötrofikasyon kontrolü noktasal kaynak programlarından çok noktasal olmayan kaynakların artımıyla ilgilidir.

5.2.4.2.2 Noktasal Olmayan Nutrient Kaynakları ve Olası İyileştirme Metodları

Kentsel yüzey su akımlarının yeraltısuyunun kirlenmesi üzerine olumsuz etkileri vardır. Atıksu arıtma tesislerinde Arıtma proseslerinin aşırı yüklenmesi, birleşik kanalizasyon sistemlerinde olabilecek kaçaklar ve aşın yüklenmeler ve ayrık kanalizasyon sistemlerinden suların doğrudan alıcı ortama verilmesi ile su kalitesi önemli ölçüde etkilenir. Noktasal olmayan nutrient kaynaklarının arıtılmasında asıl amaç kirliliği kaynağında arıtmaktır. Gübre ve haşere ilaçlarının kullanımının azaltılması bu konuda alınabilecek en büyük önlemlerden biridir.

5.2.4.2.3 Noktasal Olmayan Tarımsal Kaynaklar

Göl veya rezervuarlarda ötrofikasyona neden olabilecek tarımsal aktivitelerin potansiyel etkilerini azaltma çalışmalarının iki önemli amacı;

1. Doğal ve suni gübre uygulanmasını bilinçli olarak yapmak, gübrenin su ortamına girişini ve taşınmasını önlemek ve
2. Toprak erozyonunun mümkün olduğunca engellenmesidir..

Yaygın kentsel kaynaklardan daha çok tarımsal yaygın kaynaklı nutrientlerin çeşitliliği fazladır. Kentsel kaynaklardan gelen nutrient yüklerinin miktarları ve tipleri hakkında iki önemli değişken geçirimsiz yüzey alanlarının büyüklüğü (sokaklar) ve caddelerde sürpüntülerin toplanıp, toplanmamasıdır. Tarımsal nutrient kontrol yöntemleri uygun doğal depolama yapılan ve kullanımın içerir. Gübreler karlar eridikten sonra uygulanır. Gübreleme işlemleri birkaç adımda bitkinin ihtiyacı doğrultusunda yapılabilir. Erozyon ve nutrient kaybıyla ilgili azaltma yöntemleri bitki tabakası sıyrılması, melezleme yapma, topografik yapıya uygun ekim yapmak, genelde arazi eğimine dik doğrultuda ekim yapmaktır.

5.2.4.2.4 Göl/Rezervuar Kontrol

Gölde yapılabilecek önemli kontrol yöntemleri aşağıda sıralanmıştır;

1) Nutrient İnaktivasyonu; Bu metotta doğrudan göl veya rezervuara, veya su kaynağına bağlanan dereye fosfor çöktürücü kimyasalların ilavesi söz konusudur. Bu kimyasallar fosforu durdurur veya etkisiz hale getirir. İlave edilen kimyasalların su ortamına zararlı etkisi olması ise yöntemin dezavantajıdır.

2) Seyreltme; Göl veya rezervuarlarda çevreyi tehdit edecek boyutlarda alg birikimi büyüme hızının rezervuar su yenilenme hızından daha hızlı olduğu zaman gerçekleşir. Bazı durumlarda, suyun yenilenme hızının artmasıyla (su bekletme zamanının azaltılmasıyla) göl veya rezervuarda alg birikimi azaltılabilir. Akım oranındaki artış, direkt olarak alg büyümesini azaltmaya bile su kaynağına düşük nutrient içeren suların girişi ile göldeki konsantrasyonu seyreltme yoluyla azaltılabilir. Dezavantajı ise düşük nutrient içeren yüksek miktarda ilave su kaynağına ihtiyaç göstermesidir.

3) Hipolimnetik Havalandırma; Bu metod termoklin tabakasının korunmasını amaçlar. Yöntem hipolimnetik sulardaki oksijen miktarının belirlenmesini gerektirir. Hipolimnionda anoksik koşulları önleyecek oksijen miktarının sağlanmasıyla fosforun açığa çıkması ve çökeltiden suya karışabilecek maddeler azalacaktır. Bu metodun uygulanabilirliği uzun vadede algal büyüme sınırına bağlıdır.

4) Sirkülasyon; Bu metod hipolimnetik havalandırmaya benzer, yalnız bunda termoklinin korunması zordur. İlk amaç su kaynağının karışmasını sağlayarak tabakalaşmasının önlenmesidir.

5) Bazı Hipolimnetik Suların Çekilmesi; Bu metod hipolimniondan zengin nutrientli suların çekilmesini gerektirir. Bu çekilme hipolimnetik hacmin azalmasına yol açar. Bu yöntem küçük ve derin göl ve rezervuarlarda uygulanabilir.

6) Göl Su Seviyesini Düşürmek; Bu metotta dip çökeltilerinin kısmen veya hepsinin açığa çıkacak şekilde göldeki su seviyesini indirmek amaçlanır. Alg ve makrofit kontrolü amacıyla kullanılan bir yöntemdir.

7) Dip Çökeltilerinin Üstünün Kaplanması; Bu metod makrofit büyümeyi azaltmak ve çökelti-su nutrient değişimini önlemek için dip çökeltilerinin plastikle örtülerek veya partiküler maddeler ile kaplanmasıdır. Dezavantajı partiküler maddelerin su yaşamı üzerindeki olası olumsuz etkileri ve maliyetlerle ilgilidir.

8) Çökelti Uzaklaştırma; Göldeki çökelti kontrol yöntemlerinden en etkili taban çamurunu sıyırmaktır. Bu yöntemin başarılı olması sıyrılan çamurun atılmasına uygun bir alanın önceden bulunmasına bağlıdır.

9) Hasat; Bu metod makrofitlerin zararlı olacak şekilde büyümesinin önlenmesi için kesilerek uzaklaştırılmasını amaçlar. Yüzme, su kayağı ve diğer rekreasyon amaçlarını kolaylaştırır. Dezavantajları, işlemin sürekli tekrarının gerekmesi ve bitkilerin toplanıp uzaklaştırılmasının yüksek maliyetidir.

9) Biyolojik Kontrol; Alg büyümesini ve diğer komponentlerin büyümesini kontrol etmek için özel organizmalar kullanılmasını gerektirir. Örneğin, makrofitlerin kontrolü için balık ve fitoplankton kontrolü için zooplankton kullanılır. Bununla birlikte, ekolojik yapıyı altüst edebileceği için su kaynağına verilen yabancı veya başka iklime ait türlerin ilavesinde son derece dikkatli olunmalıdır. Bu amaçla belli bir büyüklüğe ulaşan balık yavruları rezervuara bırakılmakta ve erişkin balıklar ölümlerinden önce avlanarak rezervuardan uzaklaştırılmaktadır. Böylece ölü balıkların dip çökeltisi oluşturmaya imkan verilmemektedir.

Alg gelişiminin düzenlenmesi için bir başka göl içi kontrol yöntemi fotosentez için gerekli olan güneş ışığı enerjisinin miktarının kontrolüdür. Bu yaklaşımlar pratikte sadece küçük su

kaynaklarında etkin olarak kullanılabilir. Dahası bazı alg türlerinin karanlıkta uzun süre dayanabildikleri de bilinmektedir (Hagedorn, 1981).Alglerin kontrolü, eskiden su kaynaklarına zehirli kimyasal maddeler ilave edilerek yapılmıyordu. Bununla birlikte bu yolla göl veya rezervuarların kimyasallarla kirlenmesine neden olabilir. Böyle maddelerin kullanımıyla alglerin büyük miktarlarda yok edilmesi ve bunların sonradan çürümesiyle gölün oksijen dengesi etkilenir. Dahası böyle kimyasalların düşük konsantrasyonlarla uzun zaman uygulanması alglerin zamanla bu kimyasallara direnç kazanarak büyümesine yol açabilir.

5.2.5 Su Koruma Bölgeleri İçinde Alınacak Tedbirler

Su koruma bölgeleri içinde yer alan köylerin atıksularının arıtılması ve uzaklaştırılması her durum için ayrı ayrı değerlendirilmelidir. Bu değerlendirmeler sırasında dikkate alınması gereken en önemli faktörler, su kaynaklarına yakınlık, mevcut atıksu sistemlerine bağlanabilirlik ve diğer arıtma tesislerine olan mesafelerdir. Bu yerleşim birimlerinin atıksu problemlerine getirilecek en uygun çözüm, atıksuların standart bir toplama sistemiyle toplanarak, koruma bölgesi dışında planlanan veya mevcut bulunan bir sisteme bağlanmasıdır. Topoğrafik koşullar nedeniyle veya başka nedenlerle bu mümkün değil ise mevcut yasa ve yönetmelikler yürürlüğe sokularak, bu yerleşim birimleri için farklı arıtma imkanları değerlendirilebilir.

Su koruma bölgeleri içinde yer alan küçük yerleşim birimlerinden (nüfusu 500'ün altında) gelen atıksular için en uygun arıtma yöntemi fosseptik+sızdırma hendeği gibi yerel sistemlerin kullanılmasıdır. İyi tasarlanmış ve inşa edilmiş fosseptik+sızdırma hendeği sistemlerinin kullanımı atıksu arıtımında kabul edilebilir ve ekonomik bir çözümdür. Bu tip sistemlerin inşasında, sistemin uygun şekilde çalışması ve istenen sonucu vermesi için inşaat çalışmaları kontrol edilmeli ve denetlenmelidir. Her tank senede en az bir kere boşaltılmalıdır.

Nüfusu 500 ile 5 000 arasında değişen ve su havzalarında yer alan yerleşim birimlerinde farklı arazide arıtma imkanları düşünülebilir. Bunlar;

- Oksidasyon Hendeği
- Stabilizasyon Havuzu
- Fakültatif Havuzlar
- Yüzeyden Akıtılarak Arazide Arıtma
- Hızlı ve Düşük Hızlı İnfiltrasyon Yoluyla Arazide Arıtma

- Suda Yaşayan bitkilerin Oluşturduğu Sistemler
- Sulak Alanlar

Ancak bu durumda, çıkan suyun direkt olarak su kaynağına gitmediğinden ve tabii bir filtrasyon işlemi geçirdiğinden emin olunmalıdır. Özellikle, mutlak ve kısa mesafe koruma alanlarında bu uygulama çok dikkatli kontrol edilmeli ve gerektiğinde, ikinci veya üçüncü derece arıtma yapabilen paket tesisler kullanılmalıdır.

5.2.6 Sazlıdere Su Toplama Havzası için Özel Çözümler

Sazlıdere Havzası İstanbul'un kentsel sınırları dışında kalan kırsal bölge olmasına rağmen bu bölgelerdeki hızlı nüfus artışı ve bu nüfusun bölgedeki su kaynakları için oluşturduğu tehlike de gözönüne alınarak atıksuların toplanması ve arıtımı ile ilgili münferit çözümler yanında özel çözümler de oluşturulmalıdır. İkitelli'deki Fatih Sultan Mehmet Han su arıtma tesisine kaynak sağlayacak olan Sazlıdere Rezervuarı, yerleşimlerden gelen atık yüklerinin kontrol edilemesi durumunda ötrifikasyon tehlikesi ile yüz yüze kalabilir. İstanbul Metropolitan Alan Nazım Planı'nda öngörülen bu alanlarda belirtilen yerleşimlerin oluşması halinde bu nüfusun 2035 yılı itibariyle toplam 76 730 kişiye ulaşması beklenmektedir.

Bu atıksuların su toplama havzası dışına aktarılması seçenekler incelenmiştir. Her bir seçenekte, bölge atıksularının toplanarak Küçükçekmece Atıksu Arıtma Tesisine iletileceği kabul edilmiştir. Küçükçekmece Atıksu Arıtma Tesisine için uygun sahanın belirlenmesi ile ilgili olarak, yürütülen optimizasyon çalışması sonuçları, sosyolojik ve çevresel faktörler ile İSKİ'nin bu konudaki görüşleri dikkate alınarak Merkezi Olmayan Çözüm kabul edilmiştir. Yapılan planlamalar sonucunda, Alibeyköy ve Sazlıdere bölgelerinden toplanacak atıksular, Küçükçekmece Gölü'nün kuzeyinde yer alan Küçükçekmece-Kuzey Atıksu Arıtma Tesisine iletilecektir.

Merkezde ki kentsel alanların atıksuları, mevcut derelerin iki yanında inşa edilecek olan kolektörlerle, atıksuların derelere karışmadan önce kuşaklanabilmesine imkan tanıyacak şekilde planlanabilmektedir. Böylece, atıksuların derelere karışmadan önce kuşaklanması sağlanmış olacaktır. Tali atıksu toplama kanalları, dereler boyunca, dere güzergahına paralel olarak devam eden sağ ve sol kuşaklama kollektörlerine bağlanabilmektedir. Genellikle cazibeli olarak toplanan atıksular, bu kuşaklama kollektörlerinden tünel veya terfi hatlarıyla arıtma tesislerine iletilebilmektedir.

Sazlıdere Havzasında dağınık vaziyette bulunan Çatalca İlçesine bağlı Köylerin atıksuları için yapılacak optimizasyon sonucu münferiden ya da toplu olarak toplanıp ileri derecede arıtma imkanları karşılaştırılacaktır. Bu karşılaştırma da özellikle arıtma tesislerinin nutrient gideriminde ki arıtma verimi çok önemlidir. Çünkü merkezde ki yerleşimlerin atıksuları havza dışına çıkarılacağı için rezervuarda herhangi bir kirlilik yükü oluşturmamaktadır. Ancak gelecekte ki nüfusu 5120 kişi olacak kırsal yerleşimlerin (köylerin) atıksularının en ekonomik ve en optimum şekilde arıtılması rezervuarda ki su kalitesi bakımından büyük önem taşımaktadır.

5.2.7 Sonuçlar

- Sazlıdere Havzası ötrifikasyon kontrolü için hazırlanan ve kullanılan Vollenweider modelinde basitleştirilmiş Fosfor yükü dağılımına bakıldığında, fosfor yükünün %93' ün üzerinde (2000 yılı itibari ile) bir oranda azaltılması gerektiği görülmektedir.
- Göle boşaltılan fosfor yükü yukarı da belirtilen noktasal kaynakların kontrolü ile, noktasal olmayan kaynaklarının kontrolü yanı sıra, göl ve rezervuar kontrol yöntemleri ile kontrol altına alınabilmektedir.
- Ancak fosfor yükünün yaklaşık olarak %90'a varan oranlarda noktasal kaynaklardan geldiği görülmektedir. Bu durumda öncelikli olarak noktasal kaynakların kontrol altına alınması gerekmektedir.
- Fosfor yükünün azaltılması ve halen zarar görmekte olan su kalitesinin daha da kötüye gitmesini önlemek için Sazlıdere Havzasında noktasal kaynakların kontrolü için atıksularının toplanması ve havza dışına çıkarılması teklif edilmiştir. Özellikle yerleşimlerin homojen nüfus yoğunluğuna sahip kentleşmiş alanlarından toplanan atıksular Sazlıdere tüneli vasıtasıyla K.Çekmece AAT' ye iletilebilecektir.
- Sazlıdere Havzasının merkezinde kümeleşmiş şekilde bulunan yerleşimlerin atıksularının havza dışına çıkarıldığı kabul edilerek, noktasal kirletici kaynakların sadece köylerden ve endüstrilerden kaynaklandığı kabulü ile hesaplar yapılmıştır. Bu durumda dahi uygulanacak arıtma yöntemleri ile kirletici yüklerin ötrifikasyona neden olmaması için %50 ile % 70 oranında azaltılması gerektiği görülmüştür.
- Noktasal kaynakların kontrol altına alınabilmesi için bu çalışmanın ilerleyen bölümlerinde atıksularının toplanması mümkün olmayan (teknik ve ekonomik olarak) kırsal yerleşimler için en ekonomik ve optimum arıtma imkanı araştırılmış ve çözümler sunulmuştur.
- Yukarıda ki çalışma uygulanacak arıtma yöntemleri sonucunda, ulaşabilecek arıtma seviyesi ve su kalitesi için bizlere ışık tutmaktadır.

6 KIRSAL YERLEŞİMLER İÇİN ÖNERİLER

6.1 Giriş

Sazlıdere Havzasında dağınık vaziyette bulunan Çatalca İlçesine bağlı Köylerin atıksuları yapılacak optimizasyon sonucu münferiden ya da toplu olarak toplanıp ileri derecede arıtılacaktır.

Bu bölgede bulunan köylerde atıksuların münferit bir arıtma tesisi mi, yoksa müşterek bir tesiste birleştirilerek arıtmanın uygun olacağı belirlenirken birçok faktör dikkate alınmaktadır. Bu faktörler belirlenirken sağlıklı bir değerlendirme yapmak için kırsal yerleşimler ile ilgili bir literatür taraması yapılmış ve bu çalışmalar aşağıda özetlenmiştir.

Kırsal Yerleşimler için Öneriler başlığı altında önerilen altyapı çalışmaları ve sıralanan arıtma proses seçenekleri ile birlikte tavsiye edilen prosesler belirlenmiştir. Konuyla ilgili olarak yurtdışında uygulama alanı bulan arıtım için doğal sistemlerle ilgili olarak literatür taraması yapılmış, ilgili makalelerde yurtdışında yapılan çalışmalardan örnekler verilmiştir. Aşağıda özetlenen bu çalışmalarda atıksu arıtma tesisi seçiminde etkili ekonomik ve çevresel faktörlerin yanında küçük yerleşimlerde seçilen düşük maliyetli atıksu arıtma tesisleri ve atıksu yönetim sistemlerine değinilmiştir.

6.2 Arıtım için Doğal Sistemler

Atıksu yönetimi için Doğal arıtım sistemleri, klasik sistemlerden iki farklı kategoride, kullanılan enerji kaynağı (ya da kaynakları) açısından farklı sınıflara ayırabiliriz. Klasik atıksu arıtma sistemleri arıtma proseslerin de yenilenemeyen fosil-yakıt enerjiler kullanılır. Klasik sistemler çoğunlukla doğal yolla meydana gelen biyolojik dönüşümlere dayansa da bu prosesler de tipik olarak (beton, plastik veya çelik) yapay havuzlar kullanılır ve havalandırma, mekanik karıştırma, ve/veya pek çok kimyasal eklenmesiyle güçlendirilirler. Klasik arıtım sistemlerindeki arıtım için gerekli alan doğal arıtım sistemlerine göre oldukça fazladır.

Doğal arıtım sistemleride klasik biyolojik arıtım sistemlerindeki gibi giderilen her kirletici için aynı miktarda enerji girdisine ihtiyaç duyar. Ancak bu enerjinin kaynağı doğal arıtım sistemlerinde farklıdır. Doğal arıtım sistemleri, az ya da çok, güneş ışığı; rüzgarın kinetik enerjisi; yağmur suyunun kimyasal içermeyen enerjisi, yüzeysel sular, ve yer altı suları;

biyokütle ve topraktaki potansiyel enerjiyi kullanır. Özetle doğal arıtım sistemleri arazi yoğunluktur, ancak klasik arıtım sistemleri enerji yoğunluktur.

Çizelge 6.1‘ de her ikisi de son dezenfeksiyona ve 3786 m³/gün arıtma kapasitesine sahip, ileri arıtım çıkış suyu kalitesine ulaşabilen bir klasik aktif çamur arıtma sistemiyle bir fakültatif lagün ve bir yapay sulak alanla birleştirilen bir doğal arıtma sisteminin tahmini yapım, işletim ve bakım masraflarını özetlemekte ve karşılaştırmaktadır. Normalde kırsal alanların atıksularının arıtımında sadece ön arıtım sonrası sulak alan uygulaması da tercih edilebilir.

Çizelge 6.1 3786 m³/gün arıtma kapasitesine sahip, klasik aktif çamur arıtma sistemiyle bir fakültatif lagün ve bir yapay sulak alanla birleştirilen doğal arıtma sisteminin karşılaştırılması

Maliyet Kategorisi	İnşaat Maliyetleri (\$)	
	Klasik ^a A.A.T.	Doğal ^b Arıtma Sistemleri
Mobilizasyon & Yönetim	\$ 95,000	\$ 91,000
Arazi İşleri (Temizleme, Kazı, Dolgu)	981,000	1.336,000
Sulak Alan Bitki Ekimi	0	309,000
Diğer Arazi İşleri(Elektrik, Kontrol ve Borulama)	728,000	1.720,000
Konvansiyonel Ön Arıtma	639,900	0
Konvansiyonel Aktif Çamur	698,000	0
Çamur İşletme	687,000	0
Biyolojik Nitrifikasyon	476,000	0
Klorlama ve Deşarj	208,000	208,000
	\$ 4.112,000	\$ 3.664,000

İşletme ve Bakım Maliyetleri (\$/Yıl)		
Personel	\$ 63,000	\$ 24,000
Kamu Hizmetleri	23,000	5,000
Kimyasallar (Dezenfeksiyon dahil)	23,000	11,000
Ekipman / Araç, gereçler	47,000	5,000
	\$ 156,000	\$ 45,000

Yüksek oranda basitleştirilmiş bu analizde klasik sistem \$4,112,000 civarında bir ilk yatırım masrafiyla beraber, 2 ha arıtma alanı, 427 \$/gün yüksek kalitede işçi, enerji ve kimyasal girdi gerektirmektedir. Doğal arıtım sistemi \$3,664,000 civarında bir ilk yatırım masrafiyla beraber 36 ha arazi, \$123/gün yüksek kalitede enerji ve araziyle beraber doğal kaynak girdileri gerektirmektedir.

^a Nitrifikasyon ve dezenfeksiyonu içeren Klasik Aktif Çamur Tesislerine ait EPA’ dan elde edilen maliyetler (1978- 1983) 1994 yılına adapte edilmiştir

^b Dezenfeksiyonu içeren Fakültatif Havuzlar ve Yüzey Akışlı Sulak Alanlara ait maliyetler EPA’ dan (1983) ve West Jackson County, MS’ dan elde edilmiştir.

3786 m³/gün yaklaşık 15000-20000 kişilik bir nüfusun oluşan atıksu debisidir. Bu arıtım maliyetleri Damlatmalı Filtre işletme ve bakım maliyetleri (IMC Master Plan,1999, Cilt 3, Atıksu Altyapısı) dikkate alınarak 150.000 \$/yıl olarak hesaplanabilir.

Bu seçeneklerin detaylı bir karşılaştırmasında elektrik ve kimyasalları üretmek için fosil-yakıt kullanımındaki enerji kayıplarını (kömür ve petrol) içerecek şekilde arıtım proseslerine odaklanan toplam enerjinin analizi yapılmalıdır. Ancak genellikle bu örnek klasik ve doğal arıtım proseslerinin enerji ve arazi kullanımındaki bireysel bileşimlerinde ne kadar farklı olduklarının iyi bir izahıdır. Klasik teknolojiler pek çok yerde artan atıksu debisi ve yükü ile başa çıkmak için fosil-yakıt kullanımı yanında yüksek oranda kirlilik azalımı sağladığı için atıksu arıtımında çekici bir alternatif olmuştur. Klasik arıtma sistemleri pek çok ileri derecede sanayileşmiş bölgede kirlilik kontrolü için kullanılmaya devam edilecektir, ancak, bu enerji-yoğun sistemlerin bazı negatif yönleri giderek açık hale gelmektedir.

Pek çok klasik arıtım teknolojisinde ortak olan iki çevresel sonuç: (1) yenilenemeyen kaynakların tüketimi, (2) pek çok klasik arıtım teknolojisinden kaynaklanan arıtma çamurları ve yan ürünler.

Fosil yakıtlar önemli yenilenemeyen kaynaklardır ve zamanla tükenmektedirler. Fosil yakıtların herhangi bir gereksiz kullanımı onların daha faydalı alanlarda ki kullanım imkanını yok etmektedir. Örneğin, ikincil ve ileri arıtım sırasında yeniden havalandırma için elektrikten, mekanik güçlü havalandırıcılara kadar kara-yoğunluklu atmosferik difüzyonla sağlanabilir. Doğal havalandırma için fosil yakıtların (kömür ya da petrol) elektrik üretmek için kullanılması bizim elektronik bilgi toplumumuz için yeri doldurulamaz olan bir kaynağı (elektrik) tüketmektedir.

Bu bölümde amaç yurtdışında özellikle ABD' de halihazırda kullanılmakta olan doğal arıtım teknolojilerinin genel bir özetini sunmaktır. Doğal sistemlerin genel kategorisine dahil edilen arıtım teknolojileri: Yüzeyden akıtarak arazide arıtma, hızlı infiltrasyon ve yavaş infiltrasyon yoluyla arazide arıtma, fakültatif lagünler, suda yaşayan bitki sistemleri ve sulak alanlardır.

Bütün bu doğal arıtım teknolojileri nispeten arazi yoğundur; ancak kullanılan enerji kaynağı; özgül arıtım kapasiteleri ve bireysel uygulamalar için farklı pozitif ve negatif etkilere göre farklı arıtma yöntemleri tercih edilebilir. Birçok çalışma ve uygulamaların özeti olarak

Çizelge 6.2 bu doğal atıksu arıtım teknolojilerinin dizayn parametreleri ve maliyetleri açısından karşılaştırılması için hazırlanmıştır.

Çizelge 6.2 Doğal Atıksu Arıtım Teknolojilerinin Karşılaştırılması

Doğal Arıtım Tipi	Ön Arıtım İhtiyacı	Arıtım Hedefleri	Dizayn Parametreleri			İlk Yatırım Maliyeti			İşl.&Bakım Maliyetleri \$/m ³	Atıksu Deşarjı	Avantajlar	Dezavantajlar
			Hidrolik Yük (cm/gün)	Arıtım Alanı (ha/1000 m ³ /gün)	Su Derinl. (m)	\$1,000/ha	\$/m ³ /gün					
Yüzeysel İnfiltrasyon	Septik veya Imhoff Tankında Ön Çökeltme	BOI ve AKM azalımı (2. derece arıtıma yakın)	0.5-4.0	2.5-20	-		1000-3000	0.01-0.10	Yeraltı Suyu	0 deşarj, Düşük enerji kullanımı	Küçük sistemler için	<200 m ³ /gün sınırlı, geçirimli doymun olmayan zeminlere (toprak) ihtiyaç
Yavaş hızlı Arazi Uygulamaları	Ön veya 2. derece Arıtım	BOI, AKM ve Nütrient giderimi	0.15-1.6	6-67	-	60-150	800-2000	0.10-0.20	Yeraltı Suyu	0 deşarj,	Geçirimli doymun olmayan zeminlere ihtiyaç, yüksek enerji maliyeti	
Yüksek hızlı Arazi Uygulamaları	Ön veya 2. derece Arıtım	BOI ve AKM azalımı	1.6-25	0.4-6	<1	300-600	450-900	0.05-0.10	Yeraltı Suyu	0 deşarj, Düşük enerji kullanımı	Yüksek geçirimli doymun olmayan zeminlere potential, nitrat bozunması	
Yüzeysel Akış	Ön veya 2. derece Arıtım	BOI ve AKM azalımı	1-10	1-10	<0.1	240-240	600-1000	0.08-0.15	Yüzeysel Su	Aerobik arıtım, Azaltılmış enerji kullanımı	Mahsul bakımı, AKM artışı,	
Fakültatif Havuzlar	Ön Arıtım	BOI ve AKM azalımı	0.7-3.4	3-14	1.2-2.5	80-160	500-1000	0.07-0.13	Yüzeysel Su	Aerobik/ anaerobik arıtım; Düşük enerji kullanımı	Çıkış suyunda yüksek Alg AKM' si, düşük işletme kontrolü	
Suda yüzen bitkilerin oluşturduğu sistemler	Ön veya 2. derece Arıtım	BOI, AKM ve Nütrient giderimi	2-15	0.7-5	0.4-1.8	270	500-1000	0.12-0.14	Yüzeysel Su	Hasat boyunca Fosfor giderimi	Anaerobik Arıtım; Mahsul hasatı ve uzaklaştırılması; pestisitler	
Sulak Alan	Ön , 2. derece veya 3. derece Arıtım	BOI, AKM ve Nütrient giderimi	0.4-20	0.5-20		25-250	500-1000	0.03-0.09	Yüzeysel Su	Düşük enerji; Aerobik/ Anaerobik Arıtım; Doğal hayat, Doğal ortam	Bitki popülasyonunun bakımı; Alt akışlı sistemlerin hidrolik şartlara uygunluğu.	

Çizelge 6-2’de doğal atıksu arıtma teknolojileri özetlenmiş ve karşılaştırılmıştır. Her teknoloji proje planlama ve uygulama aşamalarında göz önünde bulundurulması gereken avantaj ve dezavantajlara sahiptir. Doğal atıksu arıtma sistemleri, klasik arıtma sistemleriyle karşılaştırıldığında kullanılan enerji kaynağı açısından büyük avantajlara sahiptir. Arazinin müsait olduğu, enerji fiyatlarının yükselmesinin beklendiği ve yasal engel olmadığı durumlarda, doğal arıtma sistemleri çoğunlukla en ekonomik ve pratik alternatifleri oluşturacaktır. Türkiye şartlarında enerji fiyatları dış kaynaklara bağımlı olduğundan hep yükselme eğiliminde olup, kırsal yerleşimlerin birçoğunda arazide arıtma yöntemleri için gerekli alan bulunmaktadır.

Yerinde sızdırma sistemleri, toprak geçirgenlik hızının ve yer altı su seviyesinin kısıtlayıcı olmadığı durumlarda müstakil ve küçük yerleşimler için (siteler, köyler) iyi bir alternatif oluşturmaktadır. Bu sistemler diğerlerine nazaran ekonomiktir, kurulması kolaydır ve çok az işletme ve nadiren bakıma ihtiyaç duyarlar. Yer altı su seviyesinin sızdırma için kısıtlayıcı olduğu durumlarda, YAA sulak alan teknolojileri septik tanklarla birleştirilmiştir. Bu alternatif merkezi kanal sisteminin ve arıtımının fizibil olmadığı durumlarda deşarj noktası, drenaj alanlarına tercih edilmektedir. Küçük ve orta ölçekli kasabalar ve şehirler için değerlendirilmek üzere pek çok doğal arıtma sistemi mevcuttur. Teknik olarak fizibil olduğu durumlarda yüksek oranlı (hızlı) arazi uygulamaları genelde en uygun maliyetli çözümdür. Ortalama ilk yatırım masraflarına ve düşük işletim ve bakım masraflarına sahiptirler. Uygun doğal sulak alanlar çıkış suyu kalitesi açısından en az ikinci derece arıtma kadar arıtım kalitesi sunduğu gibi daha düşük maliyetli bir alternatifi temsil ederler. Doğal sulak alan sistemleri mevcut bitki ve hayvan yaşamında (doğal hayatta) oluşturacağı değişiklikleri en aza indirecek şekilde korunumlu olarak boyutlandırılmalıdır. Böylece çevreye olabilecek olumsuz etkiler en aza indirilmiş olacaktır.

Fakültatif havuzlar, karadan akışlı sistemler ve suda yaşayan bitki sistemleri de ikincil arıtma atıksuyu kabul edecek yeterli özümseme kapasitesine sahip, alıcı ortamın bitişiğindeki küçük şehirler için uygun bir yaklaşım sunar. Karadan akışlı sistemler ve suda yaşayan bitki sistemlerinde sonunda deşarj için yeterli kapasitesi olmayan yerlerde ileri atıksu arıtımı için yapay bir sulak alan, arıtma sonuna eklenebilir. Eğer yüzeysel deşarja izin verilmiyor ve toprak sadece orta geçirgenlikteyse, yavaş akışlı bir kara uygulama sistemi doğal arıtım sistemleri için makul maliyette bir son arıtım alternatifi sunar. Orta ve büyük ölçekli şehirlerde doğal sistemlerin yüksek atıksu akışları için etkili olmadığı düşünülmesine rağmen

Avrupa, Amerika ve Danimarka'da 733.000 m³/gün kapasiteli sulak alanlar bulunmaktadır. Arcata, CA; Orlando, FL; Lakeland, FL; ve Columbia, MO gibi orta ve büyük ölçekli şehirler ekonomik olması yanında, çevredeki ortama ve insanlara sağlayacağı avantaj göz önüne alarak klasik teknolojileri doğal sistemlerle birleştirmiştir. Klasik teknolojiler üçüncül arıtımla birlikte, yüksek kalitede çıkış suyu sağladığından, tekrar (mahsul ve kırsal alan sulamada, habitat sulak alanlarının inşası) kullanılabilir Bu bölümde ABD' deki doğal arıtım sistemleri ile sulak alan arıtım teknikleri karşılaştırılmaktadır. Bu bölümün devamında kırsal yerleşimlerin maliyet optimizasyonunda kullanılan yavaş ve yüksek hızlı infiltrasyon uygulaması ile son zamanlarda yaygın olarak kullanılan sulak alan uygulamaları daha detaylı bir şekilde anlatılmıştır.

6.2 Suda Yaşayan Bitki Sistemleri

Nitrat azotu denitrifikasyonla etkin bir şekilde uzaklaştırılabilir. Eğer bitkiler düzenli olarak hasat edilirse (toplanırsa) azot ve fosfor arıtımı sürekli olarak başarıyla gerçekleştirilebilir. Suda yaşayan bitki sistemlerinde göl derinliği tipik olarak, su sümbülü için 0.4 ila 1.2 m arası, su mercimekli arıtım sistemlerinde 1.2 ila 1.8 m arasındadır.

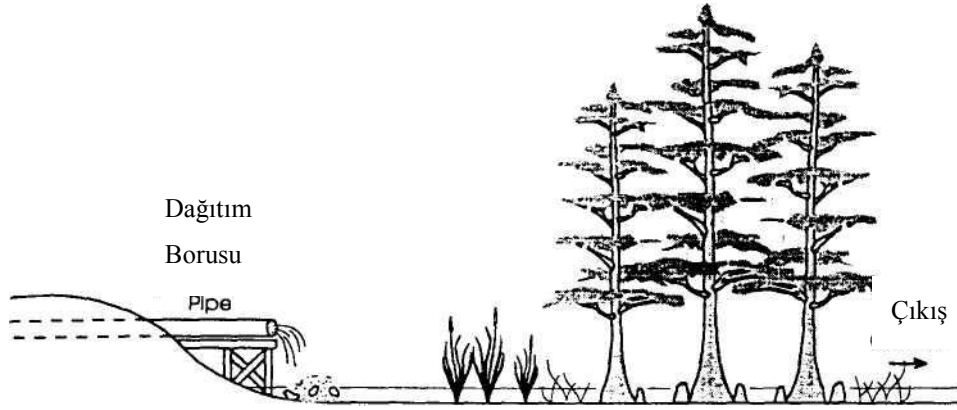
Bu sistemler, biyokimyasal oksijen ihtiyacı kütesel yükünün 100 kg/ha/gün 'den daha az olduğu (limitli) durumlarda ikincil arıtım sağlamak için kullanılabilir. Yüzen suda yaşayan bitki sistemleri atıksuların ileri arıtımı ve nütrient giderimi için kullanıldığında organik yüklemeler 35 kg/ha/gün'den düşük tutulmalıdır. Tipik hidrolik yükleme hızları 2 ila 15 cm/gün aralığındadır. (0.7-5 ha/1000m³/gün) Suda yaşayan bitki sistemleri'nin inşası \$270,000/ha civarında (ilk yatırım masrafları \$500 ila \$1000/mVD arası), işletim ve bakım masrafları\$0.12 ila \$0.14/m³ (WPCF, 1990b) civarındadır.

Yüzen suda yaşayan bitki sistemlerinin geniş kullanımlarını kısıtlayan bazı potansiyel zayıflıkları vardır. Bu sistemler göl yüzeyi kolonizasyonu için bir ya da sadece birkaç türe ihtiyaç olmasına rağmen, sulak alanlarda kısa bir süreçte bu popülasyonun bir kısmını ya da tamamı biranda yıkanabilir. Örneğin, su sümbülleri soğuk hava tarafından kolayca öldürülebilir ve pek çok bitki böceği türü tarafından saldırıya uğrayabilir. Su mercimeği soğuk hava ve böceklere daha az duyarlıdır ancak yine de kış şartları tarafından yok edilebilir. Bir yüzen suda yaşayan bitki sisteminde, bitki popülasyonu kaybedildiğinde arıtımın etkinliği yeni bitkiler oluşana kadar hafta veya aylar boyunca azalır.

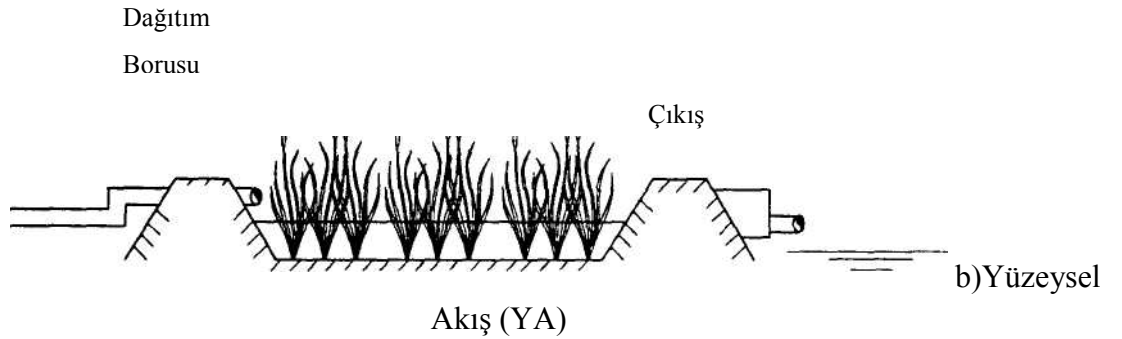
Yüzen suda yaşayan bitki sistemleri için ikinci bir olası problem nütrient giderimi ve bitki büyümesini optimumda tutmada bakım için biyokütlenin toplanmasıdır. Bu bitkiler toplandığında yüzde 95'den fazla su içerir, yani kurutma gereklidir ve kurutulduklarında genelde katı atık bertaraf problemi vardır.

6.3 Sulak Alan Sistemleri

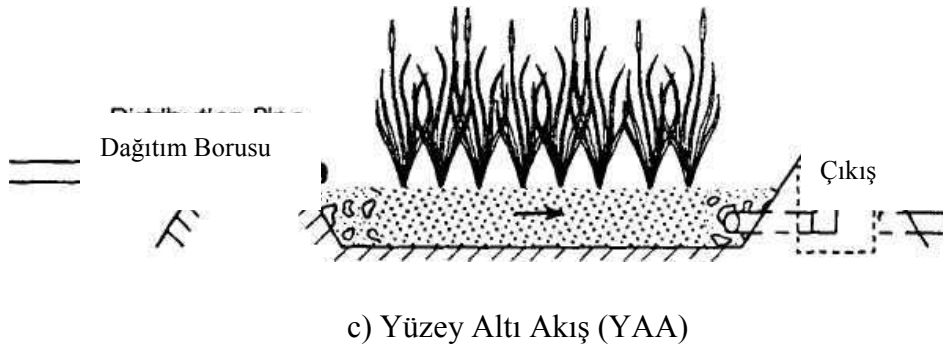
Sulak alan arıtım sistemleri çeşitli tip atıksu arıtımını sağlamak için köklü, suya dayanıklı bitki türleri için sığ, taşmış veya doymuş toprak koşullarında kullanılırlar. Üç temel sulak alan arıtım sistemi çeşitleri: Doğal sulak alanlar, yapay yüzeysel akış(YA) sulak alanları ve yapay yüzey altı akış(YAA) sulak alanları. (Şekil 6.1)



a) Doğal Sulak Alan



b) Yüzeysel



Şekil 6.1 Doğal sulak alanlar, yüzeysel akış(YA) sulak alanları(yapay) ve yüzey altı akışlı (YAA) sulak alanlar (yapay)

Doğal olarak oluşan pek çok çeşit sulak alan olmasına rağmen, yalnızca sürekli taşmaya adapte olmuş bitki türleri içerenler devamlı atıksu akışına imkan tanır. Ayrıca, doğal sulak alanlara deşarj için yüksek düzeyde ön arıtma gereklidir (en az ikincil). Oysa ki yapay sulak alanlar, hem doğal sulak alanların optimum arıtım koşullarını sağlar, hem de her yerde inşa edilebilir. Yapay sulak alanların bir diğer avantajı da atıksuların arıtımı yanında yağmur suları, katı atık depolama sızıntı suları, endüstriyel ve tarımsal atıksular ve asit-maden drenajını kapsayan çeşitli diğer kaynaklardan gelen suların arıtımında da kullanılabilir olmasıdır.

Yüzeysel-akış sulak alanlarda (doğal ve yapay) oluşan çeşitli bitki türleri genelde 0.4 m'den daha az derinliğe sahiptir. Açık su alanları hidroliğin optimizasyonu ve yaban hayatı habitatının geliştirilmesi için dizayn edilebilir. WPCF(1990b)'ye göre, tipik hidrolik yükleme hızları doğal sulak alanlarda 0.4 ila 4.0 cm/gün (2.5 ila 25 ha/1000m³/gün), yapay yüzeysel akış sulak alanlarında 0.7 ila 5.0 cm/gün (2 ila 14 ha/1000 m³/gün) arasındadır

Yüzey altı akış sulak alanları köklü bitkilerin (sulak alan) büyümesi için substrat olarak toprak veya çakıl yatakları kullanırlar. Ön arıtmadan geçmiş atıksular cazibeyle yatay olarak substrat ve bitki köklerinin birlikte bulunduğu yerde yaşayan fakültatif organizmaların karışımı ile temas edeceği substrat yatağa akar. YAA akışlı sulak alanlarda yatak derinliği genel olarak 0.6 m'den azdır ve yatağın dibi, karadan su akışını en aza indirmek için eğimli hale getirilmiştir.

YAA sulak alanlarda kullanılan tipik bitki türleri, saz (kamuş) (*Phragmites australis*), büyük su kamuşu (*Typha* spp.) ve hasırotu (*Scirpus* spp.) dur. Aerobik ve anaerobik bölgelerin karışımını oluşturacak şekilde, oksijenin bir kısmı substrat yatağına direkt atmosferik difüzyonla, bir kısmı da bitki yaprakları ve kök sistemleri yoluyla girer. Doymuş yatağın çoğunluğu pek çok atıksu yüklemesinde (dizayn) anaerobiktir. WPCF(1990b)'ye göre, YAA sulak alanlarında tipik hidrolik yükleme hızları 2 ila 20 cm/gün (0.5 ila 5 ha/1000 m³/gün) arasında değişmektedir.

Sulak alanlar BOI, AKM, toplam azot ve fosforun arıtımı yanında metallerin, organik maddelerin ve patojen mikroorganizmaların arıtımında da oldukça etkilidir. Etkin sulak alan performansı için yeterli derecede ön arıtmanın yanısıra, bozunmayan bileşen miktarı ve hidrolik yükleme hızlarının çok iyi bilinmesi gereklidir. Sistem performansını değerlendirmek için örneklemeler (numune alma) ve bilgilerinin toplanması başarılı işletim stratejisi sağlar.

Sulak alan arıtım sistemlerinde karşılaşılan en yaygın zorluk havalandırılmış toprak şartlarını sağlamadadır. Sulak alan sistemleri oksijen ihtiyacı olan sistemler olup, aşırı su derinliği ile işletilme sonucu aşırı yüklemeler bitki stresi ve biokimyasal oksijen ihtiyacı ile amonyum azotu azalımı, arıtım verimliliğinin azalması yanında sedimentlerde aşırı azalma meydana getirir. YAA yapay sulak alanlarında sık karşılaşılan yaygın bir problem de yüzeysel akışlarla sonuçlanan yetersiz hidrolik meyildir. Mümkün olan yerlerde doğal alanlar; pompalar, borular ve su dağıtım yapıları, arazinin kendi fiyatı dahil en az masrafı gerektirdiğinden tipik olarak en ucuz doğal arıtma alternatifleridir.

Ancak, ön arıtım ve işletim için gerekli izleme masrafları genelde doğal sulak alanlarda daha yüksektir. Yapay YA sulak alanlarda ilk yatırım maliyeti özellikle toprak işi (kazı) masrafları açısından hektar başına \$10,000 ila \$100,000' dır. Yüzey altı akışlı sulak alanlar \$100,000 ila \$200,000/ha arası ilk yatırım masrafları ele alındığında Yüzeysel Akışlı sistemlerden tipik olarak daha pahalıdır. (Knight et al., 1993a). Doğal ve yapay sulak alanlar için işletme ve bakım masrafları genelde düşüktür.(\$0.03 ila \$0.09/m³) (WPCF, 1990b)

6.4 Sulak Alanlar İşletme Performansı ve Çıkış Suyu Kalitesi

Mevcut sulak alan çıkış sularının analizi sonucu sulak alanlarda ki çıkış suyu kalitesi gözlemlenmiştir. Avrupa 'da inşa edilmiş ve işletme de olan 500' ün üzerinde sulak alan mevcuttur. Sulak alanlar evsel atıksuların arıtımı yanında, sızıntı sularının arıtımı, endüstrilerden kaynaklanan ağır metal içeren atıksuların arıtımı, petrol kalıntılarının arıtımı gibi pek çok alanda kullanılmaktadır. Örnek olması için çizelge 6.3' te Kuzey Amerika' ya ait Sulak Alan Sistemlerinin İşletme Performansları verilmiştir.

Çizelge 6.3 Kuzey Amerika Sulak Alan Sistemlerine ait İşletme Performansları

Parametre	Tipi	Konsantrasyon (mg/l)		
		Giriş	Çıkış	Giderim %'si
BOİ5	YA	30.3	8.0	74
	YAA	27.5	8.6	69
	Hepsi	29.8	8.1	73
AKM	YA	45.6	13.5	70
	YAA	48.2	10.3	79
	Hepsi	46.0	13.0	72
NH ₄ -N	YA	4.88	2.23	54
	YAA	5.98	4.51	25
	Hepsi	4.97	2.41	52
NO ₂ +NO ₃ -N	YA	5.56	2.15	61
	YAA	4.40	1.35	69
	Hepsi	5.49	2.10	62
Org. Azot	YA	3.45	1.85	46
	YAA	10.11	4.03	60
	Hepsi	4.01	2.03	49
Topl. Kjeldahl Azotu	YA	7.60	4.31	43
	YAA	14.21	7.16	50
	Hepsi	8.11	4.53	44
Toplam Azot	YA	9.03	4.27	53
	YAA	18.92	8.41	56
	Hepsi	9.67	4.53	53
Orta fosfat	YA	1.75	1.11	37
	YAA	-	-	-
	Hepsi	1.75	1.11	37
Toplam fosfat	YA	3.78	1.62	57
	YAA	4.41	2.97	32
	Hepsi	3.80	1.68	56

6.5 Yapay Sulak Alanların Maliyeti

6.5.1 Giriş

Yapay sulak alanların maliyet bileşenleri maddeler halinde özetlenmiştir.

- Arazi maliyetleri
- Yer araştırması
- Temizleme ve kök kazıma
- Kazı ve toprak işleri
- Liner (taban kaplaması)
- Ortam
- Bitkiler
- Giriş yapıları
- Çıkış yapıları
- Çitle çevirme
- Çeşitli boru hatları, pompalar vs.
- Planlama, yasalar ve beklenmeyen olaylar
- Müteahhidin genel giderleri ve karı

Bu maliyetlerin çoğu doğrudan sistemin dizaynına bağlıdır ve birim maliyetler YA ve YAA sistemleri için aynıdır. İki kavram arasındaki temel fark ortam maliyetidir. (Çizelge 7-1) Bir YAA durumunda 60 cm (2ft) derinliğindeki çakıl genelde yatak malzemesi için kullanılırken, YA sulak alan için 15 cm veya biraz daha fazla nemli arazi bitki örtüsü(humus) büyüme ortamı olarak kullanılır.

6.5.2 İnşaat Maliyetleri

6.5.2.1 Toplam İnşaat Maliyetleri

Bu rapordaki inşaat maliyetleri verileri 9 kullanılmaya hazır yapay sulak alan sistemlerinden ve ilgili yayınlanmış kaynaklardan alınmıştır. Bu 9 sistem: Arcata, CA; Gustine, CA; Mesquite, NV; Ouray, CO; West Jackson County, MS; Mandeville, LA; Sorrento, LA ; Carville, LA; ve Ten Stones, VT.'di.

Bu grup 4 YA ve 5 adet dizayn debisi 0.3 ve 175 L/s arasında değişen YAA içermektedir. Bu alt sistemler için başlangıç tarihleri 1986 (Arcata, CA) ve 1997 (Ten Stones, VT) arasında değişmektedir. Karşılaştırmaya ortak bir temel sağlamak için, bütün maliyetler uygun Engineering News Record (ENR) ve Construction Cost Index (CCR) 1997 Ağustos faktörüne göre kalibre edilmiştir.

Çizelge 6.4' de listelenenler sulak alan sistemleri için yapı maliyetlerini çıkarmak mümkün değildir. Çünkü inşaat sözleşmelerinde bütün proje için teklifler "anahtar teslim" alınmıştır. Ayrıca yerel şartlar ve yerin özellikleri de sulak alan sisteminin maliyetlerini önemli ölçüde etkiler. Örneğin güney Louisiana'daki YAA sulak alanları için yatak malzemesi olan çakılın ithal edilmesi gerekmekte, bu da ilk yatırım maliyetini arttırmaktadır. Bazı sulak alan sistemleri mevcut lagünlerden dönüştürülmüştür. Bu gibi durumlarda temizleme, kök temizleme, kazı ve toprak işleri maliyetleri minimum düzeydedir.

Çizelge 6.4 4645 m² Alanda Kurulan Serbest Yüzeyli ve Ekimli Alt Akışlı Sulak Alanlar için Maliyet Karşılaştırması *

			Serbest Akışlı Sulak Alan		Yüzeyaltı Akışlı Ekimli Yatak	
Madde	Birimler	Birim Fiyat	Toplam Maliyet (\$)	Toplam %	Toplam Maliyet (\$)	Toplam %
Kazı/Sıkıştırma	m ³	\$2.30	13,000	19.4	13,000	10.7
Toprak (45 cm)	m ³	\$1.30	2,800	4.2	-	-
Çakıl (60 cm)	m ³	\$20.95	-	-	51,900	42.6
Kaplama (30 mil PC)	m ²	\$3.75	19,250	28.7	19,250	15.8
Bitkiler	Herbiri	\$0.60	7,500 (60 cm o.c.)	11.2	13,330 (45 cm o.c.)	10.9
Borulama	Anahtar teslim		7,500	11.2	7,500	6.1
Kontrol Yapıları	Anahtar teslim		7,000	10.4	7,000	5.7
Diğer	Anahtar teslim		10,000	14.9	10,000	8.2
			67,050	100.0	121,980	100.0

Çizelge 6.5 1997 Çalışmaları Araştırma Ziyaretlerini İçeren Sulak Alanlara Ait Teknik ve Maliyet Dataları *

Yer	İşletme Tarihi	Alan (hektar)	Akış (m ³ /s)	Hücre No.	Kaplama ¹	Topuk İnşaatı ²	Arazi Maliyeti	İnşaat Maliyeti	\$/m ²	Uyarlanmış Maliyet \$/m ²
Serbest Yüzey Akışlı Sulak Alanlar										
Arcate, CA	1986	3.0	66.2	3	Yok	Yok	\$0	\$225,000	7.43	10.12
Gustine, CA	1987	9.8	22.8	24	Yok	Var	\$0	\$882,000	9.04	12.27
Ouray, CO	1993	0.9	8.7	4	Var	Var	\$55,000	\$108,500	12.16	13.02
W.J.C. MS	1997	20.2	54.8	7	Yok	Var	\$0	\$700,000	3.44	3.44

* Kaynak: EPA, (1980), Construction Cost for Municipal Wastewater Treatment Plants, ,Office of Water and Waste Management, Washington, D.C.,20460, (Chapter 7)

* Kaynak: EPA, (1980), Construction Cost for Municipal Wastewater Treatment Plants,Office of Water and Waste Management, Washington, D.C.,20460

Yüzey Altı Akışlı Ekimli Yatak

Yer	İşletme Tarihi	Alan (hektar)	Akış (m ³ /s)	Hücre No.	Kapla ma ¹	Topuk İnşaata ²	Arazi Maliyeti	İnşaat Maliyeti	\$/m ²	Uyarlanmış Maliyet \$/m ²
Carville, LA	1986	0.3	3.4	1	Yok	Var	\$0	\$100,000	38.64	52.64
Mandevilla, LA	1990	2.3	34.2	3	Yok	Yok	\$0	\$590,000	26.05	32.18
Mesquite, NV	1991	1.9	9.1	12	Yok	Yok	\$0	\$515,000	27.13	32.83
Sorrento, LA	1991	0.07	1.14	1	Yok	Var	\$0	\$75,000	103.44	125.18
Ten Stones, VT	1997	0.04	0.16	2	Var	Var	\$0	\$40,000	84.66	89.66

Bu faktörlerin sonucu olarak ulusal düzeyde uygulanabilir hektar başına maliyet birim fiyat oluşturmak çok güçtür. Yapılabilecek en iyi şey ön hesaplamalar için faydalı bir dizi fiyat sunmaktır.

Çizelge 6.5, teknik incelemelerde bulunan 9 yapay sulak alan sistemleri için fiyat verilerinin bir özetini sunmaktadır. Çizelge de listelenen fiyatlar sistem yapılandırıldığında her sistemdeki sulak alan bileşeni için hesaplanmış inşaat fiyatlarıdır. Verilerden genel sonuçlar çıkarmak pek çok değişken içerdiğinden zordur. Listelenen sistemler farklı tasarım modelleri ve farklı su kalitesi hedeflerini ulaşmak amaçlı proseslerle tasarlanmıştır, bu nedenle verilen arazi ihtiyaçları ve dizayn debisi arasında bazen farklılıklar olabilmektedir. Bütün sistemler için ortak olan tek maliyet Ouray, CO dışında, her koşulda sıfır olan arazi maliyetleridir. Verilen maliyetler gerçek inşaat maliyetlerine dayanmaktadır. Sistem tasarımı veya yer araştırması gibi bir faktör içermemektedir. Toprağın karakteristiğine ve yer altı suyu koşullarına ilişkin bilgiler ulaşılabilir olduğundan çoğu durumda bu 9 sistem için yer araştırma maliyeti minimum düzeydedir.

Çizelge halinde düzenlenmiş West Jackson Country, MS'deki 20.2 hektar YA sulak alan genişlemesi listelenen en büyük sistemdir ve en düşük birim fiyata sahiptir. Büyük olan hücrelerden dolayı liner ve minimum banket kullanımı alan ihtiyacını düşürmüştür. Ouray, CO YA sulak alanları için listelenmiş en büyük birim fiyatlara sahiptir. Bu sistem membran liner kullanımı yanısıra küçük hücrelerin sayılarından dolayı ortaya çıkan banketler önemli yapı maliyetleri ortaya çıkarmıştır. Diğer kaynaklar büyük YA sistemleri için hektar başına birim fiyatın yaklaşık olarak daha küçük YA sulak alanlarının fiyatının, Çizelge 6.5' deki sunulan aralığa benzer şekilde, 3'te 1'i olduğunu gösterir

Bu nedenle **YA sulak alanları için inşaat maliyetleri** sistemin büyüklüğüne hücre ve banketlerin sayısına, membran kaplamasına olan ihtiyacına bağlı olarak hektar başına yaklaşık **\$34,600 dolar ila \$237,200 arasında değişir**. Sistemin büyüklüğü su kalite hedeflerine ve bölgesel iklim şartlarına bağlıdır. Ek maliyetler herhangi bir arazi araştırmayı, mühendislik dizaynını, ilk ve sonrasındaki arıtım bileşenlerini, atık suların arıtım bölgesine ve çıkış suyunun araziden transferini ve arazi maliyetlerini içerir. Bu fiyatlar YA sulak alanları için belirtilen en yüksek fiyatlardan önemli ölçüde daha yüksektir.

Çizelge 6.5' de listelenen 5 YAA üretim artışından dolayı ekonomik olarak daha avantajlıdır. En küçük iki sistem içim ortalama birim fiyat daha büyük üç sistemin en az iki katıdır. Bu fiyat farklılıklarının bir başka temel nedeni kullanılan kaya ve çakılların bölgesel fiyatlarındaki önemli farklılıklardan kaynaklanmaktadır. Örneğin Sorrento, LA' da Meksika'dan ithal edilen parçalanmış kireç taşı kullanmıştır.

6.5.2.2 Jeoteknik Araştırmalar

Çizelge 6.4' de listelenen sistemlerin sadece dördü hiçbir jeoteknik araştırma yapılmadan inşa edilmiştir. Bunlardan üçü, Arcata, CA; Gustine, CA; ve Mesquite, NV mevcut lagün dönüşümü ile yapıldığından toprak koşulları bilinmektedir. Diğer 5 sistem için beklenen toprak koşullarını belirlemek için bazı sığ sondajlardan faydalanmıştır. Mandeville sulak alanı arazisinde incelemeler ve toprak sondajları için 1997'de güncellenmiş maliyet hektar başına \$2,720 harcanmıştır. (\$1,100/dönüm)

6.5.2.3 Temizleme ve Kök Kazıma

Çizelge 6.4' de verilen sistemlerin üçü arazi hazırlılığının bir parçası olarak temizleme ve kök kazıma ihtiyacı duymuştur. Temizleme ve kök kazıma maliyetleri arazi seviyesine göre nispeten çalılık ve bazı ağaçlar için hektar başına \$4,90 ile, ağaçla kaplı bir arazi için hektar başına \$12,355 arasında değişir. Campell ve Ogden (1999) bu maliyetlerini hektar başına \$2,965 olarak göstermektedir.

6.5.2.4 Kazı ve Toprak işi (Hafriyat)

Kazı ve toprak işi genelde sulak alan bölgesini bitmiş düzeye kadar sınıflandırmaya, yapılan banketleri, giriş yapıları ve YA sulak alanları bitki örtüsünün büyüme ortamı olarak hizmet vermesi için dolgu yatakta ki humusu koruma ve yerleştirmeyi içerir.

Gösterilen iki evsel sistemin ortalama maliyeti m^3 başına \$8,17 civarındadır. Bu maliyetin üçte biri civarı banket ve yokuş inşası için, kalan üçte ikisi ise yatağının yer hizasına indirilmesi için kazı ve YA sistemi için üst toprağın ayrılması ve yer değiştirilmesi için tahsis edilmişti. Campbell ve Ogden(1999) ön hesaplar için varsayılan değer olarak m^3 başına \$1.96 ila \$3.27 dır.

6.5.2.5 Kaplama Maliyeti

Gereksinimlerine bağlı olarak arazideki yerel topraklar dahil pek çok çeşit malzeme kaplama malzemesi olarak kullanılmıştır. Çizelge 6.5' de listelenen sistemlerin büyük bir kısmında kaplama malzemesi olarak mevcut arazide ki toprak kullanılmıştır. Çizelge 6.5' de verilen sistemlerden kalan ikisi plastik membran liner'ler kullanmışlardır. Bu maliyetler Ouray'da m^2 başına \$5.27 olmasına rağmen Ten Stones'ta m^2 başına \$10.01 olarak bulunmuştur. Toprağın kayalık olduğu yerlerde, sentetik materyali deliklerden korumak için altına bir jeotekstil kumaş veya kum tabakası gerekli olabilir. Bu iş Liner maliyetlerin üzerine \$0.54 ila \$0.86/ m^2 ek maliyet getirecektir. Kil ile kaplama sıkıştırma ve deneme maliyeti \$3,23/ m^2 'yi geçebilir.

6.5.2.6 Ortam Maliyeti

Bir YA sulak alanında ortam, sistemde ortaya çıkan bitki oluşumu için büyüme ortamı oluşturacak olan, hazırlanan yatağın tabanının üstüne yerleştirilen dolgu malzemesidir. Yeniden yeşermesi için genelde banket eğimlerine uygulanan üst toprak da benzer bir tabakadır. Bu dolgu malzeme YAA'da ortam yatağına yerleştirilen çakıl ya da kayalardır. Bunlar bitki oluşumunu destekler; fiziksel filtrasyonu, flokülasyonu, sedimentasyonu, askıda mikroorganizma gelişimini ve adsorpsiyon için yüzey tutunmasını sağlar. Bu sistemlerde pek çok farklı boyutta kaya ve çakıl kullanılabilir. EPA araştırmasında gidilen yerlerde arıtım için orta büyüklükte, 20-25 mm çapında çakıl kullanılmıştır. Daha kaba olan 40-45 mm çapındaki kaya giriş ve çıkıştaki dağıtım borularını çevrelemek ve 5-10 mm çapındaki küçük çakıl tabakası da bazen arıtım yatağındaki çakılları çevrelemek için kullanıldı. 10-15 cm çapındaki

kaba taş bazen yan yamaçlardaki açıktaki liner'i kaplamak ve yerin altında hayvanların yuva yapma riskini azaltmak için kullanılabilir. Bu materyaller için birim fiyat materyalin büyüklüğüne, gereken hacme ve kaynaktan sulak alan bölgesine kadar olan mesafeye dayanmaktadır. Ortam genellikle bir YAA yapısının en pahalı parçasıdır. Muhtemelen toplam yapı maliyetlerinin %40 yada 55'ini simgeler.

Çakılın bölgesel varlığı ve YAA'ye nakil mesafesi ortamın maliyetini etkileyen esas faktörlerdir. Ortam maliyetleri (esas yatak için) uygun materyalin bölgesel varlığına dayanarak hektar başına 74.130\$'la 133.440\$ arasında değişir.

6.5.2.7 Bitkiler ve Dikim Maliyeti

Bitki materyalleri bazen bölgesel olarak drenaj hendeklerinin temizlenmesiyle elde edilebilir. Ayrıca eğer yeterli zaman varsa sulak alan inşa bölgesinde fidanlık oluşturmak veya tohumdan filiz yetiştirerek bunları sulak alan hücrelerine dikmek de mümkündür. Bunlar sulak alan sistemleri için büyük çeşitlilikte bitki tipleri sağlayabilir. Çizelge 6.5' de listelenen sistemlerin çoğu ucuz fidanlık stoklarıyla ekilmiştir. Küçük sistemler genelde elle ekilir, büyük sistemler mekanik tohum serpme makinesi kullanabilirler ayrıca fidanlıkta yetişmiş filizler ve bitki fideleri bu amaç için kullanılabilir. Hydroseeding (tohumun basınç altında su ortamında yetiştirilmesi) de Typha tohumları için kullanılabilir. Campbell ve Ogden çalışmaları sonucunda bitki başına tahmini değer olarak \$0.50 ila \$1.00 arasında bir dizi fiyat söylemektedir.

6.5.2.8 Giriş ve Çıkış Yapılarının Maliyeti

Çoğu küçük ve orta ölçekteki sulak alanlar için giriş ve çıkış yapıları genellikle farklı delikli çoklu borularının bazı varyasyonlarıdır. Geniş sulak alan sistemleri genelde hem giriş hem de çıkışlar için düşülü boru veya savak kullanırlar. Ayarlanabilir su seviye çıkış yapıları sulak alan hücrelerinde su seviyesini kontrol etmek için kullanılırlar. Eğer çıkış çoklu boruysa, savak kadar maliyeti olan bir su seviye kontrol yapısı maliyet toplamına eklenmelidir.

6.5.2.9 Çeşitli Maliyetler

Bu maliyetler mühendislik dizayn ve yasal ücretleri, inşaatta beklenmeyen giderleri ve inşaat müteahhidin kar ve genel giderlerini içerir. Bu maliyetler sulak alan sistemlerine özgü değildir ve hesap hazırlamada genelde toplam inşaatın yüzdesi olarak ifade edilir. Mobilizasyon ve bağlantılar ise inşaat maliyetlerine dahil edilir. Çeşitli maliyetlerin genel değerleri aşağıdaki gibidir:

• Mobilizasyon, toplam maliyetin	%5'i
• Bağlantılar, toplam maliyetin	%3'ü
• Mühendislik dizayn hizmetleri, ilk yatırım maliyetlerinin	%15'i
• İnşaat hizmetleri ve başlangıç, ilk yatırım maliyetlerinin	%10'u
• Müteahhidin genel giderleri ve karı, ilk yatırım maliyetlerinin	%15'i
• Beklenmeyen olaylar, ilk yatırım maliyetlerinin	%15'i

Aşağıdaki örnek bu faktörlerin uygulanmasını gösterir. Toplam proje inşaat maliyetleri (ör: işçi, malzeme, ekipman, vs.) \$300,000 kabul edilirse:

• Toplam inşaat maliyetleri		\$300,000
• Mobilizasyon,	%5,	\$15,000
• Bağlantılar,	%3,	\$9,000
• İnşaatın ilk yatırım maliyeti		\$324,000
• Mühendislik,	15%,	\$48,600
• Başlangıç,	10%,	\$32,400
• Genel giderler, kar ve beklenmeyen olaylar,	30%,	\$97,200
• Toplam ilk yatırım maliyetleri		\$502,200

6.5.2.10 İnşaat Maliyetinin Özeti

Maliyet verileri hektar başına dolar, yüzde verileri de toplam maliyetin yüzdesi cinsindendir. Çizelge 6.6'da verilen maliyetler hangi sistem bileşeninin en pahalı olduğunu belirlemek için kullanılabilir. Maliyet verileri arazinin maliyetini, mobilizasyonunu, çevrelemeyi, peyzajı, ön veya son arıtım ünitelerini ile borulamayı içermez.

Çizelge 6.6' da YAA için çakıl ortamının maliyeti en pahalı öğedir, bunu her iki tip sulak alan için de membran kaplama malzemesi takip eder. YAA' daki çakıl ortamının maliyeti kullanılan membrana bakılmaksızın maliyeti belirler. YAS seviyesi sentetik membran yerine yerli killi toprağın sıkıştırılmasına izin veriyorsa, kaplama malzeme maliyetleri ortadan kaldırılabilir. Bu durumda, giriş ve çıkış yapıları için delikli boru manifoldları beton savaklar yerine kullanılabilir.

6.5.2.11 İşletim ve Bakım Maliyeti

Atıksu arıtımı içinde yapay sulak alanlarının işletimi ve bakımı diğerlerine nazaran basittir ve fazla zaman gerektirmez. Fakültatif havuzların işletim ve bakım gereksinimlerine benzerdir. Sulak alan arıtım sisteminde operatörün zamanının çoğu pompalar, dağıtım yapıları, dezenfeksiyon, ve prosesteki diğer klasik bileşenler için harcanır. Sulak alan işletimi ve bakımının muhtemelen en fazla zaman alan yönleri hayvan kontrolü (örneğin: kunduz, misk faresi), vektör kontrolü (sivrisinekler) ve laboratuvar çalışmalarıdır. Crites ve Ogden(1998) YA yapay sulak alanlarının ve YAA sulak alanların işletim maliyetlerini 3,785L arıtılmış su başına sırasıyla \$0.10 ila \$0.30 ve \$0.04 ila \$0.08 arasında değiştiğini bildirmiştir.

Ouray, CO'daki YA sulak alan sisteminde işletim ve bakım gereksinimleri aşağıdaki gibidir:

- Hayvan zararları ve erozyon için kontrol banketleri:Haftada bir
- Çıkış suyu ızgaralarının kontrolü ve temizlenmesi:Haftada bir
- Su seviyesinin ve akış hızlarının gözlemlenmesi ve ayarlanması:Ayda bir
- Giriş bölgesinden çamurun uzaklaştırılması:Gerektiğinde
- Temizleme manifoldlarının boruları:Gerektiğinde
- Sivrisinek kontrolü:Yerel sağlık otoritelerince istenen sıklıkta

Ouray, CO'daki tüm arıtım sisteminin 1997 aylık işletim masrafları :

- Lagün havalandırıcıları için güç: \$1,400
- Lagün çamurunun uzaklaştırılması ve bertarafı:\$ 800
- Çeşitli tedarikler:\$125
- NPDES laboratuvar testleri:\$300
- Ücretler:\$1083
- Toplam:\$3,708

Sulak alanlar için görevlilerin harcamaları gerekli zaman ayda 16 saat ,bunun yıllık maliyeti \$3,000 civarındadır. Bölgesel esasta, bu 0.89-hektar (2.2-dönüm) sulak alan sistemi için yılda hektar başına \$3,370'a karşılık gelmektedir. Bu sulak alan maliyetleri tüm arıtım prosesi için

toplam işletme ve bakım masraflarının 7%'sini temsil etmektedir. Eğer NPDES testlerinden daha sıkı testler gerekirse, o zaman izleme, verileri tüm işletim ve bakım kategorilerinin en pahalısı haline gelir.

Carville'de sulak alan bileşenleriyle doğrudan ilişkili yıllık maliyetler yılda \$650 veya yılda hektar başına \$2,500 olarak hesaplanmıştır. Bu maliyetler tüm arıtım sistemi için toplam işletim ve bakım masraflarının 6%'sı civarındadır.

Arcata, CA'da sulak alanlarla doğrudan ilgili işletme&bakım görevlerinin operatörün günde 20 dakikasını ya da yılda 122 saatini aldığı hesaplanmıştır. Ana konular savak ayarlamaları ve banket araştırmalarıdır. Kar, ikincil olaylar ve destek maliyetleri dahil,maliyet saat başına \$30 olarak kabul edilirse, Arcata sulak alanlarının yıllık işletme&bakım maliyetleri yılda hektar başına \$488 olarak hesaplanmıştır.

Ten Stones, VT'deki küçük sistemde sistemi ve pompaları incelemek ve gerektiğinde su seviyesini ayarlamak için ayda bir buçuk saat gerektiği hesaplanmıştır.Bu hizmetlerin maliyeti saatli \$30, yıllık bakım maliyeti hektar başına \$4,043 olacaktır.

Çizelge 6.6'da gösterilen toplam yıllık işletme&bakım masraflarını ana işletme&bakım görevleri için sıralı kategorilere bölmek mümkün değildir. Ana işletme&bakım görevleri banketlerin ve bitki sağlığının görsel olarak incelenmesi, gerektiğinde su seviyesinin ve diğer akış-kontrol yapılarının ayarlanmasıdır. Hem kunduz hem de misk faresi, sulak alan hücrelerinde bazı böcekler ve bitki örtüsü kadar, banketlerde fiziksel hasara ve sızıntılara sebep olabilir. Eğer rutin görsel incelemeler hasar belirtiyorsa, tamir ve hayvan/böcek kontrolü için daha yoğun işletme&bakım çabaları gerekli olacaktır. Aktif sivrisinek kontrolü California, güneybatı ve güneydoğu eyaletlerinde bir sorun olabilir, bundan dolayı YA sistemlerinin işletme&bakım masrafları artacaktır. Çizelge 6.7' da listelenen sistemlerin hiçbirinde hayvan ya da sivrisinek kontrolü için özel çaba gösterilmemiştir.

Çizelge 6.6. Carville Yıllık İşletme&Bakım Masrafları, LA (570 m³/gün)

Alt Akışlı Yatak

Madde	Yıllık Maliyet (1997\$)
Elektrik	
Havuz havalandırma	4,080
UV Dezenfeksiyon	316
Çeşitli masraflar	350
BakımBanket Tamiri (30 adam-saat)	478
UV sistemin tamiri (60 adam-saat)	956
Banket çimen kesimi (50 adam-saat)	797
Araç&Gereçler Havalandırıcılar	230
UV sistemi	800
Akım Metre	25
NDPES izlemeLabaratuvar (192 adam-saat)	3,209
Malzemeler	50
Toplam	11,591

Çizelge 6.7 İnşa Edilen Sulak Alanlar için Yıllık İşletme Bakım Masrafları

YER	Dizayn Debisi (m ³ /gün)	Arıtma Alanı (ha)	Masraf (\$/ha/yıl)
Ouray, CO (SA)	1375	0.89	3370
Gustine, CA (SA)	3785	9.71	2025
Ten Stones, VT (YAA)	25	0.05	4045
Carville, LA (YAA)	565	0.26	2510

Uzun dönemde, sistemin hidrolik performansını etkilediğinde, sulak alan hücrelerinden birikmiş sedimentleri uzaklaştırmak gerekli olacaktır. Bu sebep için bir artış, sulak alan hücrelerinin dizaynına ve inşaatına dahil edilmelidir.

7 ATIKSU PLANLAMA ESASLARI

7.1 Giriş

7.1.1 Planlama Esasları

Sazlıdere Havzasında da İstanbul genelinde olduğu gibi bir şehirleşme mevcut olduğundan ve havzada bulunan rezervuardan İstanbul için içmesuyu temin edileceğinden dolayı ayırık atıksu sistemleri planlanmaktadır. Planlama gelecekte ki nüfus verileri dikkate alınmaktadır.

Tayakadın köyünün büyük bölümü havza dışarısında kaldığı için bu yerleşim maliyet optimizasyon çalışmalarına dahil edilmemiştir. Havzada nüfusun büyük yoğunluğunun yaşadığı Arnavutköy, Taşoluk ve Haraççı beldelerinin ise atıksularının havza dışarısına çıkarılacağı düşünülerek bir maliyet optimizasyon yapılmamış, atıksu uzaklaştırma maliyetleri Alibeyköy Sazlıdere Fizibilite Ara Raporunda (İSKİ, 2001) hesaplanan şekliyle özetlenmiştir. Sazlıdere Havzasının kuzeyinde bulunan köylerin atıksu uzaklaştırma optimizasyon çalışması yapılırken İSKİ tarafından yapılan master plan çalışmaları da incelenerek gerekli literatür taraması yapılmıştır. Atıksularının bir arada toplanarak veya münferiden arıtılma optimizasyon çalışmaları yapılmış, çıkan sonuçlara göre en ekonomik arıtma yöntemleri belirlenmeye çalışılmıştır. Münferiden arıtma yöntemleri içerisinde arazide arıtma yöntemlerine ait yurtdışı literatürler taranmış, maliyetler yurtiçi maliyetlerle kıyaslanmıştır. Ayrıca son zamanlarda oldukça kapsamlı kullanım alanına sahip sulak alanlarla ilgili çalışmalar yapılmış, Sazlıdere havzasında bulunan köylere gezi yapılarak, arıtma için gerekli alan ve kanalizasyon sistemleri yerinde incelenmiş ve fizibilite çalışması yapılmıştır. Henüz Türkiye’ de bu konu da yapılmış yeterince çalışma olmadığı için maliyetler yurtdışı uygulamalar esas alınarak oluşturulmaya çalışılmıştır. Ancak diğer arıtma yöntemleri ile kıyaslama yapabilmek için Türkiye şartlarını yansıtan, inşa edilmiş tesislerin maliyetini dikkate alan ve detaylı bir maliyet analizine dayanan debi-maliyet münasebetlerine Tuna (1995) doktora çalışmasından alınmıştır.

Sazlıdere Havzasında bulunan yerleşimler iki bölgeye ayrılmış ve köyler için alternatifler geliştirilmiştir. Teklif edilen alternatifler değerlendirilerek hesaplanan, aşağıda belirtilen kısımları içeren bir atıksu sistemi önerilmektedir.

- Atıksu Şebeke,
- Basınçlı Hat,
- Terfi Merkezi,
- Atıksu Arıtma Tesisleri
 - Tam Karışımli Aktif Çamur Tesisleri
 - Uzun Havalandırma
 - Yüksek Hızlı Aktif Çamur Tesisi
 - Damlatmalı Filtre
 - Biyodisk
 - Oksidasyon Hendeği
 - Stabilizasyon Havuzu
 - Yüzeyden Akıtılarak Arazide Arıtma
 - Hızlı ve Düşük Hızlı İnfiltrasyon Yoluyla Arazide Arıtma
 - Sulak Alanlar

Bu çalışmada teklif edilen bu sistemler, önerilen alternatifler arasından teknik ve mali yönden değerlendirme ile yapılacak ve en uygun olan çözüm kabul edilecektir.

7.2 Mevcut Tesisler

Havzalardaki Belde ve Köylerin kanalizasyon durumları hakkında İSKİ Kanal proje Müdürlüğü, proje alanındaki Belediyelerin teknik müdürlükleri ve Köy Muhtarları ile yapılan görüşmelerden elde edilen bilgilere göre:

Haraççı Beldesi ile Boyalık köyünde kısmen bir kanal şebekesi bulunmaktadır.

Dursunköy' ün % 80'inde, Baklalı ve Sazlıbosna köylerinin tamamında kanalizasyon mevcuttur.

Bu yerleşimlerde inşaa olunan atıksu kanalizasyon sistemlerinin bazılarının yeterli eğim ve hızın sağlanamaması sonucu sık sık tıkanma problemleri yaşanması ve bazılarının da göçük vb. sonucu nedenlerle işlevini yitirmiş bulunmaktadır.

Toplanan atıksular yağmursuları ile birlikte fosseptiklerde toplanmakta, fosseptiklerin çamurları belli aralıklarla vidanjörlerle alınıp eski taş ocaklarına verilmektedir. Fosseptiklerin üst suları da yakınındaki dereye iletilmektedir. Ancak havzalarda fosseptik çıkışlarında yeterli çıkış suyu standartları sağlanamadığından dolayı atıksuların fosseptiklere verilmesi uygun görülmemektedir. Fosseptik çıkış suları dereler vasıtası ile kontrolsüz bir şekilde baraja dökülmektedir.

7.3 Atıksu Toplama Sistemleri

Coğrafi durum, atıksu toplama ve arıtma sistemleri merkezi veya münferit çözümler gerektirmeleri yönünden, Sazlıdere Havzalarındaki yerleşimler iki kısımda incelenmiştir. Bu bölümde havzada ki köyler için alternatifler verilmiştir. Teklif edilen diğer alternatifler de ele alınarak aralarında çevresel ve maliyet yönünden bir karşılaştırma yapılmıştır.

Atıksu toplama sistemleri için planlama çalışmaları, hazırlanan nüfus projeksiyonlarına göre çizilen arazi kullanım haritalarında öngörülen imar alanları ve nüfus yoğunlukları esas alınarak sayısal bazda hazırlanmış hali hazır haritalar üzerinde yapılmaktadır. Genel olarak, kentsel alanlardaki atıksu sistemleri, mevcut akarsuların iki yanında inşa edilecek olan kolektörlerle atıksuların derelere karışmadan önce kuşaklanabilmesine imkan tanıyacak şekilde planlanmıştır. Böylece, atıksuların derelere karışmadan önce kuşaklanması sağlanmış olacaktır. Tali atıksu toplama kanalları, dereler boyunca, dere güzergahına paralel olarak devam eden sağ ve sol kuşaklama kolektörlerine bağlanmaktadır.

Genellikle cazibeli olarak toplanan atıksular, bu kuşaklama kolektörlerinden tünel veya terfi hatlarıyla arıtma tesislerine iletilmektedir. Atıksuların ana kolektörlere bağlanması ve arıtma tesislerine iletilmesi için kullanılan toplama sistemleri :

- Atıksu Şebekesi;
- Kolektörler;
- Basınçlı hatlar;
- Tüneller;
- Terfi istasyonlarından meydana gelmektedir.

Sazlıdere Havzasının atıksularının toplanması için teklif edilen alternatifler havzanın topoğrafik analizlere dayalı tabii akışlı iki alt bölge bazında yapılmıştır.

1. Bölge: Sazlıdere Havzası kuzeyindeki dağınık vaziyette bulunan köylerdir. Bu köylerin atıksu arıtmaları için yapılan maliyet optimizasyon çalışması ileriki bölümlerde açıklanmıştır. Bu köyler için yapılan geziler sonucu arıtma imkanları araştırılmış ve gezi notları oluşturulmuştur.

2. Bölge: Sazlıdere Havzası homojen nüfus yoğunluğuna sahip kentleşmiş alanlar arazi kullanım haritalarına dayanılarak tespit edilmiştir. Maliyet optimizasyonu yapılmamış, atıksu uzaklaştırma maliyetleri Alibeyköy Sazlıdere Fizibilite Ara Raporunda (İSKİ, 2001) hesaplanan şekliyle özetlenmiştir.

Aşağıda iki bölgeye ait yerleşimler ve her bölgenin gelecekte ki nüfus tahmini verilmektedir.

1.Bölge : Kuzeydeki Köyler

Sazlıdere Havzasında dağınık vaziyette bulunan Çatalca İlçesine bağlı Köylerin atıksuları yapılacak optimizasyon sonucu münferiden ya da toplu olarak toplanıp ileri derecede arıtılacaktır:

Nihai Nüfus

Boyalık Köyü	1 060
Baklalı Köyü	1 460
Dursunköy	600
Sazlıbosna Köyü	2 000

7.4 Sazlıdere Havzası Köyleri (1. Bölge) Gezi Notları

7.4.1 Baklalı Köyü

Baklalı köyü ovalık bir köy olup yaklaşık 100-150 m kotlarında yerleşmiştir. Baklalı köyü 2000 yılı nüfusu 748 kişi, nihai nüfusu 1460 kişi olarak belirlenmiş olup, yapılan gezide köy atıksularının düzensiz bir şekilde 2 noktadan dereye deşarj edildiği belirlenmiştir. Atıksuların mansap olduğu nokta da ise (Fotoğraf 1) arazide arıtmaya uygun mera alanları bulunmaktadır. (Şahıs ve kısmen köy arazi) . Aşağıda ki resimlerde köyün atıksularının toplandığı Baklalı dere mansap noktası görülmektedir. $Q_{Proje}=1460 \text{ kişi} \times 150 \text{ lt/kişi/gün} \times 1.7 = 375 \text{ m}^3/\text{gün}$



Fotoğraf 7.1 Baklalı Köyü Dere Mansap Noktası

7.4.2 Boyalık Köyü

Boyalık köyü ovalık ve tepelik bir köy olup, 100 m kotlarındadır. Köy içi yerleşim dışında civarında villalar, yazlık evler ve siteler bulunmaktadır. Boyalık köyü nihai nüfusu 1060 kişi olarak belirlenmiş olup, yapılan gezide köy atıksularının köy içi kanalizasyon şebekesi ile toplanıp, köyün mansabında bulunan foseptik kanalına iletildiği belirlenmiştir. Ancak şu an kollektör hattının 400 ya da 500 m lik kısmında bulunan tıkanıklık sebebi ile atıksular derede kontrolsüz bir şekilde yayılmış olup, baraja deşarj edilmektedir. Atıksuların mansap olduğu nokta da ise arazide arıtmaya uygun foseptik ve mera alanları bulunmaktadır. (Köy arazi) . Fotoğraf 2' de köyün atıksularının toplandığı Boyalık dere mansap noktasında ki foseptik ve mera alanları görülmektedir. $Q_{\text{Proje}} = 1060 \text{ kişi} \times 150 \text{ lt/kişi/gün} \times 1.7 = 270 \text{ m}^3/\text{gün}$

- Baklalı köyü nüfusu 1060 kişi olup, toplanan atıksular köy içi kanalizasyon şebekesi ile mansapta bulunan foseptik çukuruna iletilmektedir.
- Atıksuları uzaklaştırmak için arazide arıtma imkanları araştırılmış, atıksuların mansap olduğu nokta da derenin yanında ki mera arazinin köy arazisi olduğu belirtilmiştir. Hakim bitki örtüsü ise sazlıklardır.



Fotoğraf 7.2 Boyalık Köyü Mansap Noktası

7.4.3 Dursunköy

Dursunköy dere ve baraj mutlak koruma alanının hemen yanında bulunmaktadır. Nüfusu 750 kişi olarak belirlenmiş olup, yapılan gezide köy atıksularının köy içi kanalizasyon şebekesi ile toplanıp, köyün mansabında bulunan dereye deşarj edildiği belirlenmiştir. Baraj mutlak koruma alanı ve atıksu deşarj alanlarının kamulaştırılması İSKİ tarafından yapılmıştır. Aşağıda fotoğraf 3' te köyün atıksularının toplandığı dere mansap noktası görülmektedir. Atıksuların mansap olduğu nokta da ise arazide arıtmaya uygun sazlık alanlar bulunmaktadır. $Q_{\text{Proje}} = 600 \text{ kişi} \times 150 \text{ lt/kişi/gün} \times 1.7 = 153 \text{ m}^3/\text{gün}$

- Dursunköy nüfusu 1000 kişi olup, toplanan atıksular şu an kontrolsüz bir şekilde dereye deşarj edilmektedir. Aşağıda ki fotoğrafta atıksuların dere içerisinde kontrolsüz yayıldığı noktalar ve buralarda ki sazlık oluşumu görülmektedir.



Fotoğraf 7.3 Dursunköy Deresi (menfez sonrası görünüş)

7.4.4 Sazlıbosna Köyü

Sazlıbosna Köyü nüfusu 1374 kişi olup, yerleşim 0-50 m kotları arasında kalmaktadır. Yerleşim Sazlıdere Gölünün kenarında olup, havza koruma kuşağının kısa mesafesinde kalmaktadır. Yapılan gezide köy atıksularının köy içi kanalizasyon şebekesi ile toplanıp, köyün mansabında bulunan foseptik çukuruna iletildiği belirlenmiştir. Foseptik çukurunda bulunan bu atıksular direkt göle deşarj edilmektedir. (Fotoğraf 4). Baraj havzasına yakınlığı sebebiyle, atıksular paket arıtma yöntemleri ya da aktif çamur modifikasyonları ile arıtılabilir. Diğer arıtma alternatifleri de ilerleyen bölümlerde incelenecektir. $Q_{\text{Proje}} = 2000 \text{ kişi} \times 150 \text{ lt/kişi/gün} \times 1.7 = 510 \text{ m}^3/\text{gün}$



Fotoğraf 7.4 Sazlıbosna'dan Sazlıdere Baraj Gölü Görünüşü

2.Bölge : Orta Bölgedeki Beldeler ve yakın köyler:

Sazlıdere Havzaları orta bölgesinde toplu halde bulunan, atıksuları merkezi bir sistemle toplanıp uzaklaştırılabilen Beldeler ve Köyler:

Sazlıdere Havzasında Nihai Nüfus

Haraççı Beldesi	29 000
Arnavutköy Beldesi	16 667
Taşoluk Beldesi	22 500
Hacımaşlı Köyü	580
Çilingir Köyü	1 000
Kayabaşı ve Şamlar Köyü	600
Toplam	70 347

Orta bölge (Merkezi) yerleşimleri diye ifade edilen bu bölüm Sazlıdere Havzasının arakesiti civarında kümeleşmiş durumdadır. Bu bölümün 2035 yılı tahmini nüfusu **70 347**'dir.

8 ATIKSU ARITMA SİSTEMLERİNİN DEBİ-MALİYET MÜNASEBETLERİ

8.1 Mukayese Edilen Sistemlerin Maliyet Hesap Esasları

Türkiye şartlarında atıksu arıtma tesislerinin ilk yatırım, işletme ve bakım maliyetlerini debi ile münasebetlendiren birkaç çalışma yapılmış olmasına rağmen, bu çalışmalar ya başka bir ülkenin verileri adapte edilerek veya çok kaba bir keşiften hareketle gerçekleştirilmişlerdir. İhtiyacı duyulan tamamen Türkiye şartlarını yansıtan, inşa edilmiş tesislerin maliyetini dikkate alan ve detaylı bir maliyet analizine dayanan debi-maliyet münasebetlerine bu bölümde Tuna (1995) doktora çalışmasında ulaşılmıştır. Türkiye'deki fiyatlar kullanılarak ve detaylı bir maliyet analizi yapılarak çeşitli arıtma sistemleri için debi-maliyet münasebetleri araştırılmıştır.

Bu çalışmada maliyetler ABD doları cinsinden hesaplanmıştır. Maliyetlerin dolar cinsinden hesaplanması ileriye dönük çalışmalar için, bu çalışmanın anlamını muhafaza etmesine yardımcı olmuştur. Türkiye'deki evsel atıksuları karakterize eden kapsamlı bir araştırma bulunmamaktadır. Bu sebeple yatırımcı kuruluşlar tarafından tamamlanan atıksu arıtma tesislerinin ham atıksu karakteristikleri ve literatür değerlendirilerek bütün sistemlerin maliyet hesaplarında Çizelge 8.1. de verilen karakteristikler kullanılmıştır.

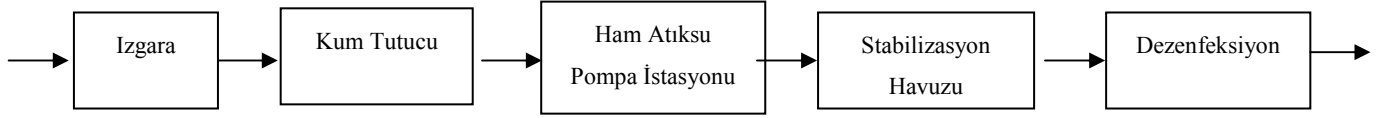
Çizelge 8.1 Ham atıksu karakteristikleri

AÇIKLAMA	DEĞER	BİRİM
ASKIDAKİ KATI MADİDE	175	mg/L
UCUCU KATI MADDE	60	%of SS
CÖKEBİLİR KATI MADDE	15	mg/L
BOİ _k	220	mg/L
CÖZÜNEBİLİR MADDELERİN BOİSİ	75	ma/L
KOI	450	mg/L
CÖZÜNEBİLİR MADDELERİN KOİSİ	350	mg/L
PH	7.6	
KATYONLAR	150	mg/L
ANYONLAR	150	mg/L
PO ₄	17	mg/L
TKN	40	mg/L
NH ₃	25	mg/L
NO ₂	0	mg/L
NO ₃	0	mg/L
YAĞ VE GRES	70	mg/L

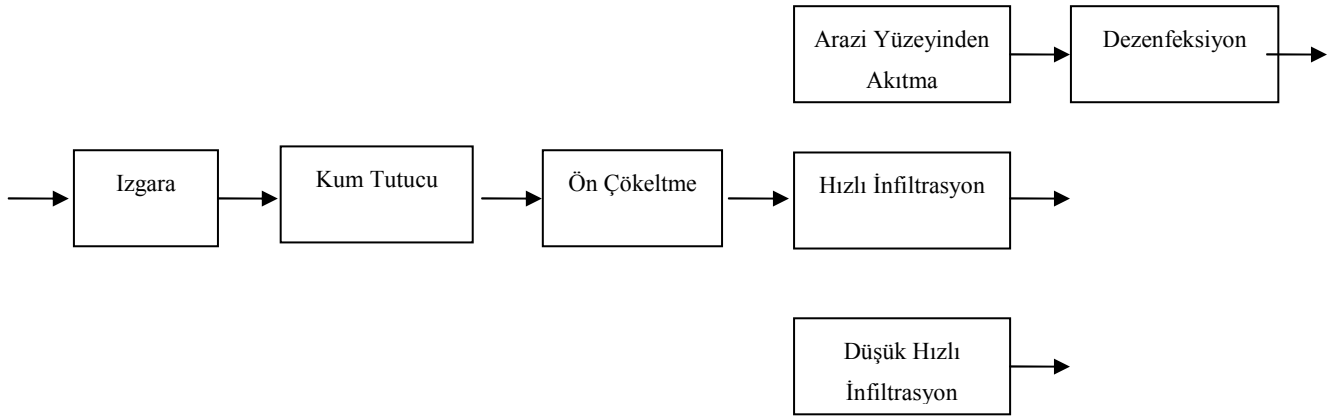
Bu çalışma mukayese maksadıyla yapıldığından maliyetler; başlangıç ortalama ve maksimum debiler eşit alınarak hesaplanmıştır. Bu çalışmada tesislerin maliyetini hesaplamada 350, 800, 3.000, 6.000, 17.000, 40.000, 67.500, 125.000 m³/gün debileri kullanılmıştır. Hesaplamalarda

Türkiye ortalama sıcaklıkları yaz için 23°C ve kış için 10°C olarak dikkate alınmıştır.

Bu çalışmada maliyeti hesaplanarak mukayese edilen sistemlerin akım şemaları stabilizasyon havuzları için Şekil 8.1 de, arazide arıtma sistemleri için Şekil 8.2 de, verilmiştir.



Şekil 8.1 Stabilizasyon havuzlu atıksu arıtma tesisi akım şeması



Şekil 8.2 Arazide arıtma sistemleri akım şemaları

Atıksu arıtma sistemi akım şemalarının seçiminde asgari olarak Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'ndeki deşarj standartlarının sağlanması hedeflenmiş olup, çıkış suyunda; BOI₅ 15 mg/l, KOI 25 mg/l ve AKM 20 mg/l olacak şekilde boyutlandırma yapılmıştır.

8.2 Atıksu Arıtma Tesisleri Maliyet Mukayeseleri

Bu çalışmada hesaplanabilen "toplam proje maliyetleri", "toplam işletme-bakım maliyetleri", 1 m³ atıksuyun arıtılma bedelleriyle mukayese yapılması için yeterli görülmüştür.

8.2.1 Debi-Toplam Proje Maliyeti (İnşaat) Münasebetleri

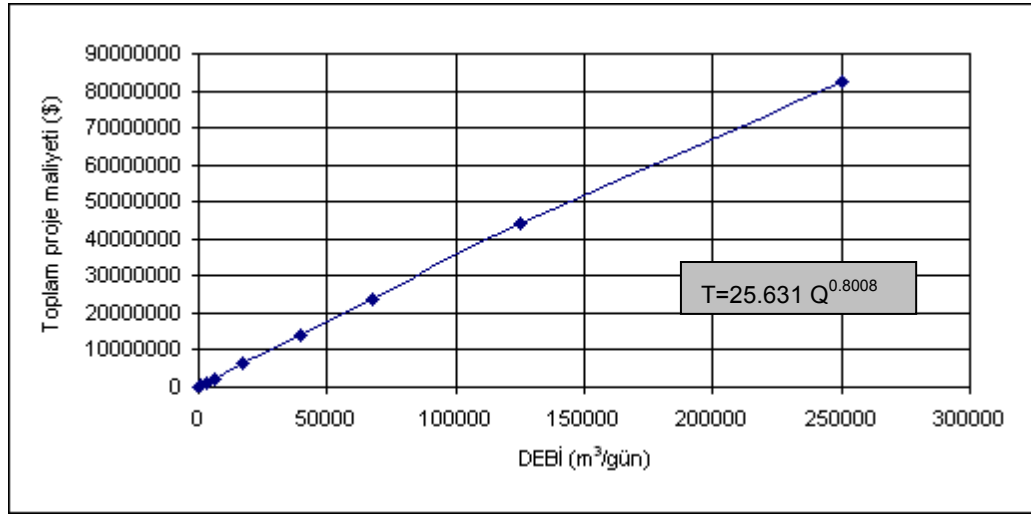
Belirtilen debiler esas alınarak hesaplanan toplam proje maliyetleri her iki eksenini logaritmik grafik kağıdında işaretlenmiş, böylece arıtma sistemi için "debi-toplam proje maliyeti" münasebetleri elde edilmiştir. Her iki eksenini logaritmik grafikte "debi-toplam proje maliyeti" münasebeti bir doğru göstermektedir. İleriki çalışma konularında kullanılmak üzere Şekil 8.3'

de düşük hızlı infiltrasyon yoluyla arazide arıtma sistemlerinin "Debi-Toplam Proje Maliyeti" grafikleri çizilmiştir. Bu doğruların korelasyon katsayılarının 0.95 ila 1.00 arasında olması oldukça yüksek bir münasebeti göstermektedir. Doğruların denklemleri

$$C=a.Q^b \quad (8.1)$$

şeklinde ifade edilebilmektedir.

m ³ /gün	350	800	3000	6000	17000	40000	67500	125000	250000
\$	178171	367591	1255831	2364891	6422253	14042245	23577191	43970459	82204696



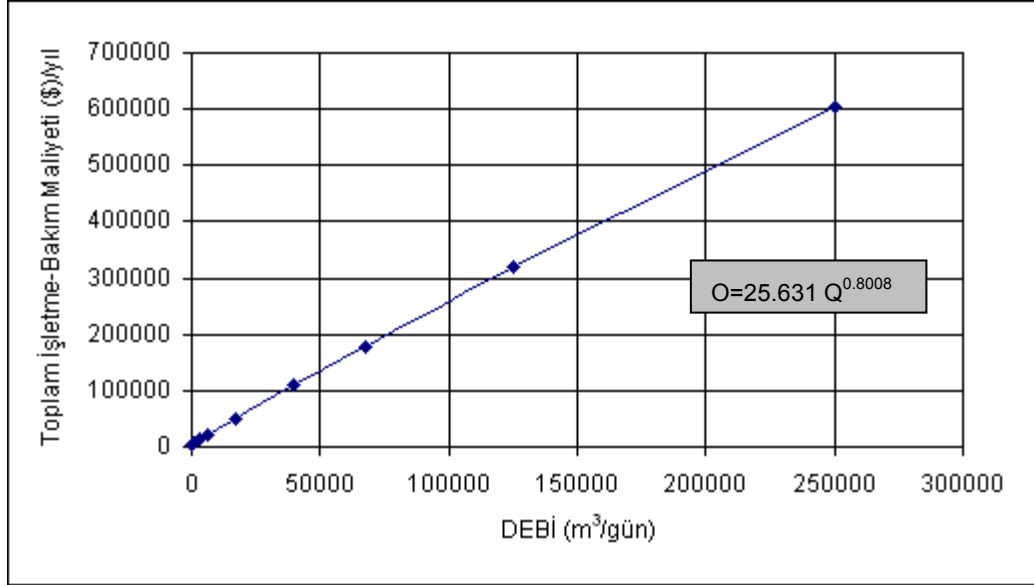
Şekil 8.3 Düşük hızlı infiltrasyon yoluyla arazide arıtma için debi – toplam proje maliyeti grafiği

8.2.2 Toplam İşletme ve Bakım Maliyeti Münasebetleri

Bu çalışma kapsamında dikkate alınan debiler için işletme-bakım işçilik bedelleri, enerji bedelleri, malzeme bedelleri ve kimyasal madde bedellerinin toplamından meydana gelen "Toplam İşletme-Bakım" maliyetleri hesaplanmıştır. Toplam işletme-bakım bedelleri \$/yıl" biriminde verilmiştir. Çift logaritmik eksenli grafik kağıdına debiye karşı toplam işletme-bakım maliyetleri işaretlenmiş ve noktalardan birer doğru geçirilmiştir. Uzun havalandırmalı aktif çamur sisteminde korelasyon katsayısının 0.885 olduğu ve yaklaşık 20.000 m³/gün den büyük debilerde toplam işletme-bakım maliyetinin artış hızının çok azaldığı (hemen hemen sabit bir değere teğet olduğu) tespit edilmiştir. Toplam işletme-bakım maliyetlerinin en büyük yüzdesini (~%60-80) enerji kaleminin oluşturduğu belirlenmiştir. Bunu hem Türkiye'de enerjinin pahalı olması, hem de kullanılan teknolojinin çok enerji tüketen tipler olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Yine ileriki konularda köylerde planlanacak arıtma alternatifleri bölümünde

kullanılmak üzere Şekil 8.4’ de düşük hızlı infiltrasyon yoluyla arazide arıtma sistemlerinin "Debi-Toplam Proje Maliyeti" grafikleri çizilmiştir.

m ³ /gün	350	800	3000	6000	17000	40000	67500	125000	250000
\$/yıl	4097	5796	12722	21258	51066	108390	176380	318108	602640



Şekil 8.4 Düşük Hızlı infiltrasyon yoluyla arazide arıtma için debi – toplam işletme ve bakım maliyeti grafiği

8.3 Debi-Maliyet Münasebetlerinin Genel Değerlendirmesi

Evsel atıksular için, çamur arıtma kısmı hariç arıtma sistemlerinin, istenilen debi için toplam proje maliyetini, toplam işletme ve bakım maliyetini, 1 m³ atıksuyun arıtılma bedelini ve gerekli arazi ihtiyacını tespit etmek mümkündür. Bu denklemler planlama safhası için yeterli hassasiyeti sağlayacak mertebede sonuçlar vermektedir. Tüm arıtma sistemleri için geliştirilen parametrik denklemler toplu şekilde Çizelge 8.2 gösterilmiştir.

Çizelge 8.2 Evsel atıksuların arıtma maliyetlerini ve arazi ihtiyaçlarını hesaplamak üzere geliştirilen parametrik denklemler

Arıtma Sistemleri	Toplam Proje Maliyeti (\$)	Toplam İşletme-Bakım Maliyeti (\$/yıl)	1 m3 atıksu arıtma maliyeti (\$/m3)	Gerekli Arazi Miktarı (m ²)
Tam Karışımli Aktif Çamur	$T = 5128.4 Q^{0.5615}$ (R ² = 0.963)	$O = 143.03 Q^{0.8067}$ (R ² = 0.9859)	$B = 0.8395 Q^{-0.2503}$ (R ² = 0.8298)	$A = 3791 Q^{0.3166}$ (R ² = 0.884)
Kontak Stabilizasyon	$T = 2029.7 Q^{0.8406}$ (R ² = 0.9895)	$O = 250.82 Q^{0.7688}$ (R ² = 0.9861)	$B = 1.0618 Q^{-0.217}$ (R ² = 0.8316)	$A = 3791 Q^{0.3166}$ (R ² = 0.884)
Uzun Havalandırma	$T = 2848.9 Q^{0.6902}$ (R ² = 0.9737)	$O = 138.18 Q^{0.8746}$ (R ² = 0.9936)	$B = 0.7125 Q^{-0.1705}$ (R ² = 0.7913)	$A = 3791 Q^{0.3166}$ (R ² = 0.884)
Yüksek Hızlı Aktif Çamur	$T = 7055.3 Q^{0.5361}$ (R ² = 0.9569)	$O = 186.38 Q^{0.7403}$ (R ² = 0.9768)	$B = 1.2544 Q^{-0.3217}$ (R ² = 0.8712)	$A = 3791 Q^{0.3166}$ (R ² = 0.884)
Piston Akımlı Aktif Çamur	$T = 4708 Q^{0.602}$ (R ² = 0.9627)	$O = 186.38 Q^{0.7403}$ (R ² = 0.9768)	$B = 0.936 Q^{-0.2558}$ (R ² = 0.8385)	$A = 3791 Q^{0.3166}$ (R ² = 0.884)
Saf Oksijen	$T = 9577.5 Q^{0.509}$ (R ² = 0.9394)	$O = 237.88 Q^{0.7038}$ (R ² = 0.9749)	$B = 1.6982 Q^{-0.3594}$ (R ² = 0.9002)	$A = 3791 Q^{0.3166}$ (R ² = 0.884)
Kademeli Havalandırma	$T = 4156.8 Q^{0.6227}$ (R ² = 0.9662)	$O = 153.78 Q^{0.7976}$ (R ² = 0.9849)	$B = 0.9441 Q^{-0.2574}$ (R ² = 0.8487)	$A = 3791 Q^{0.3166}$ (R ² = 0.884)
Damlatmalı Filtre	$T = 3203.7 Q^{0.6781}$ (R ² = 0.9734)	$O = 295.16 Q^{0.6355}$ (R ² = 0.9663)	$B = 1.5768 Q^{-0.3669}$ (R ² = 0.9015)	$A = 3791 Q^{0.3166}$ (R ² = 0.884)
Biyodisk	$T = 1993.8 Q^{0.7418}$ (R ² = 0.9825)	$O = 265.08 Q^{0.6618}$ (R ² = 0.9721)	$B = 1.2493 Q^{-0.3286}$ (R ² = 0.8952)	$A = 3791 Q^{0.3166}$ (R ² = 0.884)
Oksidasyon Hendeği	$T = 3786.9 Q^{0.6268}$ (R ² = 0.9565)	$O = 140.13 Q^{0.8027}$ (R ² = 0.9851)	$B = 0.8603 Q^{-0.2524}$ (R ² = 0.8281)	$A = 3791 Q^{0.3166}$ (R ² = 0.884)
Stabilizasyon Havuzu	$T = 3025.6 Q^{0.6702}$ (R ² = 0.9524)	$O = 476.74 Q^{0.5399}$ (R ² = 0.9651)	$B = 1.8516 Q^{-0.3767}$ (R ² = 0.8829)	$A = 1276.8 Q^{0.6743}$ (R ² = 0.884)
Yüzeyden Akıtarak Arazide Arıtma	$T = 507.09 Q^{0.9332}$ (R ² = 0.9986)	$O = 25.295 Q^{0.7881}$ (R ² = 0.9842)	$B = 0.141 Q^{-0.162}$ (R ² = 0.82)	$A = 120.26 Q^{0.9921}$ (R ² = 1)
Hızlı İnfiltrasyon Yoluyla Arazide Arıtma	$T = 23.474 Q^{0.7957}$ (R ² = 0.9842)	$O = 23.474 Q^{0.7957}$ (R ² = 0.9842)	$B = 0.193 Q^{-0.2293}$ (R ² = 0.8194)	$A = 11.936 Q^{0.9839}$ (R ² = 0.9998)
Düşük Hızlı İnfiltrasyon Yoluyla Arazide Arıtma	$T = 25.631 Q^{0.8008}$ (R ² = 0.9888)	$O = 25.631 Q^{0.8008}$ (R ² = 0.9888)	$B = 0.1441 Q^{-0.1329}$ (R ² = 0.8582)	$A = 174.62 Q^{0.9945}$ (R ² = 1)

Bu çalışmada incelenen arıtma sistemlerinin mukayeselerini daha belirgin bir şekilde ortaya koymak için çeşitli arıtma sistemlerinin maliyetleri, aynı çift logaritmik eksenli grafik kağıdına çizilmiştir. Toplam proje maliyeti eğrileri, Şekil 8.5' de toplu olarak gösterilmiştir. Şekil 8.5' de 40.000 m³/gün'e kadar olan debiler için, toplam proje maliyet değişim grafikleri verilmiştir.

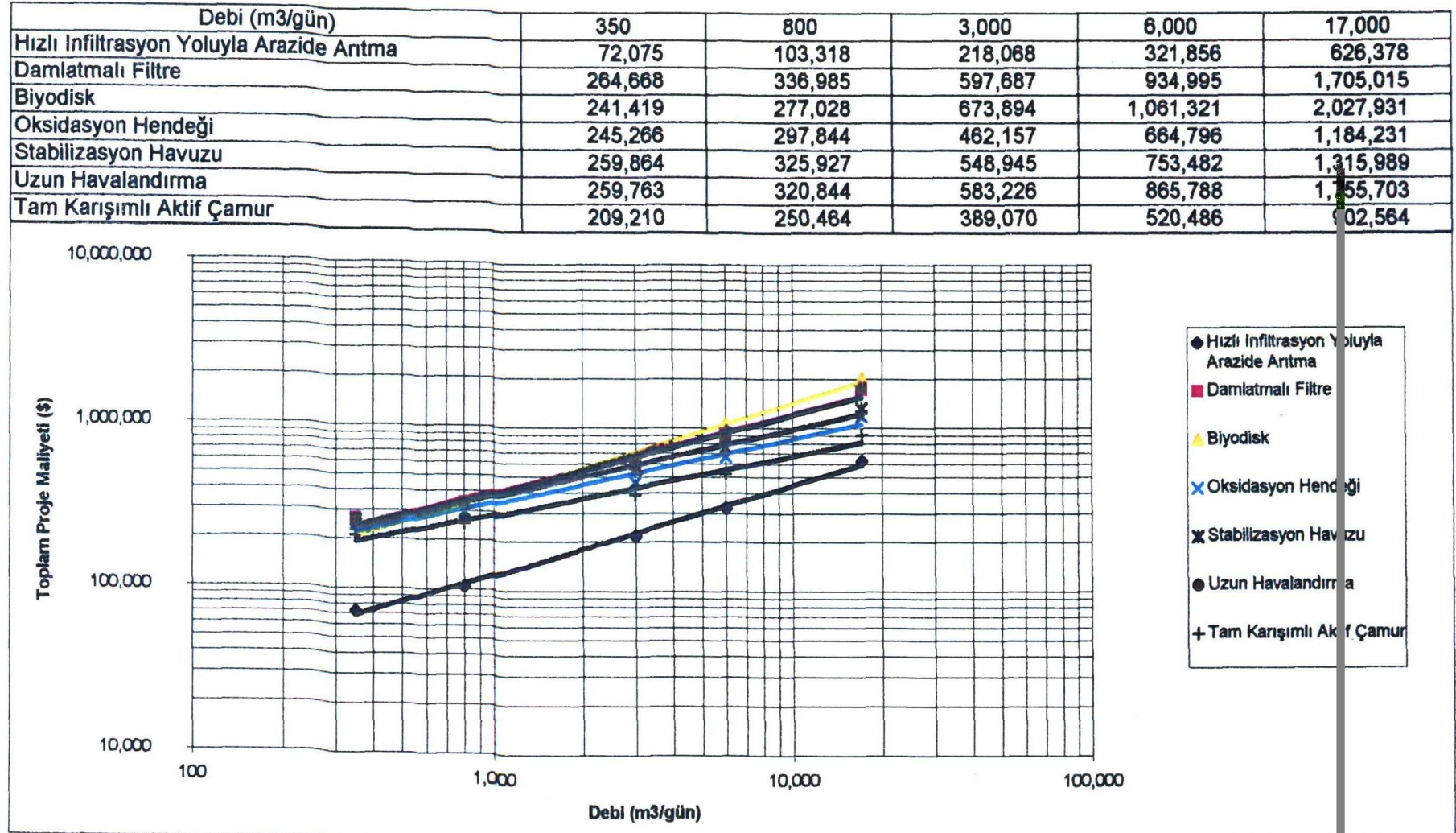
Grafikler incelendiğinde, küçük debilerde; en ekonomik arıtma sisteminin hızlı infiltrasyon yoluyla arazide arıtma, en pahalı sistemin ise damlatmalı filtre olduğu, ancak debi arttıkça; tam karışımlı aktif çamur sisteminin en ekonomik, biyodiskin ise en pahalı arıtma prosesi haline geldiği görülmektedir. Bu çalışmada toplam proje maliyeti içinde çamur arıtma proseslerinin bulunmadığı dikkate alınmalıdır. Arıtma Çamurları bertaraf maliyetleri için IMC tarafından hazırlanan Master Plan çalışmalarında ki parametrik denklemler kullanılmıştır. Bu çalışmada elde edilen maliyet eğrilerinin literatürle uyumlu olduğu müşahade edilmiştir.

Arazide arıtma sistemlerinin debi-toplam proje maliyet grafikleri mukayese maksadıyla Şekil 8.6' da bir arada gösterilmiştir. Bütün debiler için en ekonomik sistemin hızlı infiltrasyon yoluyla arazide arıtma olduğu, daha sonra sırasıyla yüzeyden akıtılarak arazide arıtma ve düşük hızlı infiltrasyon yoluyla arazide arıtmanın geldiği görülmektedir.

Debi-toplam işletme ve bakım maliyet eğrileri mukayese maksadıyla Şekil 8.7' de aynı ekseninde çizilmiştir. Toplam işletme-bakım maliyeti açısından en ekonomik sistemin 100.000 m³/gün debisine kadar hızlı infiltrasyon yoluyla arazide arıtma, daha büyük debiler için ise sırasıyla stabilizasyon havuzu ve damlatmalı filtre olduğu görülmektedir. Tüm debiler için en pahalı toplam işletme-bakım maliyetine ise uzun havalandırmalı aktif çamur sisteminin sahip olduğu tespit edilmiştir. Uzun havalandırmalı aktif çamur sisteminin toplam işletme-bakım maliyetinin bileşenleri detaylı olarak incelenmiş, toplam işletme-bakım maliyetini artıran en önemli bileşenin enerji kalemi olduğu görülmüştür.

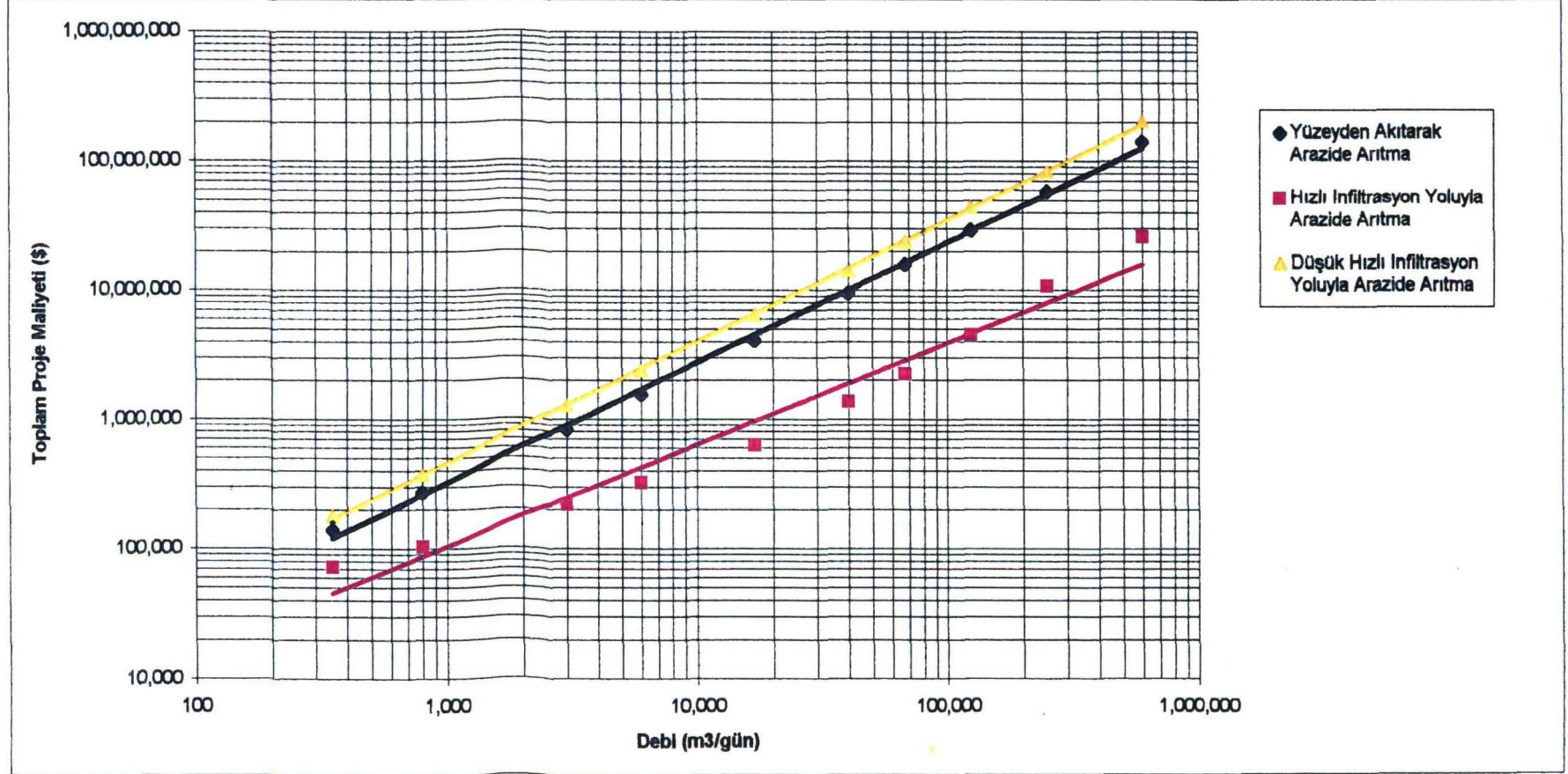
Bu çalışmada incelenen arıtma sistemlerinin arazi ihtiyaçları bakımından mukayesesi, yapıldığında 6000 m³/gün debisine kadar arazi ihtiyacı bakımından en uygun sistemin hızlı infiltrasyon yoluyla arazide arıtma olduğu, daha sonraki debilerde ise bu arıtma sisteminin arazi ihtiyacının hızla arttığı görülmüştür.

Arazi ihtiyacı bakımından en olumsuz sistemin, diğer arazide arıtma sistemlerinden sonra stabilizasyon havuzu ihtiva eden sistemin olduğu belirlenmiştir. Diğer taraftan 6000 m³/gün den sonraki debilerde arazi ihtiyacı en az olan sistemlerin biyofilm ve aktif çamur proseslerinin olduğu tespit edilmiştir..



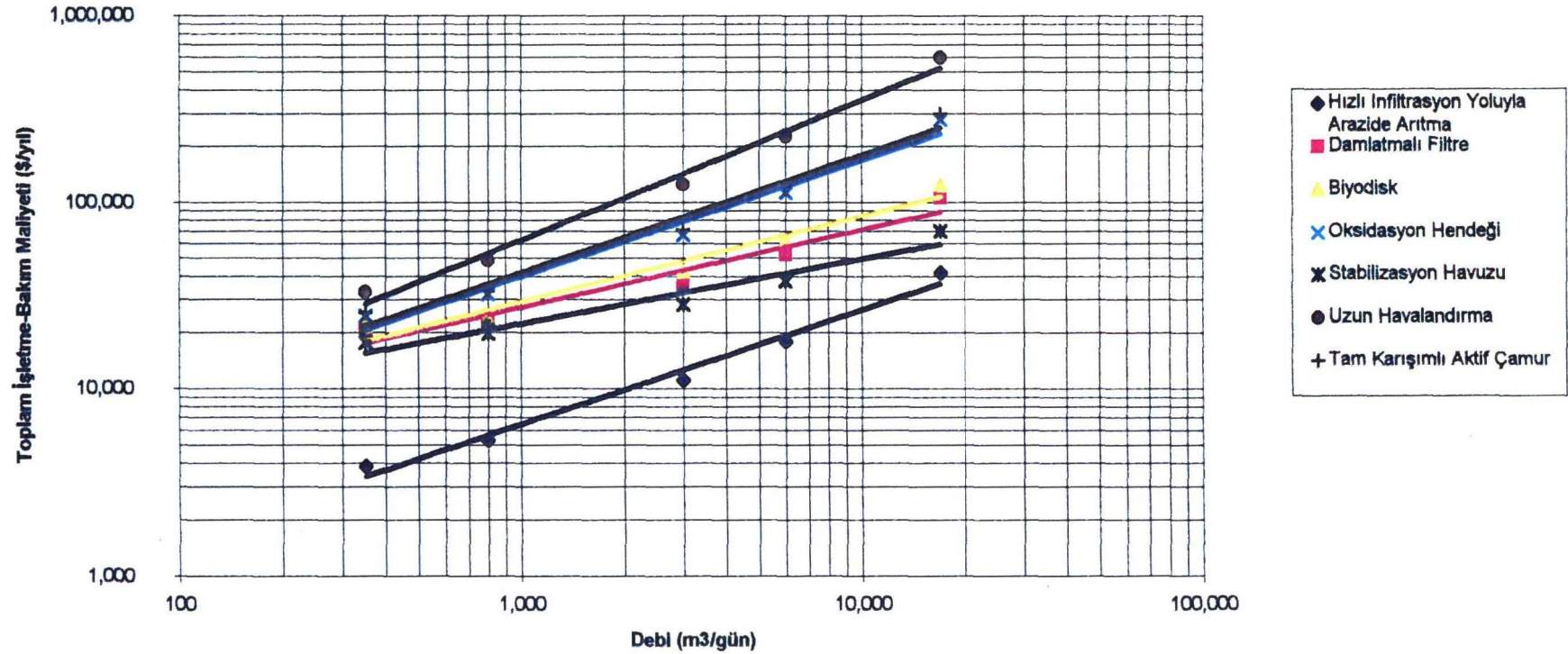
Şekil 8.5 İncelenen atıksu arıtma sistemlerinin 350- 40000 m3/gün arası debiler için toplam proje maliyetleri mukayese grafiği

Debi (m3/gün)	350	800	3,000	6,000	17,000	40,000	67,500	125,000	250,000	600,000
Yüzeiden Akıtarak Arazide Arıtma	139,327	269,868	826,401	1,544,280	4,086,902	9,421,885	15,784,441	29,076,796	58,068,913	140,705,217
Hızlı İnfiltrasyon Yoluyla Arazide Arıtma	72,075	103,318	218,068	321,856	626,378	1,359,003	2,219,681	4,438,425	10,658,045	25,701,451
Düşük Hızlı İnfiltrasyon Yoluyla Arazide Arıtma	178,171	367,591	1,255,831	2,364,891	6,422,253	14,042,245	23,577,191	43,970,459	82,204,696	201,462,423



Şekil 8.6 Arazide Arıtma Sistemlerinin incelenen debiler için toplam proje (inşaat) maliyetleri mukayese grafiği

Debi (m3/gün)	350	800	3,000	6,000	17,000
Hızlı İnfiltrasyon Yoluyla Arazide Arıtma	3,832	5,291	11,072	17,949	41,717
Damlatmalı Filtre	20,414	23,422	36,264	52,143	105,823
Biyodisk	21,352	23,355	42,194	62,342	123,527
Oksidasyon Hendeği	24,463	31,988	66,728	112,574	277,550
Stabilizasyon Havuzu	17,635	19,654	28,063	37,627	69,617
Uzun Havalandırma	32,735	48,526	125,396	227,430	596,695
Tam Karışımli Aktif Çamur	25,344	33,321	70,696	119,587	297,011



Şekil 8.7 İncelenen atıksu arıtma sistemlerinin 350-40000 m3/gün arası debileri için toplam işletme- bakım maliyetleri mukayese grafiği

9 MALİYET ANALİZLERİ

9.1 Maliyet Tahmini Esasları

Bu Bölümde kullanılan inşaat maliyetlerinin tespitinde,

Master Plan için İMC'nin yararlandığı Dünya Bankası ve ABD Çevre Koruma Kurumunun fiyatları,

İSKİ inşaat ihalelerine baz alınan sözleşme fiyatları, yerel fiyatlar,

Tuna (1995) doktora çalışmasından alınan Türkiye şartlarında inşa edilmiş arıtma tesislerin ilk yatırım, işletme ve bakım maliyetini dikkate alan ve detaylı maliyet analizleri,

ABD' deki doğal arıtım sistemleri ile sulak alan arıtım maliyetleri,

Yurtdışında uygulama alanı bulan sulak alanlarla ilgili yapılmış çalışmalar sonucu bulunan maliyetler,

dikkate alınmıştır. Bu raporda esas alınan birim fiyatlar ABD Doları olarak verilmiştir. Mevcut planlama amaçları için bunun uygun olduğu düşünülmektedir.

9.2 Maliyet Mukayese Hesapları

Sazlıdere Havzasının atıksularının toplanıp arıtılması veya uzaklaştırılması için yapılan maliyet analizleri Ek 7' de verilen birim maliyetler kullanılarak çıkarılmıştır.

Yukarıda Çizelge 6.2 de ki maliyetler (ABD de uygulanan arıtım sistemlerinin maliyetleri) , Bölüm 8' de ki Şekil 8.6 ve 8.7 de ki Türkiye de uygulanan arıtım sistemleriyle karşılaştırılmış ve aşağıda ki sonuçlar elde edilmiştir.

Hızlı infiltrasyon yoluyla arazi de arıtma yöntemi için Türkiye ve ABD deki uygulamaların karşılaştırmalı ilk yatırım maliyetleri Çizelge 9.1 de verilmiştir.

Çizelge 9.1 Hızlı infiltrasyon yoluyla arazide arıtma yöntemlerinin mukayeseli karşılaştırması

Debi (m ³ /gün)	350	800	3000
Türkiye de ki Uygulama (\$)	72 075	103 318	218 068
ABD’de ki Uygulama* (\$)	175 000	400 000	1 500 000

Düşük Hızlı infiltrasyon yoluyla arazi de arıtma yöntemi için Türkiye ve ABD deki uygulamaların karşılaştırmalı ilk yatırım maliyetleri Çizelge 9.2 de verilmiştir.

Çizelge 9.2 Düşük hızlı infiltrasyon yoluyla arazide arıtma yöntemlerinin mukayeseli karşılaştırması :

Debi (m ³ /gün)	350	800	3000
Türkiye de ki Uygulama (\$)	178 171	367 591	1 255 831
ABD’de ki Uygulama ⁽¹⁾ (\$)	350 000	800 000	3 000 000

Hızlı infiltrasyon yoluyla arazi de arıtma yöntemi için Türkiye ve ABD deki uygulamaların karşılaştırmalı İşletme&Bakım maliyetleri Çizelge 9.3 de verilmiştir.

Çizelge 9.3 Hızlı infiltrasyon yoluyla arazide arıtma yöntemlerinin işletme&bakım maliyetlerinin mukayeseli karşılaştırması :

Debi (m ³ /gün)	350	800	3000
Türkiye de ki Uygulama (\$)	3 832	5 291	11 072
ABD’de ki Uygulama ⁽²⁾ (\$)	7 665	17 520	65 000

Düşük Hızlı infiltrasyon yoluyla arazi de arıtma yöntemi için Türkiye ve ABD deki uygulamaların karşılaştırmalı İşletme&Bakım maliyetleri Çizelge 9.4 de verilmiştir.

Çizelge 9.4 Düşük hızlı infiltrasyon yoluyla arazide arıtma yöntemlerinin işletme&bakım maliyetlerinin mukayeseli karşılaştırması :

Debi (m ³ /gün)	350	800	3000
Türkiye de ki Uygulama (\$)	4 097	5 796	1 2722
ABD’de ki Uygulama ⁽³⁾⁽³⁾ (\$)	15 330	35 040	131 400

* Ortalama 500\$/m³/gün

⁽¹⁾ Ortalama 1000\$/m³/gün

⁽²⁾ Ortalama 0.06 \$/m³/gün

⁽³⁾ Ortalama 0.12 \$/m³/gün

Bu maliyetler hesaplanırken pek çok etken dikkate alınmaktadır. ABD'deki maliyetler Türkiye'deki uygulamalardan 3 kat daha fazladır. Bunun nedenleri başta yüksek arazi bedelleri ve kullanılan kimyasal maddelerle hesaplanan yüksek işçilik ve laboratuvar giderleri şeklinde özetlenebilmektedir. Ancak yapılan çalışmalar sonucunda sulak alan uygulamalarının hem ilk yatırım hem de işletme ve bakım maliyetleri açısından büyük avantaja sahip olduğu görülebilmektedir.

Bölgedeki atıksuların uzaklaştırılmasında söz konusu alternatifler için çözümlerin ekonomik açıdan uygunlukları bu bölümde incelenmiştir.

9.2.1 Atıksu Toplama Maliyetleri

ii. 1. Bölge için Maliyet Analizi

1.Bölgenin atıksularının toplanması için gerekli atıksu şebekeleri ve toplayıcıların tahmini maliyeti Çizelge 9.5'de verilmiştir.

Çizelge 9.5 Sazlıdere havzası kuzey ve batısındaki köylerden kaynaklanan atıksuların toplanması şimdiki değer maliyeti

Yerleşimler	Toplama Sistemi	Terfi Merkezi Adedi	Uzunlukları (Km)	MALİYETLER (10 ³ ABD \$)		
				35 Yıllık Süre Üzerinden Şimdiki Değer		
				İlk Yatırım	İşletme& Bakım	Toplam
Baklalı Köyü N=1 460	Atıksu Şebekesi*	-	6,2	794	55,5	849
	Terfi Hattı	-	-	-	-	-
	Terfi Merkezleri	-	-	-	-	-
	TOPLAM	-	-	794	55,5	849
Boyalık Köyü N=1 060	Atıksu Şebekesi*	-	4,5	576	40,3	616
	Terfi Hattı	-	-	-	-	-
	Terfi Merkezleri	-	-	-	-	-
	TOPLAM	-	-	576	40,3	616
Dursunköy N=600	Atıksu Şebekesi*	-	2,5	320	22	342
	Terfi Hattı	-	-	-	-	-
	Terfi Merkezleri	-	-	-	-	-
	TOPLAM	1	-	320	51	342
Sazlıbosna Köyü N=2 000	Atıksu Şebekesi	-	8,5	1.088	76	1.164
	Terfi Hattı	-	0,19	47	3	50
	Terfi Merkezleri	1	-	26	19	45
	TOPLAM	1	-	1.161	98	1.259

* Atıksu Şebekesi için birim maliyet 128\$/m alınmıştır, atıksu şebekesi yerleşim içinde ki boru uzunlukları toplamıdır

1. bölgedeki Dursunköy, Baklalı ve Boyalık Köylerinin herbirine birer adet veya her üç köy için müştereken bir adet arıtma tesisi yapımına ait maliyet analizleri sonucunda, ekonomik yönden elverişli olan çözüm (herbirine ayrı ayrı arıtma tesisleri) belirlenmelidir. Ancak burada ki en önemli husus yapılacak arıtma tesisi prosesine karar vermektir. Grafikler incelendiğinde Baklalı ve Boyalık köyleri için uygulanacak en ekonomik arıtma yöntemi (mutlak koruma bandından yaklaşık 6 Km uzakta) nin arazide arıtma yöntemleri olduğu görülmektedir. Debiler incelendiğinde düşük hızlı infiltrasyon yoluyla arazide arıtmanın bu yerleşimler için en uygun arıtma yöntemi olduğu görülmektedir. Ancak bu köylere yapılan gezi sonucunda Yüzeysel Akışlı veya Yüzeyaltı Akışlı Sulak Alanlar oluşturabilmek için uygun arazi yapısına sahip oldukları belirlenmiştir. Ayrıca düşük veya yüksek hızlı infiltrasyon yoluyla arazide arıtma yöntemleri uygulanmadan önce yer altı su seviyesi dikkatlice izlenmeli ve kanunlar çerçevesinde bu yöntemlerin uygulanabilirliği kontrol edilmelidir. (Bölüm 7) Oluşturulacak bu sulak alanlara ait detaylı ilk yatırım ve işletme maliyetleri de yine bu bölümde anlatılmıştır. Yine de İSKİ nüfusu 5000 den küçük yerleşimler için işletme maliyetlerinin uygunluğu sebebiyle (IMC, Master Plan,1999,Cilt 3) stabilizasyon havuzlarının yapılmasını önermektedir. Bu sebeple karşılaştırmalar stabilizasyon havuzları da düşünülerek tekrar yapılmıştır.

Stabilizasyon havuzu için ilk yatırım maliyeti ile işletme ve bakım maliyetleri diğer aktif çamur prosesleri ile yaklaşık aynıdır. Yalnızca stabilizasyon havuzu işletme ve bakım maliyeti açısından diğer proseslere göre daha avantajlı bulunmaktadır.

Alternatif I de her köy için arıtma prosesi olarak stabilizasyon havuzu seçmekle, atıksuları birleştirerek tek bir arıtma tesisi yapılmasının ekonomik olarak karşılaştırılması yapılmış, sonuçta atıksuları birleştirmeden her bir köy için tekil arıtma tesisi yapmanın (Alternatif I-a) ekonomik yönden avantajlı olduğu görülmüştür Buna göre üç köy için atıksuların ayrı ayrı toplanıp stabilizasyon havuzu ile arıtılması maliyeti (2005-2040) dönemi için toplam 3 609 x 103\$ dır. (Çizelge 9.6'a).

Çizelge 9.6 -a Dursunköy, Baklalı ve Boyalık Köylerinin atıksularının toplanması ve arıtılması maliyetleri (Alt I-a)

<i>Toplama Sistemi</i>	Terfi Merkezi -Arıtma Tesisi Adedi	Uzunlukları (Km)	M A L İ Y E T L E R (10 ³ A B D \$)		
			35 yıllık Süre Üzerinden Şimdiki Değer		
			İlk Yatırım	İşletme& Bakım	Toplam
Atıksu Şebekesi	-	13,200	1 690	150	1 839
Kollektörler	-	-	-	-	-
Terfi Hattı	-	-	-	-	-
Terfi Merkezleri					-
Arıtma Tesisi Maliyeti*	3	-	259	261	1559
Arıtma Tesis Çamurları	3	-	162	48	211
TOPLAM			2 111	459	3 609

Alternatif I-b' de Boyalık ve Baklalı Köylerinin atıksularının Baklalı ve Boyalık Derelerinin tek tarafında 300 mm'lik kanalla toplanarak Dursunköy'ün kuzeyinde, 32 m kotlu yerde kurulacak bir ileri tasfiye tesisine verilecektir. Burada yapılacak arıtma (stabilizasyon havuzu) maliyeti (2005-2040) dönemi için toplam 5 258 x103\$ dır. (Çizelge 9.6' b).

Çizelge 9.6-b Dursunköy, Baklalı ve Boyalık Köylerinin atıksularının toplanması ve arıtılması maliyetleri (Alt I-b)

<i>Toplama Sistemi</i>	Terfi Merkezi -Arıtma Tesisi Adedi	Uzunlukları (Km)	M A L İ Y E T L E R (10 ³ A B D \$)		
			35 yıllık Süre Üzerinden Şimdiki Değer		
			İlk Yatırım	İşletme& Bakım	Toplam
Atıksu Şebekesi	-	13.200	1690	1171	2 860
Kollektörler	-	11.000	660	975	1 635
Terfi Hattı	-				
Terfi Merkezleri					
Arıtma Tesisi Maliyeti*	1	-	326	290	616
Arıtma Tesis Çamurları	1	-	123	23	146
TOPLAM		24.200	2 798	2460	5 258

* Stabilizasyon Havuzu

Ancak Alternatif II' de mutlak koruma bandından yeterince uzakta bulunan ve arazi sıkıntısı bulunmayan Baklalı ve Boyalık Köyleri için arazide arıtma yöntemleri uygulanmış (düşük hızlı infiltrasyon yoluyla arazide arıtma) Dursunköy'de ise mutlak koruma bandına yakınlığı sebebiyle aktif çamur prosesi uygulanmasının uygun olacağına karar verilmiştir. (Stabilizasyon Havuzu). Sonuçta seçilen bu yöntemin ekonomik açıdan çok büyük bir avantaj oluşturduğu ortadadır. (Çizelge 9.7). Bu alternatifte atıksularının toplanıp uzaklaştırılması maliyeti (2005-2040) dönemi için toplam 2 983 x103\$ dır.

Çizelge 9.7 Dursunköy, Baklalı ve Boyalık Köylerinin atıksularının toplanması ve arıtılması maliyetleri (Alt II)

Toplama Sistemi	Terfi Merkezi - Arıtma Tesisi Adedi	Uzunlukları (Km)	MALİYETLER (10 ³ ABD \$)		
			35 yıllık Süre Üzerinden Şimdiki Değer		
			İlk Yatırım	İşletme& Bakım	Toplam
Atıksu Şebekesi	-	13,2	1 690	150	1 839
Kollektörler	-	-	-	-	-
Terfi Hattı	-				
Terfi Merkezleri					
Arıtma Tesisi Maliyeti*	2	-	178	61	477
Arıtma Tesisi Maliyeti***	1	-	259	261	520
Arıtma Tesis Çamurları	1	-	123	23	146
TOPLAM			2 250	495	2 983

Ancak Alternatif III' de arazi sıkıntısı bulunmayan Baklalı, Boyalık ve Dursunköy Köyleri için Yüzey Altı Akışlı Sulak Alanlar kurulacağı düşünülerek maliyet analizi yapılmıştır. Sonuçta seçilen bu yöntemin ekonomik açıdan çok büyük bir avantaj oluşturduğu ortadadır. (Çizelge 9.8) Bu alternatifte atıksularının toplanıp uzaklaştırılması maliyeti (2005-2040) dönemi için toplam 2 719.8 x103\$ dır. Tasarım da kullanılan değerleri belirleyebilmek ve maliyetleri tespit edebilmek için YAA sulak alanlara ait karakteristik değerler aşağıda özetlenmiştir.

* Arazide Arıtma (Yavaş hızda infiltrason)

** Stabilizasyon Havuzu

YAA sulak alanlarda kullanılan tipik bitki türleri yaygın olarak saz (kamuş)(Phragmites australis), büyük su kamuşu (Typha spp.) ve hasırotu (Scirpus spp.)’nu kapsar. Doymuş yatak çoğunlukla atıksu dizayn yüklemelerinde anaerobiktir. YAA sulak alanlarında tipik hidrolik yükleme hızları 2 ila 20 cm/gün(0.5 ila 5 ha/1000 m³/gün) arasında değişmektedir. Baklalı, Boyalık ve Dursunköy’ e ait proje debileri sırasıyla 375 m³/gün, 270 m³/gün ve 153 m³/gün’ dür. Bu köyler için 0.5 ha’lık YAA sulak alanın gerekli hidrolik şartı sağladığı görülebilmektedir. Çizelge 6.4’ de ki maliyetler dikkate alındığında YAA sulak alanlar için ilk yatırım maliyeti 121 980\$ olarak alınmıştır. İşletme ve bakım masrafları birçok faktöre göre değişmektedir. Ancak bir karşılaştırma yapabilmek için Çizelge 6.6’ da (LA için 570 m³/gün, Alt Akışlı Yatak) deki İşletme ve Bakım masrafları 11,591 \$ değeri tüm köyler için kullanılabilir bir değerdir.

Çizelge 9.8 Dursunköy, Baklalı ve Boyalık Köylerinin atıksularının toplanması ve arıtılması maliyetleri (Alt III)

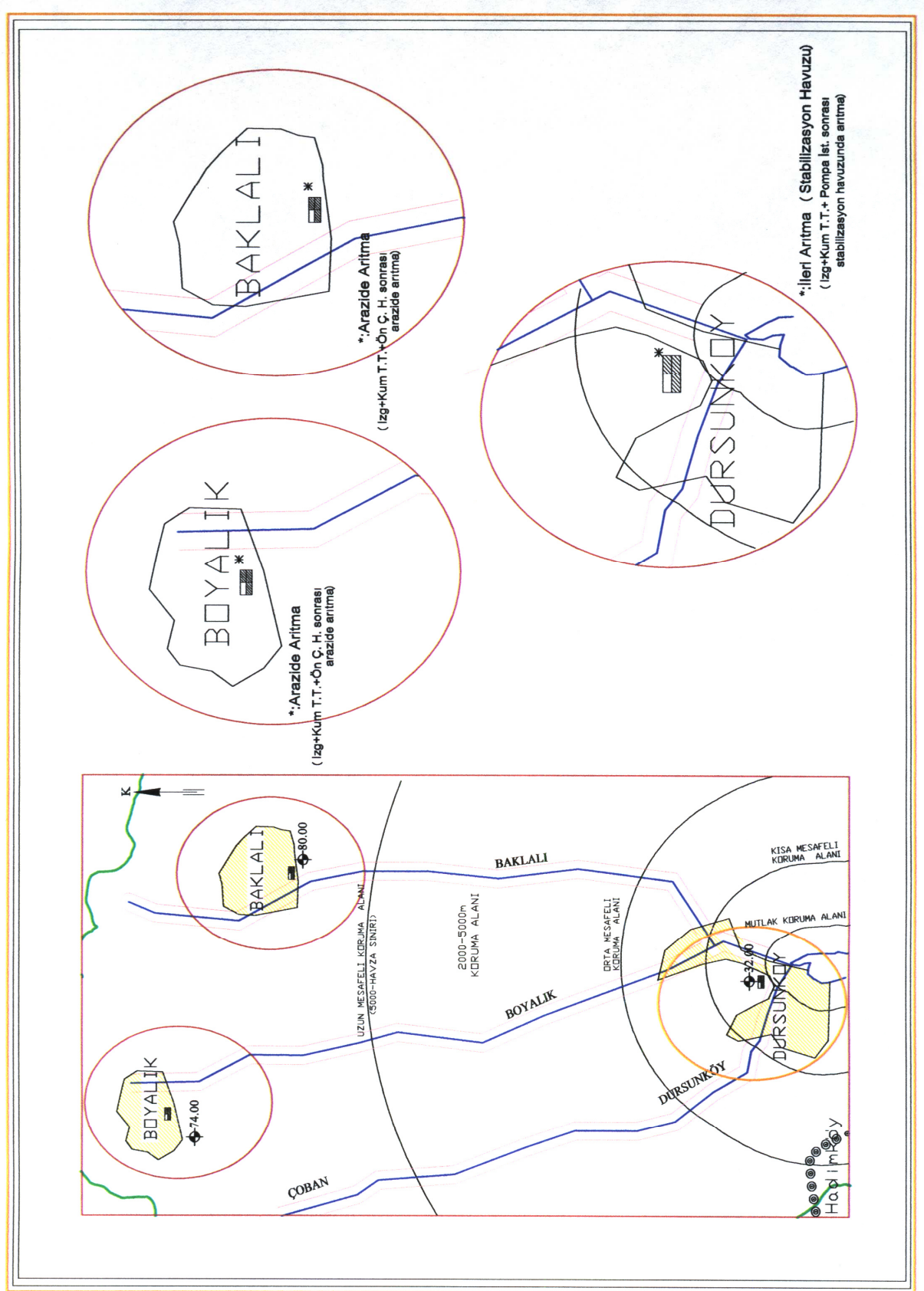
Toplama Sistemi	Terfi Merkezi - Arıtma Tesisi Adedi	Uzunlukları (Km)	MALİYETLER (10 ³ ABD \$)		
			35 yıllık Süre Üzerinden Şimdiki Değer		
			İlk Yatırım	İşletme& Bakım	Toplam
Atıksu Şebekesi	-	13,2	1 690	150	1 839
Kollektörler	-	-	-	-	-
Terfi Hattı	-				
Terfi Merkezleri					
Arıtma Tesisi Maliyeti*	3	-	121.98	171.31***	477
TOPLAM			2055.9	663.9	2 719.8

Diğer maliyetlerde kıyaslandığına Sulak Alanlar hem arıtmadan çıkan suyun kalitesi bakımından hem de ekonomik şartlar düşünüldüğünde büyük avantajlar sağlamaktadır.

Şekil 9.1’ de Dursunköy, Baklalı ve Boyalık Köylerine ait arıtma tesisi yerleşim planları ve seçilen arıtma yöntemleri gösterilmiştir.

* Arazide Arıtma (Sulak Alan)

** Yıllık %8 bileşik faizin 35 yıllık sürede şimdiki değeri $(1.08)^{35}=14.78 \times 11.591=171.31$



Şekil 9.1 Dursunköy, Baklalı ve Boyalık Köyleri Seçilen Atıksularının Uzaklaştırma Alternatifi

Sazlıbosna Köyü havzada ki en fazla nüfusa sahip köydür (2000 yılı itibariyle 2000 kişi). Köy diğer köylere nazaran daha gelişmiş olup, yerleşimde yollar ve evler daha düzenlidir. Manzarası itibariyle yazıları dinlenme amaçlı olarak oldukça yoğun ilgi görmektedir. Sazlıbosna köyü yerleşim içi toplam atıksu şebeke uzunluğu 8.5 Km olup, boru çapları Ø300 mm' dir. Sazlıbosna köyünün atıksularını arıtmak için iki alternatif söz konusudur.

Birinci alternatifte atıksular toplanarak mutlak koruma sınırının dışında kurulacak bir ileri arıtma tesisinde arıtılacak, ikinci alternatifte ise atıksular yine toplanarak Haraççı kanalizasyon hattına deşarj edilecektir.

Bu ikinci alternatifte deşarj edilen bu atıksular ortada kümeleşmiş şekilde bulunan yerleşimlerin atıksuları ile toplanıp, havza dışına çıkarılacaktır. Yapılacak detaylı maliyet optimizasyonu sonucunda uygun olan yönteme karar verilecektir.

Alternatif 1: Atıksuları için yapılacak arıtma mutlak koruma sınırına yakınlığı sebebiyle ileri arıtma olarak planlanmalıdır. Burada arıtma prosesi olarak aktif çamur modifikasyonları seçilmelidir. Kontakt stabilizasyon, oksidasyon hendeği, biyodisk gibi ileri arıtma yöntemleri Sazlıbosna Köyü atıksularının toplanıp uzaklaştırılması için uygulanabilecek yöntemler olmakla birlikte karşılaştırma açısından tam karışımli aktif çamur (Çizelge 9.9-a) ve biyodisk yöntemleri (Çizelge 9.9-b) tercih edilmiştir. Tam karışımli aktif çamur yöntemine ait ilk yatırım, işletme, bakım, onarım maliyetleri Çizelge 9.9-a' da, biyodisk yöntemine ait olanlar Çizelge 9.9-b 'de görülmektedir. (2005-2040) dönemi için maliyetler sırasıyla 2 099 x103\$ ve 1 978 x103\$ dır.

Çizelge 9.9-a Sazlıbosna köyünün atıksularının toplanması ve arıtılması maliyetleri
(Proses: Tam Karışımli Aktif Çamur Yöntemi)

<i>Toplama Sistemi</i>	Terfi Merkezi -Arıtma Tesisi Adedi	Uzunlukları (Km)	MALİYETLER (10 ³ ABD \$)		
			35 yıllık Süre Üzerinden Şimdiki Değer		
			İlk Yatırım	İşletme& Bakım	Toplam
Atıksu Şebekesi	-	8,5	1.088	96	1.184
Kollektörler	-	-	-	-	-
Terfi Hattı	-	0,19	15	1	17
Terfi Merkezleri	1	-	26	24	50
Arıtma Tesisi Maliyeti	1	-	251	492	743
Arıtma Tesis Çamurları	1	-	89	16	105
TOPLAM			1.468	631	2.099

Çizelge 9.9-b Sazlıbosna Köyünün Atıksularının Toplanması ve Arıtılması Maliyetleri
(Proses: Biyodisk)

<i>Toplama Sistemi</i>	Terfi Merkezi -Arıtma Tesisi Adedi	Uzunlukları (Km)	M A L İ Y E T L E R (10 ³ A B D \$)		
			35 yıllık Süre Üzerinden Şimdiki Değer		
			İlk Yatırım	İşletme& Bakım	Toplam
Atıksu Şebekesi	-	8,5	1.088	96	1.184
Kollektörler	-	-	-	-	-
Terfi Hattı	-	0,19	15	1	17
Terfi Merkezleri	1	-	26	24	50
Arıtma Tesisi Maliyeti	1	-	277	345	622
Arıtma Tesis Çamurları	1	-	89	16	105
TOPLAM			1.495	483	1.978

Alternatif 2: Sazlıbosna köyü atıksuları mutlak koruma alanından çıkarılmak için bir terfi merkezi ve terfi hattı yapmak gerekmektedir. Burada ki en önemli husus ise basınçlı olan bu terfi hattının Haraççı kanalizasyon şebekesine kadar ulaştırması için gerekli olan terfi hattı uzunluğu ve enerji giderlerinin hesaplanmasıdır. Bu durumda arıtma tesisi inşasına gerek kalmamaktadır. Bu terfi hattı uzunluğu yaklaşık 2.0 Km, çapı 100 mm HDPE boru'dur. Atıksular 25.0 m kotlarından 65.0 m kotlarına kadar terfi edilecek ve burada çözüm Haraççı kanalizasyon şebekesi ile beraber ele alınacaktır. Kurulacak terfi merkezi ve basınçlı boru hattına ait, ilk yatırım, işletme, bakım, onarım maliyetleri Çizelge 9.10' da, görülmektedir. (2005-2040) dönemi için maliyet 1 415 x103\$ dır.

Çizelge 9.10 Sazlıbosna köyünün atıksularının toplanması ve haraççı kanalizasyon hattı' na iletilmesi maliyeti (Terfi ile)

<i>Toplama Sistemi</i>	Terfi Merkezi - Arıtma Tesisi adedi	Uzunlukları (Km)	M A L İ Y E T L E R (10 ³ A B D \$)		
			35 yıllık Süre Üzerinden Şimdiki Değer		
			İlk Yatırım	İşletme& Bakım	Toplam
Atıksu Şebekesi	-	8,5	1.088	96	1.184
Kollektörler	-	-	-	-	-
Terfi Hattı	-	2,04	163,28	14,48	178
Terfi Merkezleri	1	-	26	27	53
Arıtma Tesisi Maliyeti					
TOPLAM			1.277	138	1.415

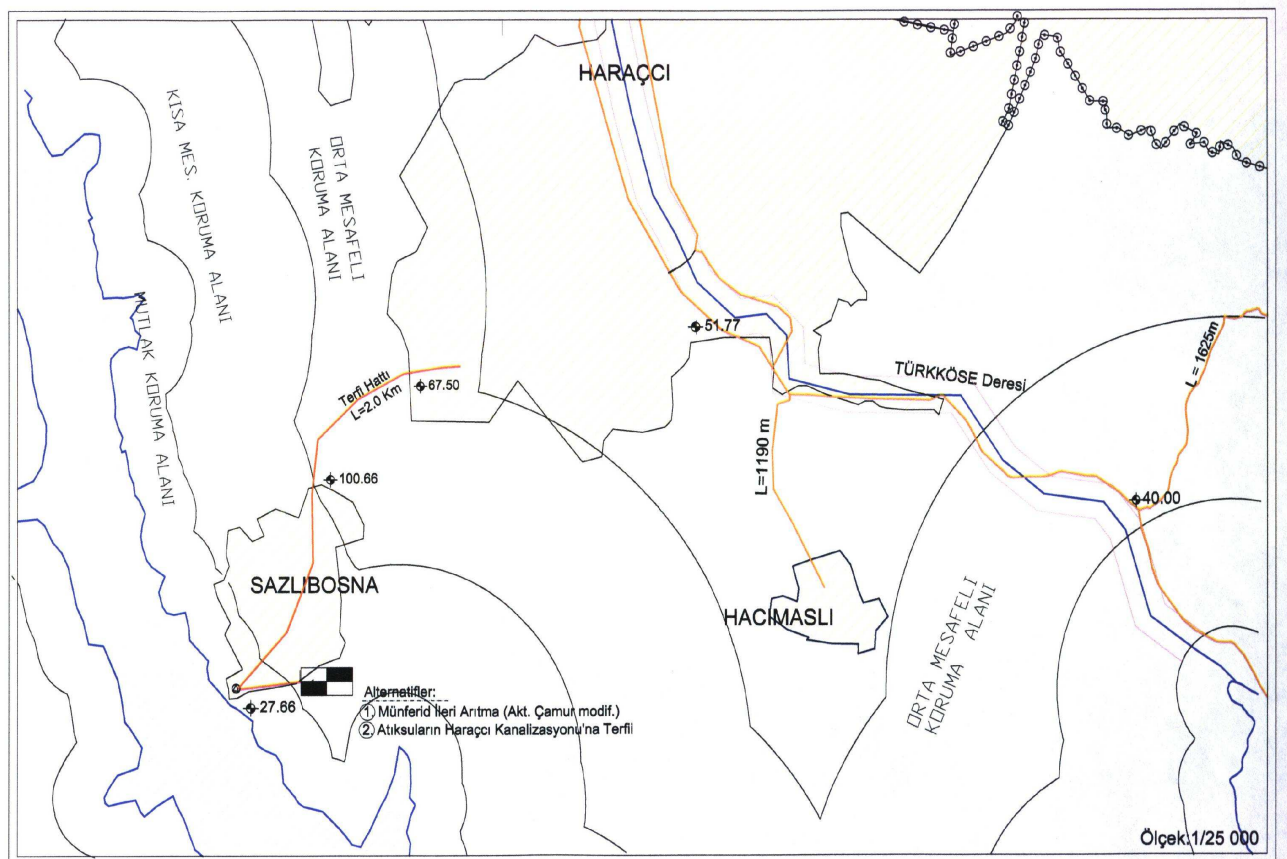
Ancak yerleşim içi kanalizasyon şebekesi maliyetleri çıkarılarak bir karşılaştırma yapılırsa:
(2005-2040 dönemi)

Tam karışımli aktif çamur prosesi toplam maliyeti: $915 \times 10^3 \$$,

Biyodisk prosesinin toplam maliyeti: $794 \times 10^3 \$$,

Terfi ile Uzaklaştırma maliyeti: $231 \times 10^3 \$$,

Görüldüğü üzere atıksuların terfi ile uzaklaştırılmasının maliyet açısından (kıyaslandığında yaklaşık 3 kat) çok büyük avantajları vardır. Ancak burada atıksuların Haraççı kanalizasyon sistemiyle ortak çözümü sırasında karşılaşılabilecek maliyetler ihmal edilmiştir. Çünkü ortada kümeleşmiş şekilde bulunan yerleşimlerin atıksuları her şartta toplu bir şekilde havza dışında çıkarılacaktır. Ancak arıtma prosesleri kendi aralarında karşılaştırılırsa sulak alanlar hem çıkış suyu kalitesi açısından, hem de maliyetler açısından diğer arıtma proseslerine göre (aktif çamur modifikasyonları) büyük üstünlüklere sahiptir. Şekil 9.2’ de Sazlıbosna köyüne ait planlanan ve seçilen arıtma yöntemleri gösterilmiştir.



Şekil 9.2 Sazlıbosna Köyü (seçilen ve planlanan) Atıksu Uzaklaştırma Alternatifleri

ii. 2. Bölge için Maliyet Analizi

2. Bölge için teklif edilen alternatif, Alibeyköy ve Sazlıdere havzalarının ortasında kümeleşmiş şekilde bulunan yerleşimlerden gelecek atıksuların beraber toplanarak havza dışına çıkarılacağı düşünülmüş ve planlanmalıdır. Kümeleşmiş şekilde bulunan bu yerleşimler ve nüfusları aşağıda Çizelge 9.11’de görülebilmektedir.

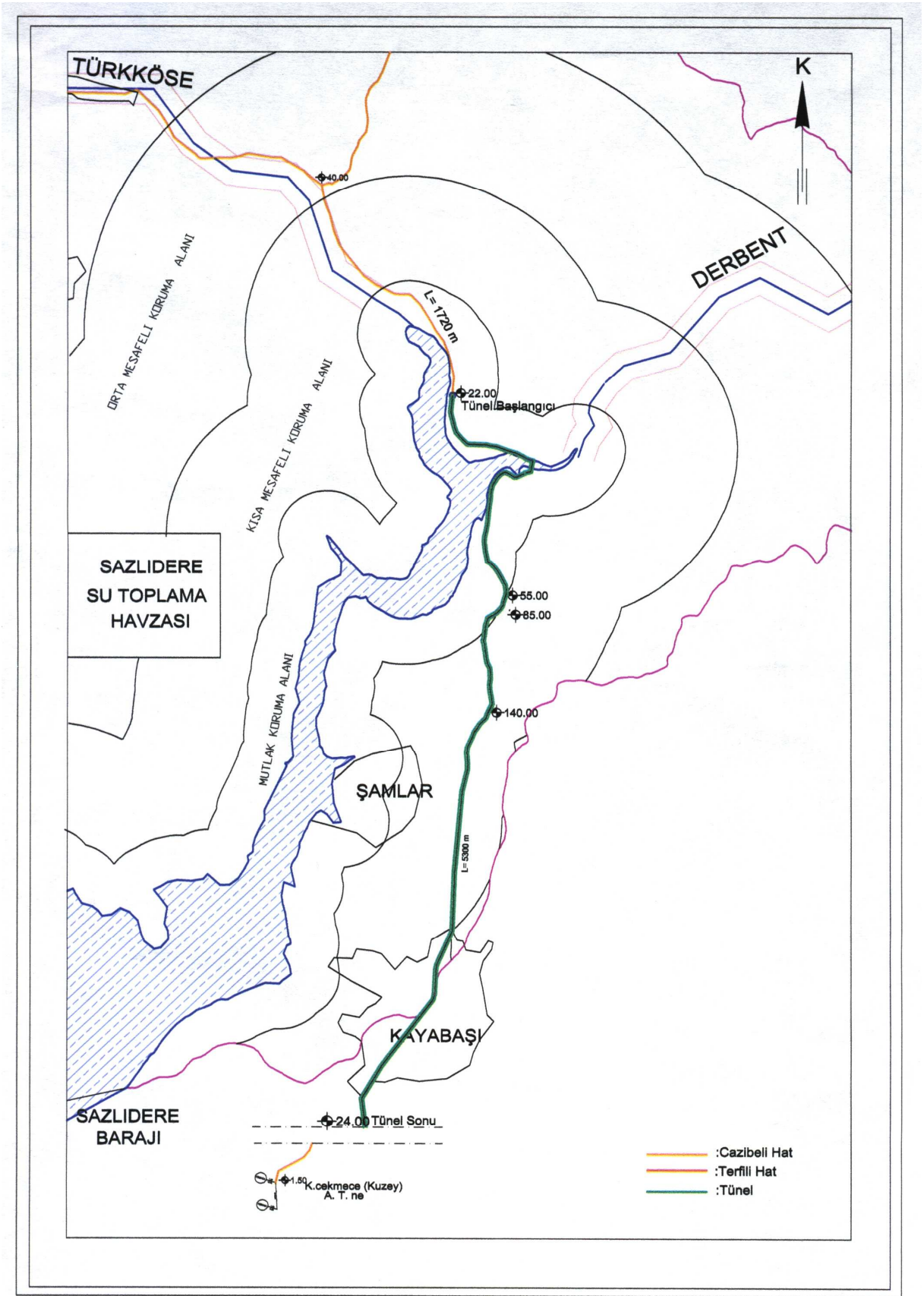
Çizelge 9.11 Atıksuları topluca uzaklaştırılabilen yerleşimlerin 2000 yılı nüfusları

Yerleşim Adı:	2000 yılı nüfusu(kişi)
Boğazköy Beldesi	27 000
Bolluca Beldesi	15 000
Haraççı Beldesi	29 000
Arnavutköy Beld.	50 000
Taşoluk Beldesi	30 000
İmrahor Köyü	15 000
Çilingir Köyü	1 000
Hacımaşlı Köyü	580
Sazlıbosna	2 000 (terfi ile)

Alibeyköy’ den gelecek atıksuların, Sazlıdere bölgesinden gelecek atıksularla birleştirilmesi için birçok alternatif söz konusudur. Ancak bu çalışmada yalnızca Sazlıdere havzasının atıksularının toplanıp, havza dışına çıkarılacağı düşünülmüştür. Bölgede ki rezervuarlar içmesuyu temini amaçlı kullanıldığı için böyle bir planlamaya gidilmiştir. Yalnızca atıksuları birleştirip bir arada toplanması mümkün olmayan kırsal (küçük) yerleşimler için ileri atıksu arıtma imkanları düşünülmüş ve bir maliyet optimizasyonu yapılmıştır.

Sazlıdere Havzası atıksularının havza dışına en ekonomik olarak bir tünel vasıtasıyla çıkarılabilir.(İSKİ Sazlıdere Havzası Atıksu Şebeke ve Toplayıcıları, 2001, Atıksu Terfi Merkezi ve Terfi Hatları Etüd Raporu)

Toplanan atıksuların bir tünel vasıtasıyla, terfiye gerek kalmadan uzaklaştırılması ait plan Şekil 9.3’ de görülmektedir. Burada 22.40 m akar katlarından tünele giren atıksular 24.00 m zemin kotlarında (akar kot: 16 m civarında) tünelden çıkacak ve 2000 lik bir hat ile arıtma tesisine iletebilecektir. Bu tünel hattının uzunluğu yaklaşık 5300 m olacaktır.



Şekil 9.3 Alibeyköy ve Sazlıdere Havzaları (2. Bölge) K.Çekmece AAT'ye iletilmesi (Tünelle)

Maliyet hesabı sonucu Çizelge 9.12’de görülmektedir. Buna göre 35 yıllık bir süre sonunda (2005-2040) 2. Bölge atıksularının uzaklaştırılması için gerekli şimdiki değer maliyeti: 9 154 x 103\$’ dır.

Çizelge 9.12 Sazlıdere Havzasında Toplanan 1. bölge Atıksularının, K. çekmece (kuzey) Arıtma Tesisine bir Tünel Vasıtası ile İletilmesi Maliyeti

Alternatif	İletim	Miktar	Birim Fiyatı (m/\$)	M A L İ Y E T L E R (A B D 10 ³ \$)		
				35 Yıllık Süre Üzerinden Şimdiki Değer		
				İlk Yatırım	İşletme & Bakım	TOPLAM
	Kolektör*	4 740 m	575	2 726	191	2 916
	Terfi Hattı					
III	Tünel**	5 300 m	1 100	5 830	408	6 238
	Terfi Merkezleri					
	TOPLAM	-	-	8 556	0 598	9 154

* Kolektör hattı çapı 140 mm BA borudur

** Tünel Çapı 2000 mm olup, fiyatlar İSKİ'nin o dönem ki ihale fiyatlarıdır. (POLAT YOL YAPI firmasından alınmıştır.)

10. SONUÇLAR ÖNERİLER

Sazlıdere Rezervuarı su kalitesi verileri parametrelerin çoğunun konsantrasyonları bakımından iç sular için belirlenen I. ve II. Sınıf kriterleri ancak sağlayabilmektedir. Sazlıdere Gölü'nü besleyen derelerde ise su kalitesi III ve IV. Sınıfa yöneldiği görülmektedir. Barajın ve derelerin su kalitesinin bozulmasının en büyük nedeni civardaki yerleşimlerden gelen evsel atık sularıdır.

Bu çalışmada öncelikli olarak Sazlıdere Rezervuarında kirliliğe neden olan noktasal ve yayılı kaynaklar belirlenmiştir. Bu amaçla, yerinde yapılan etüd ve incelemelerle birlikte literatürden de faydalanılmıştır. Evsel kirletici kaynaklar arazi kullanımı ve nüfus projeksiyonu dikkate alınarak doğru bir şekilde tespit edilebilmiş, tarım ve orman alanlarından gelen kirletici yükler için ise literatürden de faydalanılmıştır.

Mevcut nüfus bilgilerini baktığımızda Havzadaki yerleşimlerin 1980 senesindeki nüfusu ile 2000 yılları arasında geçen 20 yıllık zaman içerisinde nüfusun 6 962'den 38 829'a ulaştığı görülmektedir. 20 yıllık bir zaman diliminde havzada ikamet edenlerin sayısı yaklaşık 6 kat artmıştır. Bu artış köy yerleşimlerinde 2 katına geçmezken Beldelerde 16-17 kat civarındadır.

Beldelerin hazırlattığı İmar Planlarına göre nüfus, 351 309 olup 2000 yılı toplam nüfusunun (38 829) yaklaşık 9 katı gibi bir değere çıkmaktadır. Havzanın tamamının İSKİ Havzalar Koruma Yönetmeliğine göre dolacağı varsayılırsa müsaade edilebilecek nüfus 45 043 kişidir.

Sazlıdere Havzasında bulunan Beldeler hem bulundukları yer (1. ve 2. Uzun Mesafeli Koruma) itibariyle hem de birbirleriyle yan yana olmaları nedeniyle atıksularının uzaklaştırılmasında fazla güçlüklerle karşılaşılmayacağı göz önünde bulundurularak nüfuslar belli bir oranda arttırılmış bu şekilde tespit edilen nihai nüfuslar sabit tutulmuşlardır. Havzadaki Beldeler ile Köy ve Mahallelerin geçmiş nüfuslarına oranla projeksiyonlar yapılmış, havzada nüfusun 2035 yılında 76 730 kişide dondurulması düşünülmektedir.

Sazlıdere rezervuarının trofik durumunun değerlendirilmesi sonucu ötrofikasyon tehlikesi belirlendiğinden hesaplanan fosfor yükleri çeşitli senaryolar ışığında ötrofikasyon kontrolü için model kullanarak hesaplanmış ve bu yükün ne oranda azaltılması gerektiği belirlenmiştir.

Havzanın arazi dağılımına bakıldığında, sadece %6.85 'inin yerleşim alanı olarak kullanıldığı ve yaklaşık %76.49' unun orman ve tarım alanı olduğu görülmektedir. Yoğun ve hızlı bir nüfus artışının olduğu havzada evsel nitelikli atıksuların rezervuarın kirlenmesinde tek etkili neden olduğu görülmektedir.

Azot yükü dağılımına bakıldığında, evsel kaynaklı atıksular ile tarım alanlarında gübre kullanımından kaynaklanan yükler yarı yarıya paylaşılmıştır. Fosfor yükünde ise %90'a varan oranlarda yükün noktasal kaynaklardan geldiği görülmektedir.

Sazlıdere Havzasının merkezinde kümeleşmiş şekilde bulunan yerleşimlerin atıksularının havza dışına çıkarıldığı kabul edilerek, noktasal kirletici kaynakların sadece köylerden ve endüstrilerden kaynaklandığı kabulü ile hesaplar tekrar yapılmıştır. Bu durumda dahi uygulanacak arıtma yöntemleri ile kirletici yüklerin ötrifikasyona neden olmaması için %50 ile % 70 oranında azaltılması gerektiği görülmüştür.

Yukarıda sayılan arıtma yöntemlerinin uygulanabilirliğini görmek için Sazlıdere havzasında bulunan köylere gezi yapılarak, arıtma için gerekli alan özellikleri ve kanalizasyon sistemleri yerinde incelenmiş ve fizibilite çalışması yapılmıştır. Yapılan geziler sonucunda köylerin arazide arıtma için (sulak alanlar) yeterli ve uygun araziye sahip oldukları tespit edilmiştir. Atıksularının bir arada toplanarak veya münferiden arıtılma optimizasyon çalışmaları yapılmış, çıkan sonuçlara göre en ekonomik arıtma yöntemleri belirlenmiştir. Münferiden arıtma yöntemleri içerisinde arazide arıtma yöntemlerine ait yurtdışı maliyetler, yurtiçi maliyetlerle kıyaslanmıştır.

Yüksek oranda basitleştirilmiş bu analizde klasik sistem \$4,112,000 civarında bir ilk yatırım masrafiyle beraber, 2 ha arıtma alanı, 427 \$/gün işletme ve bakım masrafı gerektirmektedir. Doğal arıtım sistemi \$3,664,000 civarında bir ilk yatırım masrafiyle beraber 36 ha arazi, \$123/gün işletme ve bakım masrafı yeterlidir. Arıtma sistemlerinin en büyük farkı işletme ve bakım masrafları arasında ki ilişkidir. Arazide arıtma yöntemlerinde literatür çalışmaları sonucunda işletme ve bakım masraflarının daha düşük değerler aldığı çeşitli çalışmalarda tespit edilmiştir.

Küçük ve orta ölçekli kasabalar ve şehirler için değerlendirilmek üzere pek çok doğal arıtma

sistemi mevcuttur. Teknik olarak fizibil olduğu durumlarda yüksek oranlı (hızlı) arazi uygulamaları genelde en uygun maliyetli çözümdür. Ortalama ilk yatırım masraflarına ve düşük işletim ve bakım masraflarına sahiptirler. Uygun doğal sulak alanlar çıkış suyu kalitesi açısından en az ikinci derece arıtma kadar arıtım kalitesi sunduğu gibi daha düşük maliyetli bir alternatifi temsil ederler.

Yüzeysel ya da Yüzey Altı Sulak Alanlarda nitrat azotu denitrifikasyonla etkin bir şekilde uzaklaştırılabilir. Eğer bitkiler düzenli olarak hasat edilirse (toplanırsa) azot ve fosfor arıtımı sürekli olarak başarıyla gerçekleştirilebilir. Suda yaşayan bitki sistemlerinde göl derinliği tipik olarak, su sümbülü için 0.4 ila 1.2 m arası, su mercimekli arıtım sistemlerinde 1.2 ila 1.8 m arasındadır. Tipik hidrolik yükleme hızları doğal sulak alanlarda 0.4 ila 4.0 cm/gün, yapay yüzeysel akış sulak alanlarında 0.7 ila 5.0 cm/gün arasındadır.

Yüzen suda yaşayan bitki sistemleri atıksuların ileri arıtımı ve nütrient giderimi için kullanıldığında organik yüklemeler 35 kg/ha/gün'den düşük tutulmalıdır. Tipik hidrolik yükleme hızları 2 ila 15 cm/gün aralığındadır. (0.7-5 ha/1000m³/gün) Suda yaşayan bitki sistemleri'nin inşası \$270,000/ha civarında (ilk yatırım masrafları \$500 ila \$1000/mVD arası), işletim ve bakım masrafları \$0.12 ila \$0.14/m³ (WPCF, 1990b) civarındadır.

Yapay sulak alanlar, hem doğal sulak alanların optimum arıtım koşullarını sağlar, hem de her yerde inşa edilebilir. Yapay sulak alanların bir diğer avantajı da atıksuların arıtımı yanında yağmur suları, katı atık depolama sızıntı suları, endüstriyel ve tarımsal atıksular ve asit-maden drenajını kapsayan çeşitli diğer kaynaklardan gelen suların arıtımında da kullanılabilir olmasıdır.

Yüzey Altı Akışlı Sulak Alanlarda köklü bitkilerin (sulak alan) büyümesi için substrat olarak toprak veya çakıl yatakları kullanılır. Ön arıtmadan geçmiş atıksular cazibeyle yatay olarak substrat ve bitki köklerinin birlikte bulunduğu yerde yaşayan fakültatif organizmaların karışımı ile temas edeceği substrat yatağa akar. YAA akışlı sulak alanlarda yatak derinliği genel olarak 0.6 m'den azdır ve yatağın dibi, karadan su akışını en aza indirmek için eğimli hale getirilmiştir. YAA sulak alanlarda kullanılan tipik bitki türleri, saz (kamuş), büyük su kamuşu ve hasırotu dur. Aerobik ve anaerobik bölgelerin karışımını oluşturacak şekilde, oksijenin bir kısmı substrat yatağına direkt atmosferik difüzyonla, bir kısmı da bitki yaprakları ve kök sistemleri yoluyla girer. Doymuş yatak pek çok atıksu yüklemesinde

(dizayn) anaerobiktir. YAA sulak alanlarında tipik hidrolik yükleme hızları 2 ila 20 cm/gün arasında değişmektedir.

Sulak alanlar BOI, AKM, toplam azot ve fosforun arıtımı yanında metallerin, organik maddelerin ve patojen mikroorganizmaların arıtımında da oldukça etkilidir. YAA yapay sulak alanlarında sık karşılaşılan yaygın bir problem de yetersiz hidrolik meyildir. Ancak, ön arıtım ve işletim için gerekli izleme masrafları genelde doğal sulak alanlardan daha yüksektir. YA sulak alanlarda ilk yatırım maliyeti özellikle toprak işi (kazı) masrafları açısından hektar başına \$10,000 ila \$100,000' dır. YAA sulak alanlar \$100,000 ila \$200,000/ha arası ilk yatırım masrafları ele alındığında YA sistemlerden tipik olarak daha pahalıdır. (Knight et al., 1993a). Doğal ve yapay sulak alanlar için işletme ve bakım masrafları genelde düşüktür.(\$0.03 ila \$0.09/m³) (WPCF, 1990b)

Mevcut sulak alan çıkış sularının analizi sonucu sulak alanlarda ki çıkış suyu kalitesi gözlemlenmiştir. Avrupa 'da inşa edilmiş ve işletme de olan 500' ün üzerinde sulak alan mevcuttur. Sulak alanlar evsel atıksuların arıtımı yanında, sızıntı sularının arıtımı, endüstrilerden kaynaklanan ağır metal içeren atıksuların arıtımı, petrol kalıntılarının arıtımı gibi pek çok alanda kullanılmaktadır. Sulak alanların işletme performansı BOI ve AKM parametreleri için % 70 civarında, Toplam azot ve toplam fosfor parametreleri için bu değer % 50 düzeyinde olmaktadır.

Türkiye şartlarını yansıtan, inşa edilmiş tesislerin maliyetini dikkate alan debi-maliyet münasebetleri Tuna (1995) doktora çalışmasında geçen şekliyle çalışmalarda kullanılmış ve özetlenmiştir.

ABD de uygulanan arıtım sistemlerinin maliyetleri (Çizelge 6.2) Türkiye de uygulanan arıtım sistemleriyle karşılaştırılmış ve ABD'deki maliyetlerin Türkiye'deki uygulamalardan 3 kat daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Bunun nedenleri başta yüksek arazi bedelleri ve kullanılan kimyasal maddelerle hesaplanan yüksek işçilik ve laboratuvar giderleri şeklinde özetlenebilmektedir. Ancak yapılan çalışmalar sonucunda sulak alan uygulamalarının hem ilk yatırım hem de işletme ve bakım maliyetleri açısından büyük avantaja sahip olduğu görülebilmektedir.

Son bölümde bölgedeki atıksuların uzaklaştırılmasında söz konusu alternatifler için çözümlerin ekonomik açıdan uygunlukları incelenmiştir. Coğrafik durum, atıksu toplama ve arıtma sistemlerinin merkezi veya münferit çözümler gerektirmeleri yönünden, Sazlıdere Havzalarındaki yerleşimler iki kısımda incelenmiştir. Havzada nüfusun büyük yoğunluğunun yaşadığı Arnavutköy, Taşoluk ve Haraççı beldelerinin atıksularının havza dışarısına çıkarılacağı düşünülerek bir maliyet optimizasyonu yapılmamış, atıksu uzaklaştırma maliyetleri önceki çalışmalarda ki şekliyle özetlenmiştir. Sazlıdere Havzasının kuzeyinde bulunan köylerin çevresel ve maliyet yönünden detaylı atıksu uzaklaştırma optimizasyon çalışmaları yapılmış, en uygun ve ekonomik arıtma sistemleri belirlenmiştir.

1. bölgedeki Dursunköy, Baklalı ve Boyalık Köylerinin herbirine birer adet veya her üç köy için müştereken bir adet arıtma tesisi yapımına ait maliyet analizleri sonucunda, ekonomik yönden elverişli olan çözüm araştırılmıştır. Bu araştırma sonucunda:

a) Alternatif I de her köy için arıtma prosesi olarak stabilizasyon havuzu seçmekle, atıksuları birleştirerek tek bir arıtma tesisi yapılmasının ekonomik olarak karşılaştırılması yapılmış, sonuçta atıksuları birleştirmeden her bir köy için tekil arıtma tesisi yapmanın ekonomik yönden avantajlı olduğu görülmüştür

b) Alternatif II' de mutlak koruma bandından yeterince uzakta bulunan ve arazi sıkıntısı bulunmayan Baklalı ve Boyalık Köyleri için arazide arıtma yöntemleri uygulanmış (düşük hızlı infiltrasyon yoluyla arazide arıtma) Dursunköy'de ise mutlak koruma bandına yakınlığı sebebiyle aktif çamur prosesi uygulanmasının uygun olacağına karar verilmiştir. Bu alternatifte atıksularının toplanıp uzaklaştırılması maliyeti (2005-2040) dönemi için toplam 2 983 x103\$ dır.

c) Alternatif III' de arazi sıkıntısı bulunmayan Baklalı, Boyalık ve Dursunköy Köyleri için Yüzey Altı Akışlı Sulak Alanlar kurulacağı düşünülerek maliyet analizi yapılmıştır. Sonuçta seçilen bu yöntemin ekonomik açıdan çok büyük bir avantaj oluşturduğu ortadadır. Bu alternatifte atıksularının toplanıp uzaklaştırılması maliyeti (2005-2040) dönemi için toplam 2 719.8 x103\$ dır.

d) Baklalı, Boyalık ve Dursunköy' e ait proje debileri sırasıyla 375 m³/gün, 270 m³/gün ve 153 m³/gün' dür. Bu köyler için 0.5 ha'lık YAA sulak alanın gerekli hidrolik şartı sağladığı görülebilmektedir. Çizelge 6.4' de ki maliyetler dikkate alındığında YAA sulak alanlar için ilk yatırım maliyeti 121 980\$ olarak alınmıştır. İşletme ve bakım masrafları bir karşılaştırma yapabilmek için Çizelge 6.6' da (LA için 570 m³/gün, Alt Akışlı Yatak) 11,591 \$ değeri tüm köyler için kullanılabilir bir değerdir.

Yüzeysel veya Yüzey Altı Akışlı Sulak Alanlar hem arıtmadan çıkan suyun kalitesi bakımından, hem de ekonomik şartlar düşünüldüğünde en optimum imkanları sağlamaktadır.

KAYNAKLAR

Arnavutköy, Taşoluk, Haraççı İmar Plan Notları, (2001), İstanbul Büyükşehir Belediyesi, İstanbul.

İSKİ Alibeyköy- Sazlıdere Çevre Koruma Projesi Fizibilite Ara Raporu, Ocak 2001

“İçmesuyu Havzaları Koruma ve Kontrol Yönetmeliği” İstanbul Su ve Kanalizasyon Müdürlüğü, 21.02.2003

Yük. Müh. TUNA M., Doktora Tezi, (1995) , Atıksu Arıtma Tesisleri Maliyet İndeksi ve Debi-Maliyet İlişkileri

Muslu ,Y. , (1996) , Atıksuların Arıtılması Cilt1,

Vollenweider ,R.A., (1976) Advances in Deffining Critical Loading Levels for Phosphorus in Lake, Eutrofication, CCIW, Burlington, Canada.

EPA, (1980), Construction Cost for Municipal Wastewater Treatment Plants, 1973-1978, ,Office of Water and Waste Management, Washington, D.C.,20460

Y. Erhan, Yüksek Lisans Tezi, (2005), Derin Deniz Deşarjı Sistemlerinin Atıksu Arıtma Sistemleriyle Mukayesesi ve İstanbul Örneği

OECD (Organization of Economic Cooperation and Development), Eutrophication of Waters, OECD Cooperative Programme on Monitoring of Inland Waters, OECD, Paris 1982

İSKİ, 1999 – 2000 Endüstrilere ait Su Kalite Analiz Sonuçları

İMC İstanbul Master Plan Konsorsiyumu (1999), İSKİ Master Plan, Cilt2, Su Temini

İMC İstanbul Master Plan Konsorsiyumu (1999), İSKİ Master Plan, Cilt3, Atıksu Altyapısı

İMC İstanbul Master Plan Konsorsiyumu (1999), İSKİ Master Plan, Cilt6, Çevresel Değerlendirme

Gönenç İ.E vd., (1996), Sazlıdere Havzası Sonuç Raporu, İTÜ, Cilt I ve II

Sazlıdere Havzası Atıksu Şebeke ve Toplayıcıları Gerekçe Raporu (2001), İSKİ

Thoman V. Robert, Mueller A. John.,(1987) Principles of Surface Water Quality Modelling and Control

İSKİ, 1999 – 2000 Su Kalite Analiz Sonuçları

İSKİ, 1992 – 1998 Sazlıdere Barajı Su Kalite Analiz Sonuçları

Escritt L.B. ,1964, Sewerage and Sewage Disposal

Yücel M., Aksoğan S., 1987, Su Getirme Kanalizasyon ve Suların Arıtılması
Kadlec H. Robert, Knight L. Robert, (2000) Treatment Wetlands, Lewis Publisher

E.A.R. OUANO . , (1978) , Water Pollutation Control in Developing Countries

İSKİ Sazlıdere Havzası Atıksu Şebeke ve Toplayıcıları, Atıksu Terfi Merkezi ve Terfi Hatları Etüd Raporu, Eylül 2001

Eroğlu, V., Topacık, D., (1993) , Su Temini ve Atıksu Uzaklaştırılması Uygulamaları

OECD (1974) Test of Loading Tolerance for Phosphorus, Canadian Center for Indland Waters.

Eddy H.P.and Medcalf L. ,(1991) Wastewater Engineering: Treament, Disposal, and Reuse, II. Edition, McGraw Hill Book Comp.

Syed R. Qasim, “Wastewater Treatment Plants- Planning, Design and Operation”.

1/50000 Ölçekli İstanbul Metropolitien Alan Alt Bölge Nazım Plan Raporu, (1995), İstanbul Büyükşehir Belediyesi, İstanbul.

Saatçi Y., İpek U., Tanyıldızı Ş., Çınarcı B.,Keban Baraj Gölü Uluova Bölgesi’nde Trofik Düzeyin Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma, (1999), Fırat Üniversitesi Çevre Müh. Bölümü, Elazığ.

ÖZGEÇMİŞ

Doğum Tarihi 29.11.1976

Doğum Yeri ÇANKIRI

Lise 1986-1994 Kartal Anadolu İ.H.Lis.

Lisans 1995-1999 İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü

Yüksek Lisans 2004-Devam Ediyor Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Çalıştığı kurumlar 1999-Devam Ediyor MİMKO A.Ş.
Proje Mühendisliği

EKLER

Ek 1	Analiz Raporları
Ek 2	Karasal su kaynakları için su kalitesi sınıfları
Ek 3	Birim maliyetler

Ek 1 Analiz Raporları

Çizelge E.1.1 : İSKİ, Atıksu Ruhsat Denetim Dai.Bşk.'nın, 1999-2000 yılları Analiz Sonuçları

Yer : SAZLIDERE BARAJI, Baraj Önü

Ölçülen Parametreler														
Numune Tarihleri	BOI (mg/L)	KOI (mg/L)	TKN (mg/L)	Top-P (mg/L)	Deterjan (MBAS)	Top-CN (mg/L)	Top-Sülfür (mg/L)	pH	Top Cr (mg/L)	Bakır (mg/L)	Kurşun (mg/L)	Çinko (mg/L)	NH ₃ N (mg/L)	Mangan (mg/L)
04.02.1999	3,0	13,0	2	0,2	< 0,05	0,0	0,3	8,1	< 0,02	< 0,02	< 0,01	< 0,2	0,1	< 0,02
16.03.1999	< 3,0	< 10,0	2,5	0,1		0,0		8,5	< 0,02	0,07	< 0,01	< 0,2	0,1	< 0,02
12.05.1999	3,0	18,0	4,3	0,3	< 0,05	0,0	< 0,1	7,7	0,001	0,09	0,008	0,030	0,0	0,04
12.08.1999	< 3,0	< 10,0	0,1	< 0,1	< 0,05	0,0	0,4	8,3	0,000	0,047	0,009	0,066	0,0	0,076
15.09.1999	< 3,0	20,0	2,5	< 0,1	< 0,05	0,0	0,2	8,5	0,001	0,021	0,005	0,019	0,1	0,131
21.10.1999	4,0	18,0	6,2	< 0,1	< 0,05	0,0	< 0,1	8,4	0,000	0,018	0,002	0,000	0,1	0,073
17.11.1999	3,0	15,0	5,1	0,1	< 0,05	0,0	< 0,1	8,1	0,010	0,034	0,003	0,000	0,5	0,064
14.12.1999	4,0	18,0	0,8	< 0,1		0,0		8,2	0,000	0,012	0,003	0,008	0,3	0,056
13.01.2000	< 3,0	10,0	0,6	< 0,1	< 0,05	0,0	< 0,1	8,3	0,000	0,014	0,004	0,000	0,3	0,033
16.02.2000	5,0	21,0	0,3	< 0,05		0,0	< 0,1	8,5	0,002	0,022	0,006	0,017	0,0	0,040
16.05.2000	5,0	30,0	1,7	< 0,05		0,0	0,2	8,3	0,000	0,001	0,001	0,000	0,0	0,013
25.04.2000	< 3,0	10,0	0,8	< 0,05	< 0,05	0,0	< 0,1	8,4	0,001	0,003	0,000	0,000	0,1	0,016

Çizelge E.1.2 : İSKİ, Atıksu Ruhsat Denetim Dai.Bşk.'nın, 1999-2000 yılları Analiz Sonuçları (Devamı)**Yer :** SAZLIDERE BARAJI, Türkköse Deresi (Domuzdere)

Ölçülen Parametreler														
Numune Tarihleri	BOI (mg/L)	KOI (mg/L)	TKN (mg/L)	Top-P (mg/L)	Deterjan (MBAS)	Top-CN (mg/L)	Top-Sülfür (mg/L)	pH	Top Cr (mg/L)	Bakır (mg/L)	Kurşun (mg/L)	Çinko (mg/L)	NH₃ N (mg/L)	Mangan (mg/L)
04.02.1999	3,0	14,0	3,9	0,3	< 0,05	0,0	0,2	7,85	< 0,02	< 0,02	< 0,01	< 0,2	1,0	< 0,02
16.03.1999	6,0	20,0	4,4	0,5		0,0	0,6	8,3	< 0,02	0,04	< 0,01	< 0,2	3,4	0,22
12.05.1999	12,0	34,0	18,0	1,0	0,3	0,0	< 0,1	7,6	0,003	0,02	0,007	0,03	7,7	0,27
12.08.1999	50,0	190,0	79,0	4,3	1,8	0,4	1,5	7,8	0,003	0,040	0,007	0,070	67,0	0,596
15.09.1999	47,0	105,0	51,0	7,1	1,9	0,1	0,6	8,0	0,002	0,074	0,006	0,072	43,0	0,970
21.10.1999	35,0	70,0	37,0	4,5	1,3	0,1	0,3	8,2	0,001	0,026	0,004	0,000	33,0	0,523
17.11.1999	63,0	170,0	54,0	1,6	1,2	0,2	1,6	7,9	0,011	0,051	0,013	0,060	23,0	0,549
14.12.1999	70,0	135,0	19,0	1,2	1,1	0,3	2,0	8,15	0,006	0,033	0,016	0,073	14,0	0,604
13.01.2000	9,0	25,0	1,2	0,11	< 0,05	0,0	0,4	8,2	0,008	0,040	0,010	0,010	1,0	0,139
16.02.2000	6,0	31,0	1,5	0,15		0,0	< 0,1	8,0	0,004	0,039	0,006	0,034	0,4	0,060
16.05.2000	15,0	30,0	10,0	0,3		0,0	< 0,1	8,0	0,001	0,001	0,005	0,000	8,7	0,264

Çizelge E.1.3 : İSKİ, Atıksu Ruhsat Denetim Dai.Bşk.'nın, 1999-2000 yılları Analiz Sonuçları (Devamı)

Yer : SAZLIDERE BARAJI, Sazlıbosna Köy Altı

Ölçülen Parametreler														
Numune Tarihleri	BOI (mg/L)	KOI (mg/L)	TKN (mg/L)	Top-P (mg/L)	Deterjan (MBAS)	Top-CN (mg/L)	Top-Sülfür (mg/L)	pH	Top Cr (mg/L)	Bakır (mg/L)	Kurşun (mg/L)	Çinko (mg/L)	NH3 N (mg/L)	Mangan (mg/L)
04.02.1999	< 3,0	10,0	2,4	0,1	< 0,05	0,0	< 0,1	8,2	< 0,02	< 0,02	< 0,01	< 0,2	0,1	< 0,02
16.03.1999	3,0	10,0	2,8	0,1		0,0		8,2	< 0,02	0,05	< 0,01	< 0,2	0,1	0,030
12.05.1999	3,0	18,0	0,1	0,2	< 0,05	0,0	0,1	7,8	0,002	0,03	0,006	0,02	0,0	0,120
12.08.1999	< 3,0	30,0	6,4	< 0,1	< 0,05	0,0	< 0,1	8,15	0,001	0,034	0,007	0,052	0,0	0,457
15.09.1999	4,0	23,0	6,9	< 0,1	< 0,05	0,0	0,4	8,40	0,001	0,035	0,008	0,030	0,0	0,424
21.10.1999	5,0	28,0	1,5	0,1	< 0,05	0,0	< 0,1	8,35	0,002	0,046	0,005	0,000	0,0	0,373
17.11.1999	4,0	25,0	6,0	< 0,1	< 0,05	0,0	< 0,1	8,05	0,010	0,050	0,005	0,010	0,0	0,277
14.12.1999	8,0	25,0	1,1	< 0,1				7,95	0,002	0,028	0,008	0,018	0,0	0,100
13.01.2000	< 3,0	17,0	1,2	< 0,1	< 0,05	0,0	< 0,1	8,35	0,006	0,027	0,008	0,019	0,1	0,733
16.02.2000	5,0	16,0	0,5	< 0,05		0,0	< 0,1	8,3	0,026	0,052	0,005	0,037	0,0	0,020
16.05.2000	4,0	20,0	0,6	< 0,05		0,0	0,2	8,3	0,000	0,002	0,001	0,000	0,0	0,040
25.04.2000	3,0	< 10,0	2,0	< 0,05	< 0,05	0,0	< 0,1	8,2	0,001	0,002	0,000	0,000	0,0	0,031

Çizelge E.1.4 : İSKİ, Atıksu Ruhsat Denetim Dai.Bşk.'nın, 1999-2000 yılları Analiz Sonuçları (Devamı)**Yer :** SAZLIDERE BARAJI, Dursunköy Köprü Altı

Ölçülen Parametreler														
Numune Tarihleri	BOI (mg/L)	KOI (mg/L)	TKN (mg/L)	Top-P (mg/L)	Deterjan (MBAS)	Top-CN (mg/L)	Top-Sülfür (mg/L)	pH	Top Cr (mg/L)	Bakır (mg/L)	Kurşun (mg/L)	Çinko (mg/L)	NH ₃ N (mg/L)	Mangan (mg/L)
16.03.1999	< 3,0	< 10,0	1,0	0,1		0,0		8,3	< 0,02	0,04	< 0,01	< 0,2	0,2	0,03
12.05.1999	3,0	13,0	0,3	0,1	0,05	0,0	0,1	7,6	0,001	0,04	0,007	0,003	0,2	0,06
13.01.2000	< 3,0	13,0	0,55	< 0,1	< 0,05	0,0	< 0,1	8,3	0,005	0,020	0,008	0,000	0,1	0,031
16.02.2000	< 3,0	22,0	0,9	0,1		0,0	0,1	8,1	0,002	0,031	0,001	0,017	0,2	0,016
16.05.2000	9,0	60,0	0,5	0,1		0,0	0,2	8,0	0,000	0,001	0,006	0,000	0,1	0,084
25.04.2000	10,0	40,0	1,5	0,25	< 0,05	0,0	0,1	7,9	0,004	0,004	0,006	0,000	0,1	0,070

Yer : SAZLIDERE BARAJI, Boyalık Köyünden gelen Dere

16.03.1999	3,0	15,0	3,1	< 0,1	0,05	0,0	< 0,1	7,9	0,002	0,08	0,009	0,040	0,0	0,05
25.04.2000	5,0	30,0	4,1	< 0,1	< 0,05	0,0	0,4	8,0	0,004	0,004	0,012	0,000	0,4	0,072

Yer : SAZLIDERE BARAJI, Baklalı Dere

12.05.1999	3,0	13,0	3,9	0,2	0,07	0,0	< 0,1	7,9	0,001	0,06	0,009	0,030	0,0	0,04
------------	-----	------	-----	-----	------	-----	-------	-----	-------	------	-------	-------	-----	------

Yer : SAZLIDERE BARAJI, Dursunköy Çıkışı Köprü Altı

25.04.2000	< 3,0	10,0	1,4	< 0,05	< 0,05	0,0	< 0,1	8,2	0,003	0,003	0,000	0,000	0,2	0,083
------------	-------	------	-----	--------	--------	-----	-------	-----	-------	-------	-------	-------	-----	-------

Ek 2 Su Kalitesi Sınıfları

Çizelge E.2.1 Karasal Su Kaynakları İçin Su Kalitesi Sınıfları

	I	II	III	IV
Fiziksel ve İnorganik-Kimyasal Parametreler				
Sıcaklık (°C)	25	25	30	>30
PH	6.5-8.5	6.5-8.5	6.0-9.0	<6.0-9.0<
Çözünmüş oksijen (mg/l)	8	6	3	<3
Oksijen doygunluğu (%)	90	70	40	<40
Klorür (mg Cl/l)	25	200	400	>400
Sülfat (mg SO ₄ ⁻² /l)	200	200	400	>400
Amonyum-Azotu (mg NH ₄ ⁺ - N /l)	0.2	1	2	>2
Nitrit Azotu (mg/l)	0.002	0.01	0.05	>0.05
Nitrat Azotu (mg/l)	5	10	20	>20
Toplam fosfor (mg/l)	0.02	0.16	0.65	>0.65
Toplam çözünmüş maddeler (mg/l)	500	1500	5000	>5000
Renk	5	50	300	>300
Sodyum (mg/l)	125	125	250	>250
Organik Parametreler				
KOİ (mg/l)	25	50	70	>70
BOİ (mg/l)	4	8	20	>20
Organik karbon (mg/l)	5	8	12	>12
Toplam Kjeldahl Azotu (mg/l)	0.5	1.5	5	>5
Emülsiyе Yağ ve Gres (mg/l)	0.02	0.3	0.5	>0.5
Metilen mavisi aktif maddeler (MBAS) (mg/l)	0.05	0.2	1	>1.5
Uçucu maddeler (mg/l)	0.002	0.01	0.1	>0.1
Mineral yağlar ve türevleri (mg/l)	0.02	0.1	0.5	>0.5
Toplam pestisid (mg/l)	0.001	0.01	0.1	>0.1
Inorganik Kirlenme Parametreleri				
Civa (µg Hg/l)	0.1	0.5	2	>2
Kadmiyum (µg Cd/l)	3	5	10	>10
Kurşun (µg Pb/l)	10	20	50	>50
Arsenik (µg As/l)	20	50	100	>100
Bakır (µg Cu/l)	20	50	200	>200
Krom (µg/l) (Toplam)	20	50	200	>200
Krom (µg Cr ⁺⁶ /l)	-	20	50	>50
Kobalt (µg Co/l)	10	20	200	>200
Nikel (µg Ni/l)	20	50	200	>200
Çinko (µg Zn/l)	200	500	2000	>2000
Siyanür (µg SN/l)	10	50	100	>100
Florür (µg F ⁻ /l)	1000	1500	2000	>2000
Serbest klor (µg Cl ₂ /l)	10	10	50	>50
Sülfür (µg S ⁻² /l)	2	2	10	>10
Demir (µg Fe/l)	300	1000	5000	>5000
Mangan (µg Mn/l)	100	500	3000	>3000
Bor (µg B/l)	1000	1000	1000	>1000
Selenyum (µg Se/l)	10	10	20	>20
Baryum (µg Ba/l)	1000	2000	2000	>2000
Alüminyum (µg Al/l)	0.3	0.3	1	>1
Radio aktivite (pCi/l)				
alfa aktivitesi	1	10	10	>10
beta aktivitesi	10	100	100	>100
Bakteriyolojik Parametreler				
Fekal koliform (EMS/100ml)	10	200	2000	>2000
Toplam koliform (EMS/100ml)	100	20000	100000	>100000

Çizelge E.2.2 Yüzeysel Su Kaynakları İçin Su Kalitesi Kriterleri

Parametre	Su Kalitesi Sınıfları			
	I	II	III	IV
FİZİKSEL ANALİZ				
pH	6.5-8.5	6.5-8.5	6.0-9.0	<6.0-9.0<
Bulanıklık (NTU)	-	-	-	-
İletkenlik (µmho/cm)	-	-	-	-
Renk (mg/l, Pt/Co Ölçüsü)	5	50	300	>300
AKM (mg/l)	-	-	-	-
KİMYASAL ANALİZ				
Toplam Sertlik (mg/l CaCO ₃)	-	-	<-	-
Alkalinite (mg/l CaCO ₃)	-	-	-	-
Bikarbonat (mg/l)	-	-	-	-
Sülfat (mg/l)	200	200	400	>400
Klorür (mg/l)	25	200	400	>400
Toplam Fosfor (mg/l)	0.02	0.16	0.65	>0.65
Amonyak-N (mg/l)	0.2	1	2	>2
Nitrat-N (mg/l)	5	20	20	>20
Kalsiyum (mg/l)	-	-	-	-
Magnezyum (mg/l)	-	-	-	-
Demir (mg/l)	0.3	1	5	>5
B O İ (mg/l)	4	8	20	>20
K O İ (mg/l)	25	50	70	>70
BAKTERİYOLOJİK ANALİZ				
Toplam Koliform Bakteri (EMS/100ml)	100	20000	100000	>100000

Kaynak:

"Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği" 1988 yılında Çevre Kanunu çerçevesinde uygulamaya konmuştur.

Bu Yönetmelik içerisinde su kalitesi ile ilgili dört sınıf tanımlanmıştır :

- Sınıf (I) Sadece dezenfekte edilerek içilebilir iyi kalite su
- Sınıf (II) Arıtma yapılarak içilebilen hafif kirlenmiş su
- Sınıf (III) İçmesuyu kaynağı olarak kabul edilemeyen kirlenmiş su
- Sınıf (IV) Fazla kirlenmiş su.

Ek 3 Birim maliyetler

Ek 3.1 Atıksu Kanalizasyon Sistemleri için Birim Maliyetler

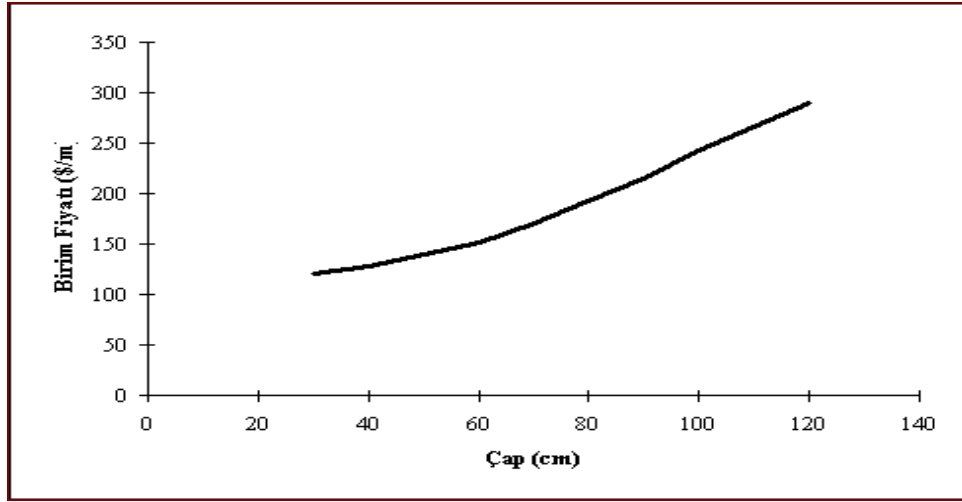
Büyük ve küçük yerleşimler için seçilecek atıksu arıtma tesisleri ve bu tesislerin geliştirilmiş maliyetleri detaylı olarak yukarıda ki bölümlerde anlatılmıştır. Bu bölümde arıtma tesisi optimizasyon çalışmalarında kullanılmak üzere atıksu kanalizasyon sistemleri için geliştirilmiş maliyet eğrileri ve analizleri anlatılmıştır. Gösterilen maliyetler yalnız malzeme temin ve inşaat masraflarını kapsamakta; mühendislik ve müşavirlik hizmetlerini, beklenmedik masrafları ve vergileri kapsamamaktadır. Maliyet hesaplarında “kaplamalı ve kaplamasız alan” birim fiyatları verilmiş olup, kaplamasız alan fiyatları kullanılmıştır. Böylece seçilecek atıksu uzaklaştırma sistemine karar verilecek ve en ekonomik çözüm yöntemi elde edilebilecektir.

Raporda maliyet analizleri yaparken dikkat çeken en önemli hususlardan biri de maliyet analizinde kullanılacak boru çapı ve cinsine verilecek kararda kullanılacak parametrelerdir. İSKİ için hazırlanan Master Plan’da atıksu kanalları ve yağmursuyu kanalları için maliyet analizlerinde toprak örtü kalınlıklarını sırasıyla 2.7 m ve 1.2 m olarak hesaplarda dikkate alınmıştır. Oysa ki küçük yerleşimlerin atıksularını toplamak için kullanılacak kolektörlerin toprak örtü kalınlıklarının 2.7 m olması zorunluluğu yoktur. Arazinin topoğrafik durumu ve özellikleri dikkate alınarak bu değer 1.2 m de alınabilir. (Genelde küçük yerleşimler için Ø300’lük boru hidrolik olarak gerekli debi şartlarını sağlamaktadır.) Bu durumda şartlara bağlı olarak atıksuların birleştirilerek arıtılması ya da daha uzak noktalara terfi edilmesi daha avantajlı ve ekonomik hale gelebilir. Bu çalışmada atıksuları toplamak için kullanılan kolektörler için maliyet yağmursuyu boru birim maliyetine yakın bir değer alınabilir. Bu tasarrufun en önemli sebebi kazı alanının eski haline getirilmesi çalışmalarında minimum toprak örtüsünün azalması (2.7m’ye karşılık 1.2m) olup, inşaat ve işçilik giderlerinin düşmesidir.

Kanalizasyon maliyetleri, şebeke ve tali atıksu kanalları, kollektörler, ana kuşaklama kollektörleri ve tüneller olarak ayrılmıştır. Bunlara ait maliyetler Şekil 7.1, 7.2, 7.3 ve Çizelge 7.1, 7.2, 7.3’te verilmiştir. Ayrıca atıksu basınçlı boru hatları maliyetleri de çıkartılmış Şekil 7.4 ve Çizelge 7.4’te gösterilmiştir. Bu maliyet eğrileri öncelikle yerel birim fiyatlara ve inşaat ihalelerinde verilen fiyatlara dayanmaktadır. Maliyet fiyatları ABD doları cinsinden verilmiştir.

Yerel atıksu kanalizasyonu tali kanallar için inşaat maliyetleri, bacaların fiyatını, bağlantılarını (mülkiyet sınırına kadar), yol ve kaldırımların eski haline getirilmesi dahil kanalın beher metresi için kanal çaplarına göre ABD \$'ı olarak tahmin edilmiştir. Bu değerler, mühendislik ve müşavirlik hizmetleri, beklenmedik masraflar ve vergileri kapsamamaktadır.

Atıksu kanalları ve diğer borular için yıllık işletme ve bakım maliyeti, söz konusu atıksu kanalı veya boru hattının yatırım maliyetinin %0.6'sı olarak tahmin edilmektedir. Yıllık yenileme maliyeti ilk yatırım maliyetinin %2'si olarak düşünülmektedir; ancak yenileme 20 yıl sonra uygulanacaktır. İşletme – Bakım maliyetinin şimdiki değer üzerinden hesaplamada faiz oranı %8 olarak alınmıştır.

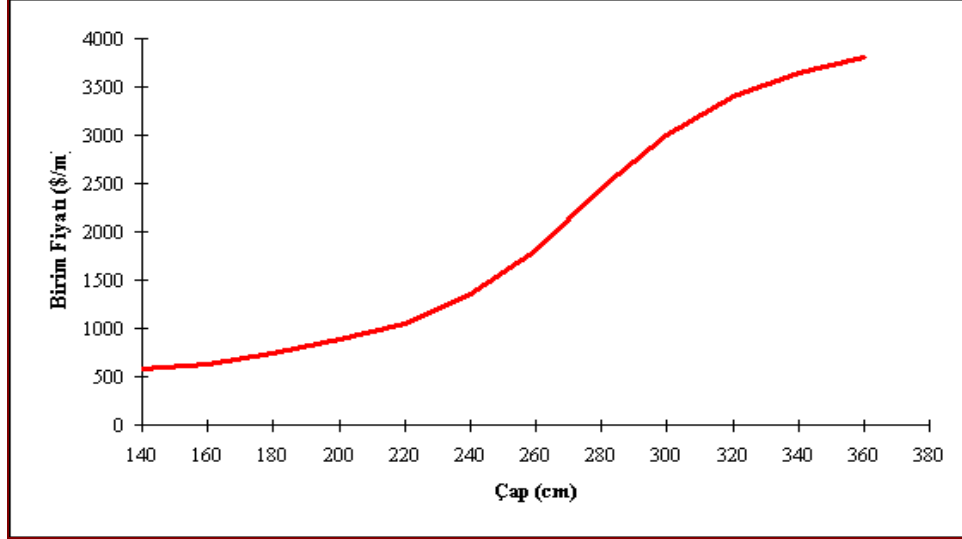


Şekil E.3.1 Tali atıksu kanallarının temin ve inşaat birim fiyatları

Çizelge E.3.1 Tali atıksu kanallarının temin ve inşaat birim fiyatları

Çap cm	Birimi	Kaplamasız Alanlarda \$/m	Kaplamalı Alanlarda \$/m	Malzeme Cinsi
30	m	120	128	Beton
40	m	128	137	Beton
50	m	139	149	Beton
60	m	147	158	Beton
70	m	191	203	Betonarme
80	m	201	214	Betonarme
90	m	234	248	Betonarme
100	m	246	261	Betonarme
120	m	280	297	Betonarme

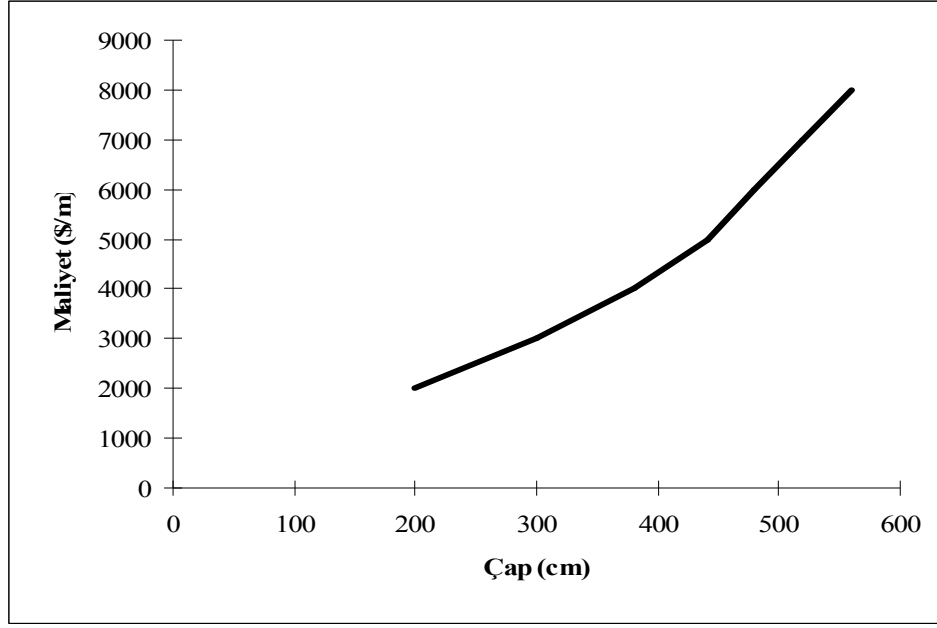
Not: Yukarıdaki fiyatlara baca maliyeti, borular, fittingler, kazı, yataklama, yerleştirme, dolgu taşıma ve mülkiyet hududuna kadar ev bağlantıları dahildir. Mühendislik, KDV dışındaki giderler hariçtir. Maliyet hesaplarında Kaplamasız Alan fiyatları kullanılmıştır.



Şekil E 3.2 Kollektörlerin temin ve inşaat birim fiyatları (kaplamasız alanlar)

Çizelge E 3.2 Kollektörlerin temin ve inşaat birim fiyatları (kaplamasız alanlar)

Çap cm	Birim	Birim Maliyet \$/m	Malzeme Cinsi
140	m	575	Betonarme
160	m	637	Betonarme
180	m	724	Betonarme
200	m	826	Betonarme
220	m	1047	Betonarme
240	m	1350	Betonarme
260	m	1748	Betonarme
280	m	2500	Betonarme
300	m	3000	Betonarme
320	m	3500	Betonarme
340	m	3650	Betonarme
360	m	3800	Betonarme

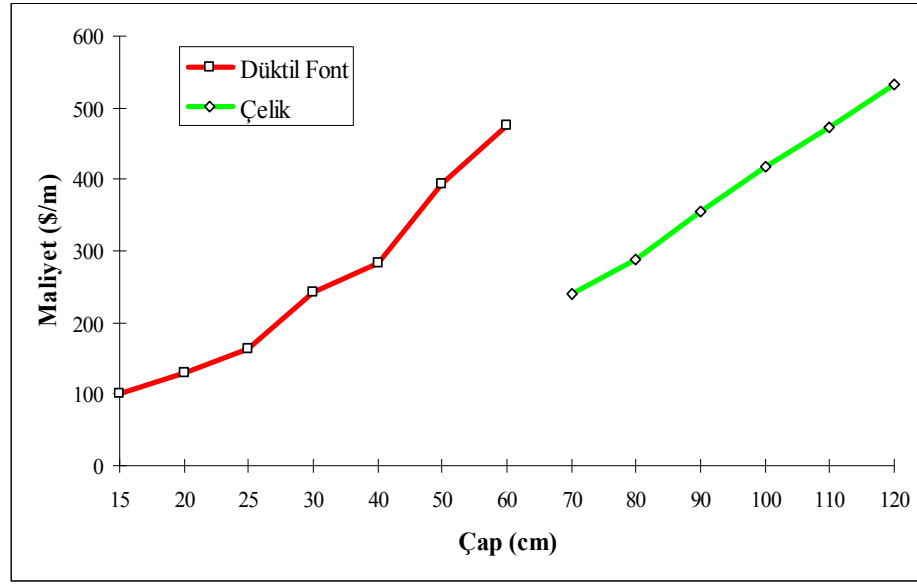


Şekil E.3.3 Tünellerin inşaat birim maliyetleri

Çizelge E.3.3 Tünellerin inşaat birim maliyetleri

Çap	Birim	Birim Maliyet
Cm		\$
120/180*	m	1100
200	m	2000
300	m	3000
380	m	4000
440	m	5000
480	m	6000
520	m	7000
560	m	8000

(*) İSKİ inşaat ihalelerine baz alınan sözleşme fiyatı,



Şekil E.3.4 Atıksu basınçlı boru hatları temin ve inşaat birim maliyetleri

Çizelge E.3.4 Atıksu basınçlı boru hatları temini ve inşaatı için tahmini birim maliyetleri

Çap cm	Birim	Birim Maliyet \$	Malzeme Cinsi
15	m	102	Düktül Font
20	m	129	Düktül Font
25	m	164	Düktül Font
30	m	243	Düktül Font
40	m	284	Düktül Font
50	m	393	Düktül Font
60	m	476	Düktül Font
70	m	239	Çelik
80	m	288	Çelik
90	m	356	Çelik
100	m	418	Çelik
110	m	474	Çelik
120	m	534	Çelik

Ek 3.2 Yağmursuyu Kanalizasyon Sistemleri için Birim Maliyetler

Yağmursuyunun toplanması için inşaa edilecek olan toplama sistemleri için maliyet tahminleri Master Planda verilen birim fiyatlar alınarak hesaplanmıştır. Hesaplanan maliyetler sadece malzeme temini ve yapımını kapsamaktadır. Mühendislik, beklenmedik giderler bu maliyetlere dahil edilmemiştir.

Tali yağmursuyu sistemlerinin havzalarda hizmet verecek boru çapları, kaplamalı ve kaplamasız alanlarda olmak üzere maliyet analizlerinde alınan birim fiyatları Çizelge 7.5’de gösterilmiştir.

Maliyetler meydana gelen farklılıklar ise kazı, geri dolgu, baca yapıları ve yağmursuyu borularında kazı alanının eski haline getirilmesi çalışmalarında minimum toprak örtüsünün azalması (2.7m’ye karşılık 1.2m) olup, bu ilgili tasarrufların yanısıra, bağlantılar ve sülfat etkilerine karşı boru içi korunmasındaki ek tasarruflardır.

Çizelge E.3.5 Tali yağmursuyu sistemleri birim maliyetleri

Boru Çapı (mm)	Birimi	Kaplamasız Alan (\$/m)	Kaplamalı Alan (\$/m)
400	m	57	61
500	m	74	79
600	m	91	97
700	m	96	103
800	m	106	113
900	m	133	142
1 000	m	148	158

Tali yağmursuyu kanalları ile toplanan yağmursuları ana kanallara verilerek uzaklaştırılır. Ana yağmursuyu drenaj kanalları 1000 mm’den büyük drenaj borularını kapsamaktadır. Ana yağmursuyu drenaj birim fiyatları da Çizelge 7.6’de verilmiştir.

Birim fiyatlar hesaplanırken baca maliyeti, borular ve bağlantı parçaları, kazı, yataklama, yerleştirme, dolgu, taşıma, ızgara ve ızgara bağlantıları dahil edilmiştir.

Çizelge E.3.6 Büyük çaplı betonarme yağmursuyu drenaj borularının İnşaat Birim Maliyetleri

Boru Çap (mm)	Birim Uzunluk	Kaplamasız Alan (\$/m)	Kaplamalı Alan (\$/m)
1100	m	165	177
1200	m	190	203
1400	m	518	554
1600	m	621	664
1800	m	724	775
2000	m	780	835
2200	m	929	994
2400	m	1 268	1 357
2600	m	1 606	1 718

Ek 3.3 Terfi Merkezleri İçin Genel Maliyetler

Master Plan Raporuna göre, terfi merkezleri için genelleştirilmiş yatırım maliyeti aşağıdaki formüle göre ABD ve Dünya Bankası hesap yöntemlerine uygun olarak hesaplanmaktadır.

$$\text{Maliyet (1000 \$)} = a Q^b$$

Burada,

$$Q = 1000 \text{ m}^3/\text{gün olarak ortalama debi,}$$

$$a = 54.3$$

$$b = 0.82$$

İşletme ve bakım maliyetleri aşağıdaki bağıntı ile hesaplanmaktadır.

$$\text{Maliyet (1000\$)} = bf_1 eQ^n + bf_2 lQ^r + mQ^s$$

Burada,

$$Q = 1000 \text{ m}^3/\text{gün olarak ortalama debi}$$

$$bf_1 = \text{enerji birim fiyatı (0,12 \$/KWsa)}$$

$$bf_2 = \text{günlük işçilik birim fiyatı (25 \$/Teknisyen)}$$

$$e = 19.8 \quad r = 0.55$$

$$n = 0.909 \quad m = 1.086$$

$$l = 1.54 \quad s = 0.82 \quad \text{göstermektedir.}$$

Kullanılan katsayılar Türkiye şartlarına uygundur. Atıksu terfi merkezleri için indirgenmiş nakit akışı analizlerine göre, 50 yıllık işletme dönemi analiz edilmiş ve elektro-mekanik ekipmanların 20 yılda bir yenilenmesi kabul edilmiştir.

Ek 3.4 Atıksu Tasfiyesi için Genel Maliyet Analizleri

İSKİ içmesuyu rezervuarları bulunan havzalarda atıksuların ileri arıtma tesislerinden geçirilmesini zorunlu kılmaktadır. Sazlıdere barajı da birer içme suyu kaynağı olduklarından bu havzalardaki atıksuların geçirileceği tasfiye ileri seviyede bir arıtma olmalıdır.

İMC'nin İstanbul için hazırladığı Master Plan çalışmasında arıtma tesisi maliyet hesaplama esasları verilmiştir (Çizelge E.3.7.). Uygulanması düşünülen bu ileri arıtma tesislerinde temel işlem besin maddesi (Azot ve Fosfor) giderilmesidir.

Çizelge E.3.7 İleri arıtma tesisinin maliyet hesap esasları

İnşaat Maliyeti (Milyon \$)= a * (Kapasite (1000m ³ / gün)) ^b	a:1.378 b:0.813
Yıllık İşletme ve Bakım Maliyeti (Milyon \$)= a * (Kapasite (1000m ³ / gün)) ^b	a:0.054 b:0.863
Yıllık Yatırım Maliyetleri (Milyon \$)= İnşaat Maliyeti *0.02	Kullanma Süresi :20yıl Mekanik&Elektirik%20
Arıtma Tesisi Hurda Değeri : ((İnşaat yılı + 50 - 2040)/50)*İnşaat Maliyeti	
Borular ve Diğer Malzemeler Yıllık Yatırım Maliyeti (Milyon \$)=Ardışık Toplam (Yeni Tesisler)*0.02 Yıllık İşletme ve Bakım Maliyeti (Milyon \$)=Ardışık Toplam*0.006	

İnşaat için geliştirilmiş maliyet parametreleri için elde edilen sonuçlar İstanbul'daki arıtma tesisleri için yerel maliyet tahminleri ve yeni inşa edilmiş arıtma tesislerinin (Durusu Arıtma Tesisi) maliyetleri ile karşılaştırılmıştır. Bu geliştirilmiş maliyet denklemleri planlama amacına yönelik yerel maliyetlerin tahmin edilmesinde fikir vermektedir.

Detaylı arıtma tesisi toplam maliyetleri yukarıda açıklanmış olup, karşılaştırmalı maliyetler bu şekillerde ki değerler kullanılarak optimize edilecek ve en uygun arıtma tesisi seçilecektir. Ancak yıllık yatırım maliyetleri, arıtma tesisi hurda değeri, çamur uzaklaştırma ve arıtma maliyetleri, borular ve diğer malzeme yenileme bedelleri yukarıda ki çizelgede ki değerler kullanılarak hesaplanacaktır.

Ek 3.5 Çamur Arıtımı ve Uzaklaştırılması Maliyetleri

Alibeyköy ve Sazlıdere Havzasında inşaa edilmesi düşünülen arıtma tesisi maliyetlerine çamur arıtma sistemlerinin maliyetleri de ilave edilmelidir.

Genel arıtma tesisi maliyeti için öngörülen aşağıdaki fonksiyon, inşaat ve işletme maliyetlerinin ayrılması için tekrar kullanılabilir (Master Plan).

$$C = AQ^b$$

Bu denklemde Q, 1000 m³/gün cinsinden ortalama atıksu debisi ve C, 1000 \$ cinsinden tahmini çamur maliyeti olmak üzere ileri arıtma için aşağıdaki katsayılar uygulanmaktadır:

İleri Arıtma Çamurlarının Arıtılması için :

İnşaat Maliyetleri: A: 174.8472; b: 0.7384

Yıllık İşletme ve Bakım Maliyetleri: A: 2.3851; b: 0.8518
