

46109

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ATIKSU ARITMA TESİSLERİ MALİYET İNDEKSİ VE DEBİ-MALİYET İLİŞKİLERİ

DOKTORA TEZİ

Yük. Müh. Mustafa TUNA

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 25 Ocak 1995

Tezin Savunulduğu Tarih : 28 Mart 1995

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Veysel EROĞLU

Diğer Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Hasan Z. SARIKAYA

Prof. Dr. Necdet ARAL

İ.İ. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKTORA TEZİ

MART 1995

SEVGİLİ ANNEM'E



ÖNSÖZ

Günümüzde teknolojinin ulaştığı seviye dikkate alındığında hayal gibi görünen mühendislik projelerinin önündeki en büyük engel teknolojik değil ekonomiktir. Kıt ekonomik kaynakların en verimli şekilde kullanılabilmesi için yapılan ekonomik analizlerde, yapılacak yatırımların maliyetlerinin gerçeğe mümkün olduğu kadar yakın şekilde belirlenmesi gerekir. Çeşitli arıtma proseslerinden meydana gelen atıksu arıtma sistemlerinin maliyetlerini önceden tahmin etmek, önceki yıllarda yapılan yatırımların bugünkü değerini belirlemede kullanılacak indeksleri geliştirmek ve bunları çok kısa zamanda ve mukayeseli olarak gerçekleştirmek bu çalışmanın esas maksadı olmuştur.

Bu çalışmayı idare eden, yönlendiren ve tamamlanması için büyük moral destek sağlayan değerli hocam Prof. Dr. Veysel EROĞLU'na teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmanın her kademesinde engin bilgi ve tecrübelerinden istifade ettiğim kıymetli hocam Prof. Dr. Hasan Z. SARIKAYA ile eleştirileriyle yardımcı olan sayın Prof. Dr. Necdet ARAL'a da teşekkürlerimi sunarım

Yüksek lisans kademesinden beri gerek ilmi gerekse insani vasıflarıyla bizleri yetiştiren değerli hocam Prof. Dr. Yılmaz MUSLU'ya teşekkürü bir borç bilirim.

Çalışmalarımın yürütülmesi ve yönlendirilmesinde büyük faydalarını gördüğüm Doç. Dr. Cumali KINACI ve Doç. Dr. Lütfi AKÇA'ya da teşekkür ederim.

Ayrıca tahsil hayatım boyunca beni yetiştirmeye gayret eden bütün hocalarıma ve çeşitli safhalarda büyük yardımlarını gördüğüm Çevre Mühendisliği Bölümü değerli personeline şükranlarımı sunarım. Bilgisayar hizmetlerinin yürütülmesinde büyük özveri ile çalışan Sn. Ahmet Şeker'e de teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

NOTASYON LİSTESİ.....	v
ŞEKİL LİSTESİ	vii
TABLO LİSTESİ	xi
ÖZET	xiv
ABSTRACT	xv
BÖLÜM 1 GİRİŞ	1
1.1 GENEL	1
1.2 ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	3
1.3 ÇALIŞMANIN AMAÇ VE KAPSAMI	8
BÖLÜM 2 ATIKSU ARITMA TESİSLERİ İÇİN MALİYET İNDEKSİ GELİŞTİRİLMESİ.....	9
2.1 MALİYET İNDEKSİNİN ÖNEMİ.....	9
2.2 MALİYET İNDEKSİ GELİŞTİRME ESASLARI	10
2.3 TÜRKİYE'DEKİ ATIKSU ARITMA TESİSİ YATIRIM DURUMU	12
2.4 TÜRKİYE İÇİN ATIKSU ARITMA SİSTEMLERİ MALİYET İNDEKSLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ.....	14
2.4.1 Tamamlanan Atıksu Arıtma Tesisi Kesin Hesapları Üzerinde Maliyet Analizi ve İndeksi Belirleyen Bileşenlerin Tayini.....	14
2.4.2 Atıksu Arıtma Tesisleri Maliyet Analizi İçin Bilgisayar Programı Geliştirilmesi.....	15
2.4.3 Maliyet Bileşenlerinin Hesaplanması.....	16
2.4.4 Türkiye İçin Stabilizasyon Havuzu Maliyet İndeksinin Geliştirilmesi:.....	35

2.4.5 Türkiye İçin Uzun Havalandırılmalı Aktif Çamur Sistemleri Maliyet İndeksinin Geliştirilmesi.....	39
2.5 MALİYET İNDEKSLERİNİN VE BİLEŞENLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ	43
2.5.1 Geliştirilen İndekslerin Değerlendirilmesi:.....	43
2.5.2 İndeks Bileşenlerinin Değerlendirilmesi.....	45
BÖLÜM 3 ATIKSU ARITMA TESİSLERİNİ MUKAYESELİ OLARAK BOYUTLANDIRAN BİLGİSAYAR PROGRAMI GELİŞTİRİLMESİ.....	51
3.1 ATIKSU ARITMA TESİSLERİNİN MUKAYESELİ OLARAK BOYUTLANDIRILMASININ ÖNEMİ	51
3.2 GELİŞTİRİLEN BİLGİSAYAR PROGRAMININ ALGORİTMASI	52
3.3 MUKAYESELİ TASFİYE PROGRAMININ METODOLOJİSİ.....	53
3.4 MUKAYESELİ TASFİYE PROGRAMININ SAĞLADIĞI FAYDALAR .	71
BÖLÜM 4 ATIKSU ARITMA SİSTEMLERİNİN DEBİ-MALİYET MÜNASEBETLERİ.....	76
4.1 MUKAYESE EDİLEN SİSTEMLERİN MALİYET HESAP ESASLARI	76
4.2 ATIKSU ARITMA TESİSLERİ MALİYET MUKAYESELERİ.....	81
4.2.1 Debi-Toplam Proje Maliyeti Münasebetleri.....	81
4.2.2 Debi-Toplam İşletme ve Bakım Maliyeti Münasebetleri	89
4.2.3 Debi-Birim Hacimdeki Atıksuyun Arıtma Maliyeti Münasebetleri	96
4.2.4 Debi-Arazi İhtiyacı Münasebetleri.....	106
4.3 DEBİ-MALİYET MÜNASEBETLERİNİN GENEL DEĞERLENDİRMESİ	110
SONUÇLAR VE ÖNERİLER	121
KAYNAKLAR	123
ÖZGEÇMİŞ	129

NOTASYON LİSTESİ

P	: Maliyet artış yüzdesi
k	: Etkime yüzdesi
r	: Fiyat artış yüzdesi
M	: Atıksu arıtma tesisi nihai maliyeti
y_i	: Alt bileşenin birim fiyatı
y_{i-1}	: Alt bileşenin bir önceki yıldaki birim fiyatı
F	: Alt bileşenin tutarı
G_k	: Yıllık fiyat değişimini ifade eden geçiş katsayısı
I	: Maliyet İndeksi
MT	: Mukayeseli Tasfiye
İTO	: İstanbul Ticaret Odası
X	: İnşaat Kalemleri maliyeti
Y	: Nakliye Kalemleri maliyeti
Z	: Elektrik Kalemleri maliyeti
W	: Borulama Kalemleri maliyeti
V	: Ekipman Kalemleri maliyeti
U	: Muhtelif Kalemler maliyeti
C	: Maliyet
a	: Parametrik denklem katsayısı
b	: Parametrik denklem katsayısı
Q	: Debi

- R : Korelasyon katsayısı
- S : Sermaye ödeme faktörü
- T : Toplam proje maliyeti
- f : Faiz oranı
- n : Proje süresi
- B : Bir m³ atıksuyun arıtılma maliyeti
- O : Toplam işletme-bakım maliyeti
- L : Yönetim gideri
- A : Gerekli arazi miktarı



ŞEKİL LİSTESİ

Şekil No	Şekil Adı	Sayfa No
Şekil 2.1	Stabilizasyon havuzları indeks değişim grafiği.....	44
Şekil 2.2	Uzun havalandırmalı aktif çamur sistemlerinde..... indeks değişim grafiği	44
Şekil 2.3	İndekslerin karşılaştırılması.....	45
Şekil 2.4	İnşaat indeksi değişim grafiği.....	46
Şekil 2.5	Nakliye indeksi değişim grafiği.....	46
Şekil 2.6	Elektrik indeksi değişim grafiği.....	47
Şekil 2.7	Borulama indeksi değişim grafiği	47
Şekil 2.8	Ekipman indeksi değişim grafiği.....	48
Şekil 2.9	Stabilizasyon havuzu indeksi ile ana kalemler indekslerinin karşılaştırılması	49
Şekil 2.10	Uzun havalandırmalı aktif çamur indeksi ile ana kalemler indekslerinin karşılaştırılması	50
Şekil 3.1	Mukayeseli tasfiye programının algoritması	54
Şekil 3.2	CAPDET programı akım şeması	70
Şekil 4.1	Stabilizasyon havuzlu atıksu arıtma tesisi akım şeması.....	78
Şekil 4.2	Arazide arıtma sistemleri akım şemaları	78
Şekil 4.3	Aktif çamur modifikasyonları için atıksu arıtma akım şemaları	80
Şekil 4.4	Biyofilm sistemleri için atıksu arıtma akım şemaları	80
Şekil 4.5	Tam karışımli aktif çamur için debi-toplam proje maliyeti grafiği	82
Şekil 4.6	Kontak stabilizasyon için debi-toplam proje maliyeti grafiği	82
Şekil 4.7	Uzun havalandırma için debi-toplam proje maliyeti grafiği	83

Şekil 4.8	Yüksek hızlı aktif çamur için debi-toplam proje maliyeti grafiği	83
Şekil 4.9	Piston akımlı aktif çamur için debi-toplam proje maliyeti grafiği	84
Şekil 4.10	Saf oksijen için debi-toplam proje maliyeti grafiği	84
Şekil 4.11	Kademeli havalandırma için debi-toplam proje maliyeti grafiği	85
Şekil 4.12	Damlatmalı filtre için debi-toplam proje maliyeti grafiği	85
Şekil 4.13	Biyodisk için debi-toplam proje maliyeti grafiği.....	86
Şekil 4.14	Oksidasyon hendeği için debi-toplam proje maliyeti grafiği	86
Şekil 4.15	Stabilizasyon havuzu için debi-toplam proje maliyeti grafiği	87
Şekil 4.16	Yüzeyden akıtılarak arazide arıtma için debi-toplam proje maliyeti grafiği.....	87
Şekil 4.17	Hızlı infiltrasyon yoluyla arazide arıtma için debi-toplam proje maliyeti grafiği.....	88
Şekil 4.18	Düşük hızlı infiltrasyon yoluyla arazide arıtma için debi-toplam proje maliyeti grafiği.....	88
Şekil 4.19	Tam karışımli aktif çamur için debi-toplam işletme ve bakım maliyet grafiği	89
Şekil 4.20	Kontak stabilizasyon için debi-toplam işletme ve bakım maliyet grafiği.....	90
Şekil 4.21	Uzun havalandırma için debi-toplam işletme ve bakım maliyet grafiği.....	90
Şekil 4.22	Yüksek hızlı aktif çamur için debi-toplam işletme ve bakım maliyet grafiği.....	91
Şekil 4.23	Piston akımlı aktif çamur için debi-toplam işletme ve bakım maliyet grafiği	91
Şekil 4.24	Saf oksijen için debi-toplam işletme ve bakım maliyet grafiği	92
Şekil 4.25	Kademeli havalandırma için debi-toplam işletme ve bakım maliyet grafiği	92
Şekil 4.26	Damlatmalı filtre için debi-toplam işletme ve bakım maliyet grafiği	93
Şekil 4.27	Biyodisk için debi-toplam işletme ve bakım maliyet grafiği.....	93
Şekil 4.28	Oksidasyon hendeği için debi-toplam işletme ve bakım maliyet grafiği.....	94

Şekil 4.29	Stabilizasyon havuzu için debi-toplam işletme ve bakım maliyet grafiği.....	94
Şekil 4.30	Yüzeyden akıtılarak arazide arıtma için debi-toplam işletme ve bakım maliyet grafiği.....	95
Şekil 4.31	Hızlı infiltrasyon yoluyla arazide arıtma için debi-toplam işletme ve bakım maliyet grafiği.....	95
Şekil 4.32	Düşük hızlı infiltrasyon yoluyla arazide arıtma için debi-toplam işletme ve bakım maliyet grafiği.....	96
Şekil 4.33	Tam karışımli aktif çamur için debi-1 m ³ atıksuyun arıtılma maliyet grafiği	98
Şekil 4.34	Tam karışımli aktif çamur için debi-1 m ³ atıksuyun arıtılma maliyet grafiği (Çamur tasfiye maliyeti dahil)	98
Şekil 4.35	Kontak stabilizasyon için debi-1 m ³ atıksuyun arıtılma maliyet grafiği.....	99
Şekil 4.36	Uzun havalandırma için debi-1 m ³ atıksuyun arıtılma maliyet grafiği ...	99
Şekil 4.37	Uzun havalandırma için debi-1 m ³ atıksuyun arıtılma maliyet grafiği (Çamur tasfiye maliyeti dahil)	100
Şekil 4.38	Yüksek hızlı aktif çamur için debi-1 m ³ atıksuyun arıtılma maliyet grafiği	100
Şekil 4.39	Piston akımlı aktif çamur için debi-1 m ³ atıksuyun arıtılma maliyet grafiği	101
Şekil 4.40	Saf oksijen için debi-1 m ³ atıksuyun arıtılma maliyet grafiği.....	101
Şekil 4.41	Kademeli havalandırma için debi-1 m ³ atıksuyun arıtılma maliyet grafiği	102
Şekil 4.42	Damlatmalı filtre için debi-1 m ³ atıksuyun arıtılma maliyet grafiği.....	102
Şekil 4.43	Damlatmalı filtre için debi-1 m ³ atıksuyun arıtılma maliyet grafiği (Çamur tasfiye maliyeti dahil)	103
Şekil 4.44	Biyodisk için debi-1 m ³ atıksuyun arıtılma maliyet grafiği	103
Şekil 4.45	Oksidasyon hendeği için debi-1 m ³ atıksuyun arıtılma maliyet grafiği	104
Şekil 4.46	Stabilizasyon havuzu için debi-1 m ³ atıksuyun arıtılma maliyet grafiği	104

Şekil 4.47	Yüzeyden akıtılarak arazide arıtma için debi-1 m ³ atıksuyun arıtılma maliyet grafiği.....	105
Şekil 4.48	Hızlı infiltrasyon yoluyla arazide arıtma için debi-1 m ³ atıksuyun arıtılma maliyet grafiği.....	105
Şekil 4.49	Düşük hızlı infiltrasyon yoluyla arazide arıtma için debi-1 m ³ atıksuyun arıtılma maliyet grafiği.....	106
Şekil 4.50	Aktif çamur modifikasyonları için debi-arazi ihtiyacı münasebeti.....	107
Şekil 4.51	Biyofilm sistemleri için debi-arazi ihtiyacı münasebeti.....	107
Şekil 4.52	Stabilizasyon havuzları için debi-arazi ihtiyacı münasebeti.....	108
Şekil 4.53	Yüzeyden akıtılarak arazide arıtma için debi-arazi ihtiyacı münasebeti	108
Şekil 4.54	Hızlı infiltrasyon yoluyla arazide arıtma için debi-arazi ihtiyacı münasebeti	109
Şekil 4.55	Düşük hızlı infiltrasyon yoluyla arazide arıtma için debi-arazi ihtiyacı münasebeti	109
Şekil 4.56	İncelenen atıksu arıtma sistemlerinin 350-40.000 m ³ /gün arası debiler için toplam proje maliyetleri mukayese grafiği.....	113
Şekil 4.57	İncelenen atıksu arıtma sistemlerinin 40.000 m ³ /gün ve daha büyük debiler için toplam proje maliyetleri mukayese grafiği.....	114
Şekil 4.58	Arazide arıtma sistemlerinin incelenen debiler için toplam proje maliyetleri mukayese grafiği.....	115
Şekil 4.59	İncelenen atıksu arıtma sistemlerinin 350-40.000 m ³ /gün arası debiler için toplam işletme-bakım maliyetleri mukayese grafiği.....	116
Şekil 4.60	İncelenen atıksu arıtma sistemlerinin 40.000 m ³ /gün ve daha büyük debiler için toplam işletme-bakım maliyetleri mukayese grafiği.....	117
Şekil 4.61	İncelenen atıksu arıtma sistemlerinin 350-40.000 m ³ /gün arası debiler için birim hacim atıksu arıtma maliyetleri mukayese grafiği....	118
Şekil 4.62	İncelenen atıksu arıtma sistemlerinin 40.000 m ³ /gün ve daha büyük debiler için birim hacim atıksu arıtma maliyetleri mukayese grafiği....	119
Şekil 4.63	İncelenen debiler için atıksu arıtma sistemlerinin arazi ihtiyaçları mukayese grafiği	120

TABLO LİSTESİ

Tablo No	Tablo Adı	Sayfa No
Tablo 2.1	İller bankası tarafından yaptırılan atıksu arıtma tesisleri.....	12
Tablo 2.2	İller bankası yetki alanındaki yerleşimlerin kanalizasyon ve arıtma tesisi durumu (1994 yılı itibariyle)	13
Tablo 2.3	İnşaat imalat kalemleri listesi (1989 Yılı).....	17
Tablo 2.4	İnşaat kalemleri imalat analiz örneği.....	18
Tablo 2.5	İnşaat imalat analizlerini oluşturan kalemler (1989 Yılı).....	18
Tablo 2.6	Birleştirilen benzer inşaat kalemlerinden oluşan ana kalemler	20
Tablo 2.7	İnşaat ana kalemleri ve inşaat toplamına etkiye yüzdeleri.....	21
Tablo 2.8	İnşaat ana kalemlerinin 1989-1990 yılları arasında fiyat artış yüzdeleri ve ağırlıklı fiyat artışları.....	21
Tablo 2.9	Yıllara göre motorin birim fiyatları	22
Tablo 2.10	Yıllara göre nakliye artış yüzdeleri.....	22
Tablo 2.11	Elektrik imalat kalemleri listesi (1989 Yılı).....	23
Tablo 2.12	Elektrik imalatlarının 1989-1990 yılları arasında fiyat artış yüzdeleri ve ağırlıklı fiyat artış miktarları	25
Tablo 2.13	Elektrik imalatlarının ağırlıklı etkiye miktarları ve 1989-1990 yılı ağırlıklı fiyat artış yüzdesi.....	27
Tablo 2.14	Borulama imalat kalemleri listesi (1989 Yılı)	28
Tablo 2.15	Borulama imalatlarının 1989-1990 yılları arasında fiyat artış yüzdeleri ve ağırlıklı fiyat artışları.....	29
Tablo 2.16	Borulama imalatlarının ağırlıklı etkiye miktarları ve 1989-1990 yılı ağırlıklı fiyat artış yüzdesi.....	29
Tablo 2.17	Pompa ana kalemleri birim fiyatları.....	30

Tablo 2.18	Pompa ana kalemleri fiyat artış yüzdeleri	31
Tablo 2.19	Yıllara göre pompa fiyat artış yüzdeleri	32
Tablo 2.20	Yıllara göre DİE metal ana sanayi indeksleri	32
Tablo 2.21	Yıllara göre metal aksam fiyat artış yüzdeleri	32
Tablo 2.22	Yıllara göre usta saat ücretleri	33
Tablo 2.23	Yıllara göre montaj fiyat artış yüzdeleri.....	33
Tablo 2.24	Ekipman kalemi ağırlıklı etkiye miktarları ve 1989-1990 yılı ağırlıklı fiyat artış yüzdesi.....	33
Tablo 2.25	Muhtelif giderleri belirleyen kalemler ve yıllara göre değerleri	34
Tablo 2.26	Muhtelif giderlerin yıllara göre ağırlıklı artış yüzdeleri	34
Tablo 2.27	Stabilizasyon havuzları için 1989-1990 yılı toplam maliyet artış yüzdesi.....	36
Tablo 2.28	Stabilizasyon havuzları için 1990-1991 yılı toplam maliyet artış yüzdesi.....	37
Tablo 2.29	Stabilizasyon havuzları için 1991-1992 yılı toplam maliyet artış yüzdesi.....	37
Tablo 2.30	Stabilizasyon havuzları için 1992-1993 yılı toplam maliyet artış yüzdesi.....	38
Tablo 2.31	Stabilizasyon havuzları için 1993-1994 yılı toplam maliyet artış yüzdesi.....	38
Tablo 2.32	Stabilizasyon havuzları inşaat toplam maliyet artış yüzdeleri	39
Tablo 2.33	Stabilizasyon havuzları inşaat maliyet indeks değerleri.....	39
Tablo 2.34	Uzun havalandırmalı aktif çamur sistemlerinde 1989-1990 yılı toplam maliyet artış yüzdesi.....	40
Tablo 2.35	Uzun havalandırmalı aktif çamur sistemlerinde 1990-1991 yılı toplam maliyet artış yüzdesi.....	40
Tablo 2.36	Uzun havalandırmalı aktif çamur sistemlerinde 1991-1992 yılı toplam maliyet artış yüzdesi.....	41
Tablo 2.37	Uzun havalandırmalı aktif çamur sistemlerinde 1992-1993 yılı toplam maliyet artış yüzdesi.....	41

Tablo 2.38	Uzun havalandırmalı aktif çamur sistemlerinde 1993-1994 yılı toplam maliyet artış yüzdesi.....	42
Tablo 2.39	Uzun havalandırmalı aktif çamur sistemlerinde inşaat toplam maliyet artış yüzdeleri.....	42
Tablo 2.40	Uzun havalandırmalı aktif çamur sistemlerinde inşaat maliyet indeks değerleri	42
Tablo 3.1	Mukayeseli tasfiye menu yapısı.....	69
Tablo 3.2	Mukayeseli tasfiye programı ile boyutlandırılabilen prosesler	75
Tablo 4.1	Birim fiyat verileri	77
Tablo 4.2	Ham atıksu karakteristikleri.....	77
Tablo 4.3	Evsel atıksuların arıtma maliyetlerini ve arazi ihtiyaçlarını hesaplamak üzere geliştirilen parametrik denklemler	110



ÖZET

ATIKSU ARITMA TESİSLERİ MALİYET İNDEKSİ VE DEBİ-MALİYET İLİŞKİLERİ

Türkiye’de atıksu arıtma tesislerindeki fiyat artışlarını gösteren bir maliyet indeksi bulunmamaktadır. Bugüne kadar atıksu arıtma tesislerini boyutlandıran, maliyetlerini hesaplayan ve birbiriyle mukayese eden bilgisayar programı geliştirilmemiştir. Ayrıca uzun yıllar istifade edilebilecek debi-maliyet bağıntılarına da ihtiyaç bulunmaktadır.

Türkiye’de tamamlanan atıksu arıtma tesisleri kesin hesaplarının etüt edilmesiyle maliyet analizleri yapılmıştır. Maliyet bileşenlerinin ağırlıklı artış yüzdeleri belirlenmiş ve indeksin geliştirilme esasları teşkil edilmiştir. Buna göre, stabilizasyon havuzları ve uzun havalandırmalı aktif çamur sistemleri için geliştirilen inşaat maliyetleri indeksleri ve bileşenleri ayrı ayrı değerlendirilmiştir.

Atıksu arıtma proseslerini Türkiye şartlarında da boyutlandırılacak, maliyetlerini hesaplayacak, maliyetlerini hesaplayacak ve birbiriyle mukayese edecek Mukayeseli Tasfiye Programının algoritması verilmiş, programın özellikleri tanıtılmıştır.

Türkiye şartlarında nazara alınan 15 çeşit arıtma sistemi için debi-toplam proje maliyeti, debi-toplam işletme bakım maliyeti, debi-birim hacimdeki atıksuyun arıtılma maliyeti ve debi-arazi ihtiyacı münasebetleri MT programı ile hesaplanarak grafikler tanzim edilmiş ve her sistem için bu münasebetlerin $C=a.Q^b$ tipindeki parametrik denklemleri elde edilmiştir.

ABSTRACT

WASTEWATER TREATMENT PLANT COST INDEXES AND COST CAPACITY RELATIONSHIPS

The objectives of this study are of three fold. The first is to develop construction cost indexes for Turkey given the two most widely used systems, stabilization ponds and extended aeration activated sludge systems needed as part of building domestic wastewater treatment plants.

The second, is to build an interactive computer program for use in designing conventional domestic wastewater treatment plants and in estimating as well as in comparing associated costs of these various systems to facilitate decision making with regard to the best available alternative.

The third, by taking specific conditions of Turkey into account and utilizing data from the considered 14 treatment systems, is to conveniently construct such graphs as flow rate-total project cost, flow rate-total operation&maintenance cost, flow rate-unit cost of treated wastewater, and flow rate - land requirement relationships. In addition, a parametric equation of $C=aQ^b$ type is obtained for each one of the aforementioned relationships.

The first part of this dissertation starts with a discussion of the objectives and scope of the present study and the accompanying literature review on its subject matter. As a cursory look indicates that there are no notable studies on construction cost indexes developed for wastewater treatment plants in Turkey, it further reflect the fact that flow rate - cost related studies are inadequate and far from reflecting realities. Thus, this part in effect defines the problem and lays out the rationale in adopting the current methodological approach to accomplish desired ends subject to existing constraints.

In part II, using final cost data for completed wastewater treatment plants in Turkey, two cost indexes for stabilization ponds and extended aeration activated sludge systems are developed, by first laying down the principles of constructing such indexes. The status of the already existing plants clearly indicates that data on stabilization ponds and extended aeration activated sludge systems are adequate and in turn make it possible to use a 10.000 m³/day flow as design capacity rate.

The equation which represents the cost increase percentage for wastewater treatment systems is as follows;

$$P = \frac{k_1 r_1 + k_2 r_2 + \dots + k_n r_n}{k_1 + k_2 + \dots + k_n} \quad (2.1)$$

where;

P is cost increase percentage,

$k_1, k_2, \dots, k_n$ are the effective percentage of 1., 2., n. items in
total cost

$r_1, r_2, \dots, r_n$ are the cost increase percentage of 1., 2., n. items.

Effective percentages (k constants) are obtained from the equation below via the analysis of the final cost incurred just before the operational stage of systems for which an index is developed.

$$k_i = \frac{M_i}{\sum_{i=1}^n M_i} \times 100 \quad (2.2)$$

where;

M_i is final cost of i. item.

Price increase percentages can be obtained by using the following equation. Results reflect the price increases of the sub-items in proportion to their share in the given item.

$$r = \sum_{i=1}^n \left(\frac{y_i - y_{i-1}}{y_i} \right) \left(\frac{F_i}{\sum_{i=1}^n F} \right) 100 \quad (2.3)$$

where;

r is price increase percentage

y_i is unit price of sub-item

y_{i-1} is unit price of sub-item a year before

F_i is Total price of i. sub-item ($F = \text{quantity} \times \text{unit price}$).

Acceleration rate corresponding to the yearly price changes for the studied treatment system can be obtained from the equation below;

$$G_k = 1 + \frac{P}{100} \quad (2.4)$$

And wastewater treatment plant cost index (I) is calculated by using the following formula;

$$I_i = I_{i-1} (G_k)_i \quad (2.5)$$

The major cost items of a construction cost index can generally be categorized as follows:

- * Construction works,
- * Transportation,
- * Electrical works,
- * Piping,
- * Equipment
- * Miscellaneous items.

Each construction works item is classified under a separate class except those which are less than %0.5 of their own overall total. Construction works items are further grouped together to become a total of 19 items. For each item unit price increase percentages are multiplied by the related price increase percentages in its main class to obtain weighted average price increases percentages. The sum of all weighted construction works price increase as percentages then gives the weighted price increase percentage for that specific year. It also needs to be pointed out that the price increase in the transportation cost item is approximated by parallel price increases in motorin for that specific year.

Electrical works items under six major categories are classified as panel, cable, contactor, switchgear, fuse and transformer, and are treated, as in the case of construction works items to obtain weighted price increase percentages on yearly basis. Similar treatments are made for the piping and valves main class and yearly weighted price increase percentage are obtained. The equipment main class includes pumps, metal components, and assembly subcategories. Miscellaneous items price changes are obtained from the sources of the İstanbul Commerce of Chambers, as published in their construction material cost index, and the figures are also related to the exchange rate increases in the US dollar and the German Mark. The shares of the construction works item in the overall make up of stabilization ponds and extended aeration activated sludge systems are found to be approximately 54% and 38% respectively.

Similarly, the shares of the equipment item in the same structures are around 10% and 35%. The 1989 wastewater treatment index is taken as a base year, 100%, and from there to 1994 construction cost indexes are accordingly calculated. It is established that the yearly price changes in both the main items and the treatment plant construction cost indexes display a character of geometric series. In the time bracket studied it becomes clear that the related price increases in stabilization

ponds exceed those of extended aeration activated sludge systems. While between 1989-1993 the transportation cost item increases are higher than all others, in 1994 the construction works item shows a dramatic increase to top the list. The lesser price increases on the other hand are seen in the piping and equipment items lagging behind the others.

Part III deals with an exposition of MT, an interactive computer program, which operates under WINDOWS and is developed to be utilized in simplifying the techniques used to sort out cost data as well as calculating indexes for use after 1994. MT essentially uses the USA based CAPDET program as a subroutine and its algorithm is provided in the same section.

The program, MT, meets the necessary criteria to design all kinds of wastewater treatment plants for domestic wastewater; calculates associated costs for various alternatives; lists them on a comparative basis in the order of economic feasibility; and determines the level of the quality of the effluent at different rates in an efficient way. Upon specifying differing rates of influent and desired levels of effluent, MT provides all the necessary information data set needed by planners for planning such systems. The cost of all items are routinely worked out by first calculating the required number of items and then multiplying them by their unit costs to obtain their total amount. However, in the case of the filtering device, pumping station, and a few items, associated costs are obtained through parametric equations. Hence one of the advantages of this program is its ability to utilize country-specific data such as unit prices. More specifically, it calculates for each system the present value amounts of construction cost, depreciation, operation&maintenance related labor and other costs, energy costs, repair and replacement costs, chemical costs, the cost of treating 1 m³ of wastewater, monthly user charge, and adjusted rates of user charge in case of upgrading costs.

Part IV displays the principles of cost estimation; depicts the graphs of flow rate-cost relations and compares and interprets the results obtained on the basis of an analysis of the 14 wastewater treatment plants, chosen for this study, which also meet the basic criteria regulating domestic wastewater at least for water pollution and quality. However, It needs to be pointed out that this cost estimation study does not cover sludge treatment. All cost estimates are made on the basis of unit cost figures of Ministry of Public Works and Settlement, Bank of Provinces and General Directorate of Hydraulic Works. Furthermore, the fact of high inflation in Turkey forces any meaningful attempts of economic or financial analysis to be carried out in terms of the US dollar (effective November 1994) and as a result this study follows suit.

In addition, for each system the graphs showing the relationships between flow rate-total construction cost; flow rate-total operation&maintenance costs; flow rate-cost of treating 1 m³ of wastewater; and also flow rate-Land requirement are drawn. Since curves correspond to lines when depicted on a double logarithmic axis, each

flow rate-cost relation is expressed in the form of a $C=a.Q^b$ type parametric equation.

The final results indicate that from the standpoint of the total project cost the most economical system up to a rate of 65.000 m³/day appears to be rapid infiltration land treatment systems; at higher rates, however, complete mix activated sludge systems are more cost effective than the others. In contrast, the most costly system comes across as rotating biological contactor systems. As for the category of the total operation&maintenance costs, which involve operation&maintenance labor, energy, material and chemical costs, the least costly system up to a rate of 100.000 m³/day are rapid infiltration land systems; at higher rates stabilization pond systems gain acceptance over the others. Again, in contrast, the most costly one is determined to be extended aeration activated sludge systems.

The largest cost item in extended aeration activated sludge systems is energy which lies around 60-80% of the total operation&maintenance costs. The graphs of flow rate-cost of 1 m³ of treated wastewater indicate that as plant size increases the unit cost of treated wastewater per unit volume decreases and after a certain value it stays nearly constant.

In terms of the cost of treating 1 m³ of wastewater the most economical system after land treatment systems is the trickling filtration systems; and the most costly one remains to be extended aeration activated sludge systems. As a consequence, if there exists sufficient amount of land, the choice should be land treatment systems; if not, then the second best alternative should be trickling filtration systems.

Finally, as for the evaluation of the alternatives in terms of land requirement, activated sludge modifications and biofilm systems are found to occupy roughly the same area. These systems require the least amount of land followed by rapid infiltration land treatment, stabilization ponds, overland flow treatment systems and lastly slow infiltration land treatment systems.

BÖLÜM 1 GİRİŞ

1.1 GENEL

Atıksu toplama ve arıtma tesisleri büyük miktarlarda yatırımı gerektiren altyapı elemanlarıdır. Bu tesisler için yapılacak harcamalar, özellikle gelişmekte olan ülkelerde milli gelirin önemli bir kısmını tutmakta, bu ise ekonomik dengeyi alt üst etmektedir. Bu sebeple bu tip altyapı yatırımlarının daha planlama safhasında maliyet analizinin yapılması, değişik alternatifler arasında teknolojik, bölgesel ve ekonomik olarak en uygununun seçilmesi büyük önem arz etmektedir. Ancak Türkiye gibi ülkelerde kanalizasyon ve atıksu arıtma tesisi yatırımlarının yeni başlaması sebebiyle, değerlendirmelere esas alınabilecek maliyet datası sınırlıdır ve henüz planlama safhasında genellikle gerek yatırım önceliği, gerekse en ekonomik alternatifin seçimi hususunda kriter bulunmamaktadır. Türkiye'deki yatırımların dağılımı ve çalıştırılmayan arıtma tesisleri bu hususta en iyi göstergelerdir.

Kanalizasyon ve arıtma tesisi yatırımlarının çok pahalı olması sebebiyle başlangıçta yapılacak yanlış bir seçim telafisi zor uygulamalara yol açmaktadır. Bu sebeple yapılacak yatırımın daha planlama safhasında maliyet boyutunun belirlenmesi ve değişik alternatiflerin birbiriyle karşılaştırılabilmesi gerekmektedir. Bu husus yatırımın finansmanı açısından da çok önemlidir.

Altyapı yatırımlarında gözardı edilmemesi gereken hususlardan birisi de maliyetin sadece ilk yatırımdan ibaret olmadığıdır. Tesis işletmeye başladıktan sonra bakım ve onarım masraflarının da dikkate alınması gerekmektedir. Planlama safhasında tüm bu maliyetlerin dikkate alınması ve ayrıca finansman açısından çözümler üretilmesi büyük önem arz etmektedir. Mesela bir atıksu arıtma tesisinin finansmanı açısından faydalı ömür süresince kullanıcılardan aylık (veya yıllık) tahsil edilmesi gereken para da bilinmelidir.

Türkiye şartları da dikkate alınarak gerek planlamacılara gerekse proje mühendislerine rehber olacak, birim boy kanalizasyon inşa bedelini ve alternatif atıksu arıtma sistemlerini maliyeti ve boyutlarıyla birlikte verecek kriterlere ihtiyaç bulunmaktadır. Türkiye’de bu konularda bugüne kadar yapılan çalışmalar yok denecek kadar azdır. Yapılan birkaç çalışma büyük kabulleri ihtiva etmekte olup Türkiye şartlarını yansıtmaktan çok uzaktır.

Atıksu arıtma tesislerinin inşasında yıllara bağlı olarak meydana gelen maliyet değişimlerini yansıtacak maliyet indekslerine ihtiyaç bulunmaktadır. Maliyet indekslerinin çeşitli kalemlerdeki fiyat artışlarını ağırlıkları oranında yansıtmaları gerekir. Bu husus kurulan (inşa edilen) tesislerin belirli bir metodoloji çerçevesinde maliyet analizini gerektirmektedir. Maliyet indeksleri belirli bir arıtma sistemindeki fiyat değişimlerinin yıllara göre değişimini yansıtmalıdır. Böylece karar mercilerinin arıtma sektöründeki fiyat değişimlerini ve sektördeki her bileşenin ağırlığını görmeleri mümkün olacaktır. Bugüne kadar Türkiye’de arıtma sektöründeki fiyat değişimlerini yansıtan maliyet indeksi üzerinde hiçbir çalışma yapılmamış olup bu husus özellikle yöneticiler ve planlamacılar açısından önemli bir ihtiyaç (bir bilgi-data-eksikliği) doğurmaktadır.

Atıksu arıtma sektöründe çalışan proje mühendisleri belirli bir çıkış suyu kalitesini sağlayacak çeşitli arıtma prosesi kombinasyonlarıyla karşı karşıyadır. Mühendisler her zaman kısa sürede ve en düşük maliyetle istenen su kalitesini sağlayacak arıtma sistemini seçme durumundadırlar. Bu durumda mühendislere, çeşitli arıtma düzenleriyle sağlayabilecekleri su kalitelerini ve her bir arıtma prosesinin maliyetini mukayeseli olarak verebilecek bir bilgisayar programı büyük hız ve verimlilik sağlayacaktır. Böylece en sağlıklı ve optimum arıtma sistemini en kısa zamanda seçmek mümkün olabilecek ve çeşitli alternatifleri maliyetleriyle birlikte mukayese etme şansı doğabilecektir. Dolayısıyla sınırlı olan kaynaklar rasyonel bir şekilde değerlendirilecektir.

1.2 ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Atıksu arıtma sistemleri inşasının bir asrı bile bulmadığı dikkate alındığında, arıtma tesislerinin maliyeti ile ilgili çalışmaların çok gerilere gitmediği anlaşılabacaktır. Arıtma tesislerinin maliyetleri bölgeden bölgeye değiştiğinden, bir ülkede yapılan araştırmalardan bir başka ülkede faydalanılması sınırlı kalmaktadır. Bu sebeple atıksu arıtma maliyetlerinin belirlenmesi çalışmalarının mahalli şartların dikkate alınarak yapılması büyük önem arz etmektedir.

Atıksu arıtma tesis maliyetiyle ilgili literatürde rastlanılan ilk çalışma Velz (1948) tarafından yapılmıştır. Bu çalışmada evsel atıksu arıtma tesislerinin inşaat maliyetleri, debiye bağlı olarak belirlenmeye çalışılmıştır. Diashishin (1957) evsel atıksuların küçük arıtma tesislerinde ve özellikle aktif çamur ve damlatmalı filtrelerde arıtılması durumu için debi-inşaat maliyetleri münasebetlerini araştırmıştır. Howells ve DuBois (1958) küçük biyolojik arıtma tesislerinin maliyetlerini araştırmışlardır. Aynı şekilde Rowan, Jenkins ve Buttler (1960) evsel atıksu arıtma tesisi inşaat maliyetlerini; Rowan, Jenkins ve Howells (1961) evsel atıksu arıtma tesisi işletme ve bakım maliyetlerini incelemişlerdir.

Kehr ve Teichmann (1961) Federal Almanya'daki atıksu arıtma tesislerine ait dataları kullanarak "debi-ilk yatırım maliyeti" ile "debi-işletme ve bakım maliyeti" münasebetlerini araştırmışlardır. Aynı dataları kullanan Schmidt (1964) atıksu arıtma tesislerinin maliyetlerini yıllık bazda ve eşdeğer nüfusa bağlı olarak incelemiştir.

Lynn ve diğ. (1962), atıksu arıtma tesislerinin planlanmasında ilk defa sistem analizini kullanmışlardır. Logan ve diğ. (1962), ABD'deki evsel atıksu arıtma tesislerini ekonomik açıdan analiz etmişler, ilk yatırım ve işletme-bakım maliyetleriyle debi arasında bağıntı kurmuşlardır. Çalışmalarında daha önceki tüm çalışmalarda olduğu gibi bina inşaatı maliyet indeksini kullanmışlardır. ABD Public Health Service, ilk defa 1963 yılında evsel atıksu arıtma tesisleri için tüm ülkeye ait verileri kullanarak 20 bölge için maliyet indeksleri geliştirmiştir. Bu çalışma yapılırken ABD'de en yaygın atıksu arıtma tesisi yüksek hızlı damlatmalı filtre olduğundan bu proses baz alınarak oluşturulmuştur. Diğer arıtma prosesleri için maliyet indeksleri geçiş katsayıları kullanılarak hesaplanmıştır. ABD'de 1963 tarihli

bu indeksten başka atıksu arıtma tesisleri maliyet indeksi için farklı bir çalışmaya rastlanmamıştır. ABD Public Health Service (1964) tarafından yapılan bir başka çalışmada ise maliyet boyutu dikkate alınarak arıtma tesisinin boyutlandırılması ile ilgili esaslar geliştirilmiştir.

Swanson (1966), evsel atıksu arıtımında kullanılan konvansiyonel atıksu arıtma tesislerinin (Damlatmalı Filtre, Aktif Çamur) işletme ve bakım maliyetlerini analiz etmiştir. Smith (1968) ABD’de daha önce yapılan çalışmaları değerlendirmek suretiyle mekanik arıtma, aktif çamur, damlatmalı filtre, koagülasyon-flokülasyon, çökeltme, kum filtrasyonu, amonyak sıyırma, granüler aktif karbon adsorbsiyonu, elektrodializ, mikroelek, nihai havalandırma ve klorlama prosesleri için ilk yatırım, işletme-bakım ve toplam maliyetleri debinin fonksiyonu olarak grafikler halinde vermiştir. Aynı çalışmada ayrıca çamur çürütücü, filtre, klorlama ve çökeltme havuzlarının inşaat maliyetleriyle hacim ve yüzey alanları, blower kapasitesiyle maliyet, toplam havuz hacmi ile arazi ihtiyacı arasında ilişki kurulmuştur. Robert (1970), ABD’deki atıksu arıtma tesislerinin 1965-1968 yıllarına ait verilerini kullanarak evsel atıksu arıtma tesislerinin işletme ve bakım maliyetleri ile işgücü ihtiyaçlarını incelemiş, maliyet ve gerekli işgücü hesabı için bağıntılar geliştirmiştir. Black and Veatch Engineers (1971), ABD Çevre Koruma Teşkilatı EPA için yaptığı bir projede konvansiyonel atıksu arıtma tesisleri için maliyet dataalarını değerlendirmiş ve işgücü ihtiyacını hesaplamak için ifadeler geliştirmiştir.

Arceivala (1969,1970) gelişmekte olan ülkeler için işletilmesi basit, ilk yatırım ve işletme maliyeti düşük olan arıtma tesisleri için maliyet değerlendirmeleri yapmış, stabilizasyon havuzları, oksidasyon hendekleri ve havalandırılmalı lagünler için maliyet-debi grafikleri geliştirilmiştir. Türkiye’de yapılan ilk arıtma tesisi maliyet incelemeleri de Arceivala yönetiminde yapılan yüksek lisans tezleridir (Soyupak 1973 ve Kaya 1973). Bu çalışmalarda da stabilizasyon havuzları, havalandırılmalı lagün ve oksidasyon hendeği gibi basit arıtma sistemleri için Türkiye şartlarına göre maliyet-debi grafikleri çizilmiştir.

Barnard ve Eckenfelder (1971), endüstriyel atıksu arıtımında %90 giderme veriminde herbir arıtma prosesi için “inşaat maliyeti-debi” bağıntılarını geliştirmişlerdir.

1970'li yıllarda arıtma tesisi kurulmasını teşvik için ilk yatırım maliyetinin %75'ine kadarlık kısmını kredi vererek destekleyen ABD Çevre Koruma Teşkilatı EPA'nın yoğun bir maliyet araştırması yaptırdığı görülmektedir. (Patterson and Banker, 1971; Eilers and Smith, 1973; EPA, 1973; EPA, 1974; EPA, 1975a; EPA, 1975b; EPA, 1976a; EPA, 1976b; EPA, 1977; EPA, 1978a; Reed et al, 1979; EPA, 1979; EPA, 1980; EPA, 1984). Bu yayınlarda konvansiyonel ve ileri arıtma prosesleri için gerçek değerler kullanılarak debi-maliyet eğrileri çizilmiş, maliyet destekli tasarım esasları verilmiştir.

Tihasky (1974), su kirlenme kontrolü (arıtma tesisi, deşarj yapıları vs.) için geliştirilmiş maliyet fonksiyonlarını değerlendirmiş, maliyetin debi yanında arıtma verimine de bağlı olarak ifade edilebileceğini belirtmiştir. Donald (1974) evsel atıksuların aktif çamur prosesi ile arıtılması durumu için havalandırma-maliyet münasebetini incelemiştir. Parker (1975) atıksu arıtma havuzlarının maliyetlerini etkileyen faktörleri araştırmıştır. Quasim(1985) çeşitli prosesler için maliyet-debi grafiklerini vermiştir. Shields ve Thackston (1991) maliyeti azaltmak için havuz boyutlarının optimum oranını araştırmışlar, hidrolik verimi maksimum yapacak havuz boyutlarıyla ilgili bir ifade geliştirmişlerdir.

İşletme ve bakım maliyetinin en önemli bileşeni enerji kalemidir. Bir çok arıtma sistemi yüksek enerji maliyeti dolayısıyla çalıştırılmamaktadır. Enerji giderlerini en aza indirmek için bir çok araştırma yapılmıştır (Smith, 1973; Milis and Tchobanoglous, 1974; Zarnett, 1975; Hagen and Robert, 1976; Smith, 1978; Wesner et al, 1978; Wang and Wang, 1979; Anderson, 1980; Greenwood and Gloyna, 1980; GIT 1981; West 1981; Middlebrooks et al, 1981; Owen, 1982; Young and Koopman, 1991).

Arıtma tesisi maliyetini etkileyen bir diğer önemli faktörde arıtma verimidir. Deşarj standardının yerine alıcı ortam veya alıcı ortam esaslı deşarj standardının uygulanması halinde bölge çapında planlama yapılması ve alıcı ortamda istenen su kalitesinin sağlanması için bölgedeki arıtma tesislerinin optimum arıtma verimlerinin belirlenmesi gerekir. Bu ise atıksu arıtma tesisi maliyetini doğrudan etkilemektedir. Bu hususta yapılan ilk çalışmalardan birisi Deininger (1966), bir diğeri ise Deininger ve Su (1971) tarafından gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmalarda sistem analizi prensipleri kullanılarak bölge bazında maliyet optimizasyonu

yapılmıştır. Bu konuda dikkat çekici çalışmalar arasında Deininger (1972), Lindholm (1973) ve Eroğlu (1980) nun araştırmaları da sayılabilir. Eroğlu(1980) bir taraftan mekanik arıtma, aktif çamur ve damlatmalı filtre için debi-maliyet münasebetlerini verirken, diğer taraftan Büyük Menderes Havzası için optimizasyon yapmıştır. Anderson ve Garber (1988) gelişmekte olan ülkelerde uygun çevre standartları için bir fizibilite çalışması yapmışlardır. Bu ülkelerde standartların uygulanmasındaki en büyük engelin politik baskı olduğunu belirtmişlerdir. Ellis and Tang (1991) gelişmekte olan ülkeler için bir atıksu arıtma optimizasyon modeli geliştirmişlerdir. Henze ve Odegaard (1994) Orta ve Doğu Avrupa atıksu arıtma politikasının belirlenmesi için yaptıkları çalışmada, finansman sıkıntısı durumunda arıtma sistemlerinin inşasında kademelendirmeye gitmeyi tavsiye etmişlerdir.

1965'li yıllardan itibaren sistem analizi teknikleriyle beraber bilgisayar destekli atıksu arıtma sistemleri dizayn çalışmalarının da başladığı görülmektedir. Bu konuda ilk çalışma Deininger (1966) tarafından gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada atıksu toplama ve arıtma sisteminin hesabı için bir bilgisayar programı geliştirilmiştir. Bu konudaki çalışmalar 1970'li yıllardan itibaren yoğunlaşmıştır (Shih and Defilippi, 1970; Bethouex and Polkowski, 1970; Chen et al, 1972; Mishra et al, 1974; Middleton and Lawrence, 1976; Tyteca et al, 1977; Male and Graef, 1978; Bowden and Wright, 1978; Bush and Silveston, 1978; Rossman, 1979; Narbaitz and Adams, 1980; Tang et al 1987; Chang and Liaw, 1990). Bu çalışmalarda esas olarak toplam maliyet kriterlerine göre bir optimizasyon modeli kurulmuş, maliyeti etkileyen karar değişkenleri, tahdit denklemlerini oluşturmuştur. Bu konuda Türkiye'de iki araştırma mevcut olup ilki Velioğlu (1981) nun çalışmasında arıtma tesisindeki proseslerin toplam hacmi sabit kabul edilerek maliyet fonksiyonu basitleştirilmiş, bu yaklaşımı dolayısıyla eleştirilmiştir. Akça (1988) nın çalışmasında ise herbir arıtma prosesi kendi maliyet fonksiyonuyla ifade edilerek kapsamlı bir optimizasyon modeli geliştirilmiştir.

Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Teşkilatı (EPA), atıksu arıtma tesislerini boyutlandırarak bilgisayar programları geliştirilmesini sağlamıştır (CAPDET, 1979; Rossman, 1980). Bunlardan EXEC/OP arıtma tesislerini optimize ederek boyutlandırmakta, CAPDET ise hem boyutlandırmakta, hem maliyetini hesaplamakta, hem de verilecek alternatif arıtma sistemlerini mukayese etmektedir. Tamamen ABD birimleri ve standartlarına göre hazırlanmış olan bu programlardan

CAPDET daha yaygın bir kullanım alanı bulmuştur. McGhee ve diğ. (1983) CAPDET programını geliştirerek daha kullanışlı hale getirmişlerdir.

Türkiye'deki birim fiyatları kullanarak atıksu arıtma tesislerinin maliyetleri konusunda ilk çalışma Uslu (1984) tarafından yapılmıştır. Bu çalışmada Bayındırlık Birim Fiyatları kullanılarak kaba bir keşifle bazı atıksu arıtma proseslerinin (TL) bazında debi-inşaat maliyeti grafikleri çizilmiştir. Çalışmada işletme ve bakım maliyetleri üzerinde durulmamıştır. San, Eroğlu ve Öztürk (1984), Smith (1968)'in datalarını kullanarak Türk Lirası bazında mekanik arıtma ve aktif çamur proseslerinin “debi-ilk yatırım” ve “debi-işletme ve bakım” maliyet ifadelerini elde etmişler, çeşitli debiler için “arıtma verimi-maliyet” grafiğini çizmişlerdir. Samsunlu ve diğ. (1989) ile Öztürk ve diğ. (1991) Bayındırlık Birim Fiyatları ve Bayındırlık Bakanlığı Karne Katsayısı'nı kullanarak bazı arıtma prosesleri için (TL) bazında “debi-ilk yatırım ve “debi-işletme ve bakım” eğrilerini elde etmişlerdir. Şahinoğlu (1991) ön arıtma ve deniz deşarjı tesisleri için TL ve ABD doları bazlarında, “debi-ilk yatırım” ve “debi-işletme bakım” grafiklerini çizmiş, münasebetlerinin matematik ifadelerini bulmuştur.

Uluatam (1991), nüfusu 2000 ile 25000 arasındaki küçük yerleşimler için havalandırmalı lagün, stabilizasyon havuzu, damlatmalı filtre, oksidasyon hendeği ve biyodisklerin kinetik modelleriyle debi ve yüzey alanı arasında ilişki kurmuş, bu prosesler için “debi-maliyet” ve “debi-arazi ihtiyacı” münasebetlerini incelemiştir. Çalışmalarında genellikle EPA'nın ve bazı kalemlerde Türkiye'nin maliyetlerini kullanmıştır. Sarıkaya ve diğ. (1995) organize sanayi bölgelerinden kaynaklanan atıksular için keşif çıkararak “debi-maliyet” münasebetlerini incelemiştir. Gültekin(1995) Türkiye için ileri arıtma (azot-fosfor giderme ve son havalandırma) tesisleri için debi-maliyet grafiklerini çizmiş, konvansiyonel ve ileri arıtma maliyetlerini mukayese etmiştir.

Türkiye'de yapılan çalışmalar incelendiğinde maliyet indeksi olarak Bayındırlık Bakanlığı Karne Katsayısı'nın kullanıldığı görülmektedir. Esas olarak bina inşaatlarındaki fiyat değişimlerini yansıttığı kabul edilen bu katsayının atıksu arıtma tesislerinin fiyatlarındaki artışı tam olarak göstermediği aşikardır. Bu sebeple Türkiye şartlarını yansıtacak atıksu arıtma tesisi maliyet indekslerine ihtiyaç bulunmaktadır. Önceki çalışmalarda maliyet ifadeleri Türk Lirası bazında

geliştirilmiş, fakat Türkiye’de yüksek enflasyon olmasından dolayı bu ifadeler aynı yıl içinde geçerliliğini kaybetmişlerdir. İlk yayınlarda başka ülkelerde yapılan çalışmalardan elde edilen fiyatların kullanıldığı, bunun ise Türkiye şartlarına uymadığı görülmüştür. Birim fiyatların kullanıldığı çalışmalarda ise detaylı maliyet analizine girilmeyerek kaba bir keşifle maliyet-debi münasebetleri araştırılmıştır. Halbuki Türkiye’de kurulan arıtma tesislerinin maliyetlerinden istifade ederek bu bağıntıların araştırılması daha sağlıklı olacaktır. Ayrıca kaba bir keşifle yetinilmemesi detaylı bir maliyet analizi yapılması hassasiyetide artıracaktır.

Türkiye şartlarını ifade eden ve atıksu arıtma tesislerini boyutlandıran bir bilgisayar programı üzerinde bugüne kadar çalışma yapılmamıştır. Böyle bir programın geliştirilmesi çalışmalara hız kazandıracak, bu programla çeşitli alternatif arıtma sistemlerini mukayese etmek mümkün olacak, ayrıca çeşitli parametreleri değiştirerek en uygun arıtma sistemi seçilebilecektir. Literatürde kabul gören bütün atıksu arıtma proseslerini maliyetleriyle hesaplayıp mukayese eden bir bilgisayar programına ihtiyaç bulunmaktadır.

1.3 ÇALIŞMANIN AMAÇ VE KAPSAMI

Bu çalışmanın amacı, idarecilerin (karar mercilerinin) kararlarına baz teşkil edecek alternatif atıksu arıtma sistemlerini boyutlandırmaya ve maliyetini hesaplamaya yarayacak bir bilgisayar programı hazırlamak, atıksu arıtma sistemlerindeki maliyet artışlarını yansıtacak bir maliyet indeksi geliştirmek ve çeşitli arıtma prosesleri için debi-maliyet eğrilerini elde etmektir.

Yukarıdaki amaç doğrultusunda çeşitli atıksu arıtma proseslerini boyutlandıran, ilk yatırım ve işletme maliyetlerini hesaplayan ve arıtma sisteminin finansmanı açısından konut başına tahsil edilmesi gereken parayı belirleyen bir bilgisayar programı geliştirilmiştir. Diğer taraftan İller Bankası tarafından projelendirilerek inşa edilmiş 12 stabilizasyon havuzu ile Kalkınma Bankası-Kalkınma Holding A.Ş. tarafından inşa edilen 4 uzun havalandırmalı aktif çamur sisteminin maliyetleri analiz edilerek bu iki proses için Türkiye şartlarını yansıtacak maliyet indeksleri geliştirilmiştir. Ayrıca evsel atıksuların arıtılması için kullanılan konvansiyonel atıksu arıtma proseslerinin, Türkiye’deki fiyatlar kullanılarak, debi-maliyet eğrileri elde edilmiştir.

BÖLÜM 2 ATIKSU ARITMA TESİSLERİ İÇİN MALİYET İNDEKSİ GELİŞTİRİLMESİ

2.1 MALİYET İNDEKSİNİN ÖNEMİ

Atıksu arıtma tesisi inşaatlarındaki fiyat artışları, Türkiye'deki ekonomik duruma paralel olarak sürekli ve hızlı bir artış eğilimi göstermektedir. Arıtma tesisinin toplam maliyetini oluşturan çeşitli kalemlerdeki (işçilik, malzeme, ekipman vs.) artışlar farklı olduğu gibi çeşitli alternatif arıtma proseslerindeki (aktif çamur, damlatmalı filtre vs.) fiyat artışları da birbirinden farklı olmaktadır.

Atıksu arıtma sistemleri inşaatı çok sayıda maliyet kalemini ihtiva ettiğinden yıllara göre maliyet değişimlerini yansıtacak bir indeksin geliştirilmesi, hem arıtma sistemlerindeki ilerlemelerin, hem de gelecekteki ihtiyaçların değerlendirilmesi açısından büyük önem arz etmektedir. Böyle bir indeks yöneticilere yatırımın maliyet mertebesi hakkında bilgi vereceği gibi yöneticinin herhangi bir maliyet kalemindeki muhtemel bir değişimin toplam maliyete etkisini önceden görmesini de sağlayabilecektir. Diğer taraftan yönetici farklı zamanlarda yapılmış arıtma tesislerinin maliyetlerini indeksleri kullanarak mukayese edebilecektir.

Farklı zamanlarda yapılan arıtma tesisleri maliyetlerini mukayese edebilmek, ancak uygun ve sağlam temellere oturmuş maliyet analizlerine dayanan maliyet indeksleri kullanılarak mümkün olabilecektir. Türkiye'de çeşitli kuruluşlar tarafından yayınlanan indeksler, tamamen farklı alanlardaki farklı ekonomik durumları (mesela beyaz eşya, tarım ürünleri vs.) çok genel olarak yansıttığından, arıtma sektörü için kullanılamamaktadır. Diğer taraftan Bayındırlık Bakanlığı tarafından yıllık olarak tespit edilen eskalasyon katsayısını da gerek kullanılabilirliği, gerekse dayandığı esaslar açısından, arıtma sektöründe de kullanmak hassas olmayacaktır. Bu sebeplerle arıtma sektöründeki fiyat artışlarını yansıtacak indekslere ihtiyaç bulunmaktadır.

Arıtma sistemlerinin maliyetleri ülkeden ülkeye önemli değişiklikler göstermektedir. Gelişmekte olan bir ülkede işçilik nispeten ucuzken mekanik ekipman gelişmiş ülkelere göre daha pahalıdır. Dolayısıyla her ülke için indeks geliştirilmesinde kullanılan maliyet kalemleri farklı olacaktır. Bu bakımdan Türkiye için inşa edilmiş arıtma tesislerinin maliyetleri analiz edilerek indeks geliştirilmesi faydalı olacaktır.

Arıtma teknolojisinin yeni girdiği ülkelerde aynı prosesin farklı kısımlarının herbir yatırım için büyük farklılıklar gösterdiği görülmektedir. Mesela bir stabilizasyon havuzunun inşaatındaki toplam maliyette mekanik ekipman payı %10 iken diğerinde %50'lere çıkabilmektedir. Bu bakımdan indeks geliştirmede maliyet analizi yapılarak herbir kalemin ağırlığının belirlenmesi, böylece ekstrem değerlerin ayıklanması mümkün olacaktır.

Arıtma tesisleri, ham atıksu özellikleri, deşarj kalite standartları, iklim, finansman durumu gibi çok sayıda etkene bağlı olarak birbirinden çok farklı alternatif arıtma tesisleri olarak inşa edilebilmektedir. Türkiye gibi altyapısını yeni kurmakta olan ülkelere başlangıçta bilgi ve teknoloji birikiminin de yetersizliği sebebiyle, ekonomik olmayan ve istenilen çıkış suyu kalitesini sağlamayan çok sayıda tesis kurulmuş, bu ise çevre yatırımlarının duraklamasına yol açarak gerekli tedbirlerin alınmasını geciktirmiştir. Atıksu arıtma sistemleri için geliştirilecek indeksler özellikle çok enerji harcayan sistemlerin başlangıçta elimine edilmesini sağlayarak konunun dışındaki yöneticilere bu açıdan da yardımcı olacak, aynı zamanda çevre yatırımlarının belirli bir plan dahilinde yürütülmesine katkıda bulunacaktır.

Bu bölümde İller Bankası ile Kalkınma Holding A.Ş. tarafından inşa ettirilen tesislerin maliyet analizleri yapılarak Türkiye şartlarını yansıtan maliyet indeksleri geliştirilmiştir.

2.2 MALİYET İNDEKSİ GELİŞTİRME ESASLARI

Arıtma proseslerinin farklı karakterlerde olmasından dolayı herbir proses için ayrı indeks geliştirilmesi faydalı olacaktır. Mesela stabilizasyon havuzu ile saf oksijen aktif çamur proseslerinin her ikisi de biyolojik arıtma tesisi olmalarına rağmen maliyet kalemleri ve her bir kalemin toplam maliyet içindeki payı farklıdır. Ancak, ABD'de yapıldığı gibi geçiş katsayıları ile fikir sahibi olmak mümkündür.

Atıksu arıtma sistemleri için maliyet artış yüzdesini veren ifade :

$$P = \frac{k_1 r_1 + k_2 r_2 + \dots + k_n r_n}{k_1 + k_2 + \dots + k_n} \quad (2.1)$$

şeklinde yazılabilir. Burada;

P: maliyet artış yüzdesini

$k_1, k_2, \dots, k_n$: 1., 2., n. kalemlerin toplam maliyet içindeki yüzdesini (etkime yüzdesini)

$r_1, r_2, \dots, r_n$: 1., 2., n. kalemlerin fiyat artış yüzdesini göstermektedir.

Etkime yüzdeleri (k katsayıları) indeksi geliştirilen prosesler için işletmeye alınma safhasına kadar yapılan nihai maliyetler (kesin hesaplar) analiz edilerek aşağıdaki formülden tespit edilmiştir.

$$k_i = \frac{M_i}{\sum_{i=1}^n M_i} \times 100 \quad (2.2)$$

M_i : i. kalemin nihai maliyeti

Mesela stabilizasyon havuzunda inşaat kaleminin toplam maliyete etkisi %54 bulunduğundan $k_1=54.00$ dir.

Fiyat artış yüzdeleri ise bir maliyet kaleminin alt bileşenlerinin fiyatlarındaki artışları da ağırlıkları nispetinde yansıtabilecek şekilde aşağıdaki bağıntıdan bulunabilir.

$$r = \sum_{i=1}^n \left(\frac{y_i - y_{i-1}}{y_i} \right) \left(\frac{F_i}{\sum_{i=1}^n F} \right) 100 \quad (2.3)$$

Burada;

r : fiyat artış yüzdesi,

y_i : Alt bileşenin birim fiyatı,

y_{i-1} : Alt bileşenin bir önceki yıldaki birim fiyatı,

F_i : i. alt bileşenin tutarı ($F = \text{miktar} \times \text{birim fiyat}$).

İncelenen arıtma tesisi için yıllık fiyat değişimini ifade eden geçiş katsayıları

$$G_k = 1 + \frac{P}{100} \quad (2.4)$$

bağıntısından bulunabilir.

Atıksu arıtma tesisleri maliyet indeksi (I) ise

$$I_i = I_{i-1} (G_k)_i \quad (2.5)$$

formülünden hesaplanmaktadır.

2.3 TÜRKİYE'DEKİ ATIKSU ARITMA TESİSİ YATIRIM DURUMU

Gelişmekte olan ülkeler kategorisinde bulunan Türkiye'de öncelik yeterli ve sağlıklı içmesuyu teminine verildiğinden yerleşim merkezlerinin büyük çoğunluğunda yeterli kanalizasyon şebekesi ve atıksu arıtma tesisi bulunmamaktadır. Büyükşehir Belediyelerinin hiçbirisi atıksu arıtma tesisine sahip değildir. İller Bankasının yetki sahasına giren 2628 adet belediye teşkilatına sahip yerleşim merkezinden, 1994 yılı itibarıyla sadece 18 tanesinde arıtma tesisi ve 21 tanesinde de derin deniz deşarjı bulunmaktadır (Tablo 2.2). Bu tesislerin önemli bir kısmı çeşitli sebeplerle çalıştırılmamaktadır.

Tablo 2.1 İller Bankası tarafından yaptırılan atıksu arıtma tesisleri

İŞİN ADI	ARITMA TİPİ	İŞ BİTİM YILI
ILGIN (KONYA)	STABİLİZASYON HAVUZU	1984
SURUÇ (Ş. URFA)	STABİLİZASYON HAVUZU	1988
NAZİLLİ (AYDIN)	AKTİF ÇAMUR	1988
AKŞEHİR (KONYA)	STABİLİZASYON HAVUZU	1988
KARACABEY (BURSA)	H. STABİLİZASYON HAVUZU	1988
MANAVGAT (ANTALYA)	STABİLİZASYON HAVUZU	1988
AKHİSAR (MANİSA)	DAMLATMALI FİLTRE	1988
Ş.KOÇHİSAR (ANKARA)	STABİLİZASYON HAVUZU	1989
Y. SAMSAT (ADİYAMAN)	STABİLİZASYON HAVUZU	1989
BUCAK (BURDUR)	STABİLİZASYON HAVUZU	1990
TERME (SAMSUN)	STABİLİZASYON HAVUZU	1990
YENİÇAĞA (BOLU)	STABİLİZASYON HAVUZU	1990
SELÇUK (İZMİR)	STABİLİZASYON HAVUZU	1990
AYDIN (MERKEZ)	STABİLİZASYON HAVUZU	1991
SÖKE (AYDIN)	STABİLİZASYON HAVUZU	1991
KÜTAHYA (MERKEZ)	AKTİF ÇAMUR	1992
Y.GEDİZ (KÜTAHYA)	STABİLİZASYON HAVUZU	1992
İĞDIR (MERKEZ)	STABİLİZASYON HAVUZU	1992

Tablo 2.2 İller Bankası yetki alanındaki yerleşimlerin kanalizasyon ve arıtma tesisi durumu (1994 yılı itibariyle)

Nüfus (x1000)	Beid. Ad.	İl Ad.	İlçe Ad.	KANALİZASYON ŞEBEKESİ						ARITMA TESİSİ						DERİN DENİZ DEŞARJI					
				Tamamlanan		Devam Eden		Planlanan		Tamamlanan		Devam Eden		Planlanan		Tamamlanan		Devam Eden		Planlanan	
				Ad.	Nüfus	Ad.	Nüfus	Ad.	Nüfus	Ad.	Nüfus	Ad.	Nüfus	Ad.	Nüfus	Ad.	Nüfus	Ad.	Nüfus	Ad.	Nüfus
< 5	1788	-	225	4	15,715	24	81,244	1760	5,060,424	1	2,458	-	-	15	49,839	1	4,727	3	13,866	5	15,144
5-10	394	-	215	8	54,162	30	210,959	356	2,378,763	1	5,331	-	-	18	129,095	4	25,189	2	14,152	3	22,793
10-20	209	1	190	17	238,325	29	379,489	163	2,183,859	3	47,516	4	62,217	28	364,431	4	34,577	-	-	2	30,811
20-30	78	6	67	17	411,832	26	648,699	35	814,320	2	48,546	1	24,273	24	610,531	4	99,324	3	66,948	1	25,285
30-40	41	6	32	17	593,311	9	315,266	15	520,364	3	73,384	3	146,725	12	404,682	1	31,911	1	39,467	-	-
40-50	18	4	14	8	346,551	4	177,828	6	266,879	-	-	1	40,481	6	267,423	-	-	1	42,836	-	-
50-100	58	21	35	29	1,888,029	15	975,632	14	924,179	4	265,063	8	538,675	16	1,070,765	6	364,915	3	200,077	-	-
100-200	22	18	4	11	1,354,636	8	1,251,219	3	398,705	3	396,883	4	581,424	11	1,471,557	1	187,632	-	-	1	155,789
200-300	7	7	-	-	-	7	1,657,172	-	-	1	276,528	1	204,603	5	1,176,281	-	-	-	-	-	-
300-400	3	3	-	1	373,810	2	680,372	-	-	-	-	-	-	1	373,810	-	-	-	-	1	302,164
400-500	3	3	-	-	-	3	1,261,215	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
500-1000	4	4	-	1	916,150	3	1,951,356	-	-	-	-	1	513,346	-	-	-	-	-	-	-	-
> 1000	3	3	-	1	2,584,594	1	1,757,414	1	6,925,591	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOPLAM	2,628	76	782	114	8,777,115	161	11,347,865	2,353	19,473,084	18	1,115,709	23	2,111,744	136	5,918,414	21	748,275	13	377,346	13	551,986

İller Bankası tarafından yaptırılan atıksu arıtma tesislerinin listesi, arıtma tipi ve tesislerin tamamlanma tarihleri Tablo 2.1. de verilmiştir. Tablodan görüleceği üzere arıtma tesislerinden 14 tanesi stabilizasyon havuzu, 2 tanesi uzun havalandırmalı aktif çamur, 1 tanesi damlatmalı filtre ve 1 tanesi de havalandırmalı stabilizasyon havuzu tipindedir. Diğer taraftan Kalkınma Bankası - Kalkınma Holding A.Ş. tarafından Antalya-Kemer, Belek, Kumköy ve Bodrum gibi turistik yörelerde uzun havalandırmalı aktif çamur tipi arıtma tesisleri inşa edilmiştir. Görüldüğü gibi Türkiye şartlarını yansıtacak şekilde sadece stabilizasyon havuzu ve uzun havalandırmalı aktif çamur tesisleri için maliyet analizi yapmak mümkün olabilmektedir.

2.4 TÜRKİYE İÇİN ATIKSU ARITMA SİSTEMLERİ MALİYET İNDEKSLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ

2.4.1 Tamamlanan Atıksu Arıtma Tesisleri Kesin Hesapları Üzerinde Maliyet Analizi ve İndeksi Belirleyen Bileşenlerin Tayini

Tamamlanan atıksu arıtma tesislerinin kesin hesapları incelenmiştir. İncelemede bir takım güçlüklerle karşılaşmıştır. Kesin hesapların temininde bir takım zorluklar olmuştur. Biten tesislerin maliyet verileri bilimsel çalışmalarda kullanılacak şekilde açık olması gerekirken mevzuat gereği bugün dahi sır olarak tutulmaktadır. Dökümanların belirli bir düzen içinde tertiplenmemiş olması Türkiye’de data üretme düşüncesinin yeterli oranda olgunlaşmadığını göstermektedir. Her türlü resmi ve özel sektör verilerinin bilimsel çalışmalarda kullanılacak şekilde tertibi ve kullanılmasına müsaade edilmesi, ülke yararına olacaktır.

İncelemeleri bilimsel baza oturtabilmek için belirli debi (ölçek) ve bölge şartları dikkate alınmıştır. Tamamlanan tesislerin büyük bir kısmı 10.000 m³/gün debi mertebesinde olduğundan ölçek bu debi esas alınarak belirlenmiştir. İmalat miktarları 10.000 m³/gün debisi için tespit edilmiştir. Böylece miktarlar sabitlemiş olup sadece birim fiyatların değişken olarak kalması sağlanmıştır. Diğer taraftan tamamlanan tesislerin ülkenin muhtelif bölgelerinde inşaa edilmiş olduğu ve bölge farklılığının birim fiyatlara bir etkisi bulunmadığı müşahade edilmiştir. Genel olarak Türkiye’de inşaat sektöründeki birim fiyatların tespitinde bölge farklılıkları dikkate alınmamaktadır. İncelenen atıksu arıtma tesislerinin meskün mahal dahilinde

kalmış olduğu dikkate alındığında bölge farklılıklarının ihmal edilmesi neticeyi etkilemeyecektir. Bütün bu faktörler dikkate alınarak bu çalışmada Türkiye’de bölgesel fiyat farklılıkları olmadığı kabul edilmiştir.

Yukarıdaki kabuller dahilinde tamamlanan tesislerin kesin hesapları incelenerek her türlü maliyet kalemi tasnif edilmiştir. Bu inceleme sonucu bütün maliyet kalemleri indeksi belirlemek üzere altı ana başlık altında toplanmıştır:

1. İnşaat kalemleri
2. Nakliyeler
3. Elektrik kalemleri
4. Borulama kalemleri
5. Ekipman kalemleri
6. Muhtelif kalemler

Farklı atıksu arıtma sistemleri için, yukarıda belirtilen indeks bileşenlerinin analizleri aynı olup, sadece etkime yüzdeleri değişmektedir.

2.4.2 Atıksu Arıtma Tesisleri Maliyet Analizi İçin Bilgisayar Programı Geliştirilmesi

Kesin hesapların analizi, birçok imalatın birlikte incelenmesini, çok sayıda işlem yapılmasını gerektiren, zahmetli ve uzun zaman isteyen bir iştir. Zira her bir imalata giren kalemlerin elle hesap yapılarak tespiti pratik maksatlar için uzun, zahmetli, kullanışsız ve hata nispeti yüksek olacağından bu çalışmaların bilgisayar yardımıyla yapılması düşünülmüştür. Bu işlemleri sıhhatli, süratli ve kullanışlı bir formda yapmak için bir bilgisayar programı geliştirilmiştir. Bilgisayar programı WINDOWS ortamında çalışacak şekilde hazırlanmıştır. Bu bilgisayar programını kullanarak indeksi belirleyen kalemlerdeki fiyat değişimleri işlenmek suretiyle bundan sonraki her yıl için maliyet indeksini hesaplamak kısa zamanda mümkün olacaktır. Özetle indeksin hesaplanması ile ilgili her türlü analiz, geliştirilen bilgisayar programı yardımıyla yapılabilmektedir.

Tamamlanan arıtma tesislerine ait kesin hesapların değerlendirilmesi için icmal tabloları hazırlanmıştır. İcmal tabloları hazırlanırken her bir arıtma tesisine ait

maliyet değerleri analiz edilmiştir. Bölüm 2.4.1 de verilen maliyet ana kalemlerinin teşekkül ettiği icmal tablolarında ana kalemlerin birbirleriyle münasebetleri de izlenebilmektedir.

2.4.3 Maliyet Bileşenlerinin Hesaplanması

Bölüm 2.4.1. de tespit edilen maliyet indeksini belirleyen kalemler detaylı bir analizden geçirilmiştir. Herbir ana kalemin değerlendirilme esasları aşağıda verilmiştir.

a) İnşaat Kalemleri:

İndeksin tespitine esas alınan model arıtma tesisine ait kesin hesaptaki inşaat kalemleri ayrılarak, “İnşaat İmalat Kalemleri Listesi” hazırlanmış ve bu liste Tablo 2.3. de verilmiştir. İnşaat İmalat Kalemleri Listesi’ni meydana getiren bileşenlerin herbiri için “İnşaat İmalat Analizleri” düzenlenmiş ve örnek olarak bir analiz (Tablo 2.4) de verilmiştir. Tablo 2.4 ün hazırlanmasında Bayındırlık Bakanlığı’nın analizleri kullanılmıştır. Tablo 2.3 deki imalatları oluşturan kalemlerin miktarları örneği Tablo 2.4 de gösterildiği şekilde belirlenmiştir. Tablo 2.4’e benzer şekilde bütün analizlerden yararlanılarak imalatları oluşturan kalemlerin toplam miktarları hesaplanmış, bu miktarlar birim fiyatları, tutarları ve inşaat imalat toplamına oranları ile birlikte Tablo 2.5. de verilmiştir. Tablo 2.3. deki 60 çeşit inşaat imalatının teşekkül edebilmesi için Tablo 2.5 deki 88 çeşit inşaat kalemine ihtiyaç bulunmaktadır. 88 çeşit inşaat kalemine ilaveten diğer ana kalemlerin (elektrik, borulama vs.) bileşenleri de dikkate alındığında ortaya çıkan 250 kalem ile sıhhatli bir değerlendirme imkanı azalacağı için belirli bir sınıflandırma yapılması gerekmektedir. Bu düşünceden hareketle toplam inşaat maliyetine oranı %0.5 den daha küçük olan inşaat kalemleri ihmal edilmiştir. Kalan inşaat kalemlerinin benzer olanları birleştirilerek yeni bir sınıflandırma yapılmıştır (Tablo 2.6). Benzerlik kriterleri aşağıdaki şekilde öncelik sırasına göre dikkate alınmıştır:

- a) Maliyet bileşenin menşei (işçilik, malzeme vs.),
- b) Birim fiyat mertebesi,
- c) Sarf edilen miktar mertebesi,

Yukarıdaki kriterler dikkate alınarak 88 çeşit inşaat kalemi 19 çeşit inşaat ana kalemine dönüştürülmüştür (Tablo 2.7). Maliyet indeksi hesabında dikkate alınacak inşaat ana kalemleri miktarları ile birlikte Tablo 2.7 de verilmiştir. Bu değerler Bölüm 2.4.1 de tariflenen model arıtma tesisine ait miktarlardır. Tabloda ayrıca her bir kalemin birim fiyatları, tutarları ve etkiye yüzdeleri de verilmiştir. Etkime yüzdeleri, herbir kalem tutarının inşaat toplam tutarına oranıdır. Tablo 2.7 deki 19 çeşit inşaat ana kalem tutarları, inşaat toplam tutarına %99.5 oranında eşittir. Kalan %0.5 lik kısım ihmal edilen kalemlerin tutarını göstermektedir.

Tablo 2.7 deki 19 çeşit inşaat ana kalemi ve etkiye yüzdeleri kullanılarak maliyet indeksi hesabında kullanılacak inşaat kalemlerine ait ağırlıklı fiyat artış yüzdesinin hesabı Tablo 2.8 de gösterilmiştir. Fiyat artış yüzdesi ile etkiye yüzdesi çarpılarak herbir kalem için ağırlıklı fiyat artış yüzdeleri hesaplanmıştır. Toplam maliyet artış yüzdesi hesabında kullanılacak inşaat kalemlerine ait fiyat artış yüzdesi, inşaat ana kalemleri ağırlıklı fiyat artış yüzdelerinin toplamı olarak alınmıştır.

Tablo 2.3 İnşaat imalat kalemleri listesi (1989 Yılı)

Poz No	Açıklama	Miktar	Br.	Birim Fiyat	Tutar TL	Oran
1-014.0121	EL İLE GENİŞ DERİN KAZI YAPILMASI	814	M3	3,984	2,595,032	0.41
2-014.0122	EL İLE DAR DERİN KAZI YAPILMASI	178	M3	4,383	624,068	0.10
3-015.0011	MAKİNA İLE SERBEST KAZI	671	M3	969	445,544	0.07
4-015.0012	MAKİNA İLE GENİŞ DERİN TOPRAK KAZILMASI	4,065	M3	1,321	3,617,850	0.58
5-015.0013	MAKİNA İLE DAR DERİN TOPRAK KAZILMASI	987	M3	2,280	1,429,176	0.23
6-015.0104	MAKİNA İLE YUMUSAK KAYA KAZILMASI	5,070	M3	3,755	17,227,860	2.75
7-015.0106	MAKİNA İLE BALÇIK KAZILMASI	987	M3	4,757	2,958,039	0.47
8-015.100	KIRILMIŞ VE ELENMİŞ TEMEL MALZEMESİ	4,090	M3	1,625	2,728,030	0.44
9-015.140	KİRMATAS KUM ÇAKIL MALZEMENİN SERİLMESİ	4,090	M3	292	1,042,950	0.17
10-015.1402	EL İLE KUM-ÇAKIL SERİLMESİ	3,520	M3	4,463	12,566,400	2.00
11-016.001	150 DOZLU DEMİRSİZ BETON	261	M3	30,096	6,249,645	1.00
12-016.002	200 DOZLU DEMİRSİZ BETON	99	M3	33,361	2,629,242	0.42
13-016.003	250 DOZLU DEMİRSİZ BETON	38	M3	36,626	1,108,460	0.18
14-016.004	300 DOZLU DEMİRSİZ BETON	466	M3	39,951	14,832,780	2.37
15-016.0221	DEMİRLİ (B.160) BETONU (KUM VE ÇAKIL İLE)	21	M3	41,658	696,990	0.11
16-016.057	B.160 FABRİKASYON BETONU	197	M3	63,663	10,032,225	1.60
17-016.058	B.225 FABRİKASYON BETONU	2,136	M3	67,413	115,183,800	18.37
18-017.084	TAS DOLGU	44	M3	12,586	443,036	0.07
19-017.136	OCAK TASI İLE BLOKAJ	21	M3	13,298	223,419	0.04
20-018.071	BLOK TUĞLA DUVAR YAPILMASI	103	M3	51,984	4,283,461	0.68
21-018.0711	YARIM TUĞLA DUVAR YAPILMASI	36	M2	5,571	160,452	0.03
22-018.211	CATI ORTUSU YAPILMASI(OLUKLU KİREMİTLE)	331	M2	6,733	1,782,766	0.28
23-018.231	OLUKLU KİREMİTLE MAHYA	99	MT	2,052	162,459	0.03
24-018.246	BITÜMLÜ KARTON SERİLMESİ	350	M2	740	207,200	0.03
25-019.043	1 KAT SU YALITIMI (1 MM.LİK TABİİ KAUCUK)	2,361	M2	6,259	11,821,527	1.89
26-019.102	TECRİTLİ SAP YAPILMASI	2,133	M2	5,311	9,063,117	1.45
27-021.001	AHSAP SERİ KALIP	283	M2	2,843	643,542	0.10
28-021.011	BETONARME KALIBI (DUZ YÜZEYLİ)	1,837	M2	6,832	10,041,042	1.60
29-021.016	BETONARME KALIBI (ÇIPLAK BETON)	3,674	M2	25,546	75,085,538	11.98
30-021.021	BETONARME KALIBI (EGRİ YÜZEYLİ)	331	M2	11,256	2,980,655	0.48
31-021.024	BETONARME KALIBI (EGRİ YÜZEYLİ ÇIPLAK BETON)	2,112	M2	44,408	75,033,024	11.97
32-021.054	AHSAP KALIP İSKELESİ (4 M YE KADAR)	3,818	M3	1,273	3,890,542	0.62
33-021.057	AHSAP KALIP İSKELESİ (4.01-6 M YE KADAR)	3,858	M3	2,559	7,897,326	1.26
34-021.065	İS İSKELESİ 0-12.50 M (DUVAR İCİN)	5,448	M3	1,169	5,093,880	0.81
35-021.066	İS İSKELESİ 0-12.50 M (TAVAN İCİN)	499	M3	1,169	466,565	0.07
36-021.210	AHSAP OTURTMA CATI YAPMA	331	M2	23,649	6,262,189	1.00
37-023.0011	İNCE BETONARME DEMİRİ	97	TN	877,050	68,059,080	10.86
38-023.002	KALIN BETONARME DEMİRİ	115	TN	842,563	77,515,750	12.36
39-023.152	PENCERE-KAPI YAPILMASI (KUTU PROFİLLERLE)	5,110	KG	2,473	9,816,310	1.57
40-023.176	CESİTLİ DEMİR İSİ YAPMA-MONTAJ	11,266	KG	1,722	15,524,548	2.48
41-024.061	PVC YAGMUR BORUSU	68	MT	5,985	325,584	0.05

Tablo 2.3'ün devamı

42-	024.063	PVC YAGMUR OLUGU	141	MT	9,323	1,051,578	0.17
43-	025.016	2KAT SÜLYEN-2KAT YAĞLIBOYA(DEMİR İMALATA)	1,062	M2	6,603	5,609,484	0.89
44-	025.036	BETON-İNCE SIVANIN BOYANMASI (AKRİLİK ESASLI)	908	M2	3,030	2,200,992	0.35
45-	025.045	3KAT KİREC BADANA YAPILMASI	1,223	M2	319	311,865	0.05
46-	026.101	KARO SERAMİK DOSEME KAPLAMASI	82	M2	30,155	1,978,168	0.32
47-	026.1932	FUGALI DUVAR-CEPHE KAPLAMASI	433	M2	22,606	7,830,805	1.25
48-	026.551	MERMER PİRİNCİ PLAKLARLA DUVAR KAPLAMASI	39	M2	27,675	863,460	0.14
49-	026.601	MERDİVEN BASAMAGI	23	MT	5,190	95,496	0.02
50-	027.502	DUZ SIVA YAPILMASI (350 KG.CİMENTO DOZLU)	605	M2	3,642	1,762,365	0.28
51-	027.532	DUZ SIVA YAPILMASI (250 KG.CİMENTO DOZLU)	798	M2	2,988	1,907,220	0.30
52-	027.535	TAVAN SIVASI YAPILMASI	276	M2	2,741	605,268	0.10
53-	027.542	PUSKURTME SIVA YAPILMASI	358	M2	992	284,252	0.05
54-	027.565	DÜZ MOZAYİK DOSEME KAPLAMASI	195	M2	6,938	1,078,350	0.17
55-	027.571	MOZAYİK DENİZLİK YAPILMASI	14	M2	30,394	340,410	0.05
56-	027.576	MOZAYİK PARAPET YAPILMASI	651	M2	29,089	15,150,072	2.42
57-	027.581	TESVİYE TABAKASI (200 DOZLU CİMENTO HARCLA)	1,502	M2	1,910	2,295,056	0.37
58-	027.583	2.5 CM.LİK SAP YAPIMI (400 KG. CİMENTO DOZLU)	110	M2	2,907	255,750	0.04
59-	027.586	4.0 CM.LİK SAP YAPIMI (500 KG.CİMENTO DOZLU)	70	M2	4,165	233,240	0.04
60-	028.062	3MM NORMAL DÜZ CAM TAKILMASI	31	M2	12,427	308,202	0.05
					TOPLAM:	626,913,136	100.00

Tablo 2.4 İnşaat kalemleri imalat analiz örneği

016.004	300 DOZLU DEMİRSİZ BETON	M3
001.015	BETONCU USTASI	0.5 SA
001.403	MAKİNİST	0.72 SA
001.405	MAKİNİST YARDIMCISI	0.15 SA
001.501	DUZ İSCİ	8 SA
003.5241	BETONİYER	0.25 KA
003.5271	VİBRATOR	0.15 KA
004.0032	ÇAKIL	0.7 M3
004.0062	KUM	0.5 M3
004.008	CİMENTO	0.3 T
004.031	SU	0.515 M3
004.109	MOTORİN	0.5675 KG

Tablo 2.5 İnşaat imalat analizlerini oluşturan kalemler (1989 Yılı)

	PozNo	Açıklama	Miktar	Br.	Birim Fiyat	Tutar TL	Oran
1-	001.004	SERAMİK KAPLAMA USTASI	1,545.00	SA	1,300	2,008,500	0.31
2-	001.005	MERMER KAPLAMA USTASI	87.75	SA	1,300	114,075	0.02
3-	001.007	MOZAYIKÇI USTASI	5,621.70	SA	1,300	7,308,210	1.13
4-	001.009	MARANGOZ USTASI	12,973.75	SA	1,300	16,865,875	2.61
5-	001.010	TECRİTÇİ USTASI	743.3	SA	1,300	966,290	0.15
6-	001.012	SIVACI USTASI	4,778.30	SA	1,300	6,211,790	0.96
7-	001.013	DUVARCI USTASI	1,514.00	SA	1,300	1,968,200	0.30
8-	001.015	BETONCU USTASI	802.95	SA	1,300	1,043,835	0.16
9-	001.016	KİREMİTÇİ USTASI	86	SA	1,300	111,800	0.02
10-	001.017	DÜLGER USTASI	5,612.30	SA	1,300	7,295,990	1.13
11-	001.018	SİÇAK DEMİRCİ USTASI	4,701.77	SA	1,300	6,112,302	0.95
12-	001.019	SOGUK DEMİRCİ USTASI	4,725.00	SA	1,300	6,142,500	0.95
13-	001.022	CAMCI USTASI	38.75	SA	1,300	50,375	0.01
14-	001.023	BOYACI USTASI	2,082.84	SA	1,300	2,707,692	0.42
15-	001.024	BADANACI USTASI	146.76	SA	1,300	190,788	0.03
16-	001.207	MOZAYIKÇI USTA YARDIMCISI	39	SA	920	35,880	0.01
17-	001.209	MARANGOZ USTA YARDIMCISI	204.45	SA	920	188,094	0.03
18-	001.210	TECRİTÇİ USTA YARDIMCISI	708.3	SA	920	651,636	0.10
19-	001.212	SIVACI USTA YARDIMCISI	341.1	SA	920	313,812	0.05
20-	001.213	DUVARCI USTA YARDIMCISI	66	SA	920	60,720	0.01
21-	001.219	SOGUK DEMİRCİ USTA YARDIMCISI	9,270.00	SA	920	8,528,400	1.32
22-	001.403	MAKİNİST	637.2	SA	1,300	828,360	0.13
23-	001.404	OPERATOR MAKİNİST	810.481	SA	1,480	1,199,512	0.19
24-	001.405	MAKİNİST YARDIMCISI	250.45	SA	1,040	260,468	0.04
25-	001.408	YAGCI	601.84	SA	960	577,766	0.09
26-	001.409	FORMEN	268.365	SA	1,865	500,501	0.08
27-	001.501	DUZ İSCİ	84,569.71	SA	850	71,884,254	11.13

Tablo 2.5' in devamı

28-	001.503	CIRAK	1,532.53	SA	715	1,095,760	0.17
29-	001.508	İKİNCİ SINIF USTA	55.9	SA	1,225	68,478	0.01
30-	001.5081	İKİNCİ SINIF USTA YARDIMCISI	27.95	SA	920	25,714	0.00
31-	003.008	MOTOR GREYDER	40.9	SA	13,646	558,121	0.09
32-	003.5011	EKSKAVATOR	299.283	SA	10,108	3,025,153	0.47
33-	003.50511	EKSKAVATOR (BEK-HO)	109.557	KA	17,481	1,915,166	0.30
34-	003.507	TRAKTOR RIPPER	152.1	SA	48,367	7,356,621	1.14
35-	003.5241	BETONİYER	221.25	KA	751	166,159	0.03
36-	003.5251	MOZAIK SILME MAKİNASI	39	KA	174	6,786	0.00
37-	003.5271	VIBRATOR	250.45	KA	178	44,580	0.01
38-	004.0011	OCAK TASI	71.5	M3	4,217	301,516	0.05
39-	004.0032	CAKIL	646.93	M3	4,760	3,079,387	0.48
40-	004.0061	İNCE AGREGA	3,520.00	M3	2,550	8,976,000	1.39
41-	004.0062	KUM	661.385	M3	4,760	3,148,193	0.49
42-	004.007	İNCE KUM	24.314	M3	5,100	124,001	0.02
43-	004.008	CİMENTO	303.082	T	55,000	16,669,510	2.58
44-	004.015	KİREÇ	2,751.42	KG	90	247,627	0.04
45-	004.0182	YATAY DELİKLİ TUĞLA(19x19x8,5 cm)	29,261.00	AD	100	2,926,100	0.45
46-	004.026	OLUKLU KİREMİT	5,627.00	AD	275	1,547,425	0.24
47-	004.028	MAHYA KİREMİTİ	346.5	AD	300	103,950	0.02
48-	004.031	SU	1,508.28	M3	1,000	1,508,282	0.23
49-	004.042	B.160 FABRİKASYON BETONU	197	M3	50,000	9,850,000	1.52
50-	004.043	B.225 FABRİKASYON BETONU	2,136.00	M3	53,000	113,208,000	17.53
51-	004.108	BENZİN	43.095	KG	921	39,690	0.01
52-	004.109	MOTORİN	14,054.43	KG	610	8,573,201	1.33
53-	004.1101	YANMIS YAG	606.9	KG	165	100,139	0.02
54-	004.151	CAM KERESTESİ (1. SINIF)	177.075	M3	700,000	123,952,500	19.19
55-	004.152	CAM KERESTESİ (2. SINIF)	80.016	M3	314,000	25,125,024	3.89
56-	004.251	İNCE DEMİR	103,790.00	KG	542	56,254,180	8.71
57-	004.252	KALIN DEMİR	126,500.00	KG	537	67,930,500	10.52
58-	004.255	LAMALAR (FABRİKADA)	6,831.89	KG	513	3,504,758	0.54
59-	004.256	PROFİL DEMİRLERİ (I-U-T-OMEGA)	8,969.66	KG	643	5,767,490	0.89
60-	004.270	CİVİLER	3,112.03	KG	850	2,645,226	0.41
61-	004.271	GALVANİZLİ CİVİ	30.93	KG	1,200	37,116	0.01
62-	004.2751	BLON	285.243	KG	1,100	313,767	0.05
63-	004.278	GALVANİZLİ TEL	9.93	KG	2,500	24,825	0.00
64-	004.29251	KUTU PROFİL BORU (KARISIK)	4,006.24	KG	1,096	4,390,839	0.68
65-	004.401	MERMER PİRİNCİ (BEYAZ)	31.601	T	13,000	410,813	0.06
66-	004.403	MERMER TOZU (BEYAZ)	1.432	T	12,000	17,184	0.00
67-	004.4131	KARO SERAMİK 100x100x8 HER RENKTE	8,282.00	AD	180	1,490,760	0.23
68-	004.4142	GRE SERAMİK (100x200x9 MM-200x200x9 MM)	450.32	M2	11,000	4,953,520	0.77
69-	004.501	SÜLYEN BOYA	446.04	KG	3,500	1,561,140	0.24
70-	004.505	MAMUL YAĞLI BOYA	212.4	KG	6,000	1,274,400	0.20
71-	004.508	ARAP SABUNU	1.95	KG	600	1,170	0.00
72-	004.5102	BOYA MACUNU	53.1	KG	3,300	175,230	0.03
73-	004.511	ZİMPARA KAGIDI	666.4	AD	80	53,312	0.01
74-	004.519	MADENİ TOZ BOYA (HER RENKTE)	10.74	KG	1,700	18,258	0.00
75-	004.5211	OZEL MACUN(SUNİ MERMERLER İÇİN)	19.5	KG	700	13,650	0.00
76-	004.52204	AKRİLİK ESASLI CEPHE KAPLAMA MALZ.	272.4	KG	4,100	1,116,840	0.17
77-	004.608	BITÜMLÜ KARTON (KUMLU 1 KG/M2)	420.6	M2	200	84,120	0.01
78-	004.61301	SU GECİRMEZLİK KATKISI (HARCTA)SIVI	1,866.38	KG	850	1,586,419	0.25
79-	004.652	CAM 3 MM KALINLIKTAKİ NORMAL	32.55	M2	7,347	239,145	0.04
80-	004.687	CAM MACUNU	9.3	KG	1,300	12,090	0.00
81-	004.7182	MERMER PİRİNÇLİ CEPHE KAPLAMASI	40.95	M2	14,500	593,775	0.09
82-	004.765	MOZAYIK SILME TASI	1.56	AD	3,000	4,680	0.00
83-	004.7681	KAUCUK ESASLI PESTİL	4,207.30	KG	1,900	7,993,874	1.24
84-	004.7682	PESTİL YAPISTIRICISI	1,180.50	KG	1,400	1,652,700	0.26
85-	004.76902	PVC BORU (ø 100 MM LİK)	71.4	MT	4,000	285,600	0.04
86-	004.76904	PVC CATI BANTI	148.05	MT	2,500	370,125	0.06
87-	004.76905	PVC YAGMUR OLUGU (ø 100 MM LİK)	207.27	MT	2,600	538,902	0.08
88-	008.008	MAKİNA İLE KUM CAKIL HAZIRLANMASI	4,090.00	M3	667	2,728,030	0.42
							100.00

Tablo 2.6 Birleştirilen benzer inşaat kalemlerinden oluşan ana kalemler

1-	001.004	SERAMİK KAPLAMA USTASI	001.004	USTALAR
2-	001.005	MERMER KAPLAMA USTASI		
3-	001.007	MOZAYIKCI USTASI		
4-	001.009	MARANGOZ USTASI		
5-	001.010	TECRITCI USTASI		
6-	001.012	SIVACI USTASI		
7-	001.013	DUVARCI USTASI		
8-	001.015	BETONCU USTASI		
9-	001.016	KIREMITCI USTASI		
10-	001.017	DULGER USTASI		
11-	001.018	SICAK DEMIRCI USTASI		
12-	001.019	SOGUK DEMIRCI USTASI		
13-	001.022	CAMCI USTASI		
14-	001.023	BOYACI USTASI		
15-	001.024	BADANACI USTASI		
16-	001.403	MAKINIST		
1-	001.501	DUZ ISCI	001.501	İŞÇİ
2-	001.503	CIRAK		
1-	001.207	MOZAYIKCI USTA YARDIMCISI	001.207	USTA YARDIMCISI - OPERATÖR
2-	001.209	MARANGOZ USTA YARDIMCISI		
3-	001.210	TECRITCI USTA YARDIMCISI		
4-	001.212	SIVACI USTA YARDIMCISI		
5-	001.213	DUVARCI USTA YARDIMCISI		
6-	001.219	SOGUK DEMIRCI USTA YARDIMCISI		
7-	001.404	OPERATOR MAKINIST		
8-	001.405	MAKINIST YARDIMCISI		
9-	001.409	FORMEN		
1-	004.0032	ÇAKIL	004.0032	KUM - ÇAKIL
2-	004.0062	KUM		
1-	004.255	LAMALAR (FABRIKADA)	004.255	PROFİL DEMİRLERİ LAMALAR
2-	004.256	PROFİL DEMİRLERİ (I-U-T-OMEGA)		
1-	003.5011	EKSKAVATOR	003.5011	EKSKAVATÖR
2-	003.50511	EKSKAVATOR (BEK-HO)		
3-	003.507	TRAKTOR RIPPER		
4-	003.008	MOTOR GREYDER		
1-	004.7681	KAUCUK ESASLI PESTİL	004.7681	KAUÇUK ESASLI PESTİL
2-	004.7682	PESTİL YAPISTIRICISI		
1-	004.76904	PVC CATI BANTI	004.76904	PVC YAĞMUR OLUĞU
2-	004.76905	PVC YAGMUR OLUGU (ø 100 MM LİK)		

Tablo 2.7 İnşaat ana kalemleri ve inşaat toplamına etkiye yüzdeleri

	PozNo	Açıklama	Miktar	Br.	Birim Fiyat	Tutar TL	Etkime Yüzdesi
1-	001.004	USTALAR	46,097.43	SA	1,300	59,926,659	9.61
2-	001.207	USTA YARDIMCISI-OPERATOR	12,518.83	SA	920	11,517,326	1.85
3-	001.501	ISCI	86,100.46	SA	850	73,185,394	11.73
4-	003.5011	EKSKAVATOR	601.445	SA	17,481	10,513,860	1.69
5-	004.0032	KUM-ÇAKIL	1,308.32	M3	4,760	6,227,579	1.00
6-	004.0061	İNCE AGREGA	3,520.00	M3	2,550	8,976,000	1.44
7-	004.008	CIMENTO	303.778	T	55,000	16,707,790	2.68
8-	004.042	B.160 FABRIKASYON BETONU	197	M3	50,000	9,850,000	1.58
9-	004.043	B.225 FABRIKASYON BETONU	2,136.00	M3	53,000	113,208,000	18.15
10-	004.109	MOTORIN	14,052.44	KG	610	8,571,985	1.37
11-	004.151	ÇAM KERESTESİ (1. SINIF)	177.387	M3	700,000	124,170,900	19.91
12-	004.152	ÇAM KERESTESİ (2. SINIF)	83.092	M3	314,000	26,090,888	4.18
13-	004.251	İNCE DEMİR	103,790.00	KG	542	56,254,180	9.02
14-	004.252	KALIN DEMİR	126,500.00	KG	537	67,930,500	10.89
15-	004.256	PROFİL DEMİRLERİ-LAMALAR	15,789.94	KG	643	10,152,931	1.63
16-	004.29251	KUTU PROFİL BORU	4,007.77	KG	1,096	4,392,519	0.70
17-	004.4142	SERAMİK (100x200x9 MM-200x200x9 MM)	450.32	M2	11,000	4,953,520	0.79
18-	004.7681	KAUCUK ESASLI PESTİL	5,387.80	KG	1,900	10,236,824	1.64
19-	004.76904	PVC YAGMUR OLUGU	355.32	MT	2,600	923,832	0.15
							100.00

Tablo 2.8 İnşaat ana kalemlerinin 1989-1990 yılları arasında fiyat artış yüzdeleri ve ağırlıklı fiyat artışları

	Poz No	Açıklama	1989-90 Arası Birim Fiyat Farkı TL	Fiyat Artış Yüzdesi	İnşaat İmalat Toplamında Etkime Yüzdesi	Ağırlıklı Fiyat Artış Yüzdesi
1-	001.004	USTALAR	845	65.00	9.61	6.24
2-	001.207	USTA YARDIMCISI-OPERATOR	598	65.00	1.85	1.20
3-	001.501	ISCI	553	65.06	11.73	7.63
4-	003.5011	EKSKAVATOR	11,362	65.00	1.69	1.10
5-	004.0032	KUM-ÇAKIL	3,097	65.06	1.00	0.65
6-	004.0061	İNCE AGREGA	1,659	65.06	1.44	0.94
7-	004.008	CIMENTO	40,000	72.73	2.68	1.95
8-	004.042	B.160 FABRIKASYON BETONU	35,000	70.00	1.58	1.11
9-	004.043	B.225 FABRIKASYON BETONU	37,000	69.81	18.15	12.67
10-	004.109	MOTORIN	666	109.18	1.37	1.50
11-	004.151	ÇAM KERESTESİ (1. SINIF)	525,000	75.00	19.91	14.93
12-	004.152	ÇAM KERESTESİ (2. SINIF)	251,000	79.94	4.18	3.34
13-	004.251	BETON ÇELİK CUBUGU,DUZ Ø8-Ø10-Ø12 MM	211	38.93	9.02	3.51
14-	004.252	BETON ÇELİK CUBUGU,DUZ Ø14-Ø50 MM	213	39.66	10.89	4.32
15-	004.256	PROFİL DEMİRLERİ-LAMALAR	432	67.19	1.63	1.09
16-	004.29251	KUTU PROFİL BORU	713	65.05	0.70	0.46
17-	004.4142	SERAMİK (100x200x9 MM-200x200x9 MM)	7,700	70.00	0.79	0.56
18-	004.7681	KAUCUK ESASLI PESTİL	1,100	57.89	1.64	0.95
19-	004.76904	PVC YAGMUR OLUGU	1,150	44.23	0.15	0.07
1989-1990 Yılı Ağırlıklı Fiyat Artış Yüzdesi						64.21

b) Nakliye:

Nakliyelerdeki maliyet değişimi, motorindeki fiyat değişimi ile karakterize edilmiştir.

Toplam maliyet artış yüzdesi hesabında kullanılacak nakliye kalemi artış yüzdesi

motorin fiyatında bir önceki yıla göre meydana gelen artıştan (Tablo 2.9.) hareketle hesaplanmış ve sonuçlar Tablo 2.10. da verilmiştir.

Tablo 2.9 Yıllara göre motorin birim fiyatları

Açıklama	1989 yılı Birim Fiyatı	1990 yılı Birim Fiyatı	1991 yılı Birim Fiyatı	1992 yılı Birim Fiyatı	1993 yılı Birim Fiyatı	1994 yılı Birim Fiyatı
MOTORİN	610	1,276	1,876	3,205	4,504	5,807

Tablo 2.10 Yıllara göre nakliye artış yüzdeleri

YILLAR	NAKLIYE ARTIŞ YÜZDESİ
1989-1990	109.18
1990-1991	47.02
1991-1992	70.84
1992-1993	40.53
1993-1994	28.93

c) Elektrik:

Maliyet indeksinin tespitine esas alınan model arıtma tesisine ait kesin hesaptaki elektrik kalemleri 6 grupta tasnif edilerek "Elektrik İmalat Kalemleri" hazırlanmış ve Tablo 2.11 de verilmiştir. Tablo 2.11 den de görüleceği üzere elektrik imalat kalemlerini oluşturan gruplar pano, kablo, kontaktör, şalter, sigorta ve trafo olarak belirlenmiştir. Grupların oluşturulmasında benzer kalemler birleştirilmiş ve tutarı toplam elektrik maliyetine oranı %0.5 den küçük olan kalemler ihmal edilmiş, başka bir deyişle "Muhtelif Kalemler" içinde değerlendirilmiştir. Bölüm 2.4. de tariflenen model arıtma tesisine ait herbir kalemin miktarı, birim fiyatı, tutarı ve elektrik kalemi toplamına etkiye yüzdeleri de Tablo 2.11. verilmiştir.

Herbir grubu oluşturan kalemlerin Tablo 2.11.de verilen elektrik kalemi toplamına etkiye yüzdelerine bağlı olarak, grup toplamında etkiye yüzdeleri de hesaplanarak Tablo 2.12. de verilmiştir. Fiyat artış yüzdesi ile grup toplamında etkiye yüzdeleri çarpılarak herbir kalemin grubu içindeki ağırlıklı fiyat artış yüzdeleri hesaplanmıştır. Herbir grup için ağırlıklı fiyat artış yüzdeleri toplanarak o gruba ait fiyat artış yüzdeleri bulunmuştur. Herbir gruba ait etkiye yüzdeleri Tablo 2.11 den, fiyat artış yüzdeleri ise Tablo 2.12 den alınarak Tablo 2.13 oluşturulmuştur. Etkime yüzdeleri ile fiyat artış yüzdeleri çarpılarak "ağırlıklı etkiye miktarları" hesaplanmıştır. Ağırlıklı

etkime miktarlarının toplamını etkime yüzdeleri toplamına (bu değer 100 dür) bölerek, toplam maliyet artış yüzdesi hesabında kullanılacak elektrik kalemlerine ait fiyat artış yüzdesi bulunmaktadır.

Tablo 2.11 Elektrik imalat kalemleri listesi (1989 yılı)

	Poz No	Açıklama	Miktar	Br.	1989 Yılı Birim Fiyatı	Tutar TL	Elektrik İmalat Toplamına Oranı
		PANO					
1-	701.201	Önden kapaklı saç pano	25.00	Ad.	720,000	18,000,000	12.35
2-	704.104	Siva üstü saç tablo	2.00	M	79,000	158,000	0.11
3-	782.102	Galvaniz sac kablo kanalı	150.00	Kg.	4,900	735,000	0.50
4-		MUHTELİF				19,200	0.01
					TOPLAM:	18,912,200	12.97
		KABLO					
1-	710.100	Bakır Bara	95.00	Kg.	10,500	997,500	0.68
2-	727.405	Besleme hattı 2x2.5 mm ²	200.00	M	2,210	442,000	0.30
3-	727.512	3 x 4 mm ² NYY	100.00	M	4,700	470,000	0.32
4-	727.513	Besleme hattı 3x2.5 mm ²	202.00	M	3,500	707,000	0.48
5-	727.514	Besleme hattı 3x1.5 mm ² NYY aydınlatma	285.00	M	2,700	769,500	0.53
6-	727.521	Besleme hattı 3x35-25 mm ²	120.00	M	40,500	4,860,000	3.33
7-	727.522	Besleme hattı 3x35-16 mm ²	160.00	M	29,600	4,736,000	3.25
8-	727.524	Besleme hattı 4x16 mm ² NYY aydınlatma	420.00	M	16,900	7,098,000	4.87
9-	727.525	Besleme hattı 4x10 mm ² NYY aydınlatma	189.00	M	11,200	2,116,800	1.45
10-	727.526	Besleme hattı 4x6 mm ² NYY aydınlatma	191.00	M	7,500	1,432,500	0.98
11-	727.527	Besleme hattı 4x4 mm ² NYY aydınlatma	901.00	M	6,000	5,406,000	3.71
12-	727.528	Besleme hattı 4x2.5 mm ²	630.00	M	4,250	2,677,500	1.84
13-	727.533	Besleme hattı 12x1.5 mm ² NYY aydınlatma	37.00	M	7,400	273,800	0.19
14-	727.537	Besleme hattı 24x1.5 mm ²	443.00	M	12,000	5,316,000	3.65
15-	727.538	Besleme hattı 30x1.5 mm ² NYY aydınlatma	229.00	M	14,000	3,206,000	2.20
16-		MUHTELİF				192,000	0.13
					TOPLAM:	40,700,600	27.92
		KONTAKTÖR					
1-	718.101	Kuru tip korumasız 3x10 A'e kadar	38.00	Ad.	30,000	1,140,000	0.78
2-	718.102	Kuru tip korumasız 3x16 A'e kadar	6.00	Ad.	45,000	270,000	0.19
3-	718.103	Kuru tip korumasız 3x25 A'e kadar	4.00	Ad.	74,000	296,000	0.20
4-	718.104	Kuru tip korumasız 3x63 A'e kadar	6.00	Ad.	236,000	1,416,000	0.97
5-	718.105	Kuru tip korumasız 3x100 A'e kadar	1.00	Ad.	360,000	360,000	0.25
6-	718.108	Kuru tip korumasız 3x40 A'e kadar	10.00	Ad.	152,000	1,520,000	1.04
7-	718.201	Kuru tip korumalı 3x10 A'e kadar	15.00	Ad.	80,000	1,200,000	0.82
8-	718.204	Kuru tip korumalı 3x63 A'e kadar	3.00	Ad.	286,000	858,000	0.59
9-	718.205	Kuru tip korumalı 3x100 A'e kadar	1.00	Ad.	580,000	580,000	0.40
10-	718.206	Kuru tip korumalı 3x160 A'e kadar	1.00	Ad.	665,000	665,000	0.46
11-	718.208	Kuru tip korumalı 3x40 A'e kadar	14.00	Ad.	242,000	3,388,000	2.32
12-	718.301	Zaman rolesi 0.60 sn.	16.00	Ad.	85,000	1,360,000	0.93
13-	723.401	Otomatik kompazisyon sistemi	120.00	kVar	48,000	5,760,000	3.95
14-	725.102	Voltmetre	7.00	Ad.	26,600	186,200	0.13
15-	725.203	Voltmetre komütatörü	7.00	Ad.	20,700	144,900	0.10
16-	725.303	Ampermetre 100 - 2000 A'e kadar	22.00	Ad.	24,500	539,000	0.37
17-	725.401	Akım ve ölçü trafosu (100-500)/5 A	15.00	Ad.	30,000	450,000	0.31
18-	725.402	Akım ve ölçü trafosu (100-2000)/5 A	6.00	Ad.	36,000	216,000	0.15
19-	725.904	İşaret lambası	35.00	Ad.	6,500	227,500	0.16
20-		MUHTELİF				157,000	0.11
					TOPLAM:	20,733,600	14.22

Tablo 2.11'in devamı

		ŞALTER					
1-	713.101	Pako şalter 2x16 A	6.00	Ad.	10,000	60,000	0.04
2-	715.309	3x100 A'e kadar termik şarter	8.00	Ad.	278,000	2,224,000	1.53
3-	715.310	3x200 A'e kadar termik şarter	3.00	Ad.	415,000	1,245,000	0.85
4-	715.311	3x300 A'e kadar termik şarter	1.00	Ad.	888,000	888,000	0.61
5-	715.314	3x800 A'e kadar termik şarter	1.00	Ad.	1,480,000	1,480,000	1.02
6-	720.110	Sigortalı şalter 3x400 A'e kadar	1.00	Ad.	212,000	212,000	0.15
7-	742.216	Tip P 2x40 W Cvoresan Armatör	6.00	Ad.	40,000	240,000	0.16
8-	742.284	Tip Etanş 2x40 W Cvoresan Armatör	21.00	Ad.	68,000	1,428,000	0.98
9-	742.310	Tip SL sokak lambası	10.00	Ad.	83,000	830,000	0.57
10-	780.158	Cıva buharlı Ampul 125 W	10.00	Ad.	19,400	194,000	0.13
11-	780.171	Kumanda butonu	65.00	Ad.	4,800	312,000	0.21
12-		MUHTELİF				61,000	0.04
					TOPLAM:	9,174,000	6.29
		SİGORTA					
1-	724.103	Bıçaklı sigorta 100 A'e kadar	15.00	Ad.	14,000	210,000	0.14
2-	724.401	Anahtarlı otomatik sigorta 16 A'e kadar	73.00	Ad.	9,250	675,250	0.46
3-	724.406	Anahtarlı otomatik sigorta 3x16 A'e kadar	19.00	Ad.	31,500	598,500	0.41
4-	724.407	Anahtarlı otomatik sigorta 3x40 A'e kadar	17.00	Ad.	33,500	569,500	0.39
5-	780.142	Balans 125 W	10.00	Ad.	21,000	210,000	0.14
					TOPLAM:	2,263,250	1.55
		TRAFO					
1-	1.0	Akü bataryası 24V 60Ah	1	Ad	212,750	212,750	0.15
2-	11.1	Bara mesnet izolatörü 36 KV C Kat	24	Ad	38,100	914,400	0.63
3-	13.2	İzole halı 36 KV	10	m²	87,000	870,000	0.60
4-	15	Parafudur 36 KV/10KA	3	Ad	348,740	1,046,220	0.72
5-	16	Bucholz rolesi	1	Ad	460,000	460,000	0.32
6-	16	Kadranlı termometre	1	Ad	345,000	345,000	0.24
7-	17.1	Dahili tip ayırıcı (36 KV/630A-8KA)	1	Ad	545,600	545,600	0.37
8-	17.2	Dahili tip top. ayr. (36 KV/630A-8KA)	1	Ad	628,000	628,000	0.43
9-	24.4.1	Alçak gerilim çıkış panosu 500 kVA	1	Ad	2,900,200	2,900,200	1.99
10-	28	Telkafesli kapı	16	m²	23,370	373,920	0.26
11-	3.1.1	Bakır baralar (40x5)	140	Kg	15,175	2,124,500	1.46
12-	3.1.1	Bakır baralar (60x10)	60	Kg	15,175	910,500	0.62
13-	30.2.2	50 mm² NYY kablo ve gömülmesi	30	mt	11,450	343,500	0.24
14-	31.1.B	OG Akım trafosu 36 kV 15/5 A	3	Ad	487,200	1,461,600	1.00
15-	31.3.3	Güç transformatoru (500 kVA 34.5 DA KV)	1	Ad	20,106,000	20,106,000	13.79
16-	32.1	NYY kablo 3x120+70 mm²	80	mt	96,595	7,727,600	5.30
17-	32.12	Beton kablo kanalı ve bakıvalı saç	40	mt	41,130	1,645,200	1.13
18-	38.1	Kompanzasyon pano karkası	5	m²	66,400	332,000	0.23
19-	38.2	Grubun takım teçhizatı (16.25 kVA)	5	tk	194,320	971,600	0.67
20-	5.4.1	Demir konstrüksiyon	600	Kg	2,080	1,248,000	0.86
21-	6.3	Gazlı kesici 36KV/630A 8KA	1	Ad	7,237,500	7,237,500	4.96
22-		MUHTELİF				1,588,218	1.09
					TOPLAM:	53,992,308	37.04
		1989 Yılı Elektrik İmalatları Toplamı:				145,775,958	100.00

Tablo 2.12 Elektrik imalatlarının 1989-1990 yılları arasında fiyat artış yüzdeleri ve ağırlıklı fiyat artış miktarları

	Poz No	Açıklama	1989-90 Arası Birim Fiyat Farkı TL	Fiyat Artış Yüzdesi	Elektrik İmalat Toplamında Etkime Yüzdesi	Pano Grubu Toplamında Etkime Yüzdesi	Pano Grubu Ağırlıklı Fiyat Artış Yüzdesi
		PANO					
1-	701.201	Önden kapaklı saç pano	395,000	54.86	12.35	95.18	52.21
2-	704.104	Sıva üstü saç tablo	39,000	49.37	0.11	0.84	0.41
3-	782.102	Galvaniz sac kablo kanalı	2,400	48.98	0.50	3.89	1.90
4-		MUHTELIF			0.01	0.10	
					12.97	100.00	54.53
	PozNo	Açıklama	1989-90 Arası Birim Fiyat Farkı TL	Fiyat Artış Yüzdesi	Elektrik İmalat Toplamında Etkime Yüzdesi	Kablo Grubu Toplamında Etkime Yüzdesi	Kablo Grubu Ağırlıklı Fiyat Artış Yüzdesi
		KABLO					
1-	710.100	Bakır Bara	2,500	23.81	0.68	2.45	0.58
2-	727.405	Besleme hattı 2x2.5 mm ²	1,010	45.70	0.30	1.09	0.50
3-	727.512	3 x 4 mm ² NYY	1,700	36.17	0.32	1.15	0.42
4-	727.513	Besleme hattı 3x2.5 mm ²	1,400	40.00	0.48	1.74	0.69
5-	727.514	Besleme hattı 3x1.5 mm ² NYY aydınlat.	1,150	42.59	0.53	1.89	0.81
6-	727.521	Besleme hattı 3x35-25 mm ²	16,500	40.74	3.33	11.94	4.86
7-	727.522	Besleme hattı 3x35-16 mm ²	12,400	41.89	3.25	11.64	4.87
8-	727.524	Besleme hattı 4x16 mm ² NYY aydınlat.	5,900	34.91	4.87	17.44	6.09
9-	727.525	Besleme hattı 4x10 mm ² NYY aydınlat.	4,000	35.71	1.45	5.20	1.86
10-	727.526	Besleme hattı 4x6 mm ² NYY aydınlat.	3,100	41.33	0.98	3.52	1.45
11-	727.527	Besleme hattı 4x4 mm ² NYY aydınlat.	1,900	31.67	3.71	13.28	4.21
12-	727.528	Besleme hattı 4x2.5 mm ²	1,520	35.76	1.84	6.58	2.35
13-	727.533	Besleme hattı 12x1.5 mm ² NYY aydınlat.	2,560	34.59	0.19	0.67	0.23
14-	727.537	Besleme hattı 24x1.5 mm ²	5,000	41.67	3.65	13.06	5.44
15-	727.538	Besleme hattı 30x1.5 mm ² NYY aydınlat.	6,000	42.86	2.20	7.88	3.38
16-		MUHTELIF			0.13	0.47	
					27.92	100.00	37.75
	PozNo	Açıklama	1989-90 Arası Birim Fiyat Farkı TL	Fiyat Artış Yüzdesi	Elektrik İmalat Toplamında Etkime Yüzdesi	Kontaktör Grubu Toplamında Etkime Yüzdesi	Kontaktör Grubu Ağırlıklı Fiyat Artış Yüzdesi
		KONTAKTÖR					
1-	718.101	Kuru tip korumasız 3x10 A'e kadar	12,000	40.00	0.78	5.50	2.20
2-	718.102	Kuru tip korumasız 3x16 A'e kadar	18,000	40.00	0.19	1.30	0.52
3-	718.103	Kuru tip korumasız 3x25 A'e kadar	30,000	40.54	0.20	1.43	0.58
4-	718.104	Kuru tip korumasız 3x63 A'e kadar	94,000	39.83	0.97	6.83	2.72
5-	718.105	Kuru tip korumasız 3x100 A'e kadar	144,000	40.00	0.25	1.74	0.69
6-	718.108	Kuru tip korumasız 3x40 A'e kadar	60,000	39.47	1.04	7.33	2.89
7-	718.201	Kuru tip korumalı 3x10 A'e kadar	32,000	40.00	0.82	5.79	2.32
8-	718.204	Kuru tip korumalı 3x63 A'e kadar	114,000	39.86	0.59	4.14	1.65
9-	718.205	Kuru tip korumalı 3x100 A'e kadar	232,000	40.00	0.40	2.80	1.12
10-	718.206	Kuru tip korumalı 3x160 A'e kadar	265,000	39.85	0.46	3.21	1.28
11-	718.208	Kuru tip korumalı 3x40 A'e kadar	96,000	39.67	2.32	16.34	6.48
12-	718.301	Zaman rolesi 0.60 sn.	29,000	34.12	0.93	6.56	2.24
13-	723.401	Otomatik kompazisyon sistemi	24,000	50.00	3.95	27.78	13.89
14-	725.102	Voltmetre	12,400	46.62	0.13	0.90	0.42
15-	725.203	Voltmetre komütatörü	10,300	49.76	0.10	0.70	0.35
16-	725.303	Ampermetre 100 - 2000 A'e kadar	13,500	55.10	0.37	2.60	1.43
17-	725.401	Akım ve ölçü trafosu (100-500)/5 A	15,000	50.00	0.31	2.17	1.09
18-	725.402	Akım ve ölçü trafosu (100-2000)/5 A	18,000	50.00	0.15	1.04	0.52
19-	725.904	İşaret lambası	2,500	38.46	0.16	1.10	0.42
20-		MUHTELIF			0.11	0.76	
					14.22	100.00	42.81

Tablo 2.12'in devamı

	PozNo	Açıklama	1989-90 Arası Birim Fiyat Farkı TL	Fiyat Artış Yüzdesi	Elektrik İmalat Toplamında Etkime Yüzdesi	Şalter Grubu Toplamında Etkime Yüzdesi	Şalter Grubu Ağırlıklı Fiyat Artış Yüzdesi
		ŞALTER					
1-	713.101	Pako şalter 2x16 A	5,000	50.00	0.04	0.65	0.33
2-	715.309	3x100 A'e kadar termik şalter	137,000	49.28	1.53	24.24	11.95
3-	715.310	3x200 A'e kadar termik şalter	205,000	49.40	0.85	13.57	6.70
4-	715.311	3x300 A'e kadar termik şalter	442,000	49.77	0.61	9.68	4.82
5-	715.314	3x800 A'e kadar termik şalter	740,000	50.00	1.02	16.13	8.07
6-	720.110	Sigortalı şalter 3x400 A'e kadar	106,000	50.00	0.15	2.31	1.16
7-	742.216	Tip P 2x40 W Cvoresan Armatör	19,000	47.50	0.16	2.62	1.24
8-	742.284	Tip Etanş 2x40 W Cvoresan Armatör	34,000	50.00	0.98	15.57	7.78
9-	742.310	Tip SL sokak lambası	41,000	49.40	0.57	9.05	4.47
10-	780.158	Cıva buharlı Ampul 125 W	3,600	18.56	0.13	2.11	0.39
11-	780.171	Kumanda butonu	1,900	39.58	0.21	3.40	1.35
12-		MUHTELIF			0.04	0.66	
					6.29	100.00	48.25
	PozNo	Açıklama	1989-90 Arası Birim Fiyat Farkı TL	Fiyat Artış Yüzdesi	Elektrik İmalat Toplamında Etkime Yüzdesi	Sigorta Grubu Toplamında Etkime Yüzdesi	Sigorta Grubu Ağırlıklı Fiyat Artış Yüzdesi
		SİGORTA					
1-	724.103	Bıçaklı sigorta 100 A'e kadar	7,000	50.00	0.14	9.28	4.64
2-	724.401	Anahtarlı otomatik sigorta 16 A'e kadar	4,250	45.95	0.46	29.84	13.71
3-	724.406	Anahtarlı otom. sigorta 3x16 A'e kadar	15,500	49.21	0.41	26.44	13.01
4-	724.407	Anahtarlı otom. sigorta 3x40 A'e kadar	16,500	49.25	0.39	25.16	12.39
5-	780.142	Balans 125 W	14,000	66.67	0.14	9.28	6.19
					1.55	100.00	49.94
	PozNo	Açıklama	1989-90 Arası Birim Fiyat Farkı TL	Fiyat Artış Yüzdesi	Elektrik İmalat Toplamında Etkime Yüzdesi	Trafo Grubu Toplamında Etkime Yüzdesi	Trafo Grubu Ağırlıklı Fiyat Artış Yüzdesi
		TRAFO					
1-	1.0	Akü bataryası 24V 60Ah	109,140	51.30	0.15	0.39	0.20
2-	11.1	Bara mesnet izolatörü 36 KV C Kat	26,350	69.16	0.63	1.69	1.17
3-	13.2	İzole halı 36 KV	3,000	3.45	0.60	1.61	0.06
4-	15	Parafudur 36 KV/10KA	274,980	78.85	0.72	1.94	1.53
5-	16	Bucholz rolesi	240,000	52.17	0.32	0.85	0.44
6-	16	Kadranlı termometre	175,000	50.72	0.24	0.64	0.32
7-	17.1	Dahili tip ayırıcı (36 KV/630A-8KA)	437,700	80.22	0.37	1.01	0.81
8-	17.2	Dahili tip top. ayr. (36 KV/630A-8KA)	535,800	85.32	0.43	1.16	0.99
9-	24.4.1	Alçak gerilim çıkış panosu 500 kVA	403,700	13.92	1.99	5.37	0.75
10-	28	Telkafesli kapı	17,990	76.98	0.26	0.69	0.53
11-	3.1.1	Bakır baralar (40x5)	4,400	29.00	1.46	3.93	1.14
12-	3.1.1	Bakır baralar (60x10)	4,300	28.34	0.62	1.69	0.48
13-	30.2.2	50 mm² NYY kablo ve gömülmesi	4,295	37.51	0.24	0.64	0.24
14-	31.1.B	OG Akım trafosu 36 kV 15/5 A	535,200	109.85	1.00	2.71	2.97
15-	31.3.3	Güç transformatörü (500 kVA 34.5 DA KV)	12,416,500	61.76	13.79	37.24	23.00
16-	32.1	NYY kablo 3x120+70 mm²	44,325	45.89	5.30	14.31	6.57
17-	32.12	Beton kablo kanalı ve baklavalı saç	19,040	46.29	1.13	3.05	1.41
18-	38.1	Kompanzasyon pano karkası	31,260	47.08	0.23	0.61	0.29
19-	38.2	Grubun takım teçhizatı (16.25 kVA)	32,610	16.78	0.67	1.80	0.30
20-	5.4.1	Demir konstrüksiyon	715	34.38	0.86	2.31	0.79
21-	6.3	Gazlı kesici 36KV/630A 8KA	2,887,700	39.90	4.96	13.40	5.35
22-		MUHTELIF			1.09	2.94	
					37.04	100.00	49.35

Tablo 2.13 Elektrik İmalatlarının Ağırlıklı Etkime Miktarları ve 1989-1990 Yılı Ağırlıklı Fiyat Artış Yüzdesi

ELEKTRİK KALEMİNİ BELİRLEYEN GRUPLAR	Etkime Yüzdesi	Fiyat Artış Yüzdesi	Ağırlıklı Etkime Miktarı
PANO	12.97	54.53	707.46
KABLO	27.92	37.75	1053.90
KONTAKTÖR	14.22	42.81	608.84
ŞALTER	6.29	48.25	303.65
SİGORTA	1.55	49.94	77.53
TRAFO	37.04	49.35	1827.81
1989-1990 Yılı Ağırlıklı Fiyat Artış Yüzdesi			45.79

d) Borulama:

Borulamanın maliyet indeksine etkisini belirleme maksadıyla yapılan analizde esas itibarıyla inşaat ve elektrik kalemlerindeki metot tatbik edilmiştir. Model arıtma tesisine ait kesin hesaptaki borulama kalemleri tasnif edilerek "Borulama İmalat Kalemleri Listesi" hazırlanmıştır (Tablo 2.14). Borulama imalat kalemleri borular ve vanalar olmak üzere iki grupta toplanmıştır. Grupların oluşturulmasında inşaat ve elektrik kalemlerinin tasnifindeki kriterler esas alınmıştır. Tablo 2.14. de model arıtma tesisinin borulama kalemlerinin herbirinin miktarları, birim fiyatları, tutarları ve borulama kalemi maliyet toplamına oranları (etkime yüzdeleri) verilmiştir.

Tablo 2.15. de ise borulama kalemlerinin birim fiyat farkları, fiyat artış yüzdeleri, borulama kalemi toplam maliyetine etkime yüzdeleri (Tablo 2.14. den), kendi grubu içindeki etkime yüzdeleri ve kendi grubu içindeki ağırlıklı fiyat artış yüzdeleri sunulmuştur. Kendi grubu içindeki ağırlıklı fiyat artış yüzdelerinin toplamı o gruba ait fiyat artış yüzdesini vermektedir. Borular ve vanalar gruplarının fiyat artış yüzdeleri Tablo 2.15. den, etkime yüzdeleri ise Tablo 2.14. den alınarak Tablo 2.16. teşkil edilmiştir. Tablo 2.16. da etkime yüzdeleri ile fiyat artış yüzdeleri çarpılarak "ağırlıklı etkime miktarları" bulunmuştur. Ağırlıklı etkime miktarlarının toplamı 100'e bölünerek toplam maliyet artış yüzdesi hesabında kullanılan borulama kalemine ait fiyat artış yüzdesi hesaplanmıştır.

Tablo 2.14 Borulama imalat kalemleri listesi (1989 yılı)

	PozNo	Açıklama	Miktar	Br.	1989 Yılı Birim Fiyatı	Tutar TL	Borulama İmalat Toplamına Oranı
		BORULAR					
1-	201.109	ø 50 Dikişli çelik boru	27.00	M	9,060	244,620	0.07
2-	201.111	ø 80 Dikişli çelik boru	52.00	M	15,300	795,600	0.22
3-	201.112	ø 100 Dikişli çelik boru	116.00	M	21,840	2,533,440	0.72
4-	201.113	ø 125 Dikişli çelik boru	107.00	M	29,120	3,115,840	0.88
5-	201.132	Dikişli çelik boru ø 219.1x5.6 bitümlü	158.00	M	57,300	9,053,400	2.56
6-	201.137	Dikişli çelik boru ø 273.1x5.6 bitümlü	111.00	M	70,570	7,833,270	2.21
7-	201.142	Dikişli çelik boru ø 323.9x5.6 bitümlü	211.00	M	83,000	17,513,000	4.95
8-	201.148	Dikişli çelik boru ø 355.6x6.3 bitümlü	278.00	M	103,000	28,634,000	8.09
9-	201.154	Dikişli çelik boru ø 406.4x6.3 bitümlü	172.00	M	117,800	20,261,600	5.73
10-	201.160	Dikişli çelik boru ø 457.2x6.3 bitümlü	97.00	M	131,300	12,736,100	3.60
11-	201.166	Dikişli çelik boru ø 508.0x6.3 bitümlü	205.00	M	145,600	29,848,000	8.43
12-	201.171	Dikişli çelik boru ø 588.8x6.3 bitümlü	304.00	M	160,300	48,731,200	13.77
13-	201.177	Dikişli çelik boru ø 609.6x7.1 bitümlü	169.00	M	197,000	33,293,000	9.41
14-	201.184	Dikişli çelik boru ø 711.2x7.1 bitümlü	142.00	M	227,000	32,234,000	9.11
15-	201.190	Dikişli çelik boru ø 812.8x8.0 bitümlü	28.00	M	285,000	7,980,000	2.26
16-	201.199	Dikişli çelik boru ø 1016.0x10 bitümlü	99.65	M	460,000	45,839,000	12.95
17-	204.108	ø 63 PVC boru 10 atü	385.00	M	6,380	2,456,300	0.69
18-		MUHTELİF				522,000	0.15
					TOPLAM:	303,624,370	85.80
		VANALAR					
1-	207.504	Sürgülü vana ø 80	2.00	Ad	148,000	296,000	0.08
2-	207.508	Sürgülü vana ø 200	12.00	Ad	570,000	6,840,000	1.93
3-	207.511	Sürgülü vana ø 350	9.00	Ad	1,670,000	15,030,000	4.25
4-	207.512	Sürgülü vana ø 400	3.00	Ad	2,300,000	6,900,000	1.95
5-	207.513	Sürgülü vana ø 500	2.00	Ad	3,900,000	7,800,000	2.20
6-	210.707	Küresel vana ø 50	48.00	Ad	205,000	9,840,000	2.78
7-	210.711	Küresel vana ø 125	2.00	Ad	888,000	1,776,000	0.50
8-	228.112	ø 200 Çek Valf	2.00	Ad	806,000	1,612,000	0.46
9-		MUHTELİF				160,000	0.05
					TOPLAM:	50,254,000	14.20
		1989 Yılı Borulama İmalat Toplamı:				353,878,370	100.00

Tablo 2.15 Borulama imalatlarının 1989-1990 yılları arasında fiyat artış yüzdeleri ve ağırlıklı fiyat artışları

	Poz No	Açıklama	89-90 Arası Birim Fiyat Farkı TL	Fiyat Artış Yüzdesi	Borulama İmalat Toplamına Etkime Yüzdesi	Borular Grubu İçindeki Etkime Yüzdesi	Borular Grubu Ağırlıklı Fiyat Artış Yüzdesi
		BORULAR					
1-	201.109	ø 50 Dikişli çelik boru	1,980	21.85	0.07	0.08	0.02
2-	201.111	ø 80 Dikişli çelik boru	3,230	21.11	0.22	0.26	0.06
3-	201.112	ø 100 Dikişli çelik boru	4,400	20.15	0.72	0.83	0.17
4-	201.113	ø 125 Dikişli çelik boru	6,200	21.29	0.88	1.03	0.22
5-	201.132	Dikişli çelik boru ø 219.1x5.6 bitümlü	9,700	16.93	2.56	2.98	0.50
6-	201.137	Dikişli çelik boru ø 273.1x5.6 bitümlü	11,430	16.20	2.21	2.58	0.42
7-	201.142	Dikişli çelik boru ø 323.9x5.6 bitümlü	13,300	16.02	4.95	5.77	0.92
8-	201.148	Dikişli çelik boru ø 355.6x6.3 bitümlü	16,300	15.83	8.09	9.43	1.49
9-	201.154	Dikişli çelik boru ø 406.4x6.3 bitümlü	18,200	15.45	5.73	6.67	1.03
10-	201.160	Dikişli çelik boru ø 457.2x6.3 bitümlü	20,100	15.31	3.60	4.19	0.64
11-	201.166	Dikişli çelik boru ø 508.0x6.3 bitümlü	22,200	15.25	8.43	9.83	1.50
12-	201.171	Dikişli çelik boru ø 588.8x6.3 bitümlü	25,500	15.91	13.77	16.05	2.55
13-	201.177	Dikişli çelik boru ø 609.6x7.1 bitümlü	33,000	16.75	9.41	10.97	1.84
14-	201.184	Dikişli çelik boru ø 711.2x7.1 bitümlü	37,000	16.30	9.11	10.62	1.73
15-	201.190	Dikişli çelik boru ø 812.8x8.0 bitümlü	46,000	16.14	2.26	2.63	0.42
16-	201.199	Dikişli çelik boru ø 1016.0x10 bitümlü	72,000	15.65	12.95	15.10	2.36
17-	204.108	ø 63 PVC boru 10 atü	1,580	24.76	0.69	0.81	0.20
18-		MUHTELİF			0.15	0.17	
					85.80	100.00	16.08
	Poz No	Açıklama	89-90 Arası Birim Fiyat Farkı (TL)	Fiyat Artış Yüzdesi	Borulama İmalat Toplamına Etkime Yüzdesi	Vanalar Grubu İçindeki Etkime Yüzdesi	Vanalar Grubu Ağırlıklı Fiyat Artış Yüzdesi
		VANALAR					
1-	207.504	Sürgülü vana ø 80	72,000	48.65	0.08	0.59	0.29
2-	207.508	Sürgülü vana ø 200	280,000	49.12	1.93	13.61	6.69
3-	207.511	Sürgülü vana ø 350	830,000	49.70	4.25	29.91	14.86
4-	207.512	Sürgülü vana ø 400	1,150,000	50.00	1.95	13.73	6.87
5-	207.513	Sürgülü vana ø 500	1,950,000	50.00	2.20	15.52	7.76
6-	210.707	Küresel vana ø 50	123,000	60.00	2.78	19.58	11.75
7-	210.711	Küresel vana ø 125	532,000	59.91	0.50	3.53	2.12
8-	228.112	ø 200 Çek Valf	404,000	50.12	0.46	3.21	1.61
9-		MUHTELİF			0.05	0.32	
					14.20	100.00	51.94

Tablo 2.16 Borulama imalatlarının ağırlıklı etkiye miktarları ve 1989-1990 yılı ağırlıklı fiyat artış yüzdesi

BORULAMA KALEMİNİ BELİRLEYEN GRUPLAR	Etkime Yüzdesi	Fiyat Artış Yüzdesi	Ağırlıklı Etkime Miktarı
BORULAR	86	16.08	1379.55
VANALAR	14	51.94	737.54
1989-1990 Yılı Ağırlıklı Fiyat Artış Yüzdesi			21.17

e) Ekipman:

Arıtma tesislerinin bir diğer önemli maliyet bileşeni de ekipmandır. Ekipman kaleminin maliyet indeksine etkisini belirlemek için de model arıtma tesisine ait kesin hesaptaki kalemler tasnif edilerek üç önemli ana grupta toplanmıştır:

1. Pompa
2. Metal Aksam
3. Montaj

e1) Pompa:

Model atıksu arıtma tesisinde kullanılması muhtemel 49 pompa çeşidi birim fiyatlarıyla birlikte Tablo 2.17 de verilmiştir. Pompa seçiminde değişik alternatifler söz konusu olabileceğinden pompa çeşidi geniş tutulmuştur. Pompa çeşitlerinin fiyat artış yüzdeleri ise Tablo 2.18 de gösterilmiştir. Pompa kalemindeki yıllık artış yüzdesi, bu 49 çeşit pompadaki artış yüzdesinin aritmetik ortalaması olarak alınmıştır. Yıllara göre hesaplanan pompa artış yüzdeleri Tablo 2.19 da verilmiştir.

Tablo 2.17 Pompa ana kalemleri birim fiyatları

	PozNo	Açıklama	Br.	1989 Birim Fiyatı TL	1990 Birim Fiyatı TL	1991 Birim Fiyatı TL	1992 Birim Fiyatı TL	1993 Birim Fiyatı TL	1994 Birim Fiyatı TL
1-	216.101	SİRKULASYON (ø32)(0.8-3M3/H)	AD	190.000	260.000	370.000	590.000	910.000	1.400.000
2-	216.106	SİRKULASYON (ø100)(15-35 M3/H)	AD	285.000	390.000	560.000	890.000	1.380.000	2.140.000
3-	216.108	SİRKULASYON (ø150)(75-120 M3/H)	AD	476.000	660.000	950.000	1.520.000	2.350.000	3.640.000
4-	217.101	SANTRİFUJ 1500 DEVİR (3-5 M3/H)	AD	374.000	523.000	758.000	1.210.000	1.870.000	2.950.000
5-	217.106	SANTRİFUJ 1500 DEVİR (3-5 M3/H)	AD	785.000	1.130.000	1.638.000	2.620.000	4.060.000	6.500.000
6-	217.108	SANTRİFUJ 1500 DEVİR (3-5 M3/H)	AD	1.132.000	1.415.000	2.052.000	3.280.000	5.080.000	8.100.000
7-	217.110	SANTRİFUJ 1500 DEVİR (5.1-10 M3/H)	AD	476.000	666.000	965.500	1.540.000	2.380.000	3.800.000
8-	217.115	SANTRİFUJ 1500 DEVİR (5.1-10 M3/H)	AD	935.000	1.260.000	1.827.000	2.920.000	4.520.000	7.200.000
9-	217.119	SANTRİFUJ 1500 DEVİR (10.1-20 M3/H)	AD	527.000	737.000	1.068.000	1.700.000	2.630.000	4.200.000
10-	217.124	SANTRİFUJ 1500 DEVİR (10.1-20 M3/H)	AD	1.240.000	1.550.000	2.248.000	3.590.000	5.560.000	8.900.000
11-	217.128	SANTRİFUJ 1500 DEVİR (21-30 M3/H)	AD	646.000	969.000	1.405.000	2.250.000	3.480.000	5.550.000
12-	217.133	SANTRİFUJ 1500 DEVİR (21-30 M3/H)	AD	1.318.000	1.687.000	2.446.000	3.910.000	6.060.000	9.700.000
13-	217.137	SANTRİFUJ 1500 DEVİR (31-40 M3/H)	AD	799.000	1.135.000	1.645.000	2.630.000	4.070.000	6.500.000
14-	217.142	SANTRİFUJ 1500 DEVİR (31-40 M3/H)	AD	2.074.000	2.904.000	4.210.000	6.730.000	10.430.000	16.600.000
15-	217.146	SANTRİFUJ 1500 DEVİR (41-50 M3/H)	AD	816.000	1.142.000	1.655.000	2.640.000	4.090.000	6.540.000
16-	217.151	SANTRİFUJ 1500 DEVİR (41-50 M3/H)	AD	2.125.000	2.975.000	4.314.000	6.900.000	10.690.000	17.000.000
17-	217.155	SANTRİFUJ 1500 DEVİR (51-60 M3/H)	AD	850.000	1.190.000	1.725.000	2.760.000	4.270.000	6.800.000
18-	217.160	SANTRİFUJ 1500 DEVİR (51-60 M3/H)	AD	2.148.000	2.577.000	3.736.000	5.970.000	9.250.000	14.800.000
19-	217.164	SANTRİFUJ 1500 DEVİR (61-80 M3/H)	AD	952.000	1.237.000	1.794.000	2.870.000	4.440.000	7.100.000
20-	217.169	SANTRİFUJ 1500 DEVİR (61-80 M3/H)	AD	2.380.000	2.975.000	4.314.000	6.900.000	10.960.000	17.000.000
21-	217.173	SANTRİFUJ 1500 DEVİR (81-100 M3/H)	AD	1.122.000	1.500.000	2.175.000	3.480.000	5.390.000	8.600.000
22-	217.178	SANTRİFUJ 1500 DEVİR (81-100 M3/H)	AD	2.567.000	3.285.000	4.763.000	7.620.000	11.810.000	18.900.000
23-	217.182	SANTRİFUJ 1500 DEVİR (101-150 M3/H)	AD	1.530.000	1.912.000	2.772.000	4.570.000	7.080.000	11.300.000
24-	217.186	SANTRİFUJ 1500 DEVİR (101-150 M3/H)	AD	3.247.000	4.058.000	5.884.000	9.700.000	15.030.000	24.000.000
25-	217.190	SANTRİFUJ 1500 DEVİR (151-300 M3/H)	AD	2.770.000	3.878.000	5.623.000	9.280.000	14.380.000	23.000.000
26-	217.193	SANTRİFUJ 1500 DEVİR (151-300 M3/H)	AD	5.900.000	8.260.000	11.977.000	19.760.000	30.620.000	49.000.000
27-	217.201	SANTRİFUJ 3000 DEVİR (3-5 M3/H)	AD	336.600	470.700	682.200	1.089.000	1.683.000	2.655.000
28-	217.206	SANTRİFUJ 3000 DEVİR (3-5 M3/H)	AD	706.500	1.017.000	1.474.200	2.358.000	3.654.000	5.850.000
29-	217.208	SANTRİFUJ 3000 DEVİR (3-5 M3/H)	AD	1.018.800	1.273.500	1.846.800	2.952.000	4.572.000	7.290.000
30-	217.210	SANTRİFUJ 3000 DEVİR (5.1-10 M3/H)	AD	428.400	599.400	868.950	1.386.000	2.142.000	3.420.000
31-	217.215	SANTRİFUJ 3000 DEVİR (5.1-10 M3/H)	AD	841.500	1.134.000	1.644.300	2.628.000	4.068.000	6.480.000
32-	217.219	SANTRİFUJ 3000 DEVİR (10.1-20 M3/H)	AD	474.300	663.300	961.200	1.530.000	2.367.000	3.780.000
33-	217.224	SANTRİFUJ 3000 DEVİR (10.1-20 M3/H)	AD	1.116.000	1.395.000	2.023.200	3.231.000	5.004.000	8.010.000
34-	217.228	SANTRİFUJ 3000 DEVİR (21-30 M3/H)	AD	581.400	872.100	1.264.500	2.025.000	3.132.000	4.995.000
35-	217.233	SANTRİFUJ 3000 DEVİR (21-30 M3/H)	AD	1.186.200	1.518.300	2.201.400	3.519.000	5.454.000	8.730.000
36-	217.237	SANTRİFUJ 3000 DEVİR (31-40 M3/H)	AD	719.100	1.021.500	1.480.500	2.367.000	3.663.000	5.850.000
37-	217.241	SANTRİFUJ 3000 DEVİR (31-40 M3/H)	AD	1.315.800	1.841.400	2.669.400	4.266.000	6.606.000	10.530.000
38-	217.246	SANTRİFUJ 3000 DEVİR (41-50 M3/H)	AD	734.400	1.027.800	1.489.500	2.376.000	3.681.000	5.886.000
39-	217.251	SANTRİFUJ 3000 DEVİR (41-50 M3/H)	AD	1.912.500	2.677.500	3.882.600	6.210.000	9.621.000	15.300.000
40-	217.255	SANTRİFUJ 3000 DEVİR (51-60 M3/H)	AD	765.000	1.071.000	1.552.500	2.484.000	3.843.000	6.120.000
41-	217.260	SANTRİFUJ 3000 DEVİR (51-60 M3/H)	AD	1.933.200	2.319.300	3.362.400	5.373.000	8.325.000	13.320.000
42-	217.264	SANTRİFUJ 3000 DEVİR (61-80 M3/H)	AD	856.800	1.113.300	1.614.600	2.583.000	3.986.000	6.390.000
43-	217.268	SANTRİFUJ 3000 DEVİR (61-80 M3/H)	AD	1.912.500	2.485.800	3.604.500	5.760.000	8.928.000	14.220.000
44-	217.273	SANTRİFUJ 3000 DEVİR (81-100 M3/H)	AD	1.009.800	1.350.000	1.957.500	3.132.000	4.851.000	7.740.000
45-	217.277	SANTRİFUJ 3000 DEVİR (81-100 M3/H)	AD	2.004.300	2.565.000	3.718.800	5.949.000	9.216.000	14.715.000
46-	217.282	SANTRİFUJ 3000 DEVİR (101-150 M3/H)	AD	1.377.000	1.720.800	2.494.800	4.113.000	6.372.000	10.170.000
47-	217.286	SANTRİFUJ 3000 DEVİR (101-150 M3/H)	AD	2.922.300	3.652.200	5.295.600	8.730.000	13.527.000	21.600.000
48-	217.290	SANTRİFUJ 3000 DEVİR (151-300 M3/H)	AD	2.493.000	3.490.200	5.060.700	8.352.000	12.942.000	20.700.000
49-	217.293	SANTRİFUJ 3000 DEVİR (151-300 M3/H)	AD	5.310.000	7.434.000	10.779.300	17.784.000	27.558.000	44.100.000

Tablo 2.18 Pompa ana kalemleri fiyat artış yüzdeleri

	PozNo	Açıklama	FİYAT ARTIŞ YÜZDESİ (%)				
			1989-90 Yılı	1990-91 Yılı	1991-92 Yılı	1992-93 Yılı	1993-94 Yılı
1-	216.101	SİRKULASYON POMP.(ø32)(0.8-3M3/H)	36.84	42.31	59.46	54.24	53.85
2-	216.106	SİRKULASYON POMP.(ø100)(15-35 M3/H)	36.84	43.59	58.93	55.06	55.07
3-	216.108	SİRKULASYON POMP.(ø150)(75-120 M3/H)	38.66	43.94	60.00	54.61	54.89
4-	217.101	SANTRİFUJ POMPA 1500 DEVİR (3-5 M3/H)	39.84	44.93	59.63	54.55	57.75
5-	217.106	SANTRİFUJ POMPA 1500 DEVİR (3-5 M3/H)	43.95	44.96	59.95	54.96	60.10
6-	217.108	SANTRİFUJ POMPA 1500 DEVİR (3-5 M3/H)	25.00	45.02	59.84	54.88	59.45
7-	217.110	SANTRİFUJ POMPA 1500 DEVİR (5.1-10 M3/H)	39.92	44.97	59.50	54.55	59.66
8-	217.115	SANTRİFUJ POMPA 1500 DEVİR (5.1-10 M3/H)	34.76	45.00	59.82	54.79	59.29
9-	217.119	SANTRİFUJ POMPA 1500 DEVİR (10.1-20 M3/H)	39.85	44.91	59.18	54.71	59.70
10-	217.124	SANTRİFUJ POMPA 1500 DEVİR (10.1-20 M3/H)	25.00	45.03	59.70	54.87	60.07
11-	217.128	SANTRİFUJ POMPA 1500 DEVİR (21-30 M3/H)	50.00	44.99	60.14	54.67	59.48
12-	217.133	SANTRİFUJ POMPA 1500 DEVİR (21-30 M3/H)	28.00	44.99	59.85	54.99	60.07
13-	217.137	SANTRİFUJ POMPA 1500 DEVİR (31-40 M3/H)	42.05	44.93	59.88	54.75	59.71
14-	217.142	SANTRİFUJ POMPA 1500 DEVİR (31-40 M3/H)	40.02	44.97	59.86	54.98	59.16
15-	217.146	SANTRİFUJ POMPA 1500 DEVİR (41-40 M3/H)	39.95	44.92	59.52	54.92	59.90
16-	217.151	SANTRİFUJ POMPA 1500 DEVİR (41-50 M3/H)	40.00	45.01	59.94	54.93	59.03
17-	217.155	SANTRİFUJ POMPA 1500 DEVİR (51-60 M3/H)	40.00	44.96	60.00	54.71	59.25
18-	217.160	SANTRİFUJ POMPA 1500 DEVİR (51-60 M3/H)	19.97	44.97	59.80	54.94	60.00
19-	217.164	SANTRİFUJ POMPA 1500 DEVİR (61-80 M3/H)	29.94	45.03	59.98	54.70	59.91
20-	217.169	SANTRİFUJ POMPA 1500 DEVİR (61-80 M3/H)	25.00	45.01	59.94	58.84	55.11
21-	217.173	SANTRİFUJ POMPA 1500 DEVİR (81-100 M3/H)	33.69	45.00	60.00	54.89	59.55
22-	217.178	SANTRİFUJ POMPA 1500 DEVİR (81-100 M3/H)	27.97	44.99	59.98	54.99	60.03
23-	217.182	SANTRİFUJ POMPA 1500 DEVİR (101-150 M3/H)	24.97	44.98	64.86	54.92	59.60
24-	217.186	SANTRİFUJ POMPA 1500 DEVİR (101-150 M3/H)	24.98	45.00	64.85	54.95	59.68
25-	217.190	SANTRİFUJ POMPA 1500 DEVİR (151-300 M3/H)	40.00	45.00	65.04	54.96	59.94
26-	217.193	SANTRİFUJ POMPA 1500 DEVİR (151-300 M3/H)	40.00	45.00	64.98	54.96	60.03
27-	217.201	SANTRİFUJ POMPA 3000 DEVİR (3-5 M3/H)	39.84	44.93	59.63	54.55	57.75
28-	217.206	SANTRİFUJ POMPA 3000 DEVİR (3-5 M3/H)	43.95	44.96	59.95	54.96	60.10
29-	217.208	SANTRİFUJ POMPA 3000 DEVİR (3-5 M3/H)	25.00	45.02	59.84	54.88	59.45
30-	217.210	SANTRİFUJ POMPA 3000 DEVİR (5.1-10 M3/H)	39.92	44.97	59.50	54.55	59.66
31-	217.215	SANTRİFUJ POMPA 3000 DEVİR (5.1-10 M3/H)	34.76	45.00	59.82	54.79	59.29
32-	217.219	SANTRİFUJ POMPA 3000 DEVİR (10.1-20 M3/H)	39.85	44.91	59.18	54.71	59.70
33-	217.224	SANTRİFUJ POMPA 3000 DEVİR (10.1-20 M3/H)	25.00	45.03	59.70	54.87	60.07
34-	217.228	SANTRİFUJ POMPA 3000 DEVİR (21-30 M3/H)	50.00	44.99	60.14	54.67	59.48
35-	217.233	SANTRİFUJ POMPA 3000 DEVİR (21-30 M3/H)	28.00	44.99	59.85	54.99	60.07
36-	217.237	SANTRİFUJ POMPA 3000 DEVİR (31-40 M3/H)	42.05	44.93	59.88	54.75	59.71
37-	217.241	SANTRİFUJ POMPA 3000 DEVİR (31-40 M3/H)	39.95	44.97	59.81	54.85	59.40
38-	217.246	SANTRİFUJ POMPA 3000 DEVİR (41-40 M3/H)	39.95	44.92	59.52	54.92	59.90
39-	217.251	SANTRİFUJ POMPA 3000 DEVİR (41-50 M3/H)	40.00	45.01	59.94	54.93	59.03
40-	217.255	SANTRİFUJ POMPA 3000 DEVİR (51-60 M3/H)	40.00	44.96	60.00	54.71	59.25
41-	217.260	SANTRİFUJ POMPA 3000 DEVİR (51-60 M3/H)	19.97	44.97	59.80	54.94	60.00
42-	217.264	SANTRİFUJ POMPA 3000 DEVİR (61-80 M3/H)	29.94	45.03	59.98	54.70	59.91
43-	217.268	SANTRİFUJ POMPA 3000 DEVİR (61-80 M3/H)	29.98	45.00	59.80	55.00	59.27
44-	217.273	SANTRİFUJ POMPA 3000 DEVİR (81-100 M3/H)	33.69	45.00	60.00	54.89	59.55
45-	217.277	SANTRİFUJ POMPA 3000 DEVİR (81-100 M3/H)	27.97	44.98	59.97	54.92	59.67
46-	217.282	SANTRİFUJ POMPA 3000 DEVİR (101-150 M3/H)	24.97	44.98	64.86	54.92	59.60
47-	217.286	SANTRİFUJ POMPA 3000 DEVİR (101-150 M3/H)	24.98	45.00	64.85	54.95	59.68
48-	217.290	SANTRİFUJ POMPA 3000 DEVİR (151-300 M3/H)	40.00	45.00	65.04	54.96	59.94
49-	217.293	SANTRİFUJ POMPA 3000 DEVİR (151-300 M3/H)	40.00	45.00	64.98	54.96	60.03
			34.84	44.88	60.63	54.91	59.20

Tablo 2.19 Yıllara göre pompa fiyat artış yüzdeleri

AÇIKLAMA	POMPA ARTIŞ YÜZDESİ
1989-1990 Yılları Arası	34.84
1990-1991 Yılları Arası	44.88
1991-1992 Yılları Arası	60.63
1992-1993 Yılları Arası	54.91
1993-1994 Yılları Arası	59.20

e2) Metal Aksam:

Metal aksamın fiyat hareketleri Devlet İstatistik Enstitüsü (DİE) tarafından detaylı bir şekilde incelendiğinden bu çalışmada DİE Metal Ana Sanayi İndeksi kullanılmıştır. DİE tarafından metal ana sanayii için verilen indeksler 1989-1994 yılları için Tablo 2.20 de özetlenmiştir. DİE Metal Ana Sanayi İndekslerinden hesaplanan metal aksam artış yüzdeleri Tablo 2.21 de verilmiştir. Mesela 1990 yılı indeksi (380,60)'nin 1989 yılı indeksi (316,10)'ne bölünmesiyle elde edilen geçiş katsayısı (1,2040) yardımıyla 2.4 bağıntısından 1989-1990 yılları arası fiyat artış yüzdesi 20.40 bulunmuştur.

Tablo 2.20 Yıllara göre DİE metal ana sanayi indeksleri

Açıklama	1989 Yılı	1990 Yılı	1991 Yılı	1992 Yılı	1993 Yılı	1994 Yılı
DİE Metal Ana Sanayi İndeksi	316.10	380.60	581.40	863.30	1481.80	1892.50

Tablo 2.21 Yıllara göre metal aksam fiyat artış yüzdeleri

AÇIKLAMA	METAL AKSAM FİYAT ARTIŞ YÜZDESİ
1989-1990 Yılları Arası	20.40
1990-1991 Yılları Arası	52.76
1991-1992 Yılları Arası	48.49
1992-1993 Yılları Arası	71.64
1993-1994 Yılları Arası	27.72

e3) Montaj:

Montaj kaleminde fiyat hareketlerini etkileyen temel parametre olarak usta saat ücretleri esas alınmıştır. 1989-1994 yılları için Tablo 2.22 de verilen usta saat ücretleri Bayındırlık Bakanlığı Rayiçleri'nden alınmıştır. Tablo 2.22 deki verilere göre hesaplanan montajdaki artış yüzdeleri 1989-1994 yılları için Tablo 2.23 verilmiştir. Ekipman kalemini oluşturan grupların toplam ekipman maliyetine etkime

yüzdeleri, incelenen arıtma tesisi kesin hesaplarından hareketle pompa için %25, metal aksam için %73 ve montaj için %2 olarak alınmıştır. Bu etkiye yüzdeleri ile Tablo 2.19, Tablo 2.21 ve Tablo 2.23 den alınan artış yüzdeleri çarpılarak herbir kalemin ağırlıklı etkiye miktarları hesaplanmış ve sonuçlar Tablo 2.24 de verilmiştir. Ağırlıklı etkiye miktarlarının toplamı etkiye yüzdeleri toplamına bölünerek, ekipman kalemi için, toplam maliyet artış yüzdesi hesabında kullanılacak olan fiyat artış yüzdesi bulunmuştur.

Tablo 2.22 Yıllara göre usta saat ücretleri

Açıklama	1989 Yılı Birim Fiyatı TL	1990 Yılı Birim Fiyatı TL	1991 Yılı Birim Fiyatı TL	1992 Yılı Birim Fiyatı TL	1993 Yılı Birim Fiyatı TL	1994 Yılı Birim Fiyatı TL
Ustalar	1,300	2,145	3,539	6,016	10,829	20,034

Tablo 2.23 Yıllara göre montaj fiyat artış yüzdeleri

AÇIKLAMA	MONTAJ FİYAT ARTIŞ YÜZDESİ
1989-1990 Yılları Arası	65.00
1990-1991 Yılları Arası	64.99
1991-1992 Yılları Arası	69.99
1992-1993 Yılları Arası	80.00
1993-1994 Yılları Arası	85.00

Tablo 2.24 Ekipman kalemi ağırlıklı etkiye miktarları ve 1989-1990 yılı ağırlıklı fiyat artış yüzdesi

AÇIKLAMA	ETKİME YÜZDESİ	FİYAT ARTIŞ YÜZDESİ	AĞIRLIKLİ ETKİME MİKTARI
POMPA	25	34.84	870.89
METAL AKSAM	73	20.40	1489.56
MONTAJ	2	65.00	130.00
1989-1990 Yılı Ağırlıklı Fiyat Artış Yüzdesi			24.90

f) Muhtelif:

Bu kalemde, diğer kalemlerdeki ihmal edilen imalatlar (<%0.5) ile inşaat sırasında beklenmeyen giderler incelenmektedir. Muhtelif kaleminin değişimi iki bileşene bağlanmıştır:

1. İstanbul Ticaret Odası (İTO) İnşaat Malzemesi İndeksi
2. Döviz

Bu çalışmada atıksu arıtma tesisi maliyetleri incelendiğinden İnşaat Malzemesi İndeksi'nin kullanılabileceği düşünülmüştür. İnşaat malzemesi indeksini İTO yeterli hassasiyette tespit ettiğinden bu çalışmada İTO verileri dikkate alınmıştır.

Muhtelif kalemini etkileyen diğer bileşen olarak döviz dikkate alınmıştır. Ülkemizdeki ekonomik hareketlerin döviz olarak ABD Doları ve Alman Markı'ndan etkilenmesinden dolayı muhtelif kaleminin değerlendirilmesinde bu iki döviz kurundaki değişimler kullanılmıştır.

Gerek İTO inşaat malzemesi indeksindeki, gerekse döviz değişimlerinin muhtelif kalemini eşit nispette etkilediği kabul edilmiştir. İTO verileri, ABD doları ve Alman Markı'nın 1989-1994 arasındaki yıllık değerleri Tablo 2.25'de verilmiştir.

Tablo 2.25 Muhtelif giderleri belirleyen kalemler ve yıllara göre değerleri

Açıklama	1989 Yılı	1990 Yılı	1991 Yılı	1992 Yılı	1993 Yılı	1994 Yılı
İ.T.O. İnşaat Malzemesi İndeksi	62,699.20	91,729.60	152,580.00	246,594.10	406,756.60	521,814.20
Döviz						
Dolar	1,881.19	2,347.30	3,041.90	5,486.01	8,814.34	17,203.52
Mark	1,007.17	1,400.28	2,031.59	3,434.12	5,476.45	9,949.98

Tablo 2.25 deki değerler kullanılarak İTO inşaat malzemesi indeksi, ABD Doları ve Alman Markı'nda ki 1989-1994 yıllık değişim oranları hesaplanmış ve sonuçlar Tablo 2.26 de gösterilmiştir. Ağırlıklı artış yüzdeleri; İTO inşaat malzemeleri indeksi, ABD Doları ve Alman Markı'ndaki yıllık değişim oranlarının aritmetik ortalaması olarak alınmıştır. Her yılın ağırlıklı artış yüzdesi, toplam maliyet artış yüzdesi hesabında kullanılmak üzere muhtelif kalemlere ait fiyat artış yüzdesini vermektedir.

Tablo 2.26 Muhtelif giderlerin yıllara göre ağırlıklı artış yüzdeleri

YILLAR	İTO İnşaat Malzemesi İndeksi Değişim Oranı (%)	Döviz Değişim Oranı (%)		Ağırlıklı Artış Yüzdesi
		\$	DM	
1989-1990	46.30	24.78	39.03	36.70
1990-1991	66.34	29.59	45.08	47.00
1991-1992	61.62	80.35	69.04	70.33
1992-1993	64.95	60.67	59.47	61.70
1993-1994	28.29	95.18	81.69	68.38

2.4.4 Türkiye İçin Stabilizasyon Havuzu Maliyet İndeksinin Geliştirilmesi:

Tablo 2.2 den de görülebileceği üzere Türkiye’de evsel atıksu arıtımında en yaygın olarak kullanılan arıtma prosesi stabilizasyon havuzlarıdır. Bu sebeple öncelikle stabilizasyon havuzu için maliyet indeksi geliştirilmiştir. Atıksu arıtma tesislerinin işletmeye giriş tarihi ve indeksi geliştirmek için yeterli sayıda tesisin tamamlanmış olması gerekliliği dikkate alınarak indeks başlangıç tarihi 1989 yılı olarak alınmış ve 1989 yılı indeksi 100 kabul edilmiştir.

Maliyet indeksi hesabına baz teşkil eden toplam maliyet artış yüzdesinin hesap adımları Tablo 2.27 de özetlenmiştir. Tablo 2.27 deki etkiye yüzdeleri incelenen kesin hesap icmallerinden tayin edilmiştir. Etkime yüzdeleri tayin edilirken, incelenen stabilizasyon havuzları kesin hesaplarındaki etkiye yüzdelerinin aritmetik ortalaması alınmıştır. Bu çalışma neticesinde Türkiye şartlarında stabilizasyon havuzları için maliyet ifadesi aşağıdaki şekilde elde edilmiştir:

$$M=0.54X+0.10Y+0.10Z+0.08W+0.10V+0.08U \quad (2.6)$$

Formülde,

- M : Toplam maliyet
- X : İnşaat kalemleri maliyetini
- Y : Nakliye kalemleri maliyetini
- Z : Elektrik kalemleri maliyetini
- W : Borulama kalemleri maliyetini
- V : Ekipman kalemleri maliyetini
- U : Muhtelif kalemler maliyetini

göstermektedir. Formüldeki katsayılar kalemlerin toplam maliyet içindeki etkiye yüzdelerini göstermektedir. Mesela Türkiye şartlarında stabilizasyon havuzları toplam maliyetinin %54’ünü inşaat kalemleri oluşturmaktadır. İnşaat kalemi %54 ile en yüksek payı alırken ekipman %10 mertebesinde kalmaktadır.

Tablo 2.27 deki fiyat artış yüzdeleri, Bölüm 2.3.3 de esasları verilen maliyet bileşenlerinin analizi ile elde edilen değerlerdir. Tablo 2.27 den en yüksek maliyet artışının %109,18 ile nakliye kaleminde, en düşük artışın ise %21,7 ile borulama kaleminde meydana geldiği görülmektedir. Nakliyedeki yüksek artışın 1990 yılında Körfez Krizi sebebiyle petrol fiyatlarındaki yüksek artıştan kaynaklandığı tahmin edilmektedir. 1989-1994 arasındaki toplam maliyet artış yüzdeleri Tablo 2.27, Tablo 2.28, Tablo 2.29, Tablo 2.30 ve Tablo 2.31 de verilmiştir. Bu tablolardaki etkiye yüzdeleri ile fiyat artış yüzdeleri çarpılarak ağırlıklı etkiye miktarları elde edilmiştir. Ağırlıklı etkiye miktarlarının toplamı, etkiye yüzdeleri toplamına bölünerek o yıla ait toplam maliyet artış yüzdesi elde edilmiştir. Yıllara bağlı olarak artış yüzdeleri ve geçiş katsayıları ise Tablo 2.32 de verilmiştir. Geçiş katsayıları Denklem 2.4 den hesaplanmıştır. 1989 yılı maliyet indeksi 100 alınarak 1994 yılına kadar ki maliyet indeksleri Denklem 2.5 den hesaplanmış ve Türkiye için stabilizasyon havuzu maliyet indeks değerleri Tablo 2.33 de verilmiştir.

**Tablo 2.27 Stabilizasyon havuzları için
1989-1990 yılı toplam maliyet artış yüzdesi**

	Toplam Maliyeti Etkileyen Kalemler	Etkime Yüzdeleri	Fiyat Artış Yüzdesi	Ağırlıklı Etkime Miktarı
1-	İNŞAAT	54.00	64.21	3,467.24
2-	NAKLİYE	10.00	109.18	1,091.80
3-	ELEKTRİK	10.00	45.79	457.92
4-	BORULAMA	8.00	21.17	169.37
5-	EKİPMAN	10.00	24.90	249.04
6-	MUHTELİF	8.00	36.70	293.63
ARTIŞ YÜZDESİ				57.29

**Tablo 2.28 Stabilizasyon havuzları için
1990-1991 yılı toplam maliyet artış yüzdesi**

	Toplam Maliyeti Etkileyen Kalemler	Etkime Yüzdeleri	Fiyat Artış Yüzdesi	Ağırlıklı Etkime Miktarı
1-	İNŞAAT	54.00	52.51	2,835.43
2-	NAKLİYE	10.00	47.02	470.22
3-	ELEKTRİK	10.00	47.61	476.07
4-	BORULAMA	8.00	42.42	339.36
5-	EKİPMAN	10.00	51.03	510.33
6-	MUHTELİF	8.00	47.00	376.03
ARTIŞ YÜZDESİ				50.07

**Tablo 2.29 Stabilizasyon havuzları için
1991-1992 yılı toplam maliyet artış yüzdesi**

	Toplam Maliyeti Etkileyen Kalemler	Etkime Yüzdeleri	Fiyat Artış Yüzdesi	Ağırlıklı Etkime Miktarı
1-	İNŞAAT	54.00	56.70	3,061.92
2-	NAKLİYE	10.00	70.84	708.42
3-	ELEKTRİK	10.00	65.48	654.80
4-	BORULAMA	8.00	66.49	531.91
5-	EKİPMAN	10.00	51.95	519.52
6-	MUHTELİF	8.00	70.33	562.67
ARTIŞ YÜZDESİ				60.39

**Tablo 2.30 Stabilizasyon havuzları için
1992-1993 yılı toplam maliyet artış yüzdesi**

	Toplam Maliyeti Etkileyen Kalemler	Etkime Yüzdeleri	Fiyat Artış Yüzdesi	Ağırlıklı Etkime Miktarı
1-	İNŞAAT	54.00	67.24	3,630.81
2-	NAKLİYE	10.00	40.53	405.30
3-	ELEKTRİK	10.00	62.02	620.21
4-	BORULAMA	8.00	56.79	454.35
5-	EKİPMAN	10.00	67.63	676.28
6-	MUHTELİF	8.00	61.70	493.58
ARTIŞ YÜZDESİ				62.81

**Tablo 2.31 Stabilizasyon havuzları için
1993-1994 yılı toplam maliyet artış yüzdesi**

	Toplam Maliyeti Etkileyen Kalemler	Etkime Yüzdeleri	Fiyat Artış Yüzdesi	Ağırlıklı Etkime Miktarı
1-	İNŞAAT	54.00	66.22	3,576.07
2-	NAKLİYE	10.00	28.93	289.30
3-	ELEKTRİK	10.00	64.72	647.20
4-	BORULAMA	8.00	59.94	479.51
5-	EKİPMAN	10.00	36.73	367.33
6-	MUHTELİF	8.00	68.38	547.07
ARTIŞ YÜZDESİ				59.06

Tablo 2.32 Stabilizasyon havuzları inşaat toplam maliyet artış yüzdeleri

YILLAR	Artış Yüzdesi	Geçiş Katsayısı
1989-1990 Yılı	57.29	1.57
1990-1991 Yılı	50.07	1.50
1991-1992 Yılı	60.39	1.60
1992-1993 Yılı	62.81	1.63
1993-1994 Yılı	59.06	1.59

Tablo 2.33 Stabilizasyon havuzları inşaat maliyet indeks değerleri

YILLAR	İNDEKS SAYISI
1989 Yılı	100.00
1990 Yılı	157.29
1991 Yılı	236.05
1992 Yılı	378.61
1993 Yılı	616.40
1994 Yılı	980.47

2.4.5 Türkiye İçin Uzun Havalandırmalı Aktif Çamur Sistemleri Maliyet İndeksinin Geliştirilmesi

Türkiye’de evsel atıksu arıtımında stabilizasyon havuzundan sonra en yaygın olarak kullanılan ve indeks geliştirmek için yeterli sayıda inşa edilmiş olan ikinci arıtma prosesi uzun havalandırmalı aktif çamur sistemidir. Bu sebeple bu çalışmada stabilizasyon havuzlarına ek olarak uzun havalandırmalı aktif çamur sistemleri için de maliyet indeksi geliştirilmiştir. Uzun havalandırmalı aktif çamur indeks hesabında stabilizasyon havuzu için Bölüm 2.4.4 de izah edilen metot tatbik edilmiştir.

Türkiye şartlarında uzun havalandırmalı aktif çamur sistemi için maliyet ifadesi, stabilizasyon havuzlarından farklı olarak aşağıdaki şekilde elde edilmiştir.

$$M=0.38X+0.05Y+0.08Z+0.06W+0.35V+0.08U \quad (2.7)$$

Bu denklemdeki notasyonlar denklem 2.6 da tanımlandığı gibidir. Bu iki denklem arasındaki fark sadece katsayıların değişik olmasıdır. Denklem (2.7) den görüldüğü gibi inşaat kalemlerinin toplam maliyetteki payı %38 olurken, ekipman kalemlerinin toplam maliyetteki payı %35 olmuştur.

1989-1994 arasındaki toplam maliyet artış yüzdelerinin hesapları Tablo 2.34, Tablo 2.35, Tablo 2.36, Tablo 2.37 ve Tablo 2.38 de özetlenmiştir. Yıllara göre artış yüzdeleri ve geçiş katsayıları Tablo 2.39 da, maliyet indeksleri ise Tablo 2.40 da

verilmiştir. Uzun havalandırmalı aktif çamur maliyet indeksi hesabında, stabilizasyon havuzu maliyet indeksi hesap esasları tatbik edilmiştir.

**Tablo 2.34 Uzun havalandırmalı aktif çamur sistemlerinde
1989-1990 yılı toplam maliyet artış yüzdesi**

	Toplam Maliyeti Etkileyen Kalemler	Etkime Yüzdeleri	Fiyat Artış Yüzdesi	Ağırlıklı Etkime Miktarı
1-	İNŞAAT	38.00	64.21	2,439.91
2-	NAKLİYE	5.00	109.18	545.90
3-	ELEKTRİK	8.00	45.79	366.34
4-	BORULAMA	6.00	21.17	127.03
5-	EKİPMAN	35.00	24.90	871.66
6-	MUHTELİF	8.00	36.70	293.63
ARTIŞ YÜZDESİ				46.44

**Tablo 2.35 Uzun havalandırmalı aktif çamur sistemlerinde
1990-1991 yılı toplam maliyet artış yüzdesi**

	Toplam Maliyeti Etkileyen Kalemler	Etkime Yüzdeleri	Fiyat Artış Yüzdesi	Ağırlıklı Etkime Miktarı
1-	İNŞAAT	38.00	52.51	1,995.30
2-	NAKLİYE	5.00	47.02	235.11
3-	ELEKTRİK	8.00	47.61	380.85
4-	BORULAMA	6.00	42.42	254.52
5-	EKİPMAN	35.00	51.03	1,786.15
6-	MUHTELİF	8.00	47.00	376.03
ARTIŞ YÜZDESİ				50.28

**Tablo 2.36 Uzun havalandırmalı aktif çamur sistemlerinde
1991-1992 yılı toplam maliyet artış yüzdesi**

	Toplam Maliyeti Etkileyen Kalemler	Etkime Yüzdeleri	Fiyat Artış Yüzdesi	Ağırlıklı Etkime Miktarı
1-	İNŞAAT	38.00	56.70	2,154.69
2-	NAKLİYE	5.00	70.84	354.21
3-	ELEKTRİK	8.00	65.48	523.84
4-	BORULAMA	6.00	66.49	398.94
5-	EKİPMAN	35.00	51.95	1,818.30
6-	MUHTELİF	8.00	70.33	562.67
ARTIŞ YÜZDESİ				58.13

**Tablo 2.37 Uzun havalandırmalı aktif çamur sistemlerinde
1992-1993 yılı toplam maliyet artış yüzdesi**

	Toplam Maliyeti Etkileyen Kalemler	Etkime Yüzdeleri	Fiyat Artış Yüzdesi	Ağırlıklı Etkime Miktarı
1-	İNŞAAT	38.00	67.24	2,555.02
2-	NAKLİYE	5.00	40.53	202.65
3-	ELEKTRİK	8.00	62.02	496.17
4-	BORULAMA	6.00	56.79	340.77
5-	EKİPMAN	35.00	67.63	2,366.97
6-	MUHTELİF	8.00	61.70	493.58
ARTIŞ YÜZDESİ				64.55

**Tablo 2.38 Uzun havalandırmalı aktif çamur sistemlerinde
1993-1994 yılı toplam maliyet artış yüzdesi**

	Toplam Maliyeti Etkileyen Kalemler	Etkime Yüzdeleri	Fiyat Artış Yüzdesi	Ağırlıklı Etkime Miktarı
1-	İNŞAAT	38.00	66.22	2,516.50
2-	NAKLİYE	5.00	28.93	144.65
3-	ELEKTRİK	8.00	64.72	517.76
4-	BORULAMA	6.00	59.94	359.63
5-	EKİPMAN	35.00	36.73	1,285.66
6-	MUHTELİF	8.00	68.38	547.07
ARTIŞ YÜZDESİ				53.71

**Tablo 2.39 Uzun havalandırmalı aktif çamur sistemlerinde
inşaat toplam maliyet artış yüzdeleri**

YILLAR	Artış Yüzdesi	Geçiş Katsayısı
1989-1990 Yılı	46.44	1.46
1990-1991 Yılı	50.28	1.50
1991-1992 Yılı	58.13	1.58
1992-1993 Yılı	64.55	1.65
1993-1994 Yılı	53.71	1.54

**Tablo 2.40 Uzun havalandırmalı aktif çamur sistemlerinde
inşaat maliyet indeks değerleri**

YILLAR	İNDEKS SAYISI
1989 Yılı	100.00
1990 Yılı	146.44
1991 Yılı	220.08
1992 Yılı	348.00
1993 Yılı	572.64
1994 Yılı	880.22

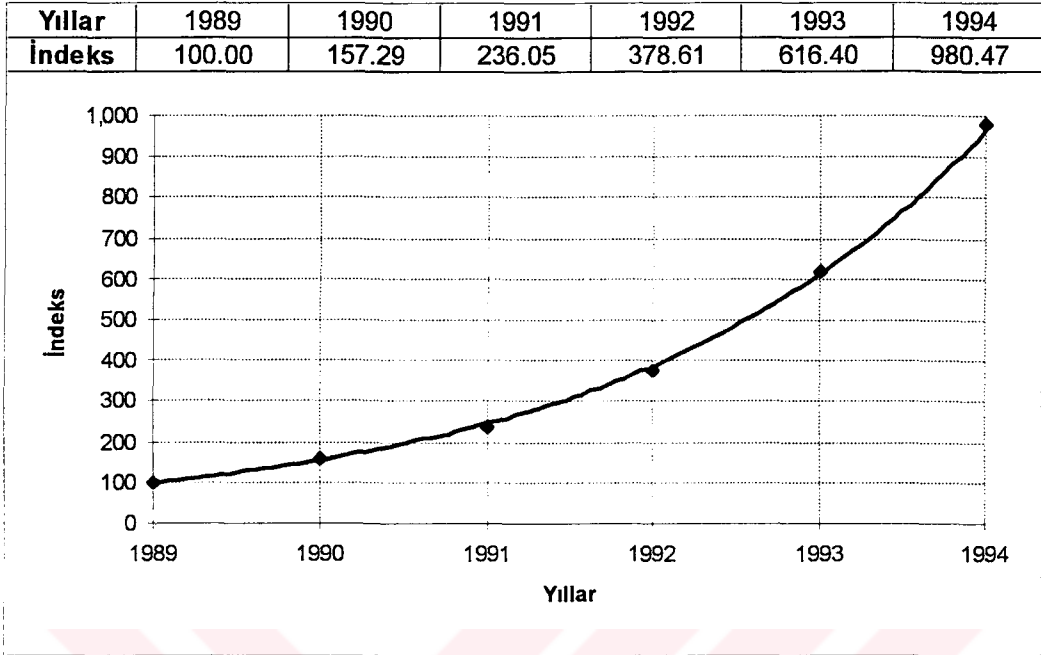
2.5 MALİYET İNDEKSLERİNİN ve BİLEŞENLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

2.5.1 Geliştirilen İndekslerin Değerlendirilmesi:

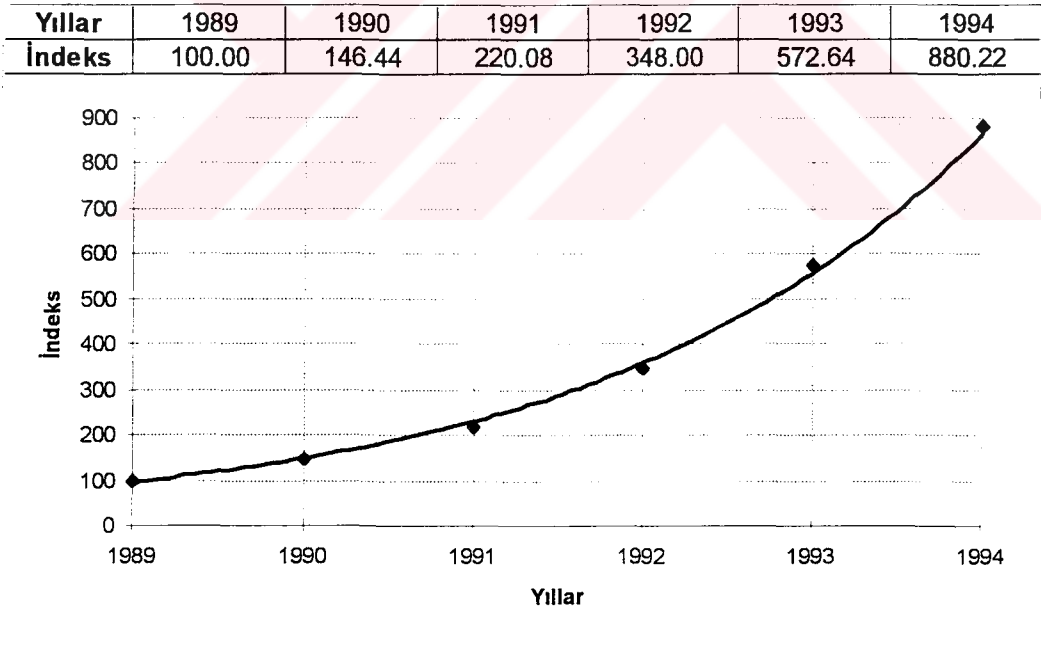
Türkiye 'de atıksu arıtma tesisi kurma seviyesi çok geri olmakla birlikte stabilizasyon havuzları ve uzun havalandırmalı aktif çamur sistemleri için maliyet indeksi geliştirmek mümkün olmuştur. Arıtma tesisi kurma tarihleri çok gerilere gitmeğinden indeksin başlangıç tarihi olarak 1989 yılı alınmıştır. İndekslerin geliştirilmesinde, geçmiş yıllar için piyasa birim fiyatlarının tespitindeki güçlükten dolayı, bu çalışmada zaruri olarak Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Birim Fiyatları kullanılmıştır. Bundan sonraki yıllarda belirlenecek indeksler için piyasa birim fiyatları kullanılarak daha hassas sonuçlar elde edilecektir. Ayrıca değerlendirmelerde Ocak ayı fiyatları esas alındığından 1994 yılı indeksine 5 Nisan 1994 kararları yansımamıştır.

Stabilizasyon havuzları için 1994 yılı maliyet indeksi 980,47 olup bu değer uzun havalandırmalı aktif çamur sistemi maliyet indeksinden (880,22) daha yüksektir. Toplam maliyet artış yüzdeleri tabloları incelendiğinde ilk yıllarda nakliye ve inşaat kalemlerindeki fiyat artış yüzdelerinin borulama ve ekipman kalemlerindeki fiyat artış yüzdelerinden daha yüksek olduğu görülmektedir. Buna karşılık inşaat kalemlerinin toplam maliyetteki payı stabilizasyon havuzu için %54 iken uzun havalandırmalı aktif çamur sistemi için %38 mertebesinde kalmaktadır. Diğer taraftan ekipman kalemlerinin toplam maliyetteki payı stabilizasyon havuzu için %10 iken havalandırmalı aktif çamur prosesi için %35 mertebesinde dir.

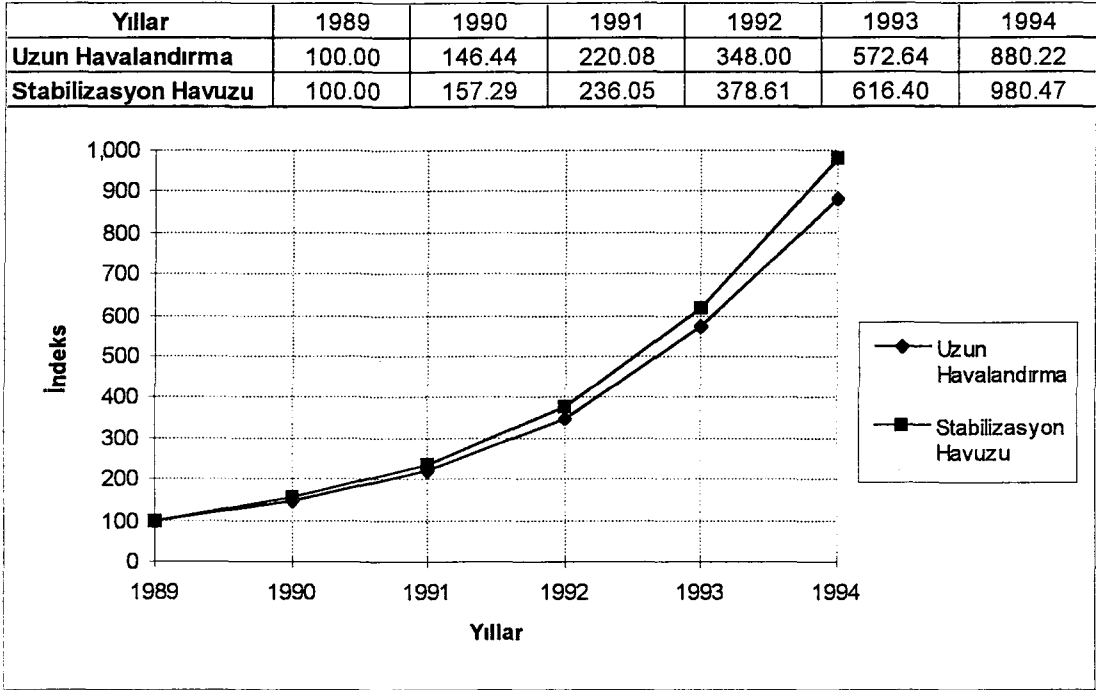
Stabilizasyon havuzları maliyet indeksi değişim grafiği Şekil 2.1 de, uzun havalandırmalı aktif çamur sistemi maliyet indeksi değişim grafiği ise Şekil 2.2 de gösterilmiştir. Her iki grafikte de maliyet artışlarının geometrik bir nitelik arz ettiği görülmektedir. Her iki sisteme ait indeksleri karşılaştırma maksadıyla değişim grafikleri Şekil 2.3 de aynı eksende çizilmiştir. Şekil 2.3 de aynı eksene çizilmiştir. Şekil 2.3 den de görüleceği üzere stabilizasyon havuzlarındaki fiyat artışları, uzun havalandırmalı aktif çamur sistemindeki artışlardan daha fazla olmuştur. Buradan inşaat kalemlerindeki artışların ekipman ve borulamadan daha fazla olduğu sonucu çıkarılabilecektir.



Şekil 2.1 Stabilizasyon havuzları indeks değişim grafiği



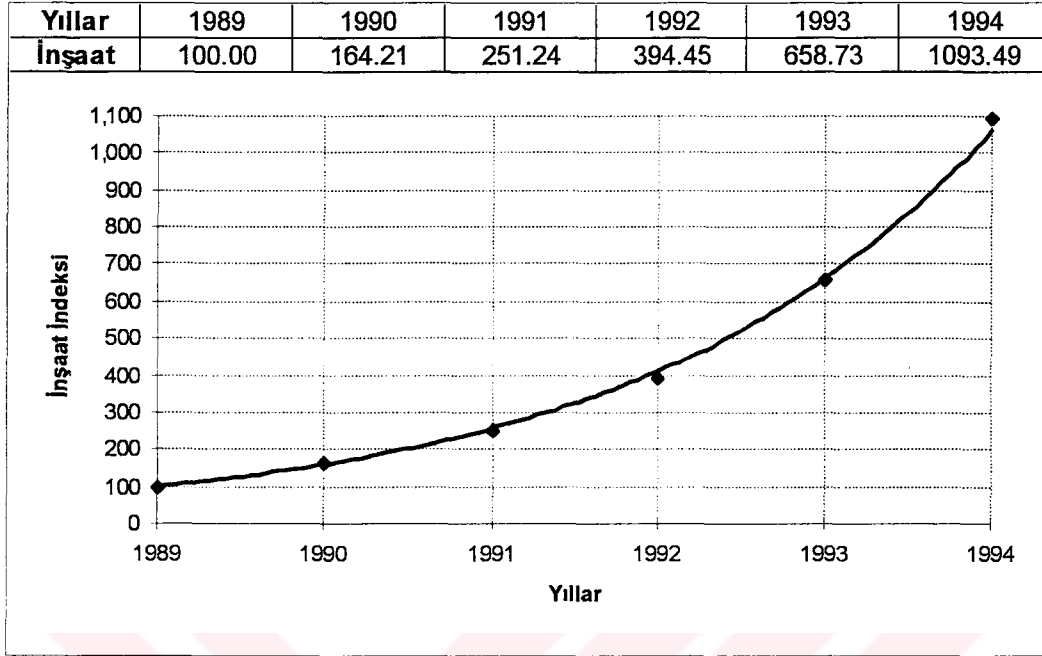
Şekil 2.2 Uzun havalandırılmalı aktif çamur sistemlerinde indeks değişim grafiği



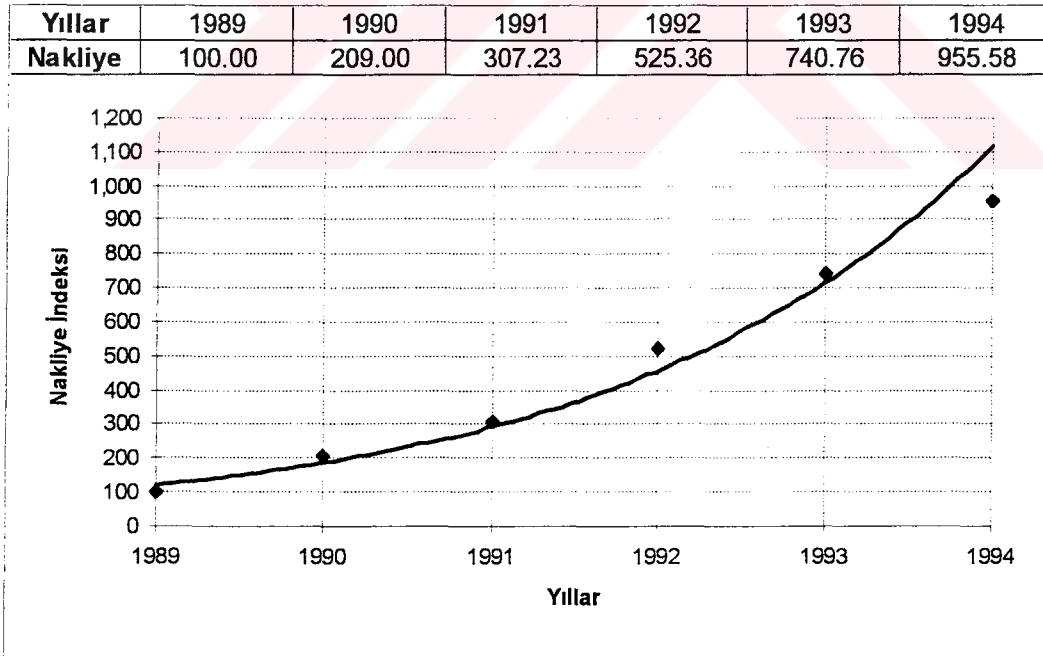
Şekil 2.3 İndekslerin karşılaştırılması

2.5.2 İndeks Bileşenlerinin Değerlendirilmesi

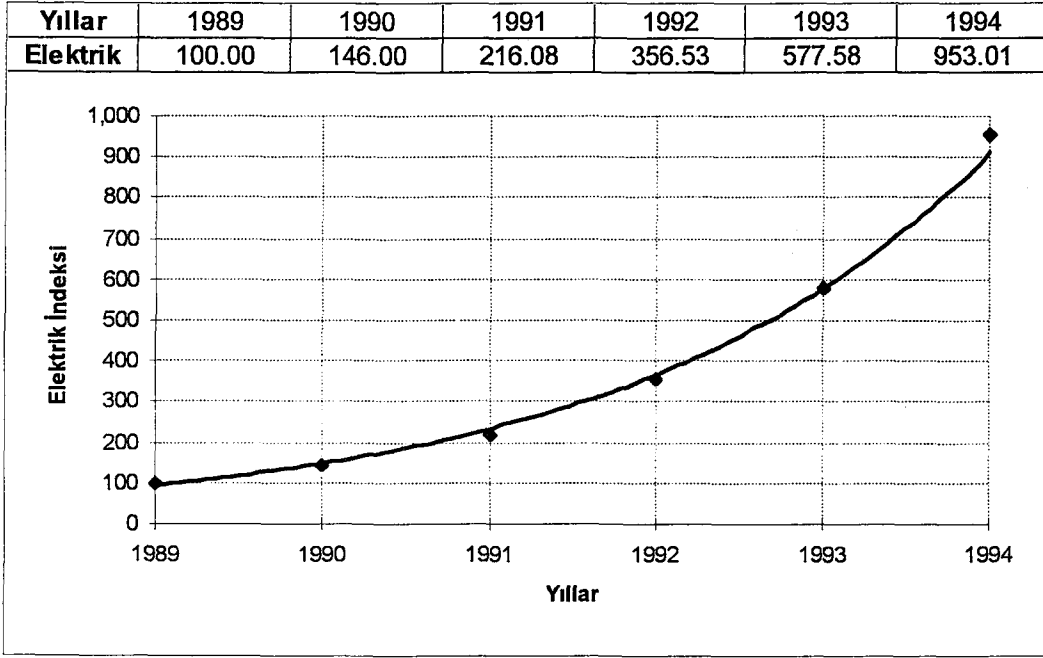
Maliyet indeksi hesabında ana kalemlerdeki fiyat değişimleri de incelenmiştir. İnşaat kalemlerindeki değişimin grafiği Şekil 2.4 de, nakliye kalemlerindeki değişimin grafiği Şekil 2.5. de, elektrik kalemlerindeki değişimin grafiği Şekil 2.6 da, borulama kalemlerindeki değişimin grafiği Şekil 2.7. de ve ekipman kalemlerindeki değişimin grafiği Şekil 2.8 de gösterilmiştir. Genelde fiyat değişimlerinin geometrik karakter gösterdiği görülmektedir. Ancak nakliye ve ekipman kalemlerindeki değişim hızının son iki yılda azaldığı, inşaat, elektrik ve borulama kalemlerindeki değişimin hızının ise karakterini aynen koruduğu anlaşılmaktadır. Stabilizasyon havuzunun ana kalemlerindeki (bileşenlerindeki) değişimi mukayeseli olarak görebilmek için bütün grafikler aynı ekseninde çizilmiştir (Şekil 2.9). Aynı şekilde uzun havalandırma aktif çamur sisteminin ana kalemlerinin indeks değişimleri de aynı ekseninde çizilmiştir (Şekil 2.10). Her iki grafikte de 1993 yılına kadar nakliye indeksinin (fiyat artışının) en yüksek, borulama ve ekipman indekslerinin ise en düşük olduğu görülmektedir. 1994 yılında inşaat indeksi, bileşenler arasında en yüksek değeri almıştır. 1994 itibarıyla inşaat indeksi 1093,49 ile en yüksek, ekipman indeksi ise 660,33 ile en düşük değeri almıştır. Ekipman ve borulama indekslerinin daha düşük çıkması bu kalemlerde yerli imalat payının %100'lere yaklaştığını göstermektedir.



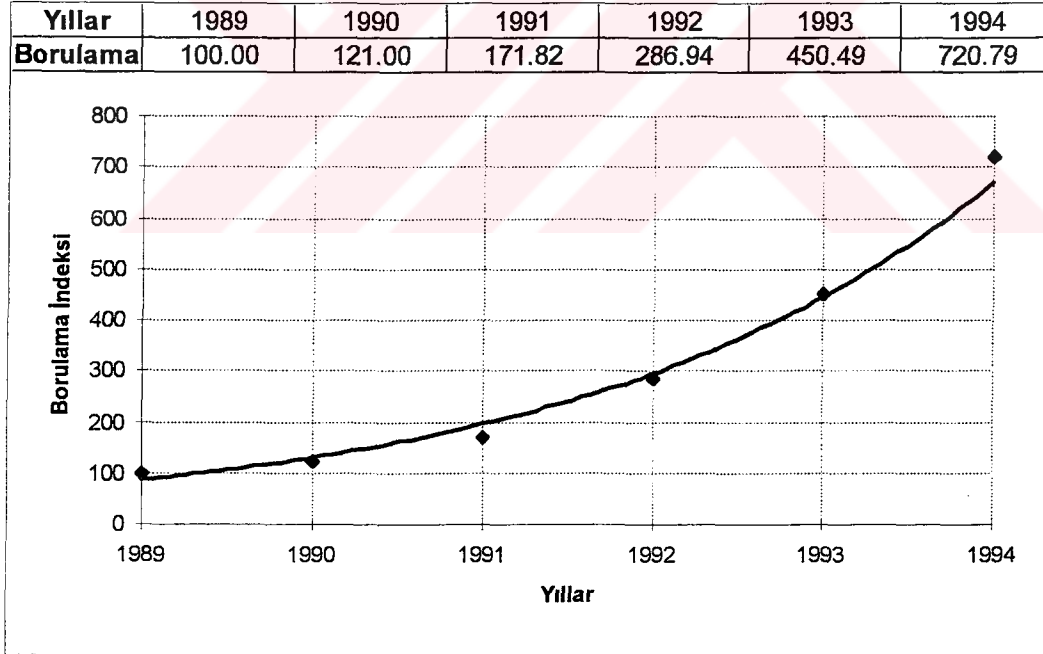
Şekil 2.4 İnşaat indeksi değişim grafiği



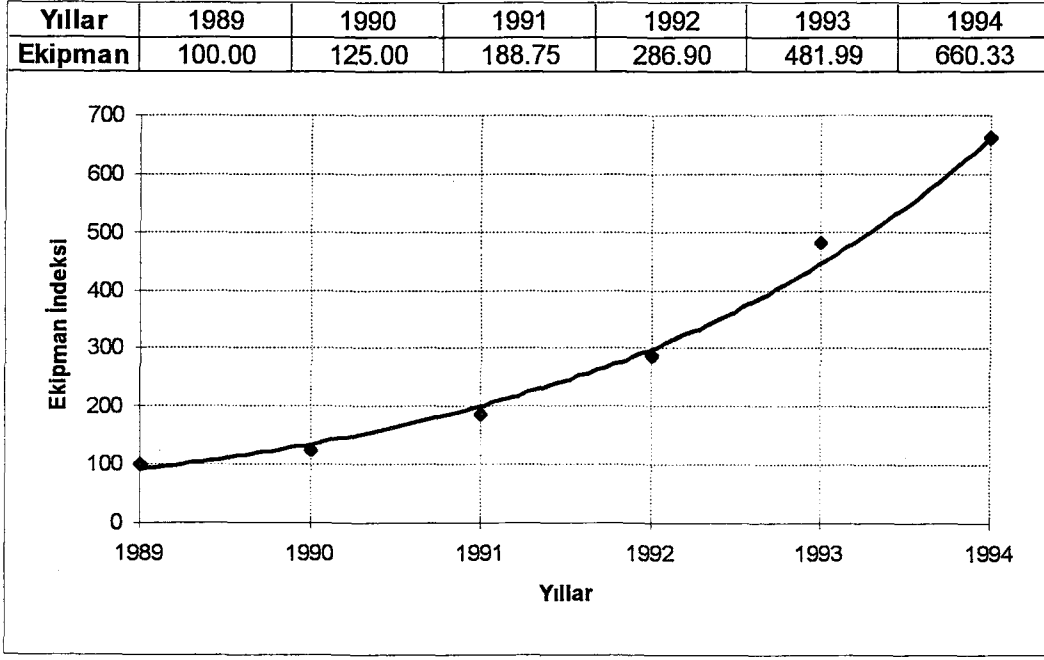
Şekil 2.5 Nakliye indeksi değişim grafiği



Şekil 2.6 Elektrik indeksi değişim grafiği

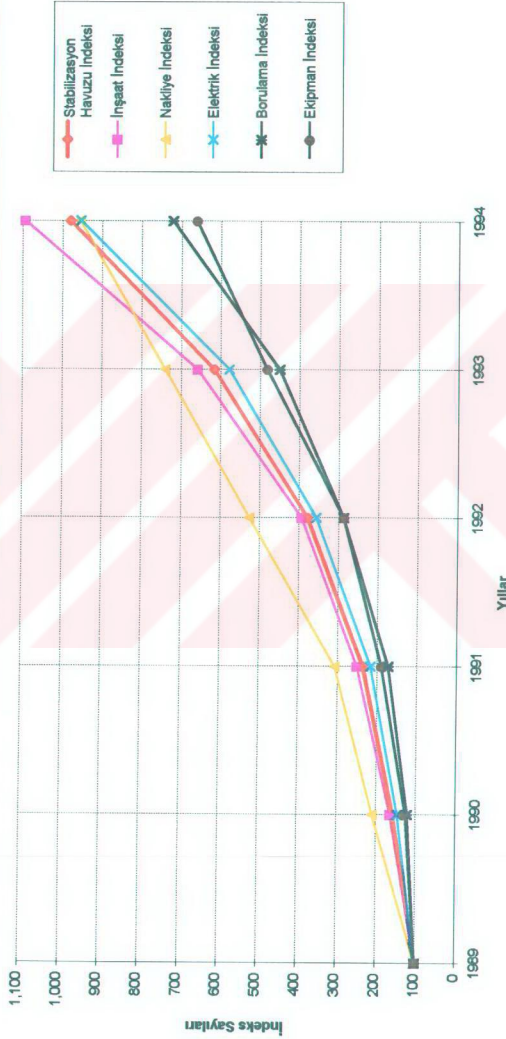


Şekil 2.7 Borulama indeksi değişim grafiği

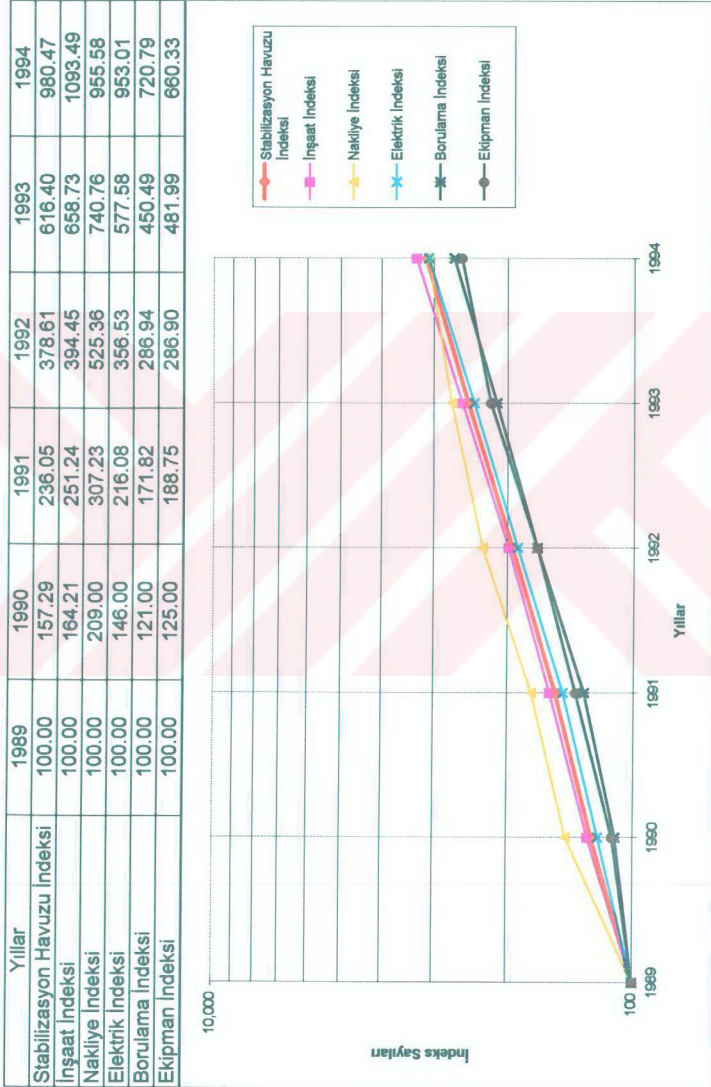


Şekil 2.8 Ekipman indeksi değişim grafiği

Yıllar	1989	1990	1991	1992	1993	1994
Stabilizasyon Havuzu İndeksi	100.00	157.29	236.05	378.61	616.40	980.47
İnşaat İndeksi	100.00	164.21	251.24	394.45	658.73	1093.49
Nakliye İndeksi	100.00	209.00	307.23	525.36	740.76	955.58
Elektrik İndeksi	100.00	146.00	216.08	356.53	577.58	953.01
Bonulama İndeksi	100.00	121.00	171.92	286.94	450.49	720.79
Ekipman İndeksi	100.00	125.00	188.75	286.90	481.99	660.33



Şekil 2.9 Stabilizasyon havuzu indeksi ile ana kalemler indekslerinin karşılaştırılması



Şekil 2.10 Uzun havalandırılmalı aktif çamur indeksi ile ana kalemler indekslerinin karşılaştırılması

BÖLÜM 3 ATIKSU ARITMA TESİSLERİNİ MUKAYESELİ OLARAK BOYUTLANDIRAN BİLGİSAYAR PROGRAMI GELİŞTİRİLMESİ

3.1 ATIKSU ARITMA TESİSLERİNİN MUKAYESELİ OLARAK BOYUTLANDIRILMASININ ÖNEMİ

Atıksu arıtımında birbirine alternatif çok sayıda proses mevcut olup herbir prosesin birbirine göre avantaj ve dezavantajları vardır. Ayrıca herbir prosesin kullanım limitleri (sınırları) da farklıdır. Belirli karakterde bir atıksuyun arıtılması için çok sayıda arıtma tesisi kombinezonları düşünmek mümkündür. Burada önemli olan istenen atıksu kalitesini sağlayacak alternatif arıtma sistemlerinden en ekonomik olanının seçimidir. Bu hususta çoğunlukla tecrübe de yetersiz kalabilmektedir. Diğer taraftan mühendislik çalışmalarında hızlı karar verme de çok önemlidir. Bir taraftan düşünülen arıtma sistemlerinin her kademede sağlayacağı su kalitesini görmek, diğer taraftan herbir alternatifin ekonomikliğini araştırmak, üstelik bunu sınırlı (kısa) bir zaman diliminde gerçekleştirmek günümüzde sık karşılaşılan mühendislik problemlerindendir. Çeşitli alternatifleri mukayeseli olarak boyutlandırıp hem sağlayacağı su kalitesini, hem de maliyetini hesaplamak, üstelik bunu çok kısa sürede gerçekleştirmek ancak bilgisayar teknolojisinin kullanımıyla mümkündür. Maliyet hesabı konusunda karşılaşılan bir diğer önemli problem de sadece ilk yatırım (tesis kurma) değil, işletme-bakım-onarım maliyetlerini de hesaplayarak bunları karşılaştırmak için aynı zaman dilimine taşımaktır. Başka bir deyişle yıllık giderleri belirleyerek bunların şimdiki veya gelecek zaman değerlerini hesaplamaktır. Ayrıca seçilen arıtma sisteminin finansman açısından hane başına düşen meblağın da başlangıçta bilinmesi gerekmektedir.

Bu bölümde evsel atıksu arıtımında kullanılabilecek arıtma proseslerini mukayeseli olarak boyutlandırılacak bilgisayar programının geliştirilme esasları hakkında bilgi verilecektir.

3.2 GELİŞTİRİLEN BİLGİSAYAR PROGRAMININ ALGORİTMASI

Atıksu artıma tesislerinin projelendirilmesinde;

1. Uygulanabilir artıma sistemlerinin seçimi,
2. Seçilen artıma sistemlerinin maliyetlerinin gerçekçi olarak tesbiti,
3. Alternatif proseslerin mukayesesi,
4. En uygun artıma sisteminin seçimi,
5. Seçilen sistemin sıhhatli bir avan projesinin hazırlanması,
6. Bu işlemlerin en ekonomik ve kısa sürede yapılması,

hususlarına cevap verebilmek maksadıyla bir çok model çalışması yapılmıştır. Bu çalışmalardan ancak birkaçı ihtiyaca cevap verebilmiştir. Bu modellerden pratik maksatlara en uygun olanı CAPDET programıdır (1985). ABD'de kullanılmak üzere ABD ihtiyaçlarına göre geliştirilmiş olan bu program, özellikle aşağıdaki hususlarda Türkiye şartlarına uyum göstermemektedir:

1. Maliyetler (birim fiyatlar, maliyet indeksi vs.),
2. Merkezi ve mahalli idare şartnameleri,
3. Merkezi ve mahalli idarelerin sağladığı maddi destekler,
4. Teknoloji farklılıkları,
5. Standartlar,
6. Birim sistemleri.

Yukarıdaki farklılıklardan dolayı CAPDET programı Türkiye için sıhhatli sonuçlar vermemektedir. Bu sebeple Türkiye şartlarında kullanılabilecek ve yukarıdaki ihtiyaçlara cevap verebilecek Mukayeseli Tasfiye, MT", adıyla bir bilgisayar programı geliştirilmiştir. Bu bilgisayar programının geliştirilmesinde CAPDET programı bir alt program (SUBROUTINE) olarak kullanılmıştır. Mukayeseli Tasfiye programı bilgisayarda WINDOWS ortamında kullanılacak şekilde hazırlanmış ve algoritması Şekil 3.1 de verilmiştir.

Mukayeseli Tasfiye, MT", programı menü yapısı Tablo 3.1 de verilmiştir. Tabloda Dosya başlığı altında programın komutları verilmiştir. Bu komutlar, veri ve sonuçların hafızaya alınması ve/veya üzerinde çalışılmasını, yeni dataların derlenmesini, CAPDET alt programı ile analiz edilmesini ve sonuçların ekrana getirilmesini sağlamaktadır. Tablo 3.1 deki Bölümler başlığı altında programın icrası için kullanıcı tarafından programa girilecek dataları ihtiva etmektedir. Aynı

tablonun Pencere başlığı altındaki komutlar ise "MT" programı için WINDOWS ortamının sağladığı özelliklerden bazılarını ihtiva etmektedir.

3.3 MUKAYESELİ TASFİYE PROGRAMININ METODOLOJİSİ

Mukayeseli Tasfiye programı esas itibarıyla artıma tesislerini boyutlandırarak maliyetlerini hesaplamak ve bunları birbiriyle mukayese etmek maksadıyla, Türkiye şartlarında kullanılacak şekilde, geliştirilmiştir. Programın algoritmasından da görüleceği üzere analiz safhasında CAPDET programından istifade edilmiştir (CAPDET 1980; CAPDET 1981; CAPDET 1983).

Programda maliyet belirleme hassasiyeti, ilk yatırım maliyeti için $\pm\%15$, işletme-bakım maliyeti için $\pm\%20$ alınmıştır.

Proses maliyetlerinin belirlenmesinde iki ana metot kullanılmıştır.

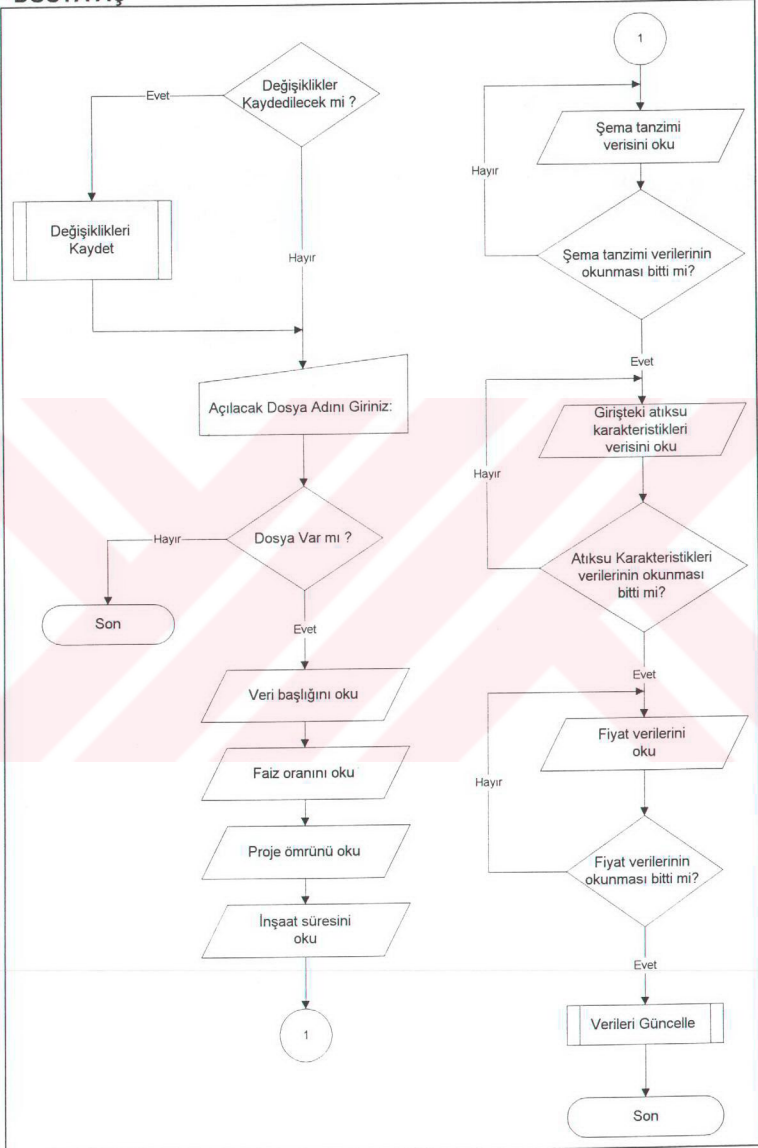
- a. Parametrik denklemler,
- b. Birim fiyatların ayrı ayrı tespit edilmesi,

Parametrik denklemler, yeterli sayıda veri olması halinde istatistiki analiz metotları kullanılarak ve mühendislik formasyonundan istifade edilerek geliştirilmektedir. Bu metotta benzer ölçek ve karakterdeki tesislerden elde edilen veriler istatistiki analize tabi tutulmakta, çeşitli debiler için formülasyonlar standardize edilmektedir. Mesela ızgara, kum tutucu, öğütücü, pıhtılaştırma-yumuşaklaştırma gibi birimlerin maliyeti,

$$C = a.Q^b \quad (3.1)$$

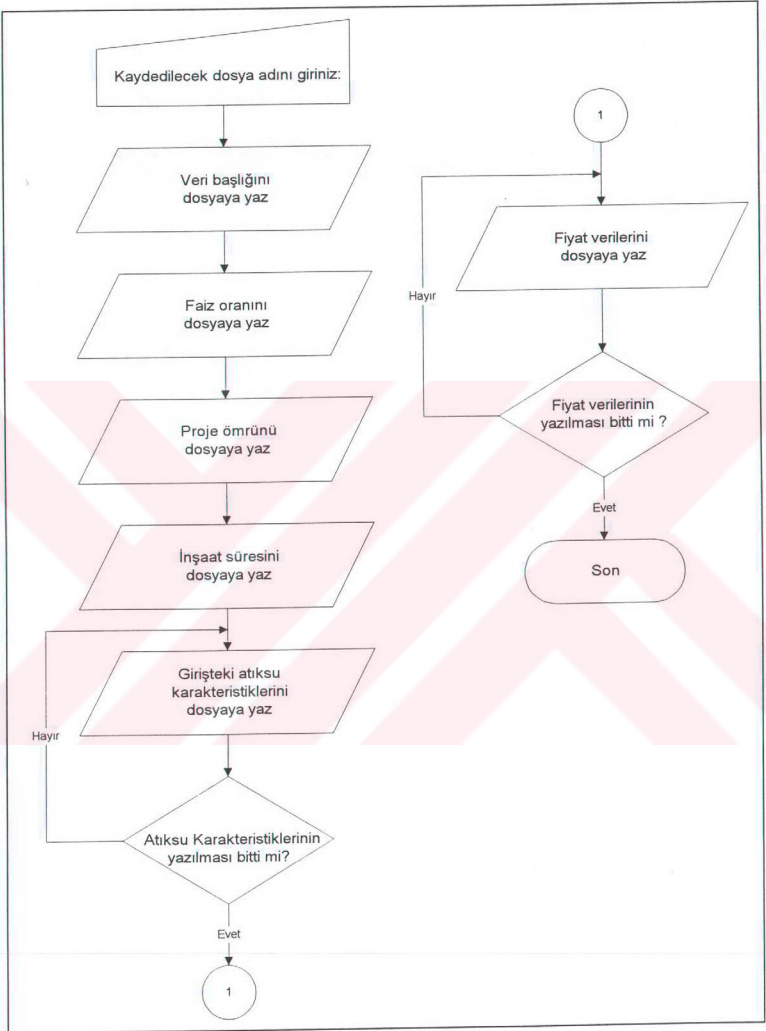
tipindeki parametrik denklemlerle hesaplanmaktadır. Burada a ve b çeşitli prosesler için farklı değerler alan katsayılardır.

- DOSYA AÇ



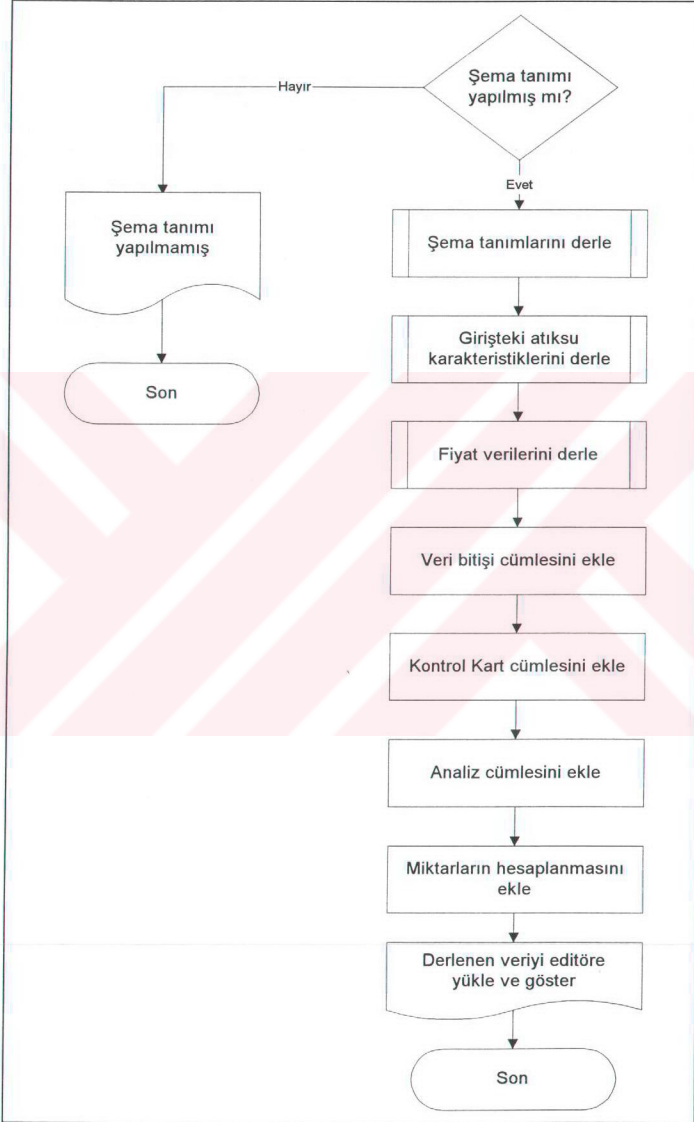
Şekil 3.1 Mukayeseli tasfiye programının algoritması

- KAYDET



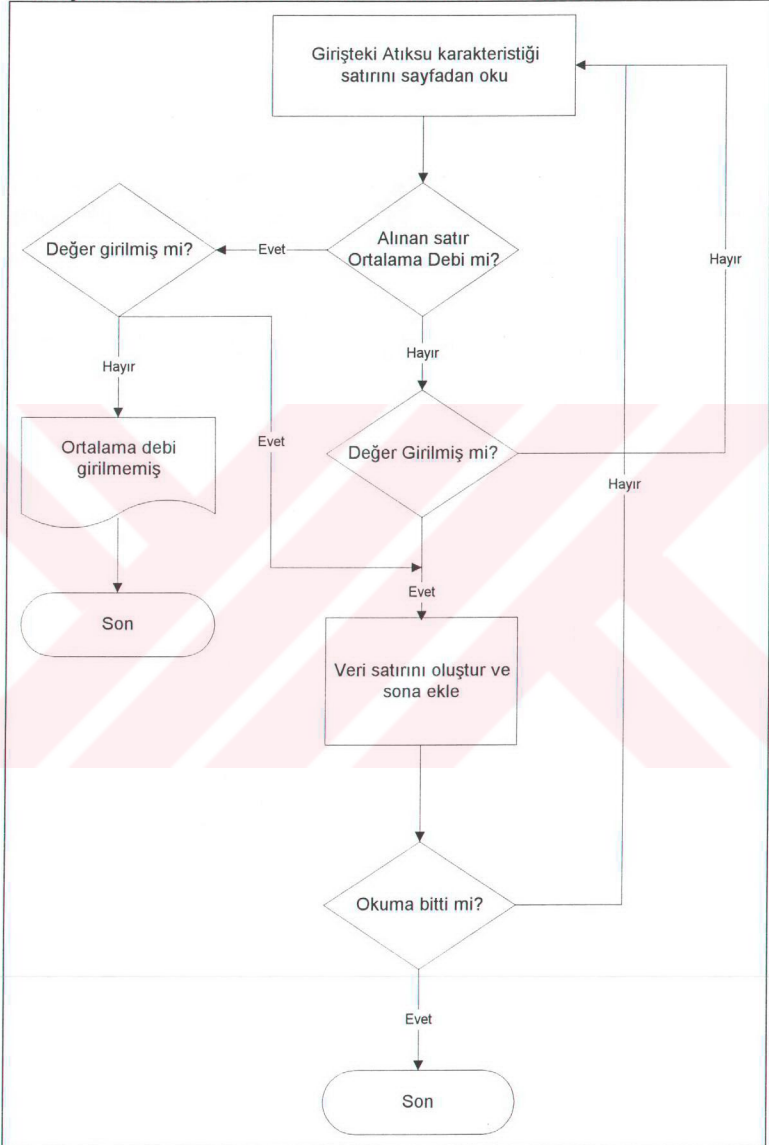
Şekil 3.1'in devamı

- UPDATE DATA



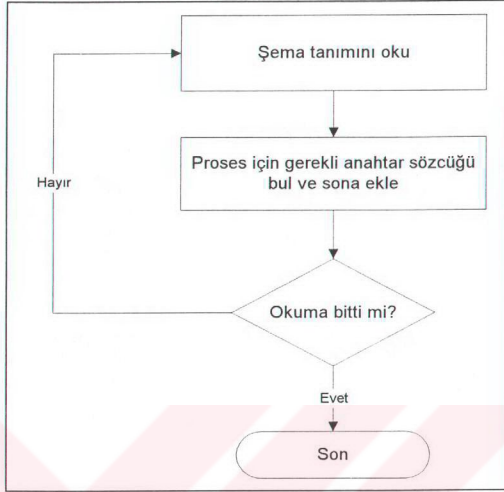
Şekil 3.1'in devamı

- GİRİŞTEKİ ATIKSU KARAKTERİSTİKLERİNİN DERLENMESİ

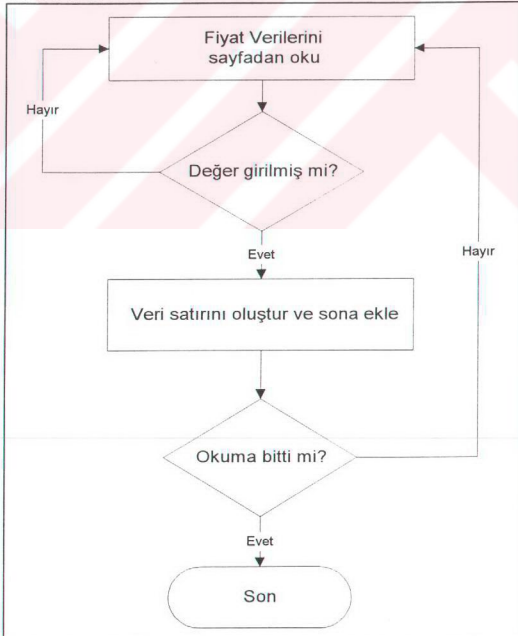


Şekil 3.1'in devamı

- ŞEMA TANIMLARININ DERLENMESİ

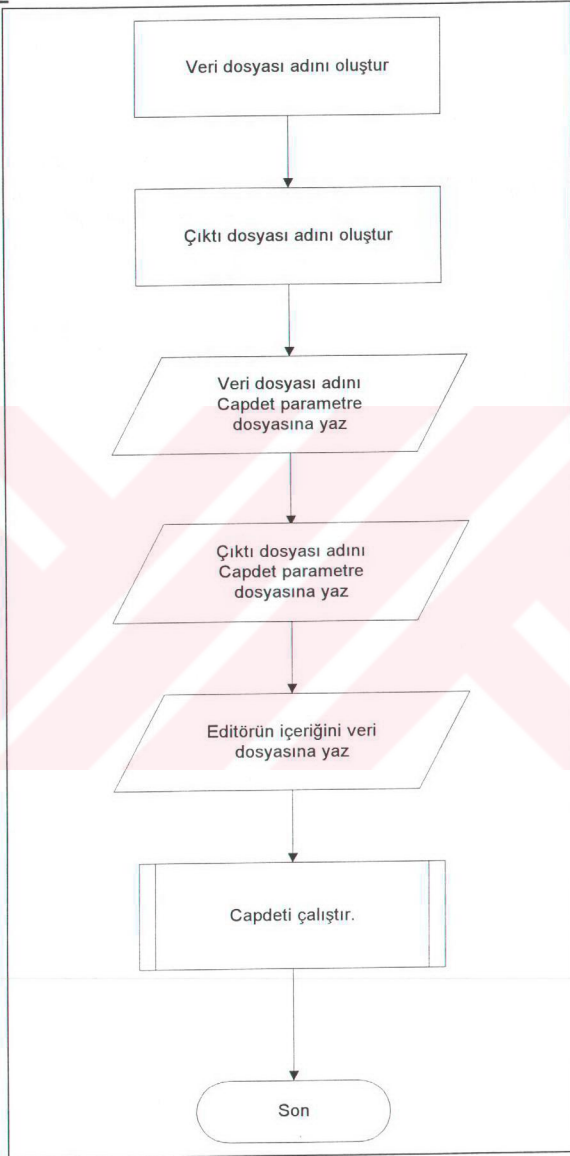


- FİYAT VERİLERİNİN DERLENMESİ



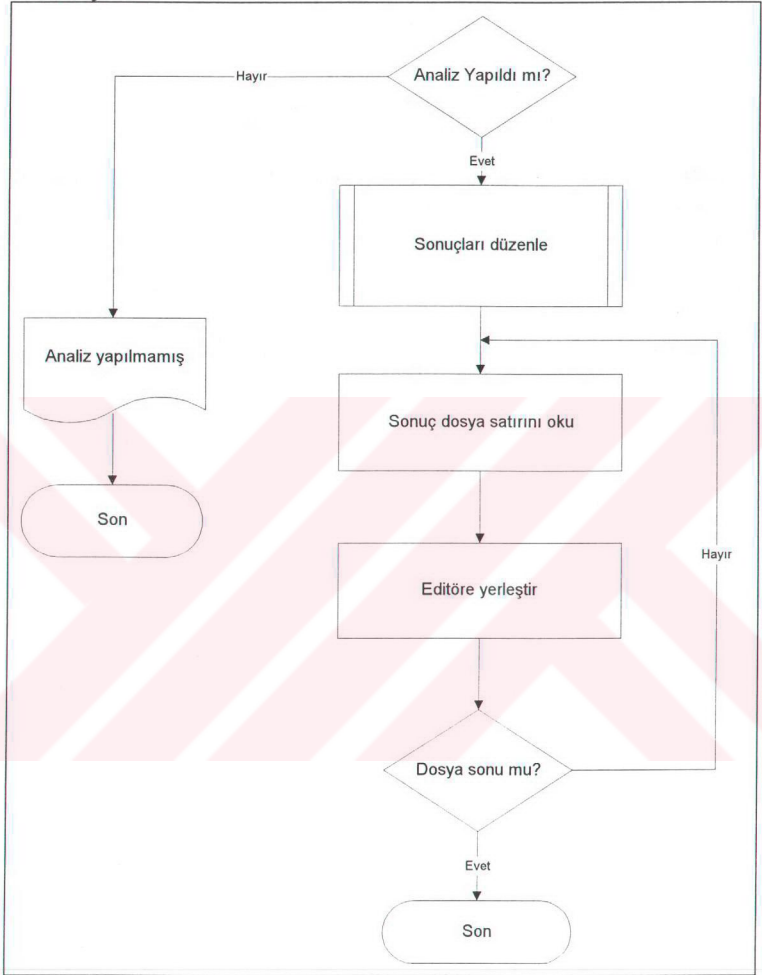
Şekil 3.1'in devamı

- ANALİZ



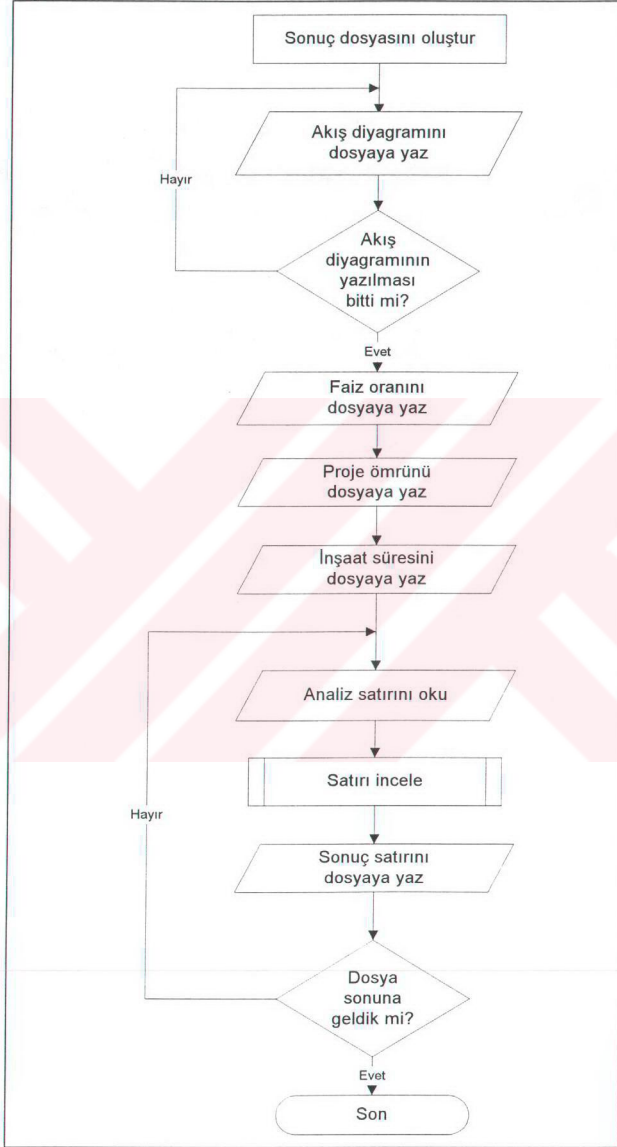
Şekil 3.1'in devamı

- SONUÇLAR



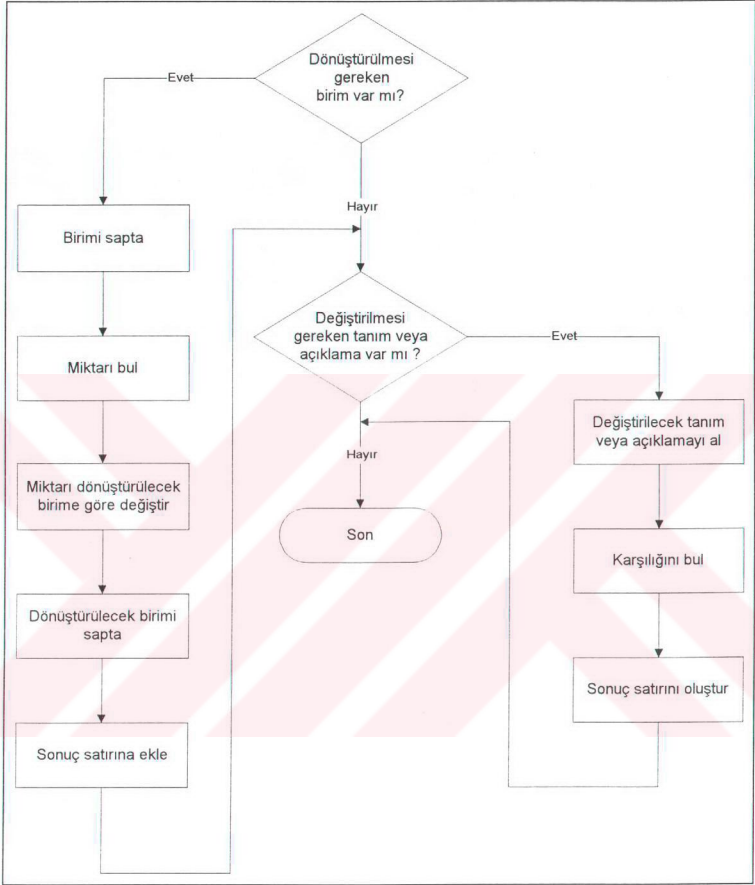
Şekil 3.1'in devamı

- SONUÇLARIN DÜZENLENMESİ



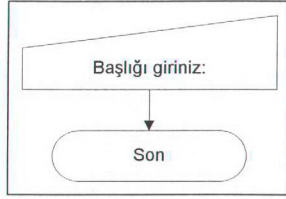
Şekil 3.1'in devamı

- SONUÇ SATIRININ İNCELENMESİ

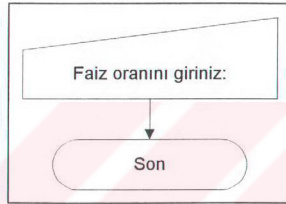


Şekil 3.1'in devamı

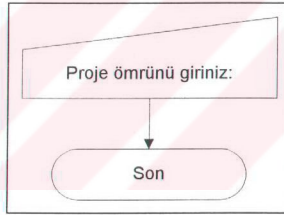
- BAŞLIK



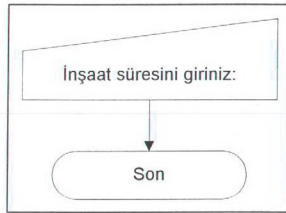
- FAİZ ORANI



- PROJE ÖMRÜ

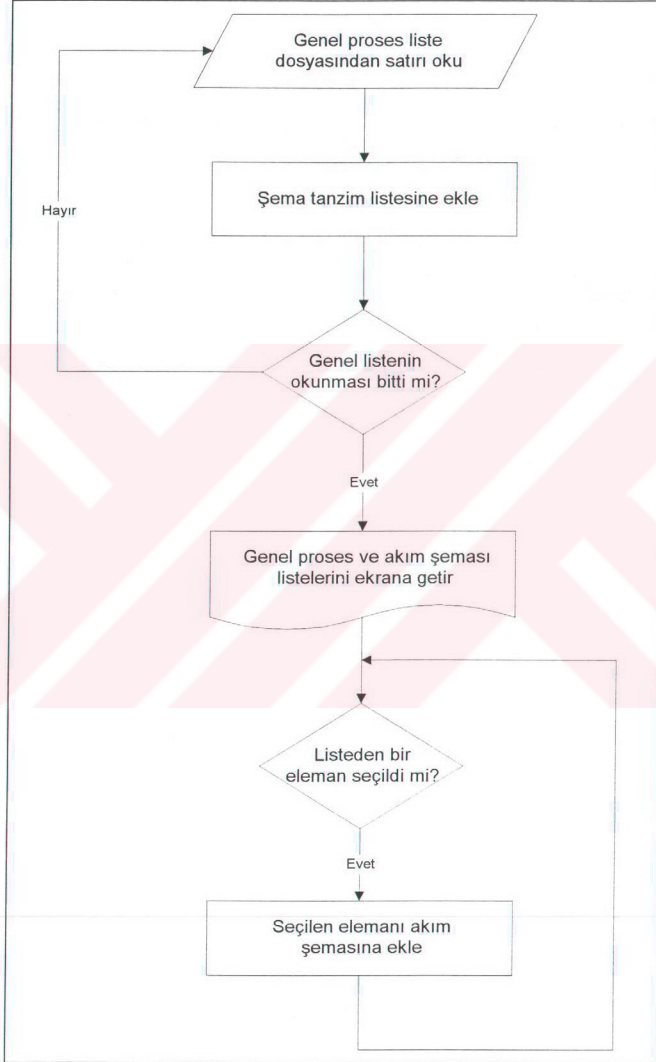


- İNŞAAT SÜRESİ



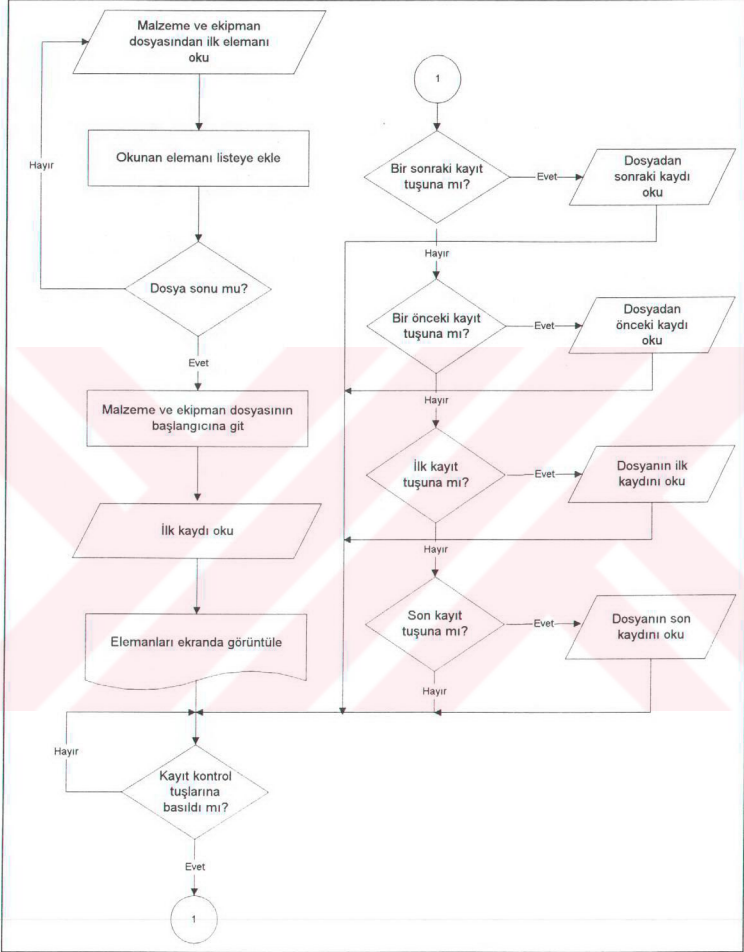
Şekil 3.1'in devamı

- AKIM ŞEMASI TANZİMİ



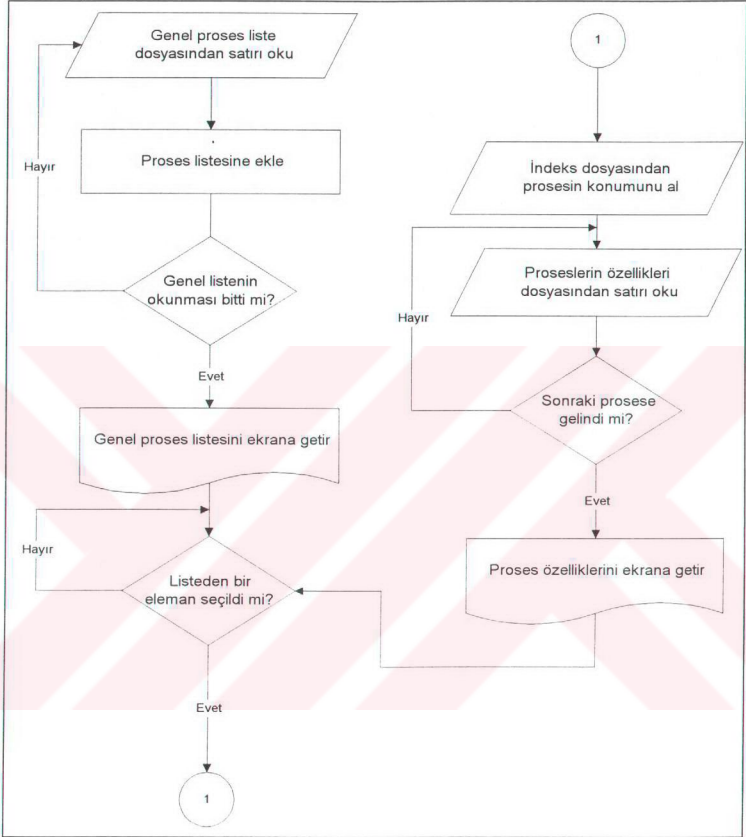
Şekil 3.1'in devamı

- MALZEME VE EKİPMAN FİYATLARI



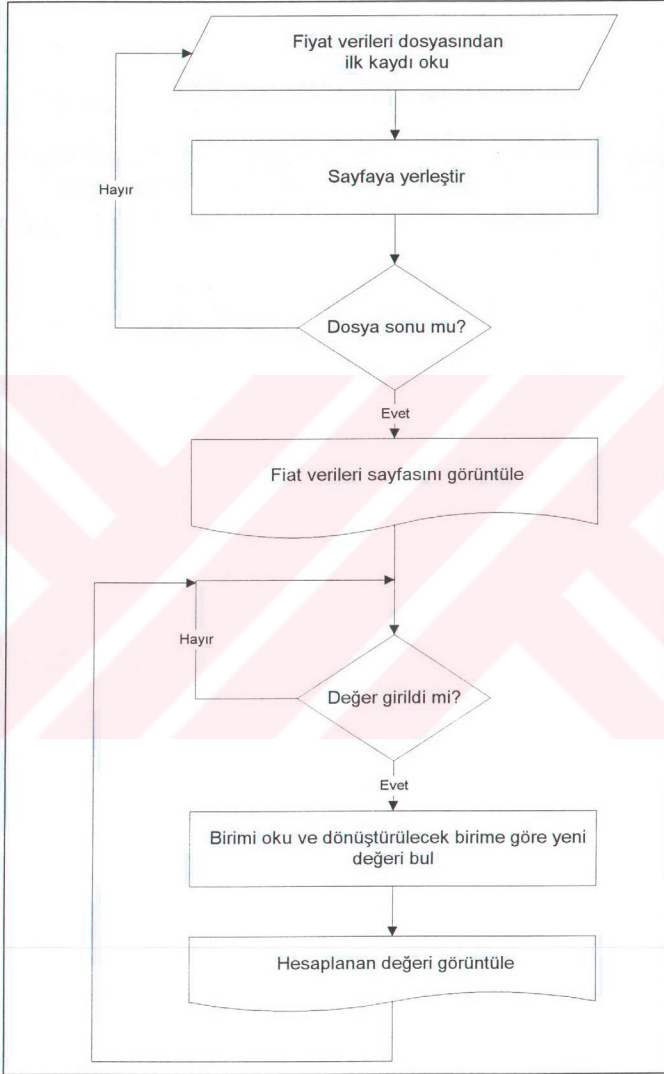
Şekil 3.1'in devamı

- PROSESLERİN ÖZELLİKLERİ



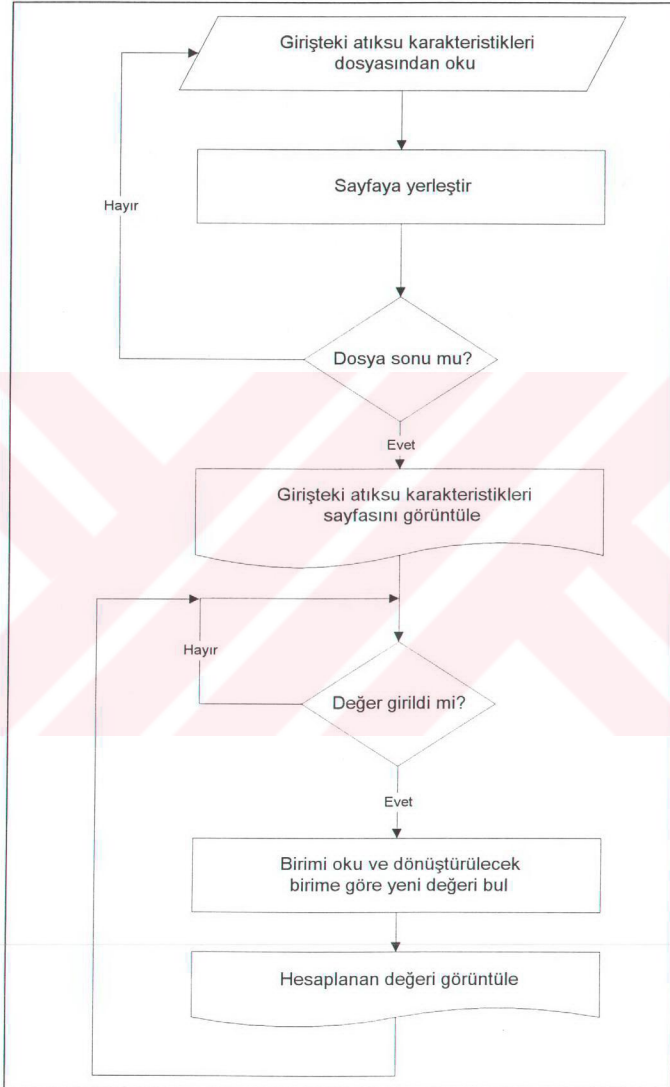
Şekil 3.1'in devamı

- FİYAT VERİLERİ



Şekil 3.1'in devamı

- GİRİŞTEKİ ATIKSU KARAKTERİSTİKLERİ



Şekil 3.1'in devamı

Tablo 3.1 Mukayeseli tasfiye menu yapısı

1- DOSYA	2- BÖLÜMLER	3- PENCERE
a- DOSYA AÇ	a- BAŞLIK	a- ARD ARDA GÖSTER
b- KAYDET	b- FAİZ ORANI	b- YAN YANA GÖSTER
c- UPDATE DATA	c- PROJE ÖMRÜ	c- SİMGELERİ YERLEŞTİR
d- ANALİZ	d- İNŞAAT SÜRESİ	d- PROGRAM HAKKINDA
e- SONUÇLAR	e- AKIM ŞEMASI TANZİMİ	e- PENCERE LİSTESİ
f- ÇIKIŞ	f- MALZEME ve EKİPMAN FİYATLARI	
	g- PROSESLERİN ÖZELLİKLERİ	
	h- FİYAT VERİLERİ	
	i-GİRİŞTEKİ ATIKSU KARAKTERİSTİKLERİ	

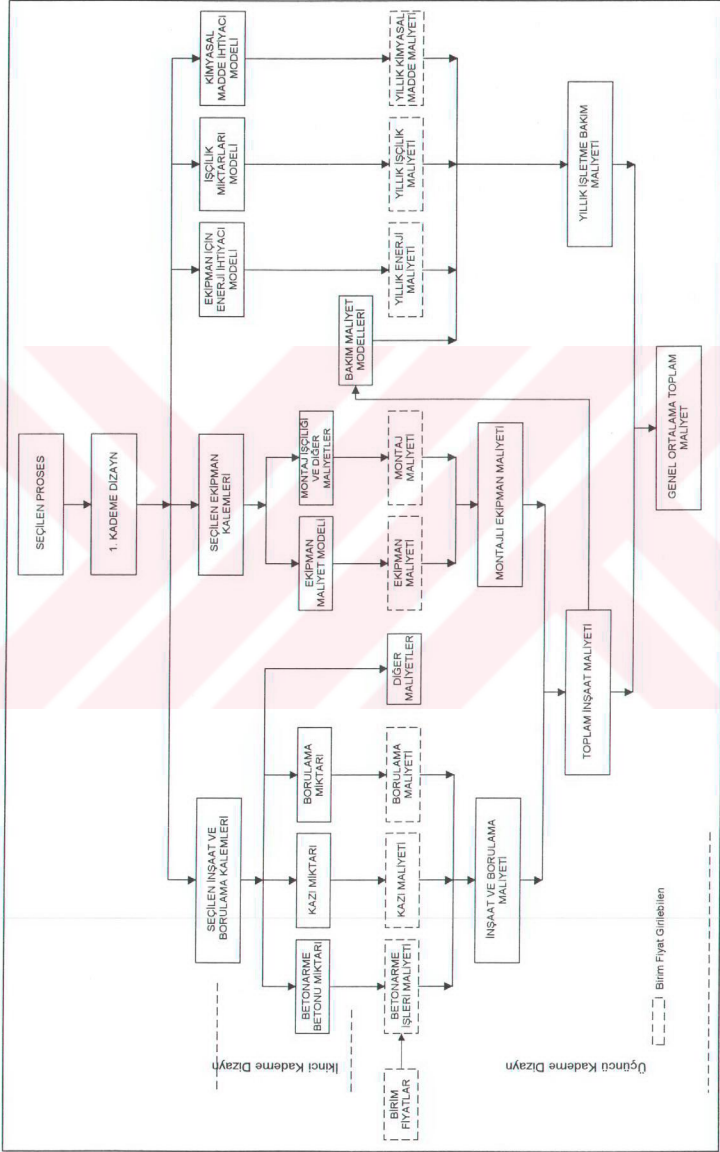
Parametrik denklemlerle hesap yapmanın en önemli avantajı çok az sayıdaki giriş datasıyla hesap yapılabilmesidir. Mesela (3.1.) deki formülde belirli bir proses için a ve b katsayıları daha önceden tespit edilmiş olduğundan, sadece debi girilmek suretiyle maliyeti hesaplamak mümkün olmaktadır. Özetle parametrik denklemler kullanılarak maliyetler matematik formülle hesaplanmaktadır.

Parametrik denklemlerle hesap yapmanın en büyük dezavantajları istatistik hesaplamaların yapısından ileri gelmektedir. Zira istatistik hesaplamalar, aşağıdaki hususlardan dolayı dezavantaj teşkil etmektedir:

- Gerekli olan çok sayıdaki datanın derlenmesindeki zorluklar,
- Enflasyonun proje maliyetine etkisini belirlemedeki zorluklar (İndeksle enflasyonun etkisi dikkate alınmak istense bile yeterli hassasiyetin sağlanamaması).

Birim fiyatların ayrı ayrı tespit edilmesi suretiyle maliyet hesabı aşağıdaki hususlardan dolayı parametrik denklemlerle hesap yapmaya nazaran daha hassastır.

- Cari fiyatların indekslere bağlı olmadan bağımsız olarak tespit edilebilmesi,
- Enflasyonun etkisinin kolayca birim fiyatlara uygulanabilmesi,
- Mahalli şartların fiyatlara tesirinin belirlenebilmesi,
- İşçilik ve malzeme fiyatlarının ayrı ayrı dikkate alınabilmesi,



Şekil 3.2 CAPDET programı akım şeması

Birim fiyatların ayrı ayrı tespit edilmesi suretiyle yukarıdaki avantajlarına karşılık tek dezavantajı uygulamadaki zorluklarıdır.

Proses dizayn hesaplarında literatürde kabul gören hesap esasları ve teknolojik sınırlamalar dikkate alınmıştır (MetCalf and Eddy, 1991; Quasim, 1985; ASCE-WPCF, 1992; Muslu, 1994).

Program bazı imalatların maliyetlerini parametrik denklemler yardımıyla tayin etmekte veya önce maliyet kalemlerinin miktarlarını hesaplayarak bu miktarların birim fiyatlarla çarpılmasıyla maliyetleri belirlemektedir.

Mukayeseli Tasfiye programının analiz kısmında kullanılan CAPDET programının akım şeması Şekil 3.2. de verilmiştir. Akım şemasından da görüleceği üzere maliyet kalemlerinin miktarları İkinci Kademe dizayn safhasında hesaplanmaktadır. Üçüncü Kademede ise ikinci kademede hesaplanan miktarlardan hareketle maliyetler belirlenmektedir.

3.4 MUKAYESELİ TASFİYE PROGRAMININ SAĞLADIĞI FAYDALAR

Mukayeseli Tasfiye Programının sağladığı faydalardan bazıları aşağıda sıralanmıştır:

a. Belirli karakterdeki bir atıksuyun istenilen çıkış suyu kalitesini sağlanacak şekilde artırılabilmesi için birbirine alternatif çok sayıda arıtma prosesi mevcuttur. Halihazırda yaygın kullanım alanı bulunan ve Tablo 3.2 de verilen 68 adet prosesi Mukayeseli Tasfiye "MT" programı ile aynı anda ve çok kısa sürede boyutlandırmak mümkündür.

b. Tablo 3.2 de verilen proseslerin inşaat maliyetlerini, amortisman bedellerini, işletme-bakım işçilik bedellerini, enerji bedellerini, bakım-onarım bedellerini, toplam işletme-bakım bedellerini, toplam inşaat bedellerini, mühendislik hizmeti bedellerini, arazi miktar ve bedellerini, toplam proje maliyetlerini, yönetim giderlerini, bir m³ atıksuyun arıtma bedelini ve her konut için aylık aidat miktarlarını da Mukayeseli Tasfiye programı ile hesaplamak mümkündür.

c. Mukayeseli Tasfiye Programı seçilen alternatif arıtma sistemlerinin maliyetlerini hesaplayarak ekonomik bakımdan sıralama yapmaktadır. Böylece çeşitli alternatif arıtma sistemlerini ekonomik açıdan mukayese etmek mümkün olmaktadır.

d. Program, hesabı istenen arıtma proseslerinin herbir kademedeki sağladıkları su kalitesini de hesaplamaktadır. Mesela ön çöktürme, aktif çamur, nitrifikasyon vs. şeklindeki bir arıtma sisteminde herbir proses sonundaki atık su kalitesini, çamur miktar ve özelliklerini görmek mümkündür.

e. Mukayeseli Tasfiye programı ile yukarıdaki tüm işlemler aynı anda ve çok kısa sürede yapılabilmektedir. Program zaman bakımından önemli bir tasarruf sağlamaktadır.

f. MT programı WINDOWS ortamında hazırlandığı için, WINDOWS'un sağladığı tüm kolaylıklardan istifade edilmektedir. Dolayısıyla kullanım kolaylığı açısından bu konuda geliştirilen diğer programlara (CAPDET vs.) göre büyük avantaja sahiptir.

Mukayeseli Tasfiye programı ile CAPDET programı karşılaştırıldığında kullanım açısından aşağıdaki hususlar zikredilebilir:

CAPDET programı DOS ortamında çalışan bir programdır. DOS ortamında çalışan programlar iki türlü arabirim kullanılarak dizayn edilebilirler. Bunlardan biri karakter tabanlı ortam, diğeri ise grafik ortamdır. Ayrıca programın bir kullanıcı arabirimine sahip olması gerekmez. Bu durumda kullanıcı tarafından hazırlanan veri kütüğü programa parametre olarak girilir ve bu veri program tarafından işlenerek bir çıktı kütüğüne sonuçlar depolanır. CAPDET programı bu şekilde çalışan bir programdır. CAPDET'e veri hazırlanırken uyulması zorunlu bir takım kuralları vardır. CAPDET'le birlikte verilen MENU programı veri dosyası hazırlanabilmesini sağlar. Bu program kullanılarak, gerekli formatta veri hazırlanabilir. Ancak bu programı kullanıcı arabirimi olarak tanımlayabilmek pek mümkün değildir.

Kullanıcı veri hazırlama kurallarını örnek verilerden veya kullanım kitapçığından öğrenebilir. Bu ise uzun bir öğrenme süresini gerektirir. Mesela akış diyagramı ünite fiyat verilerinden sonra gelemez, veya akış diyagramında girilen anahtar kelimeler doğru olmalıdır. Yapılan bir harf hatası prosesin işleme sokulmamasına sebep olur.

Veri girişi sırasında hata yapma olasılığı yüksek olduğundan dolayı, alınan sonuçların ayrıca incelenerek hataların aranması ve giderilmesi gerekir. Bu fazladan zaman kaybına sebep olur.

CAPDET programına veri hazırlanabilmesi için önce kağıt üzerinde bir çalışma yapılmalıdır. Daha sonra bu çalışma ya bir editör yardımıyla veya MENU programı aracılığıyla bir veri kütüğüne dönüştürülür. CAPDET işletilir, sonuçlar yine bir editör yardımıyla veya kağıda basmak suretiyle incelenir. Hatalar düzeltilir, düzeltme sonrasında CAPDET tekrar işletilir. Bu adımlar hatasız sonuçlar elde edilene kadar sürer. Hatasız sonuçlar elde edildikten sonra çıktılar incelenecektir. Bu adımlar her çözümde tekrarlanacaktır.

MT programı bu zorlukların ortadan kaldırılabilmesi, kullanıcının daha rahat ayrıca en önemlisi hatasız veri hazırlayabilmesi için geliştirilmiştir. Ayrıca data hazırlarken gereken dökümantasyonlar bilgisayara girilerek, arama zamanı kısaltılmıştır. Bu sayede kullanıcı sonuçlara daha çabuk ulaşabilmekte, böylece gereksiz ayrıntılardan kurtularak programın çalıştırılmasındaki asıl amaç olan sonuçları incelemeye daha çok zaman ayırabilmektedir.

MT programı WINDOWS da hazırlanmıştır. WINDOWS bir işletim sistemi olmayıp bir grafik arabirimdir. WINDOWS'un sağladığı imkanlar sayesinde, bu ortamda hazırlanan programlarda veri giriş ve çıkışı daha kolay olmakta; kullanıcının öğrenme süresi kısalmaktadır. Pulldown menüler sayesinde programın bütün fonksiyonlarına yalnızca mouse ile erişilebildiği gibi klavye de kullanılabilir. Ayrıca liste kutuları ile tüm alternatifler kullanıcıya sunularak seçilmesi sağlanır. Değişebilir büyüklükte yazı tipleri ile tüm veriler aynı anda ekranda görülebilir.

g. Yöneticiler (karar mercileri) yatırım politikaları belirlemede MT programının sağladığı kolaylıklardan istifadeyle daha gerçekçi karar verebilirler. İstenilen su kalitesini sağlayacak değişik arıtma alternatiflerinin maliyetlerini çok kısa sürede belirleyerek, kaynaklarını optimum şekilde kullanmaları mümkündür. Mesela teklif edilen bir sistemin maliyetinin ne olduğunu kaynaklarının bu projeye yetip yetmeyeceğini MT programı ile önceden görmek mümkün olacaktır.

h. MT programı izlenecek atıksu yönetim politikasının belirlenmesinde de yardımcı bir araç olacaktır. Zira yönetim politikalarının belirlenmesinde en etkili faktör ekonomik durumdur. Meselâ eğer arıtma sistemlerinin planlanmasında kademelendirmeye gidilip gidilmemesi, gidilecekse ne zaman hangi kademenin uygulanacağı hususlarına karar vermede MT faydalı bir yardımcı araç olacaktır.

i) Yöneticilerin faiz oranının değişmesinin maliyete etkilerini de MT programını kullanarak görmeleri mümkündür. Zira faiz oranı yükseldikçe maliyetin yükseldiği, hatta düşük faiz nispetinde fizibil olan bir yatırımın, faiz nispeti artırılınca fizibil olmaktan çıktığı bilinmektedir. Diğer taraftan 1 m³ atıksuyun arıtma maliyeti de MT programı ile hesaplanabilir. Böylece değişik debileri artıran tesislerin maliyetlerini mukayese etme imkanı doğmaktadır.

j) MT programının yöneticilere sağladığı bir diğer önemli kolaylıkta planlanan atıksu arıtma tesisinin finansmanı bakımından, konut başına düşecek aylık aidatı belirlemesidir. Bu değer sayesinde yöneticiler finansmanın temin edilebilirliği konusunda karar verebilecektir.

k) Program mevcut atıksu tesislerinin tevsii halinde maliyet hesaplarını mevcut tesisi de dikkate alarak yapmakta ve aylık konut aidatlarını ayrı ayrı hesaplamaktadır. Böylece karar mercii tevsiden gelen ilave aylık konut aidatlarını yatırımdan önce tetkik etme imkanına sahip olacaktır.

Tablo 3.2 Mukayeseli tasfiye programı ile boyutlandırılabilen prosesler

Aerobik çürütme	Yüksek hızlı aktif çamur son çöktürme havuzu
Yüzdürmeyle yoğunlaştırma	Lagün (Stabilizasyon havuzu)
Anaerobik çürütme	Mikroelek
Belt filtre	Nötralizasyon
Santrifüjleme	Askıda büyümeli sistemlerle nitrifikasyon
Kurutma yatakları	Biyodiskle nitrifikasyon
Filtre pres	Damlatmalı filtre ile nitrifikasyon
Akışkan yataklı çamur yakma fırını	Yüzeyden akıtma suretiyle arazide arıtma
Yoğunlaştırıcı	Oksidasyon hendeği
Çamurun taşınması ve arazide depolanması	Oksidasyon çökeltme havuzu
Çok gözlü çamur yakma prosesi	Piston akımlı aktif çamur prosesi
Çamur kurutma lagünleri	Piston akımlı aktif çamur son çöktürme havuzu
Vakum filtrasyon	Son havalandırma
Islak oksidasyon	Kum tutucu
Havalandırmalı lagün	Elek
İyon yoğunlaştırıcı	Öğütücü
Biyofilm sistemiyle denitrifikasyon	İlk çökeltme
Karbon adsorpsiyonu	Ara pompa istasyonu
Katyon değiştirici	Saf oksijen aktif çamur prosesi
Klorlama	Saf oksijen aktif çamur son çöktürme havuzu
İkinci kademe çökeltme havuzu	Hızlı infiltrasyon yoluyla arazide arıtma
Pıhtılaştırma	Ham atıksu pompa istasyonu
Tam karışımli aktif çamur prosesi	Biyodisk
Tam karışımli aktif çamur son çöktürme havuzu	Biyodisk çökeltme havuzu
Kontak stabilizasyon aktif çamur prosesi	Tekrar karbonlama
Ters akımla amonyak sıyırma	Düşük hızlı infiltrasyon yoluyla arazide arıtma
Paralel akımla amonyak sıyırma	Kademeli havalandırmalı aktif çamur prosesi
Denitrifikasyon çöktürme havuzu	Kademeli havalandırmalı aktif çamur son çöktürme havuzu
Dengeleme	Damlatmalı filtre
Uzun havalandırmalı aktif çamur prosesi	Damlatmalı filtre çökeltme havuzu
Uzun havalandırmalı aktif çamur son çöktürme havuzu	İki kademeli kireçle arıtma
Filtre	Yumaklaştırma
Yüzdürme	İki kademede kireçle fosfor giderme prosesi
Yüksek hızlı aktif çamur prosesi	Birinci kademe karbon ilavesi

BÖLÜM 4 ATIKSU ARTIMA SİSTEMLERİNİN DEBİ-MALİYET MÜNASEBETLERİ

4.1 MUKAYESE EDİLEN SİSTEMLERİN MALİYET HESAP ESASLARI

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. Bu sebeple tamamen Türkiye şartlarını yansıtan, inşa edilmiş tesislerin maliyetini dikkate alan ve detaylı bir maliyet analizine dayanan debi-maliyet münasebetlerine ihtiyaç bulunmaktadır. Bu bölümde Türkiye'deki fiyatlar kullanılarak ve detaylı bir maliyet analizi yapılarak çeşitli arıtma sistemleri için debi-maliyet münasebetleri araştırılmıştır.

Maliyet hesaplarında Mukayeseli Tasfiye MT" programı kullanılmıştır. Yönetim maliyeti, laboratuvar maliyeti, ham atıksu pompa istasyonu maliyeti, deşarj borusu maliyeti, çevre düzenleme maliyeti, tesis aydınlatma maliyeti, borulama maliyeti, yönetim ve laboratuvar binası maliyeti, deşarj pompa istasyonu maliyeti, kontrol teçhizatı maliyeti, deniz deşarj maliyeti ve nakliye maliyeti denklemi (3.1) de verilen parametrik ifadeyle, diğer imalatların maliyetleri ise hesaplanan miktarların birim fiyatlarıyla çarpılması suretiyle elde edilmiştir.

Bu çalışmada maliyetler Türkiye'deki yüksek enflasyon sebebiyle ABD doları cinsinden hesaplanmıştır. Maliyetlerin dolar cinsinden hesaplanması ileriye dönük çalışmalar için, bu çalışmanın anlamını muhafaza etmesine yardımcı olacaktır. Programda piyasadaki cari fiyatlar 1994 yılı Ekim ayı ABD Dolar bazına getirilerek kullanılmıştır. Bu çalışmada kullanılan bazı önemli birim fiyatlar Tablo 4.1. de verilmiştir.

Tablo 4.1 Birim fiyat verileri

AÇIKLAMA	DEĞER	BİRİM
METREKARE BINA MALİYETİ	175	\$/m ²
PERDE BETONU	83	\$/m ³
DÖŞEME BETONU	83	\$/m ³
KAZI BEDELİ	1.42	\$/m ³
VİNÇ KİRAŞI	23	\$/saat
SUNDURMA MALİYETİ	20	\$/m ²
İŞÇİ ÜCRETİ	0.75	\$/saat
BAKIM-ONARIM USTA ÜCRETİ	1	\$/saat
KİREÇ	0.07	\$/kg
ŞAP	0.09	\$/kg
DEMİR TUZLARI	0.13	\$/kg
POLİMER	3.57	\$/kg
KORKULUK BEDELİ	1.5	\$/m
200 MM BORU BEDELİ	8.5	\$/m
200 MM LİK DİRSEK	8.5	\$/adet
200 MM LİK T PARÇASI	8.5	\$/adet
200 MM LİK VANA	10	\$/adet
KÜÇÜK BLOWER FIATI	6000	\$
ORTA BLOWER FIATI	15000	\$
BÜYÜK BLOWER FIATI	100000	\$
ARSA BEDELİ	1.14	\$/m ²
MUHTELİF GİDERLER	5	%
MÜHENDİSLİK GİDERLERİ	8	%
KAR VE GENEL GİDER	25	%
ELEKTRİK FIATI	.1	\$/kWh

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 Tablo 4.2. de verilen karakteristikler kullanılmıştır.

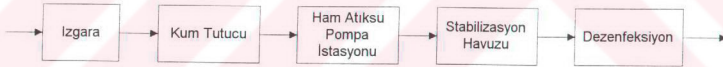
Tablo 4.2 Ham atıksu karakteristikleri

AÇIKLAMA	DEĞER	BİRİM
ASKIDAKİ KATI MADDE	175	mg/L
UÇUCU KATI MADDE	60	%ofSS
ÇÖKEBİLİR KATI MADDE	15	mg/L
BOİ5	220	mg/L
ÇÖZÜNEBİLİR MADDELERİN BOİ5İ	75	mg/L
KOI	450	mg/L
ÇÖZÜNEBİLİR MADDELERİN KOİSİ	350	mg/L
PH	7.6	
KATYONLAR	150	mg/L
ANYONLAR	150	mg/L
PO4	17	mg/L
TKN	40	mg/L
NH3	25	mg/L
NO2	0	mg/L
NO3	0	mg/L
YAĞ VE GRES	70	mg/L

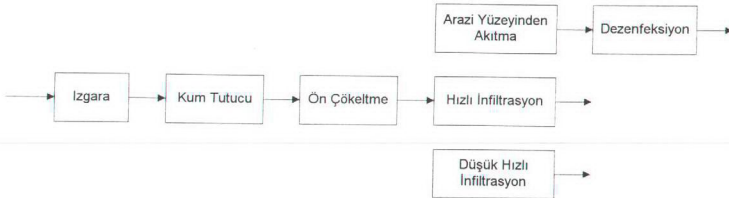
Bu çalışma mukayese maksadıyla yapıldığından maliyetler; başlangıç ortalama ve maksimum debiler eşit alınarak hesaplanmıştır. Bu çalışmada tesislerin maliyetini hesaplamada 350, 800, 3.000, 6.000, 17.000, 40.000, 67.500, 125.000, 250.000 ve 600.000 m³/gün debileri kullanılmıştır. Nüfusu 5000 ila 300000 arasında olan yerleşimler için İller Bankası Talimatname'sindeki, nüfusu 500.000 den büyük olan yerleşimler için ise İSKİ yönetmelikleri'ndeki birim su tüketimleri dikkate alınarak yukarıdaki debiler, sırasıyla 5.000, 10.000, 30.000, 50.000, 100.000, 200.000, 300.000, 500.000, 1.000.000 ve 2.000.000 kişilik nüfuslara karşılık olarak alınmıştır.

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 4.1 de, arazide arıtma sistemleri için Şekil 4.2 de, aktif çamur ve modifikasyonları için Şekil 4.3.de, biyofilm sistemleri için ise Şekil 4.4 de verilmiştir.



Şekil 4.1 Stabilizasyon havuzlu atıksu arıtma tesisi akım şeması

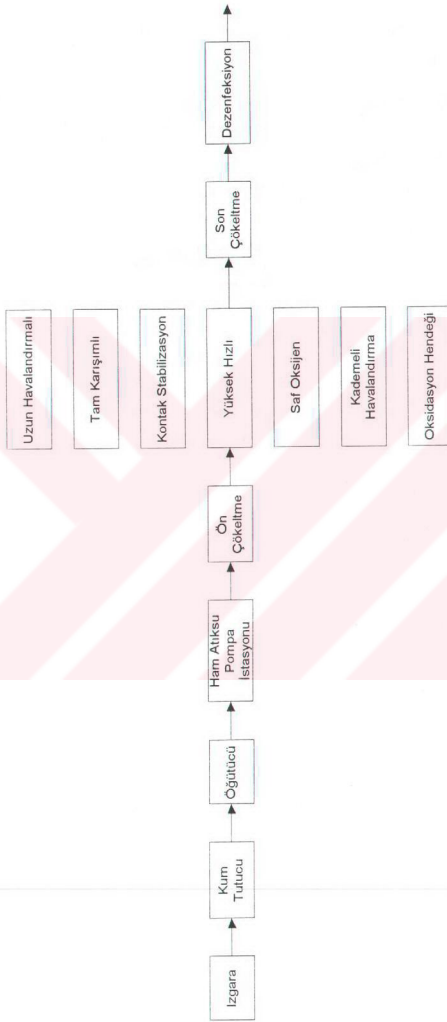


Şekil 4.2 Arazide arıtma sistemleri akım şemaları

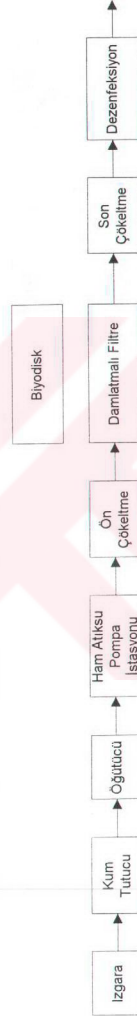
Maliyet hesaplarında çamur arıtma sistemleri dikkate alınmamıştır. Çamur arıtma maliyeti ayrı mütalaa edilerek bu çalışmanın kapsamı dışında bırakılmıştır.

Bununla birlikte bir fikir vermesi açısından çok yaygın olarak kullanılan "tam karışimli aktif çamur", "uzun havalandırmalı aktif çamur" ve "damlatmalı filtre" proseslerinin kullanıldığı sistemlerden kaynaklanan çamurların arıtma maliyetleride hesaplanarak 1 m³ atıksuyun arıtma bedeline etkisi gösterilmiştir. Uzun havalandırmalı aktif çamur sisteminden kaynaklanan çamurların yoğunlaştırmayı müteakip belt filtreden geçirildiği kabul edilmiştir. Tam karışimli aktif çamur ile damlatmalı filtre ihtiva eden atıksu arıtma sistemlerinden kaynaklanan çamurlar için ise yoğunlaştırma, iki kademeli anaerobik çürütme ve belt filtre den meydana gelen çamur arıtma sistemi seçilmiştir. Bu çamur arıtma prosesleri sözkonusu atıksu arıtma sistemleriyle birlikte yaygın olarak kullanıldığı düşünüerek seçilmiştir.

Atıksu arıtma sistemi akım şemalarının seçiminde asgari olarak Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'ndeki deşarj standartlarının sağlanması hedeflenmiş olup, çıkış suyunda; BOİ5 15 mg/l, KOİ 25 mg/l ve AKM 20 mg/l olacak şekilde boyutlandırma yapılmıştır.



Şekil 4.3 Aktif çamur modifikasyonları için atıksu arıtma akım şemaları



Şekil 4.4 Biyofilm sistemleri için atıksu arıtma akım şemaları

4.2 ATIKSU ARITMA TESİSLERİ MALİYET MUKAYESELERİ

Bu çalışmada "MT" programı ile hesaplanabilen ve Bölüm 3.4b de belirtilen maliyetlerden "toplam proje maliyetleri", "toplam işletme-bakım maliyetleri", "1 m³ atıksuyun arıtılma bedelleri" yle mukayese yapılması yeterli görülmüştür. İlave olarak gerekli arazi miktarları açısından da mukayese yapılmıştır.

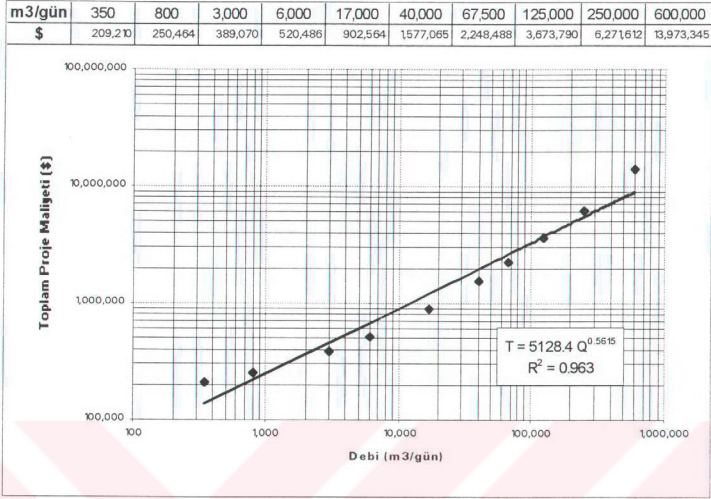
4.2.1 Debi-Toplam Proje Maliyeti Münasebetleri

Bölüm 4.1 de belirtilen debiler esas alınarak hesaplanan toplam proje maliyetleri her iki eksenli logaritmik grafik kağıdında işaretlenmiş, böylece 14 farklı arıtma sistemi için "debi-toplam proje maliyeti" münasebetleri elde edilmiştir. Şekil 4.5 de tam karışimli aktif çamur, Şekil 4.6 da kontak stabilizasyon aktif çamur, Şekil 4.7 de uzun havalandırmalı aktif çamur, Şekil 4.8 de yüksek hızlı aktif çamur, Şekil 4.9 da piston akımlı aktif çamur, Şekil 4.10 da saf oksijen aktif çamur, Şekil 4.11 de kademeli havalandırma, Şekil 4.12 de damlatmalı filtre, Şekil 4.13 de biyodisk, Şekil 4.14 de oksidasyon hendeği, Şekil 4.15 de stabilizasyon havuzu, Şekil 4.16 da yüzeyden akıtmalı arazide arıtma, Şekil 4.17 de hızlı infiltrasyon yoluyla arazide arıtma ve Şekil 4.18 de düşük hızlı infiltrasyon yoluyla arazide arıtma sistemlerinin "Debi-Toplam Proje Maliyeti" grafikleri çizilmiştir. Toplam proje maliyeti, akım şemaları Şekil 4.1, Şekil 4.2, Şekil 4.3 ve Şekil 4.4 de verilen proseslerin maliyetlerini göstermektedir.

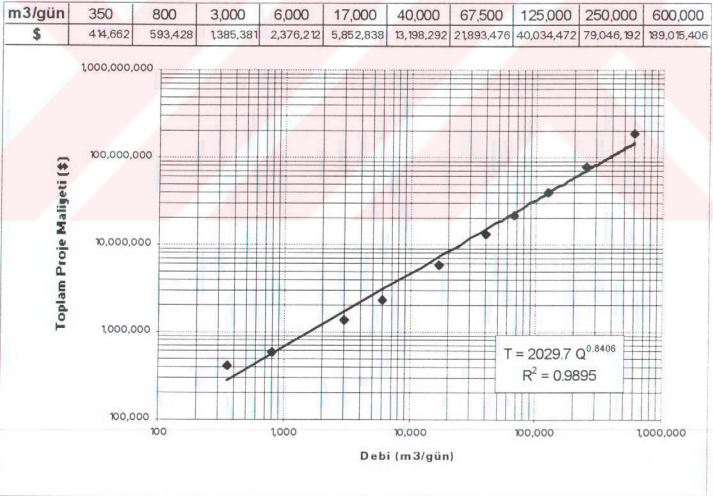
Her iki eksenli logaritmik grafikte "debi-toplam proje maliyeti" münasebeti bir doğru göstermektedir. Bu doğruların korelasyon katsayılarının 0.95 ila 1.00 arasında olması oldukça yüksek bir münasebeti göstermektedir. Doğruların denklemleri

$$C=a.Q^b \quad (3.1)$$

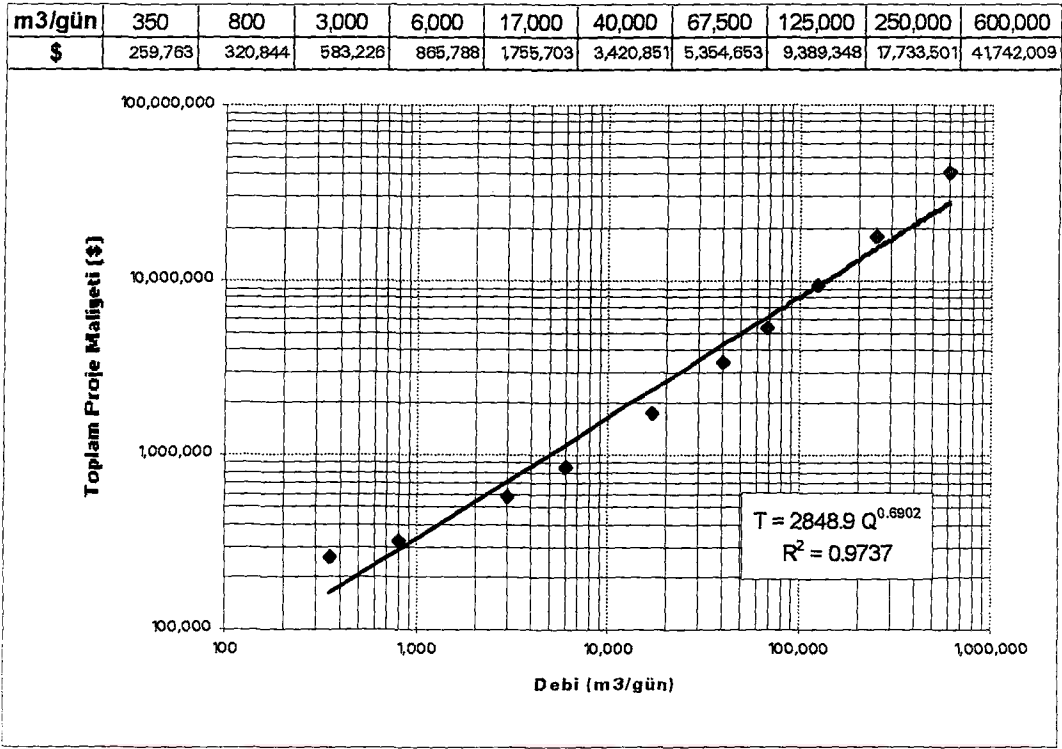
şeklinde ifade edilebilmektedir. Herbir sistemin denklemi grafikleri üzerinde gösterilmiştir.



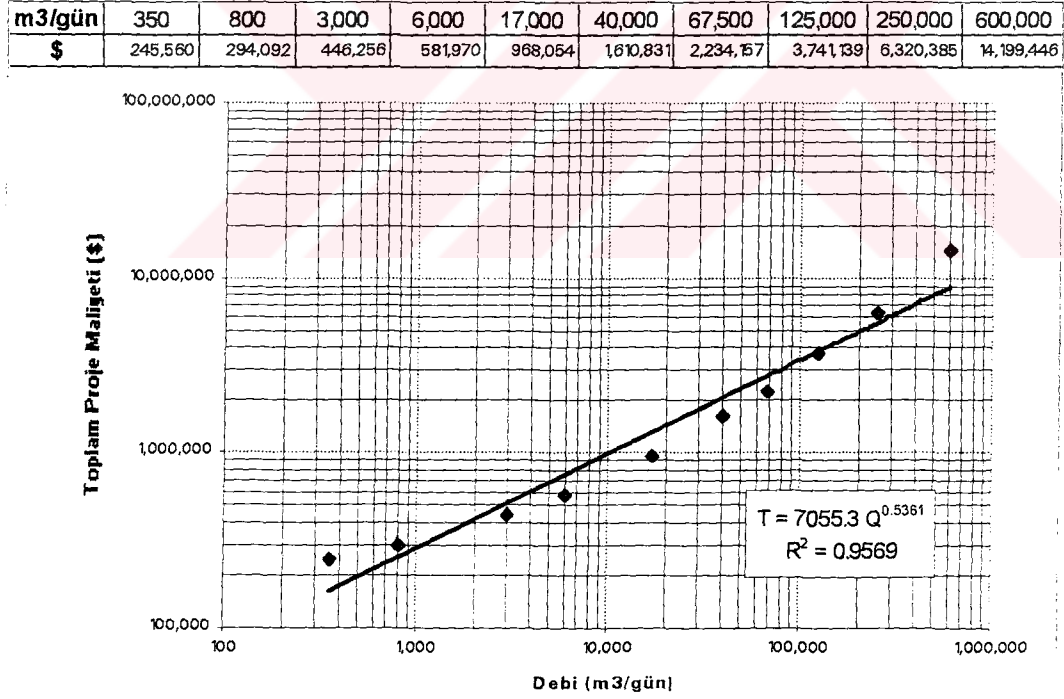
Şekil 4.5 Tam karışimli aktif çamur için debi-toplam proje maliyeti grafiği



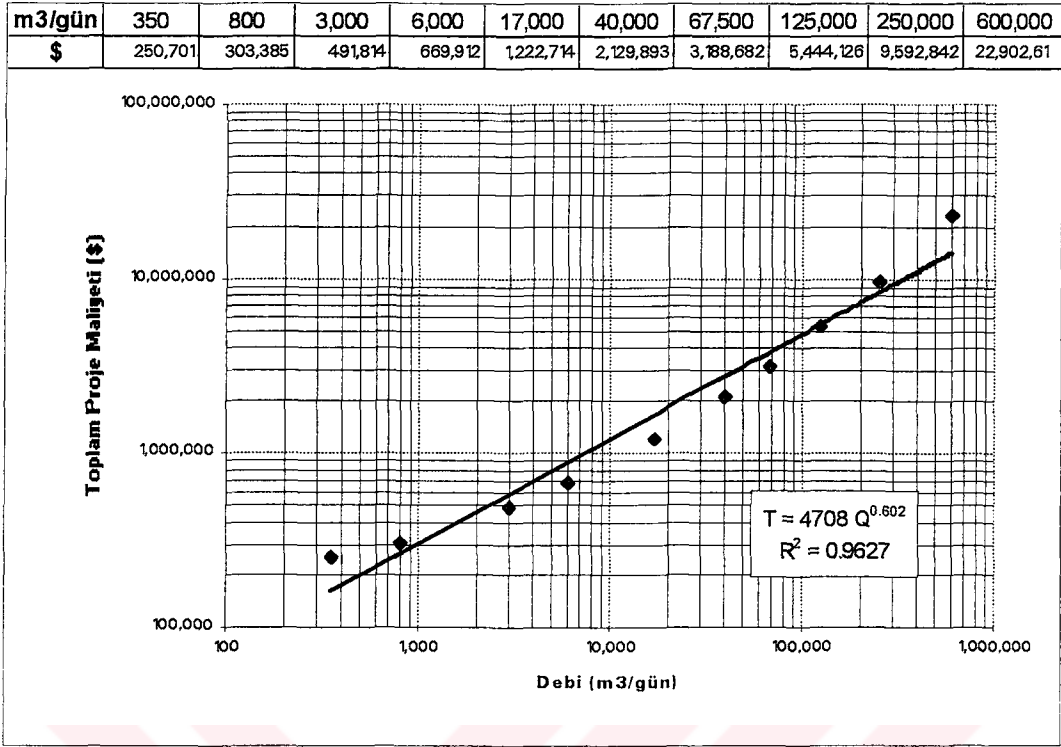
Şekil 4.6 Kontak stabilizasyon için debi-toplam proje maliyeti grafiği



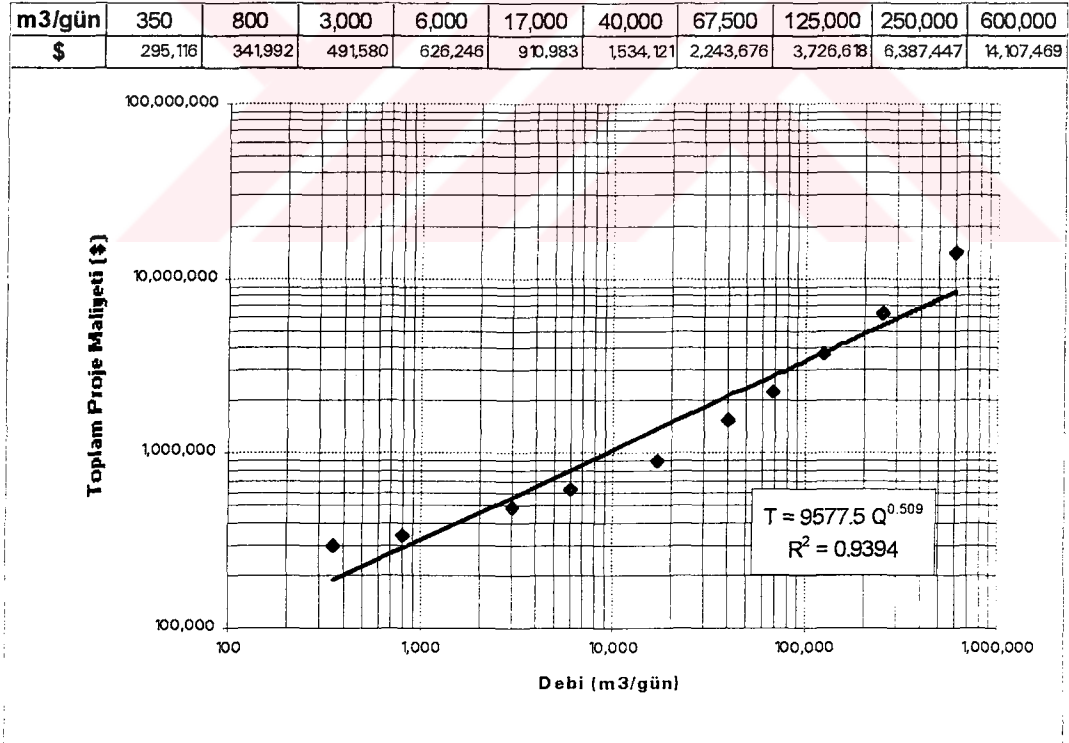
Şekil 4.7 Uzun havalandırma için debi-toplam proje maliyeti grafiği



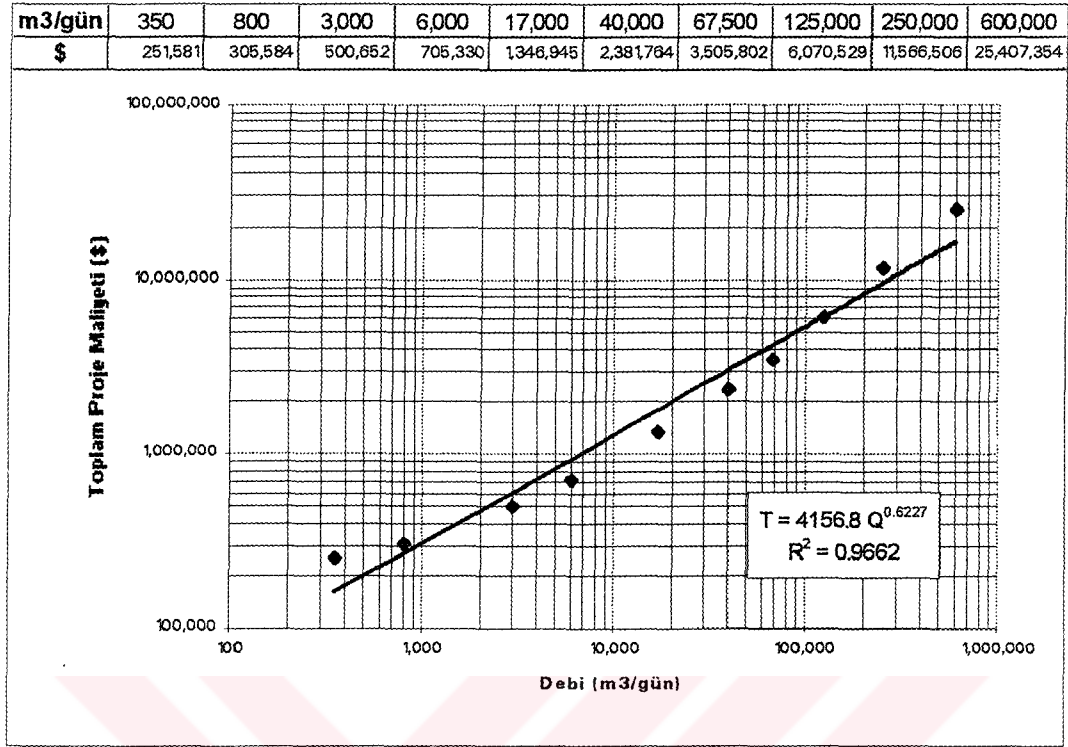
Şekil 4.8 Yüksek hızlı aktif çamur için debi-toplam proje maliyeti grafiği



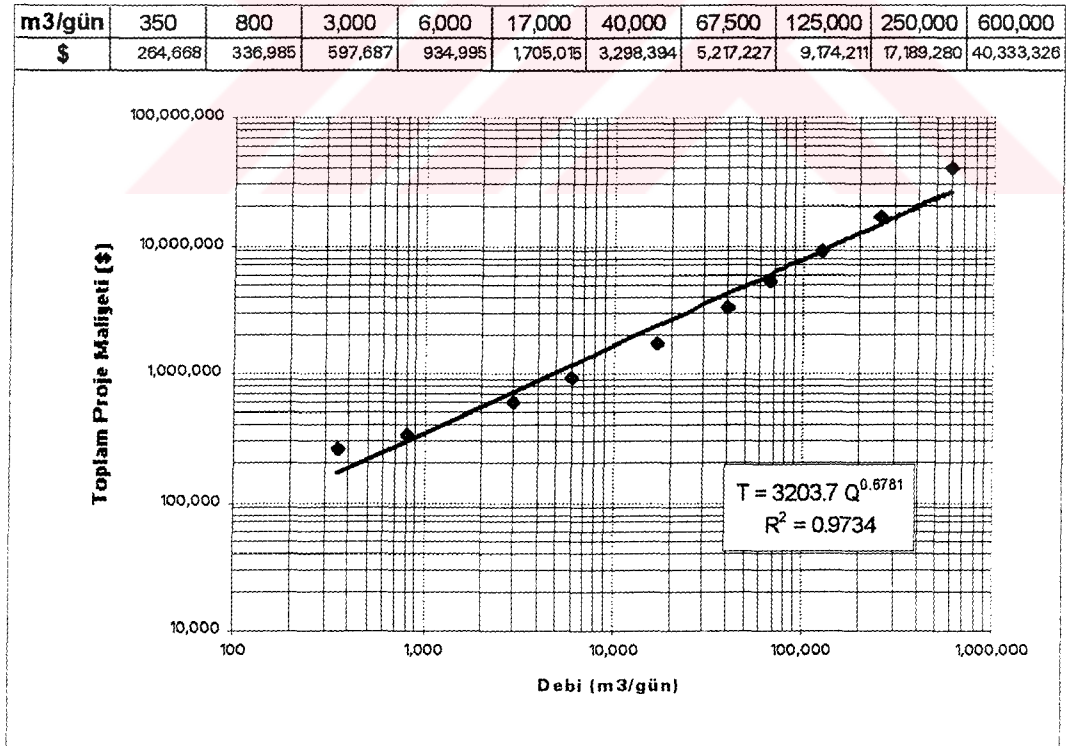
Şekil 4.9 Piston akımlı aktif çamur için debi-toplam proje maliyeti grafiği



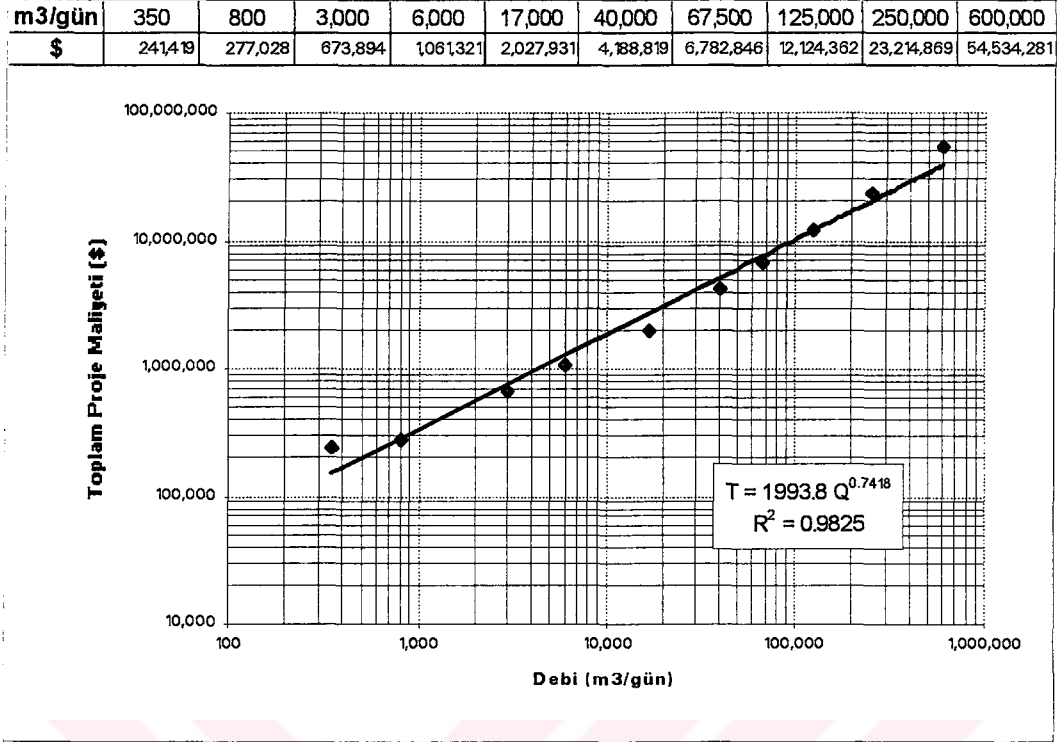
Şekil 4.10 Saf oksijen için debi-toplam proje maliyeti grafiği



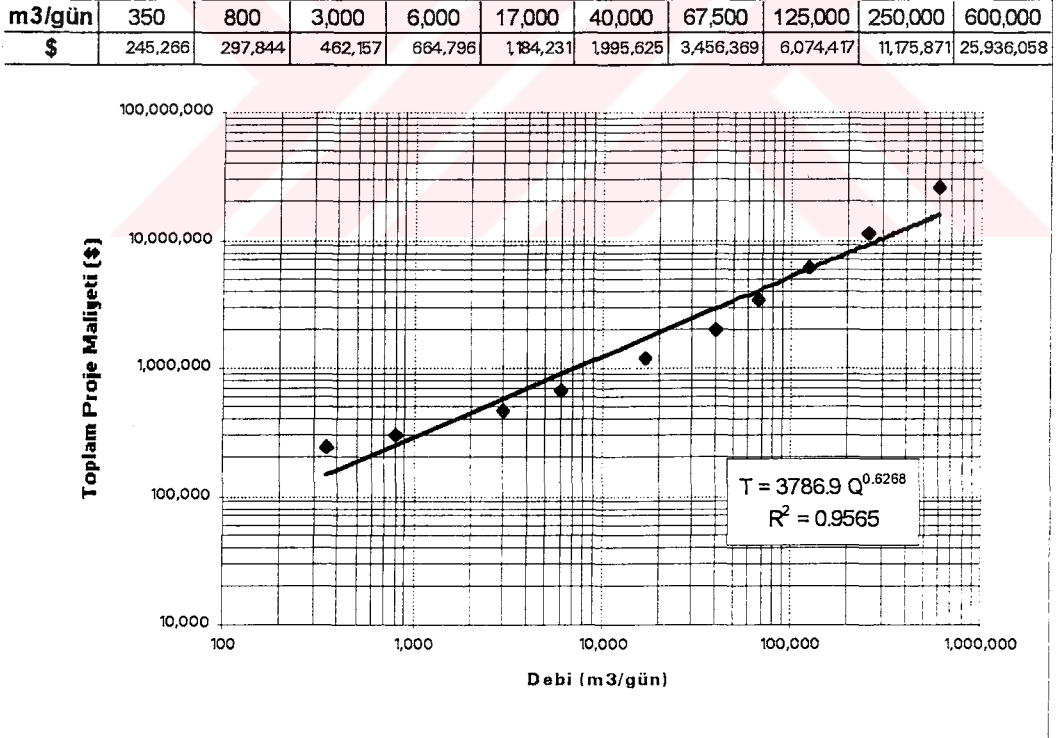
Şekil 4.11 Kademeli havalandırma için debi-toplam proje maliyeti grafiği



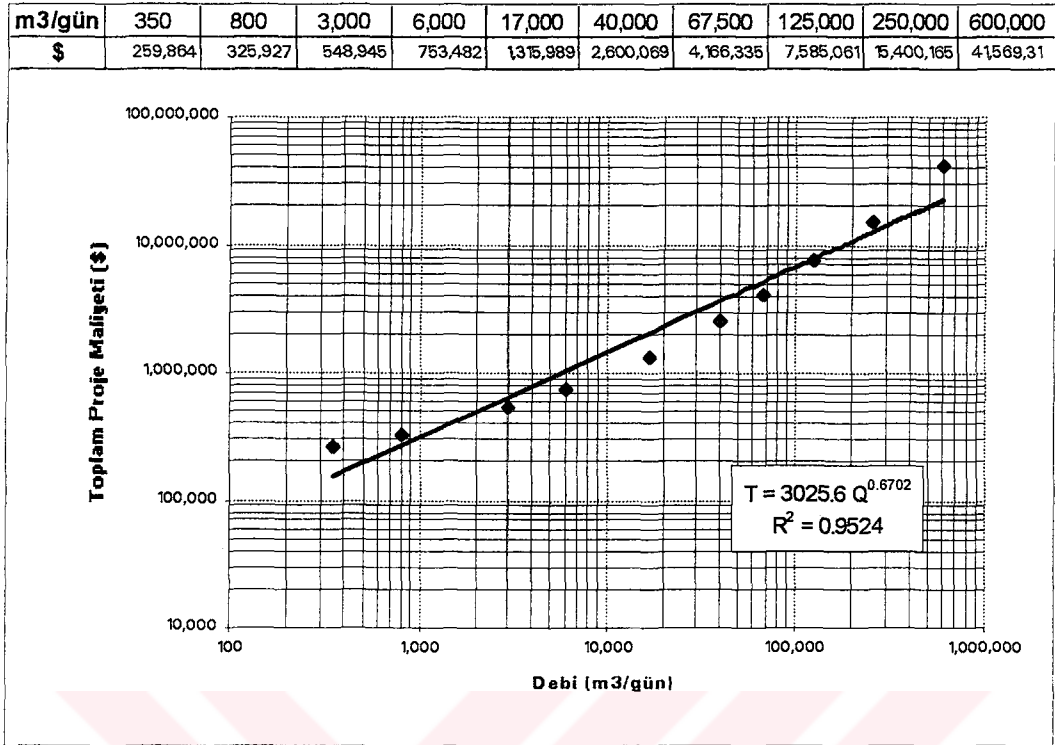
Şekil 4.12 Damlatmalı filtre için debi-toplam proje maliyeti grafiği



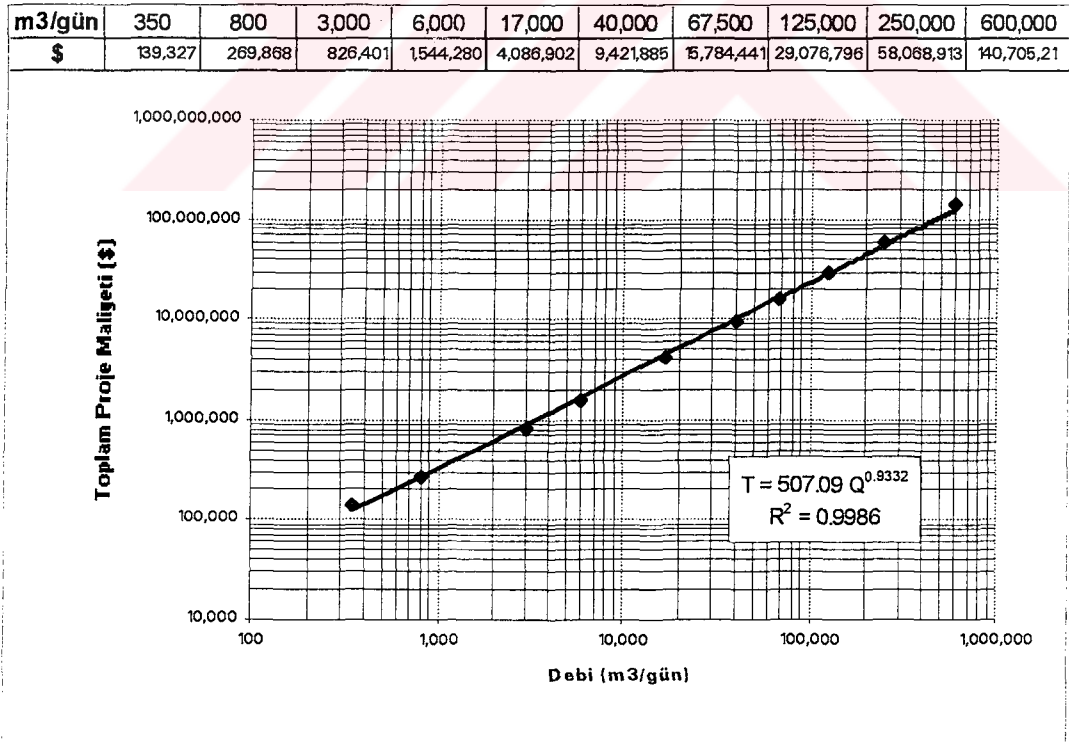
Şekil 4.13 Biyodisk için debi-toplam proje maliyeti grafiği



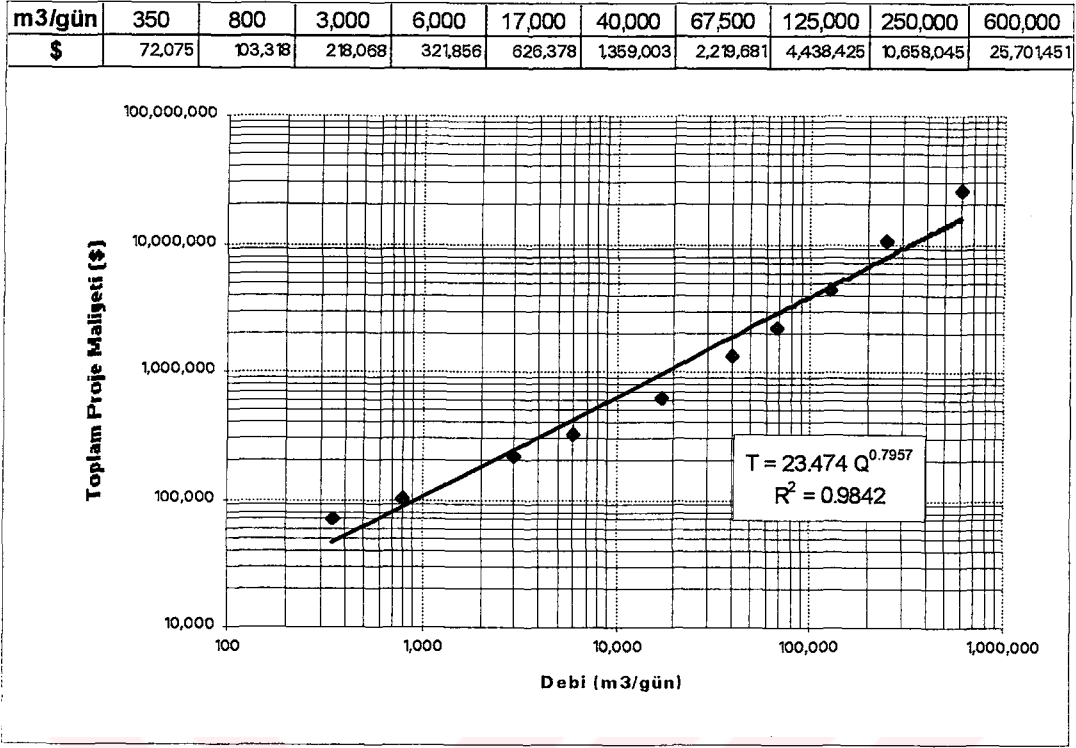
Şekil 4.14 Oksidasyon hendeği için debi-toplam proje maliyeti grafiği



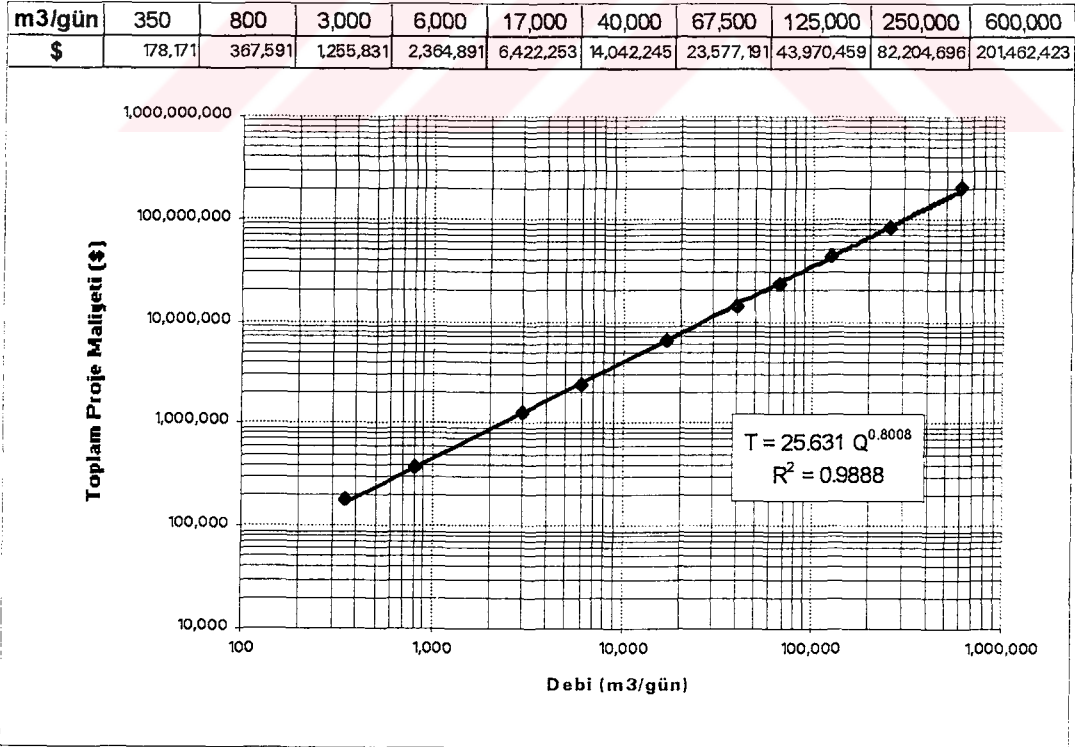
Şekil 4.15 Stabilizasyon havuzu için debi-toplam proje maliyeti grafiği



Şekil 4.16 Yüzeyden akıtılarak arazide arıtma için debi-toplam proje maliyeti grafiği



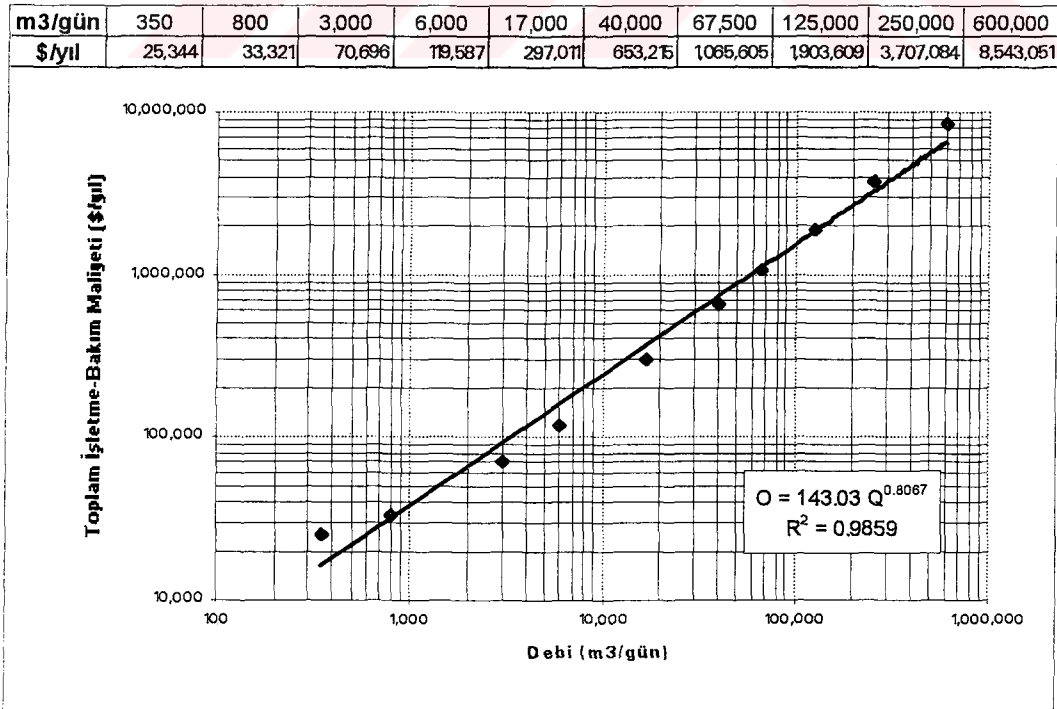
Şekil 4.17 Hızlı infiltrasyon yoluyla arazide arıtma için debi-toplam proje maliyeti grafiği



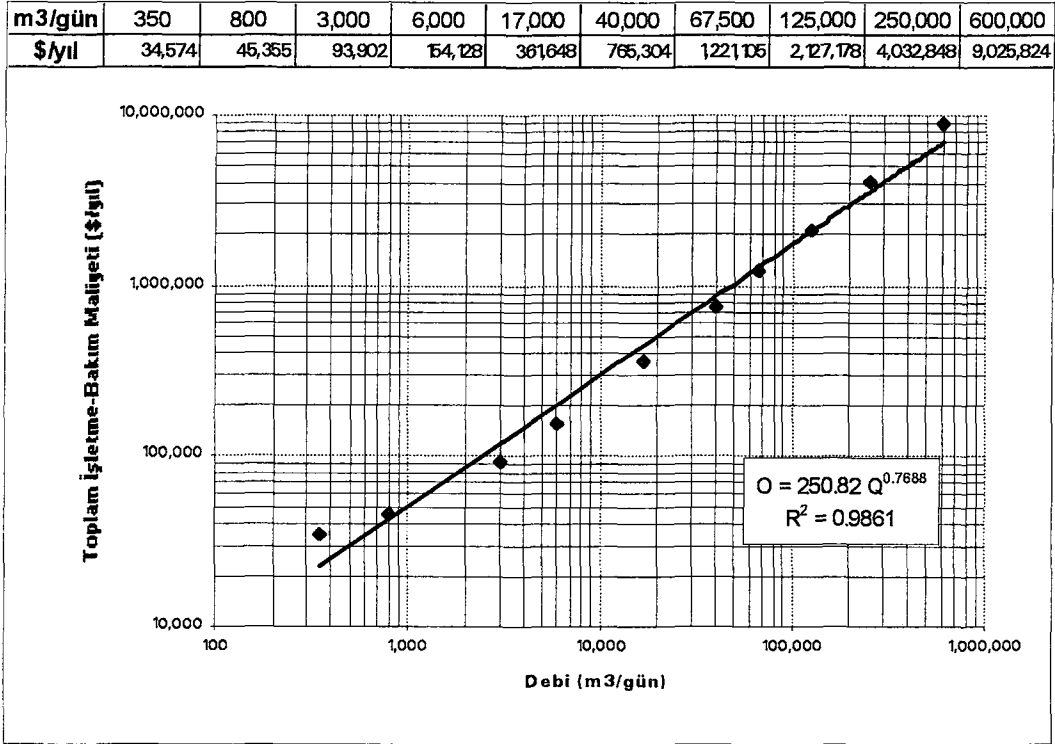
Şekil 4.18 Düşük hızlı infiltrasyon yoluyla arazide arıtma için debi-toplam proje maliyeti grafiği

4.2.2 Debi-Toplam İşletme ve Bakım Maliyeti Münasebetleri

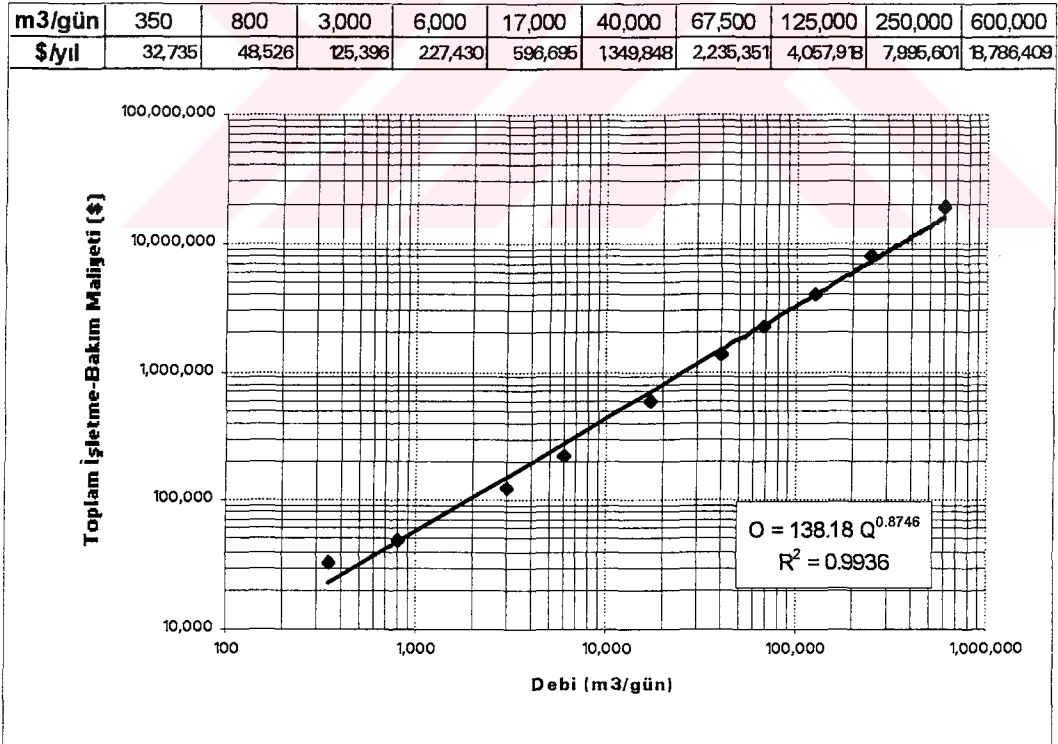
Bu çalışma kapsamında dikkate alınan debiler için MT”programı ile işletme-bakım işçilik bedelleri, enerji bedelleri, malzeme bedelleri ve kimyasal madde bedellerinin toplamından meydana gelen “Toplam İşletme-Bakım” maliyetleri hesaplanmıştır. Toplam işletme-bakım bedelleri \$/yıl” biriminde verilmiştir. Çift logaritmik eksenli grafik kağıdına debiye karşı toplam işletme-bakım maliyetleri işaretlenmiş ve noktalardan birer doğru geçirilmiştir (Şekil 4.19, Şekil 4.20, Şekil 4.21, Şekil 4.22, Şekil 4.23, Şekil 4.24, Şekil 4.25, Şekil 4.26, Şekil 4.27, Şekil 4.28, Şekil 4.29, Şekil 4.30, Şekil 4.31 ve Şekil 4.32). Uzun havalandırmalı aktif çamur sistemi hariç korelasyon katsayısının 0.96 nın üzerinde olduğu görülmektedir. Uzun havalandırmalı aktif çamur sisteminde ise 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. “Debi-toplam işletme ve bakım maliyeti” münasebetleri de denklem 3.1 deki parametrik ifadeyle gösterilmiş, a ve b katsayıları denklemlerle birlikte ilgili grafikler üzerine yazılmıştır. 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.



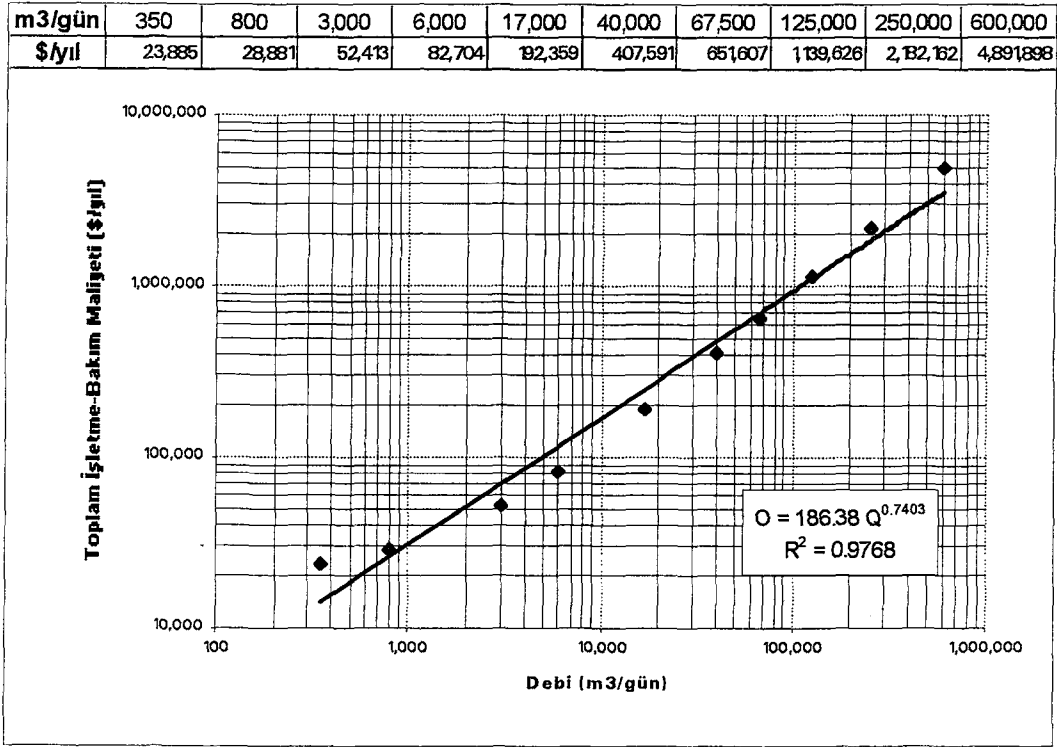
Şekil 4.19 Tam karışımli aktif çamur için debi-toplam işletme ve bakım maliyet grafiği



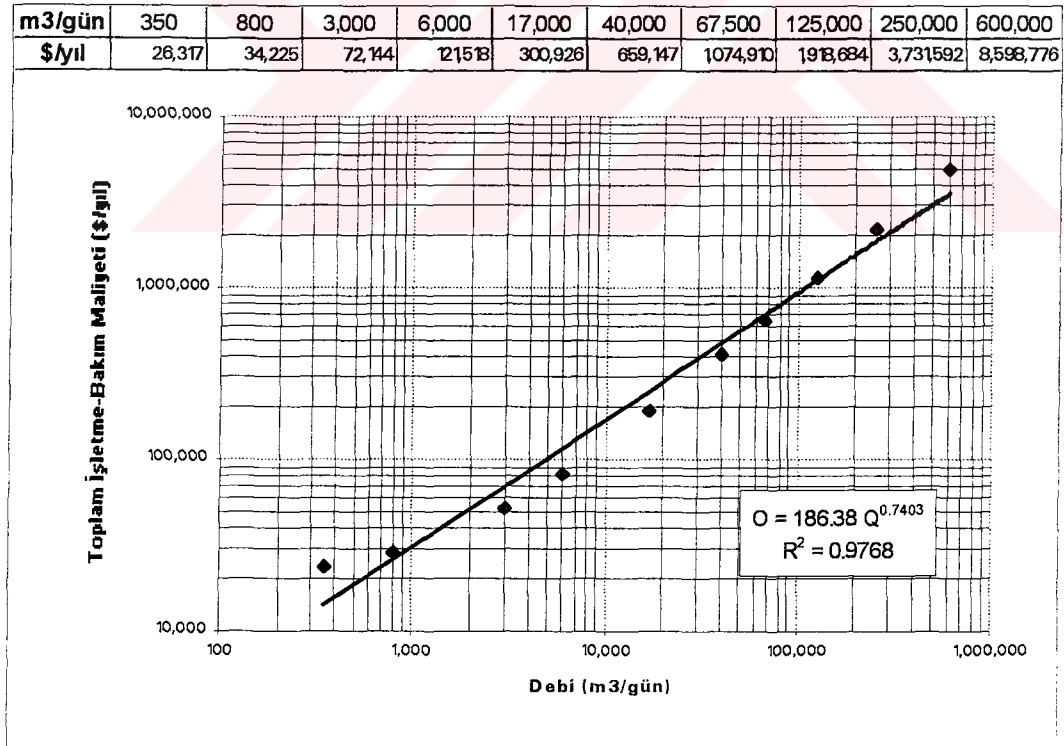
Şekil 4.20 Kontak stabilizasyon için debi-toplam işletme ve bakım maliyet grafiği



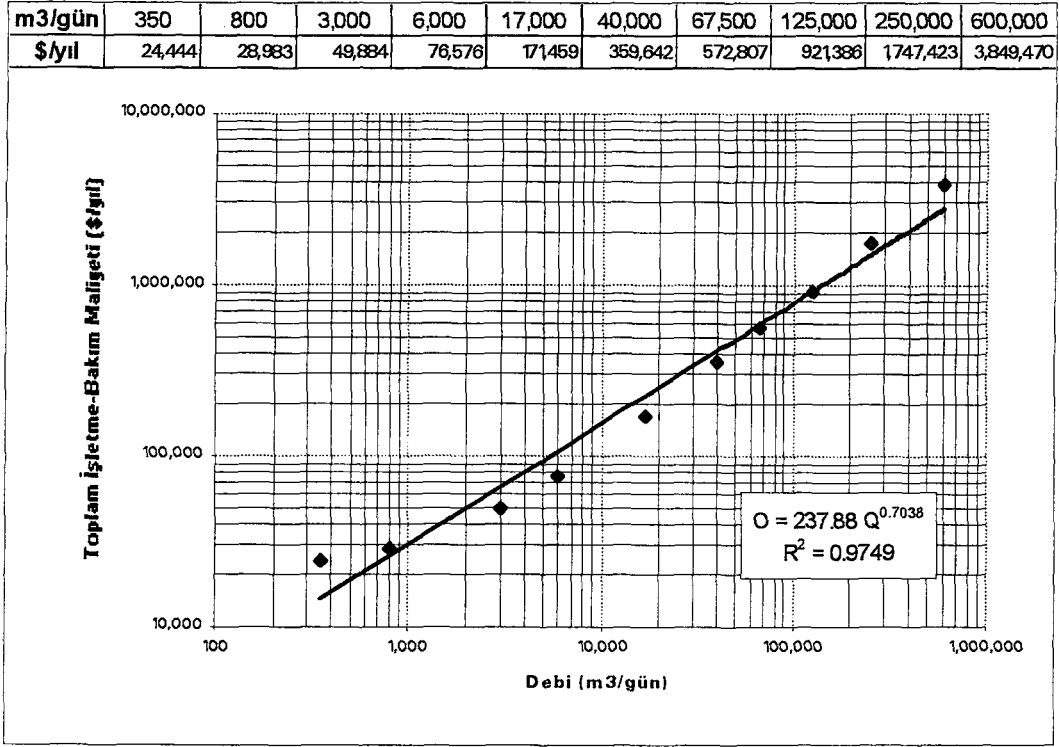
Şekil 4.21 Uzun havalandırma için debi-toplam işletme ve bakım maliyet grafiği



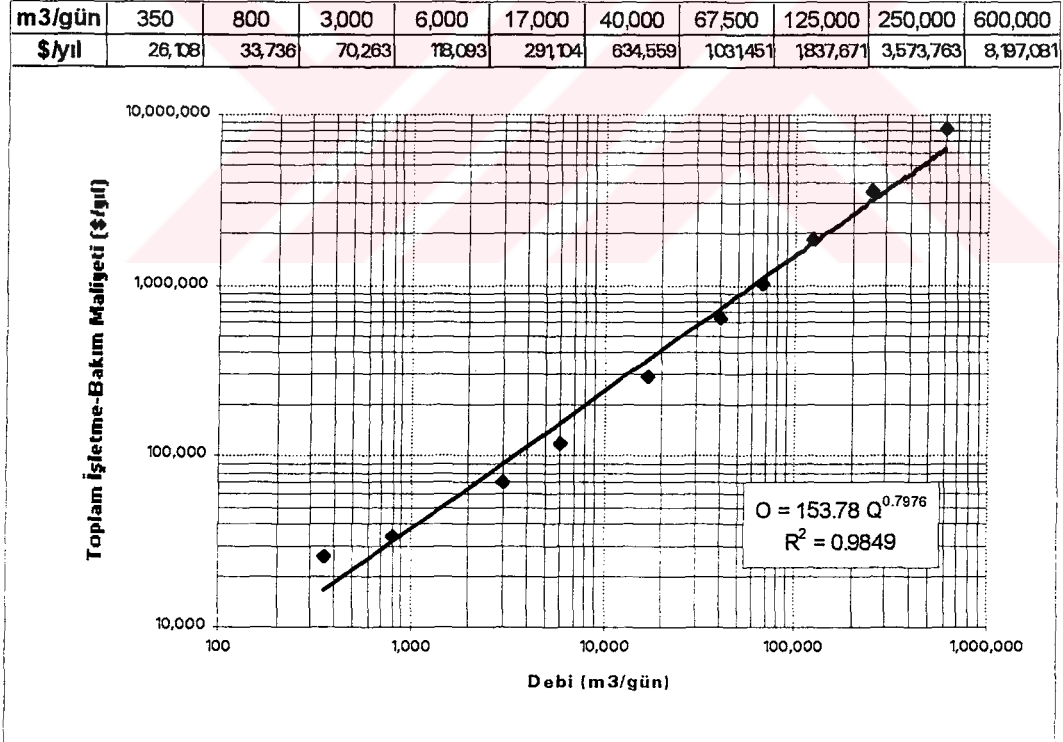
Şekil 4.22 Yüksek hızlı aktif çamur için debi-toplam işletme ve bakım maliyet grafiği



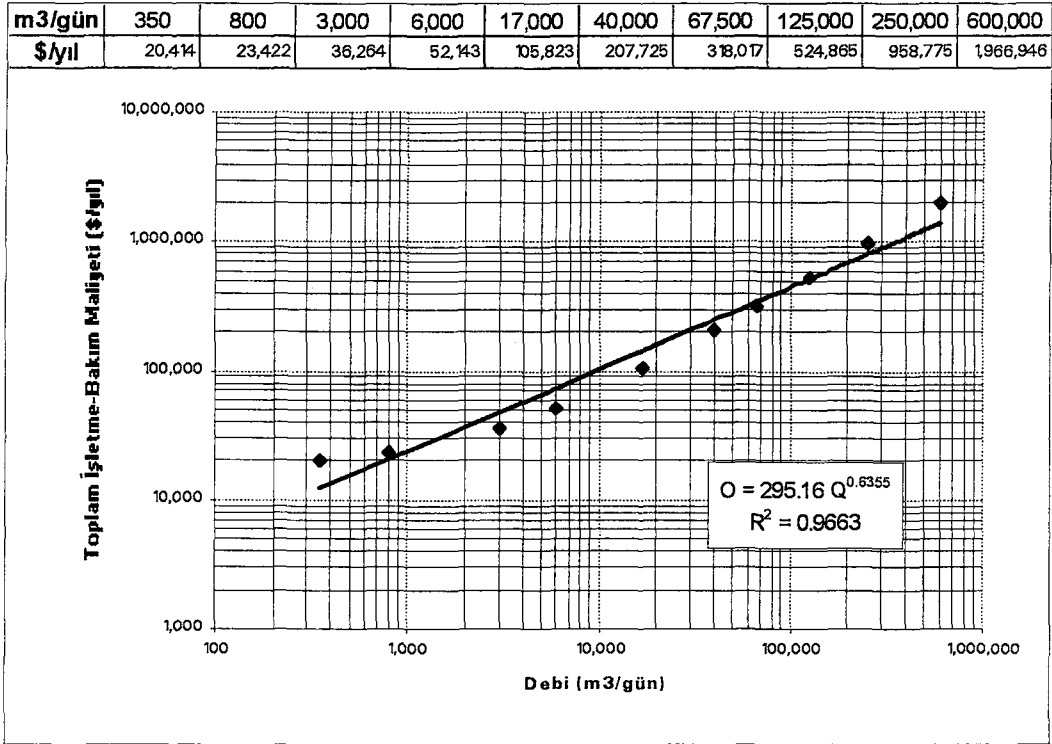
Şekil 4.23 Piston akımlı aktif çamur için debi-toplam işletme ve bakım maliyet grafiği



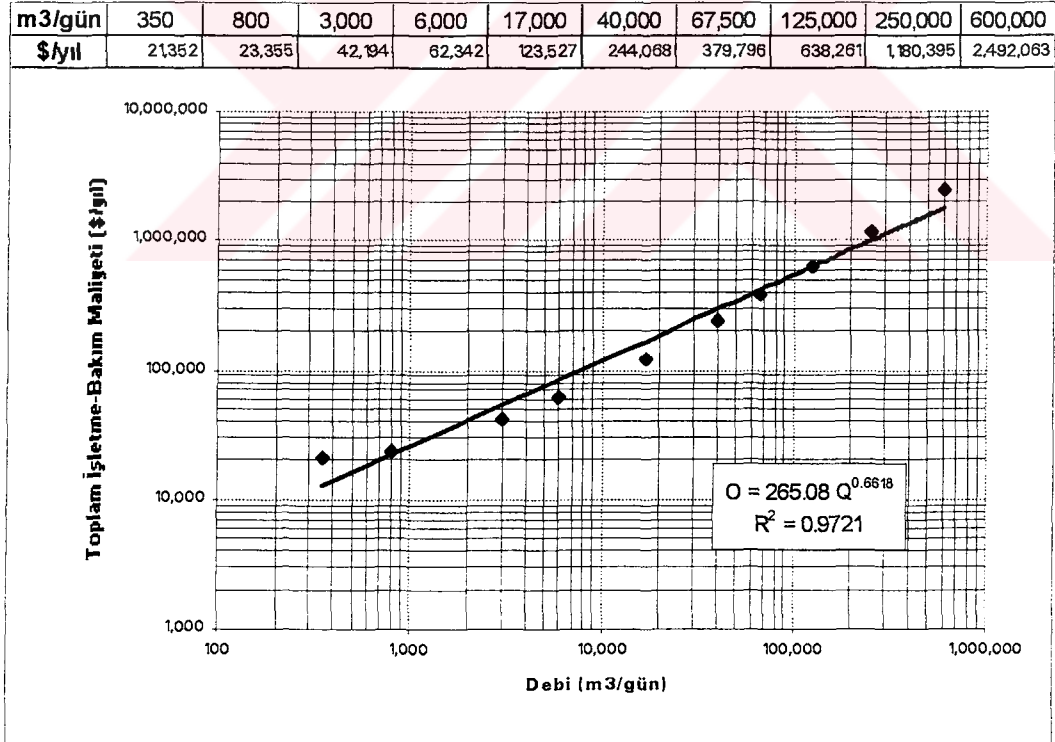
Şekil 4.24 Saf oksijen için debi-toplam işletme ve bakım maliyet grafiği



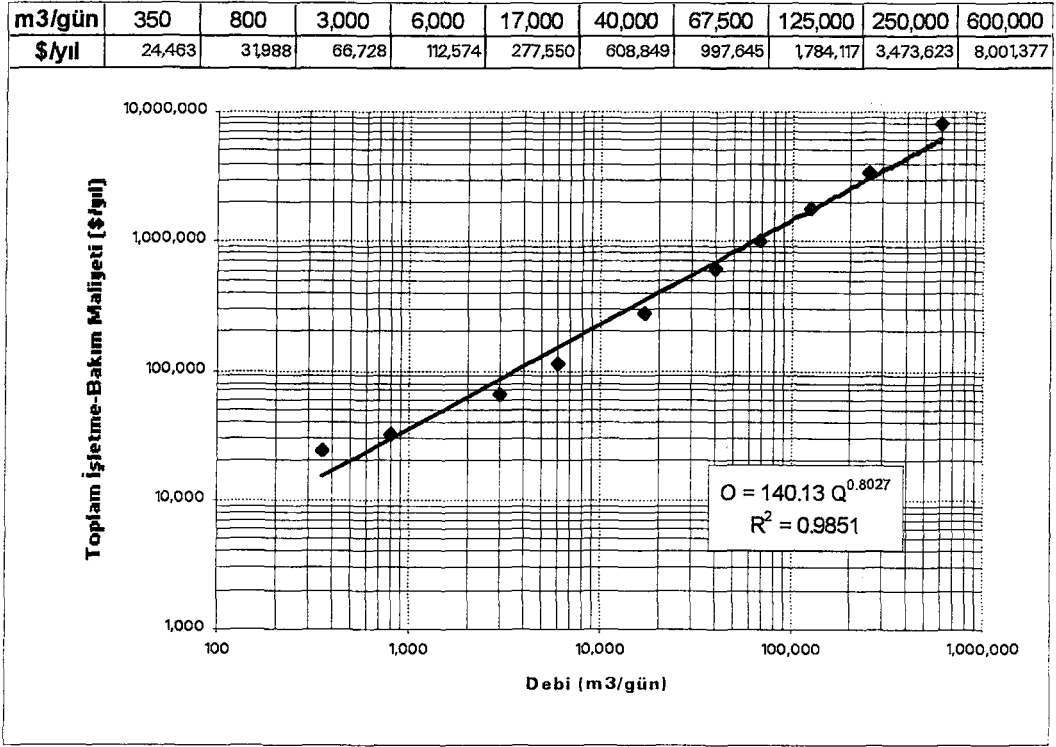
Şekil 4.25 Kademeli havalandırma için debi-toplam işletme ve bakım maliyet grafiği



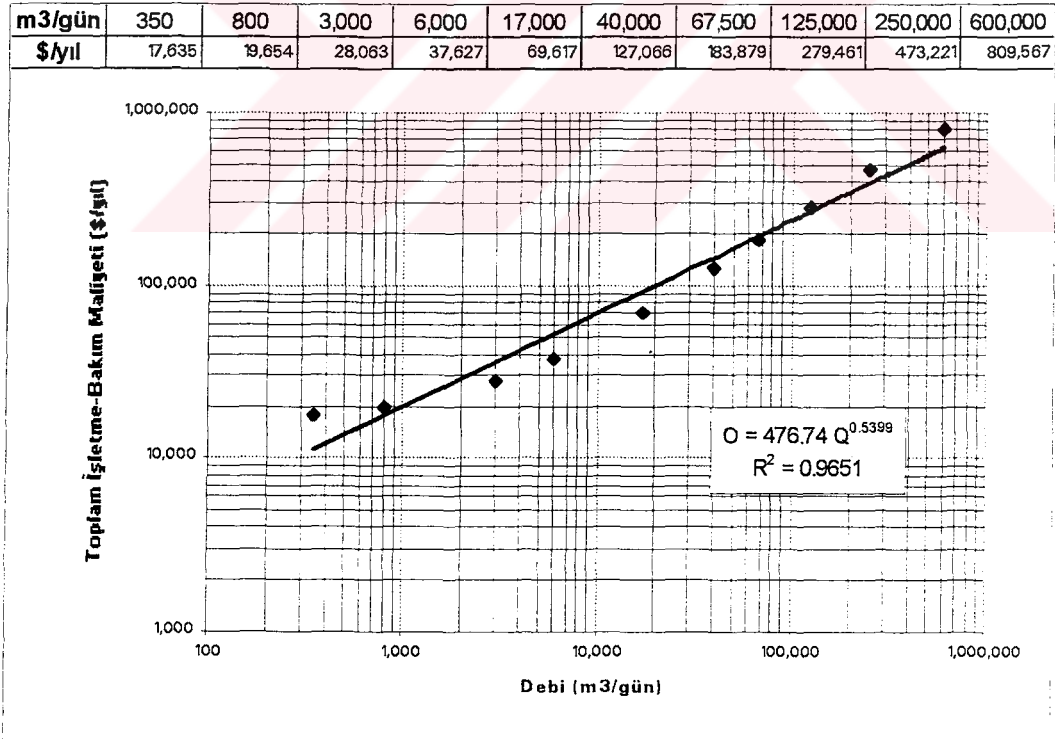
Şekil 4.26 Damlatmalı filtre için debi-toplam işletme ve bakım maliyet grafiği



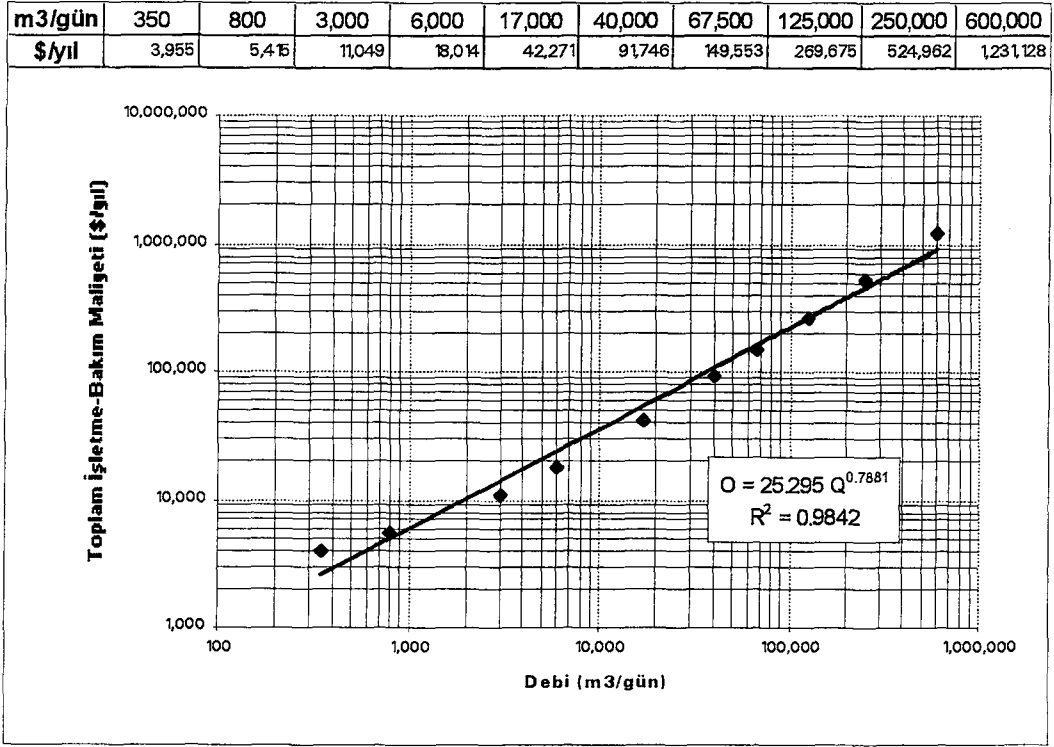
Şekil 4.27 Biodysk için debi-toplam işletme ve bakım maliyet grafiği



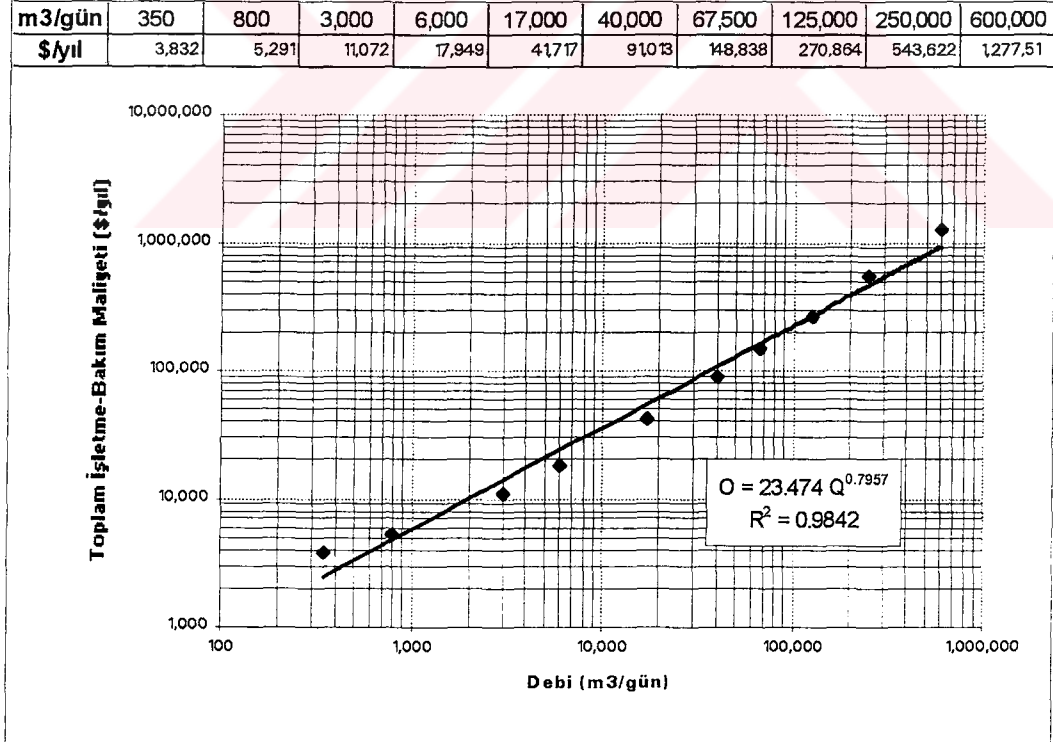
Şekil 4.28 Oksidasyon hendeği için debi-toplam işletme ve bakım maliyet grafiği



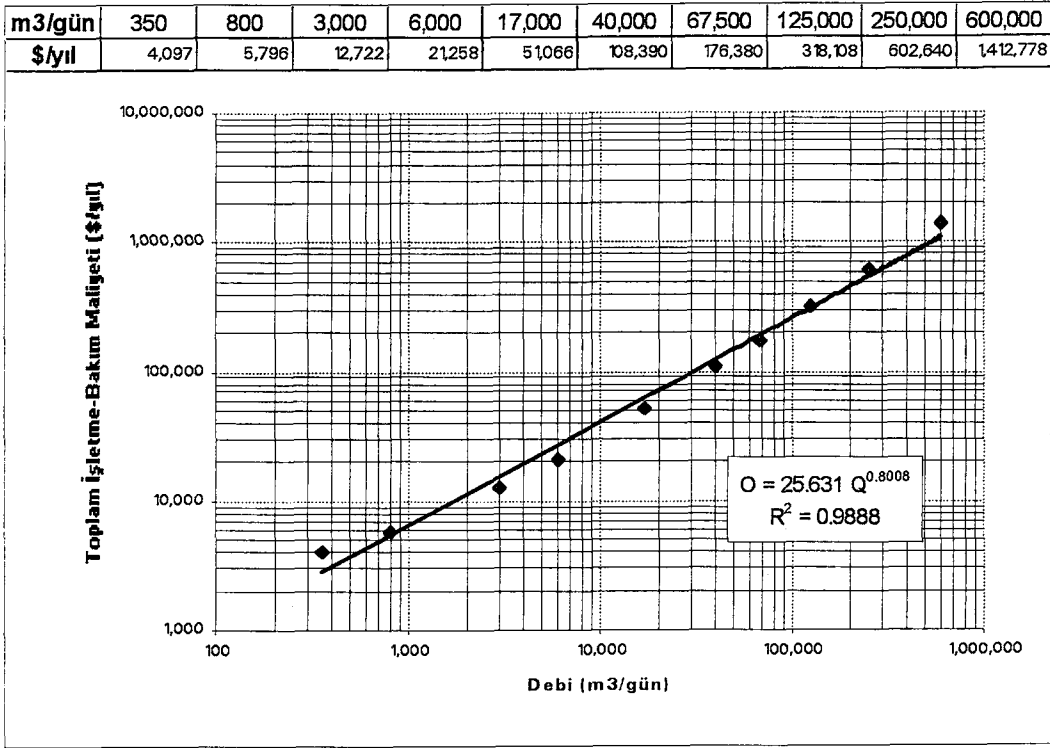
Şekil 4.29 Stabilizasyon havuzu için debi-toplam işletme ve bakım maliyet grafiği



Şekil 4.30 Yüzeyden akıtılarak arazide arıtma için debi-toplam işletme ve bakım maliyet grafiği



Şekil 4.31 Hızlı infiltrasyon yoluyla arazide arıtma için debi-toplam işletme ve bakım maliyet grafiği



Şekil 4.32 Düşük hızlı infiltrasyon yoluyla arazide arıtma için debi-toplam işletme ve bakım maliyet grafiği

4.2.3 Debi-Birim Hacimdeki Atıksuyun Arıtma Maliyeti Münasebetleri

Şekil 4.5 ilâ Şekil 4.32 de, değişik debiler için toplam proje maliyeti ile toplam işletme-bakım maliyetleri gösterilmiştir. Bu grafikler farklı debiler için hazırlanmış olduğundan mukayese maksadıyla kullanılması sınırlıdır. Buna karşılık 1 m³ atıksuyun arıtma bedeli çeşitli açılardan mukayese için daha kullanışlı bir parametre olarak gözükmetedir.

Şekil 4.1 ilâ Şekil 4.4 de akım şemaları verilen arıtma sistemleri için yıllık toplam maliyetler, bir yılda arıtılan atıksu miktarlarına bölünerek, 1 m³ atıksuyun arıtılma bedelleri hesaplanmıştır. MT[®] programında amortisman bedelleri, toplam işletme-bakım maliyetleri ve yönetim giderleri \$/yıl bazında hesaplanmaktadır. Toplam proje maliyetinin, proje süresi için bir seri ödeme şeklinde gösterilmesi mümkündür. Toplam proje maliyetinin bir yıla tekabül eden miktarı;

$$S = T \frac{f'(1+f)^n}{(1+f)^n - 1} \quad (4.1)$$

formülünden bulunmuştur (Karpuzcu, 1987). Bu formülde,

S: Bir yıla tekabül eden toplam proje maliyetini, (\$/yıl)

T: Toplam proje maliyetini, (\$)

f: faiz oranını,

n: proje süresini, (yıl)

göstermektedir.

1 m³ atıksuyun arıtılma bedeli,

$$B = \frac{(S+O+L)}{Q.365} \quad (4.2)$$

formülünden hesaplanmıştır. Bu formülde;

B : 1 m³ atıksuyun arıtılma maliyetini (\$/m³),

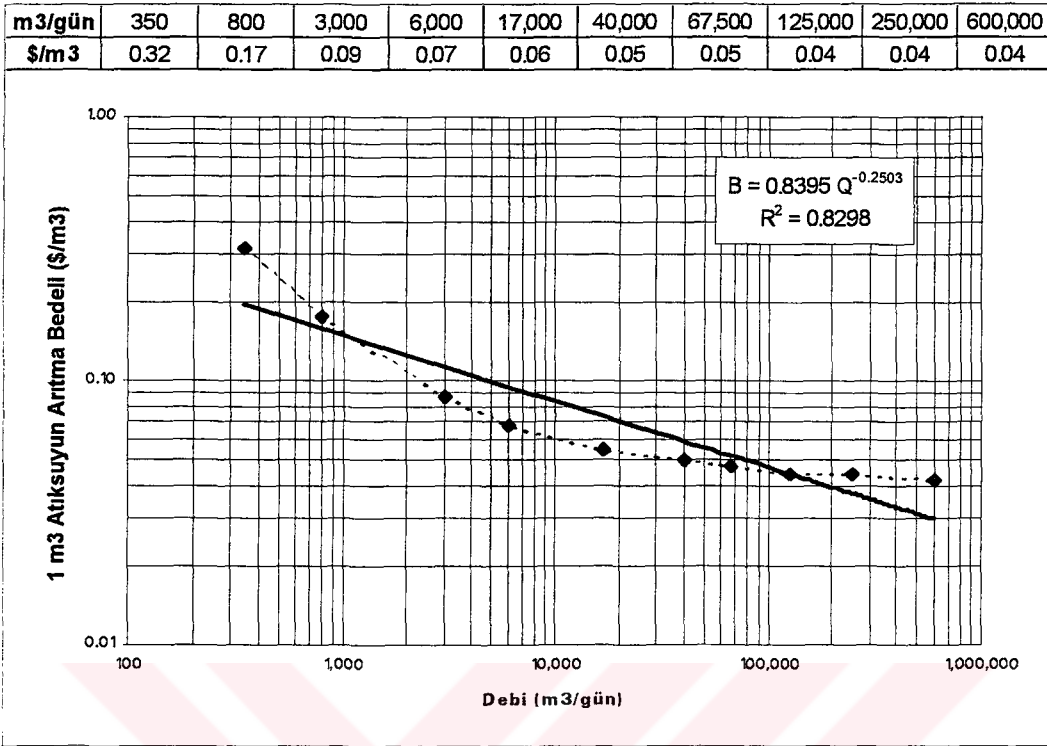
O : Toplam işletme-bakım maliyetini (\$/yıl),

L : Yönetim giderini (\$/yıl),

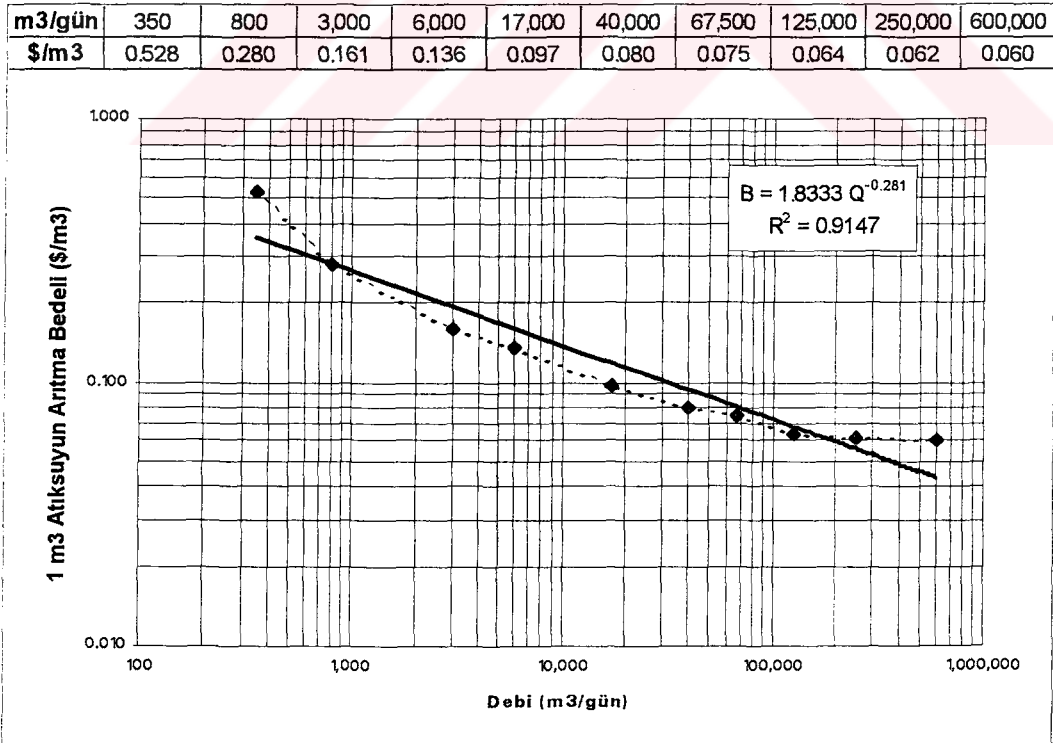
Q : Debi (m³/gün),

göstermektedir.

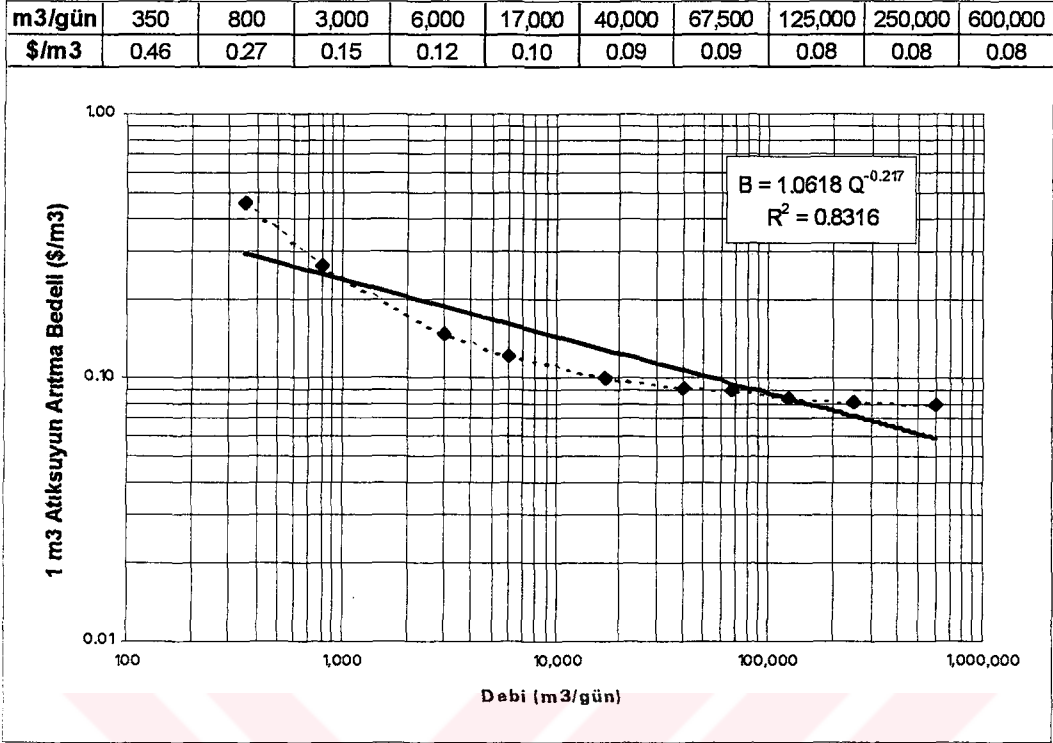
İncelenen arıtma sistemleri için yukarıdaki metotla hesaplanan 1 m³ atıksuyun arıtılma maliyetlerinin debiye göre değişimi, çift logaritmik eksenli grafik kağıdına işaretlenerek Şekil 4.33, Şekil 4.34, Şekil 4.35, Şekil 4.36, Şekil 4.37, Şekil 4.38, Şekil 4.39, Şekil 4.40, Şekil 4.41, Şekil 4.42, Şekil 4.43, Şekil 4.44, Şekil 4.45, Şekil 4.46, Şekil 4.47, Şekil 4.48, ve Şekil 4.49 daki grafikler elde edilmiştir. 1 m³ atıksuyun arıtılma bedelinin, 10.000 m³/gün debisinden itibaren yaklaşık olarak sabit kaldığı görülmektedir. "Debi-1 m³ atıksuyun arıtılma bedeli" münasebetleri de çift logaritmik eksenle birer doğru ile temsil edilmişlerdir. Bu doğrular da denklem (3.1) formunda ifade edilmiş ve katsayılarıyla grafikler üzerinde gösterilmiştir. Korelasyon katsayılarının 0.8-0.9 mertebesinde olduğu tespit edilmiştir. Şekil 4.33 ile Şekil 4.49 arasındaki grafikleri bir doğru yerine başlangıçta hızlı, zamanla azalan eğimli bir eğri ile göstermekte mümkündür. Bu eğriler grafiklerde kesikli çizgilerle gösterilmiştir. Tüm grafiklerden çıkarılacak sonuç tesis büyüklüğü arttıkça birim hacimdeki atıksuyun arıtılma maliyetinin azaldığı yönündedir. Eğrilerden çıkarılacak sonuç ise; en ekonomik arıtma alternatiflerinin arazide arıtma sistemleri olduğudur. Şekil 4.34, Şekil 4.37 ve Şekil 4.43 de çamur tasfiyesi de dikkate alınarak 1 m³ atıksuyun arıtma maliyetinin debiyle değişimi gösterilmiştir.



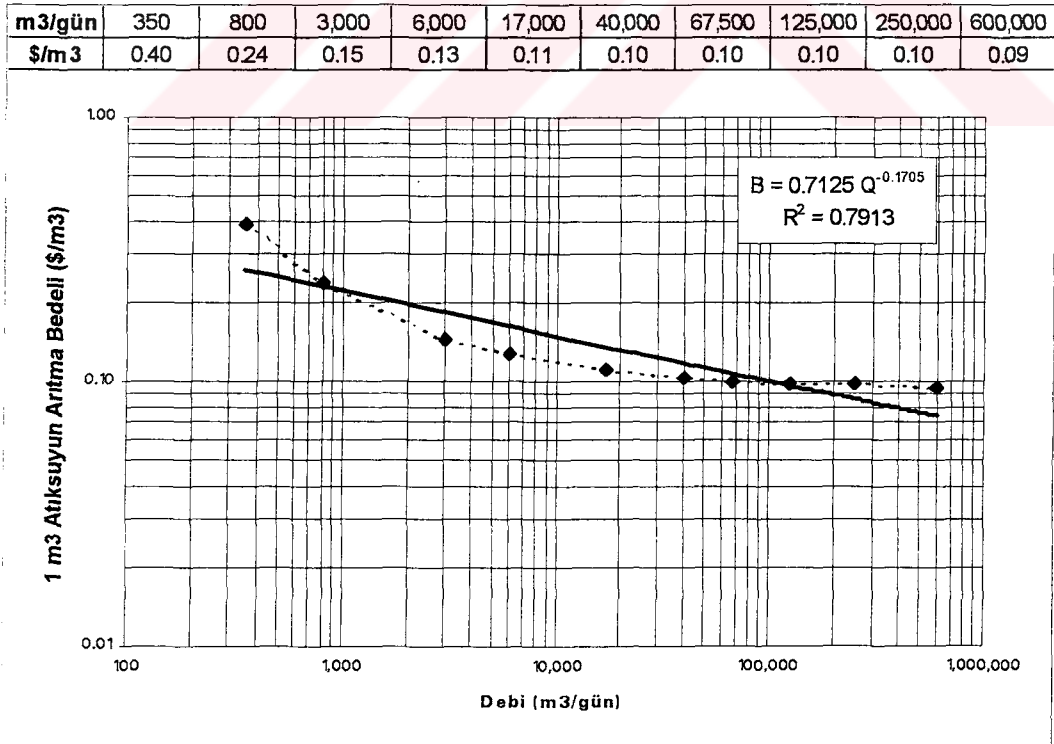
Şekil 4.33 Tam karışımli aktif çamur için debi-1 m³ atıksuyun arıtılma Maliyet Grafiği



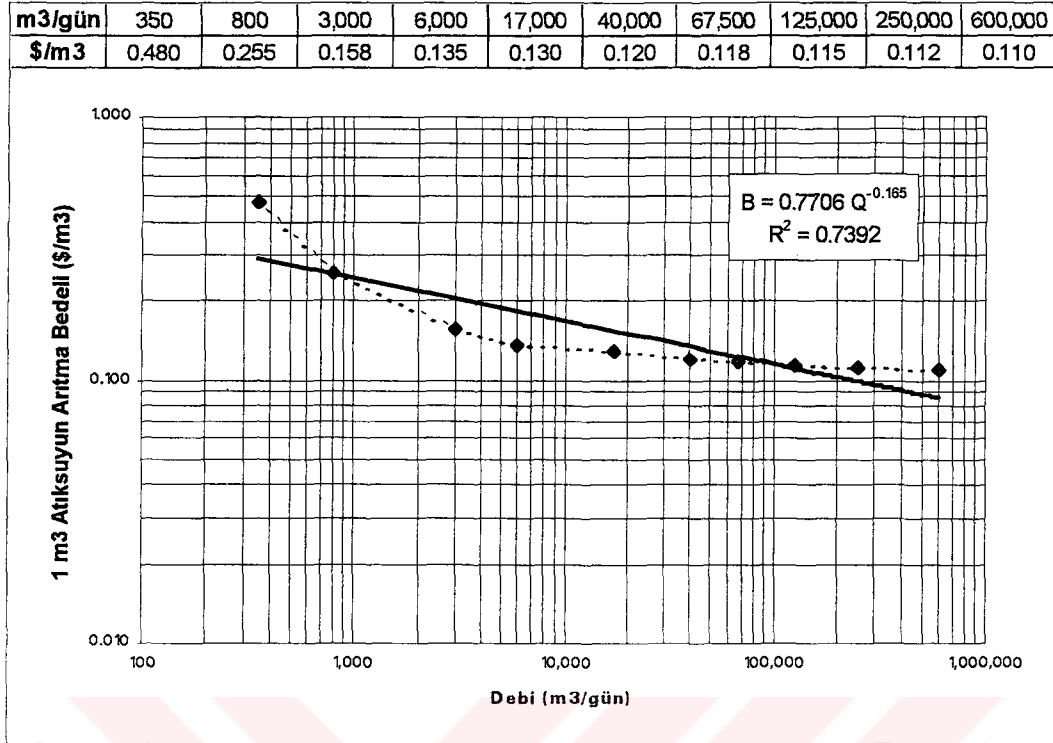
Şekil 4.34 Tam karışımli aktif çamur için debi-1 m³ atıksuyun arıtılma maliyet grafiği (Çamur tasfiye maliyeti dahil)



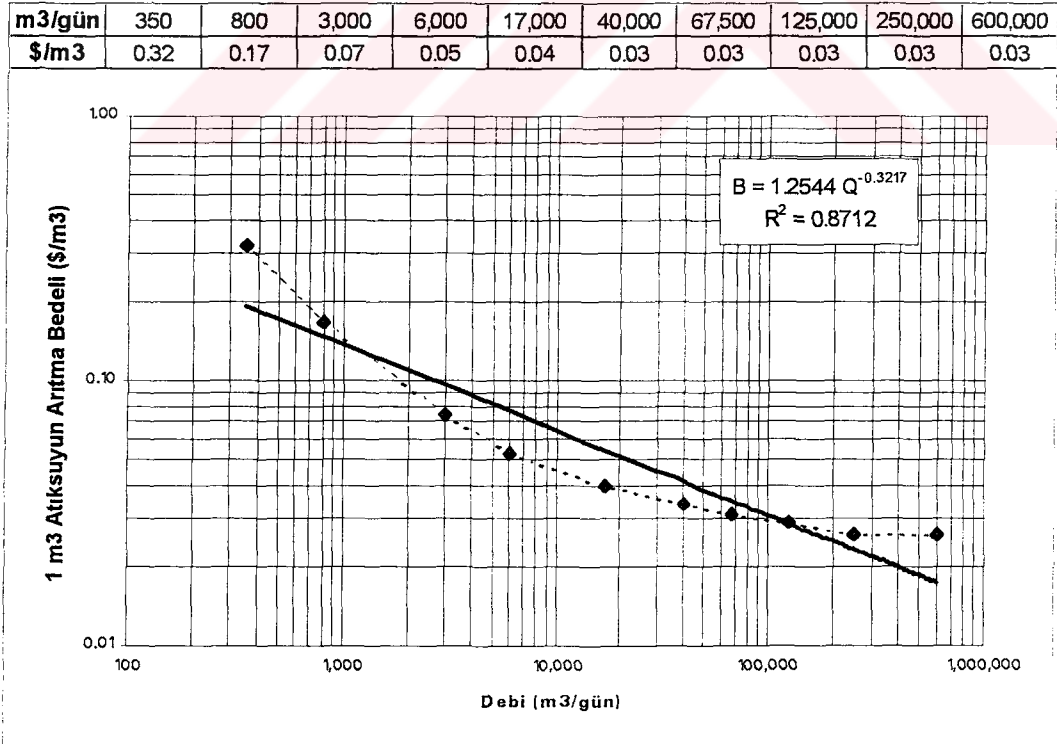
Şekil 4.35 Kontak stabilizasyon için debi-1 m³ atıksuyun arıtılma maliyet grafiği



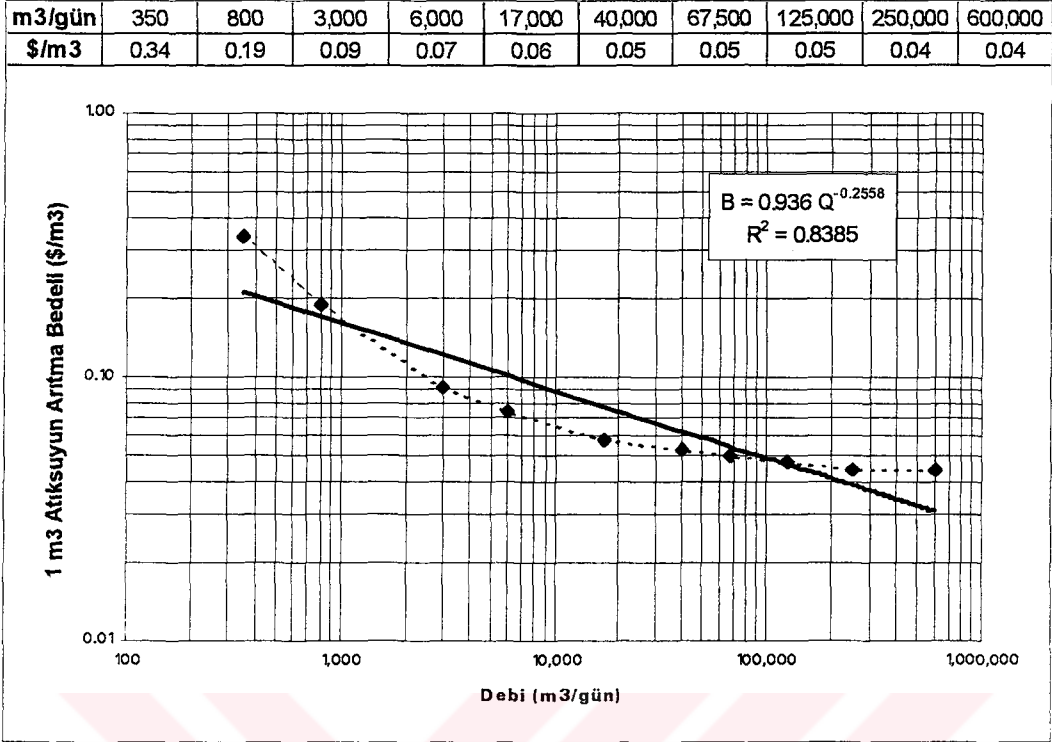
Şekil 4.36 Uzun havalandırma için debi-1 m³ atıksuyun arıtılma maliyet grafiği



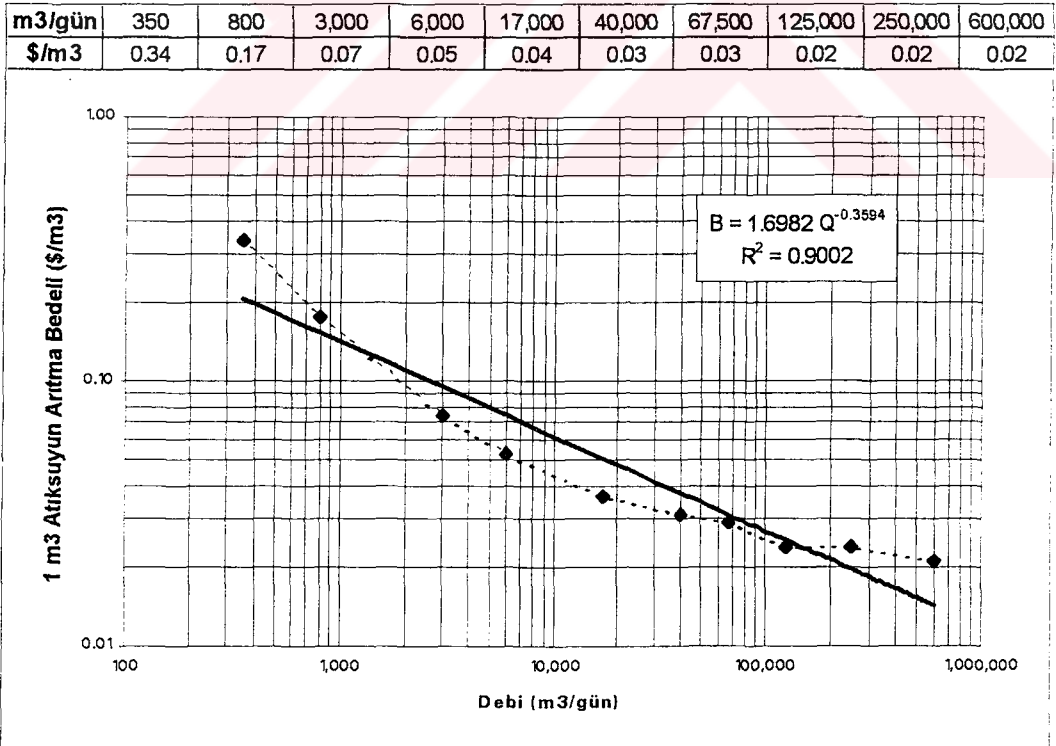
Şekil 4.37 Uzun havalandırma için debi-1 m³ atıksuyun arıtılma maliyet grafiği (Çamur tasfiye maliyeti dahil)



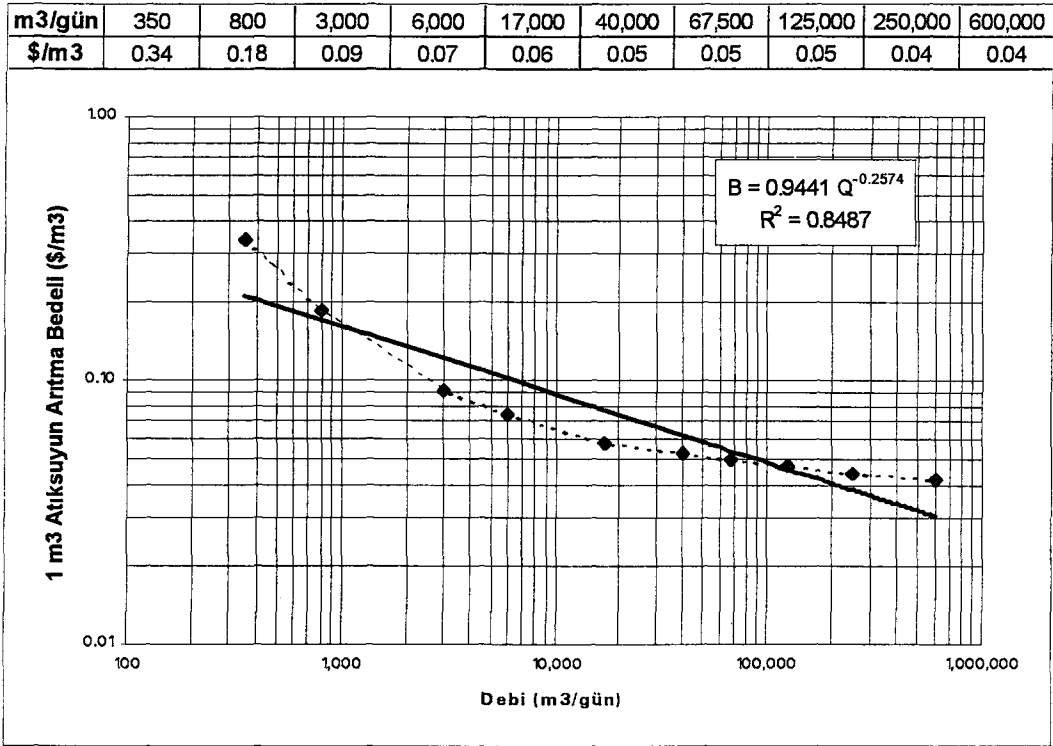
Şekil 4.38 Yüksek hızlı aktif çamur için debi-1 m³ atıksuyun arıtılma maliyet grafiği



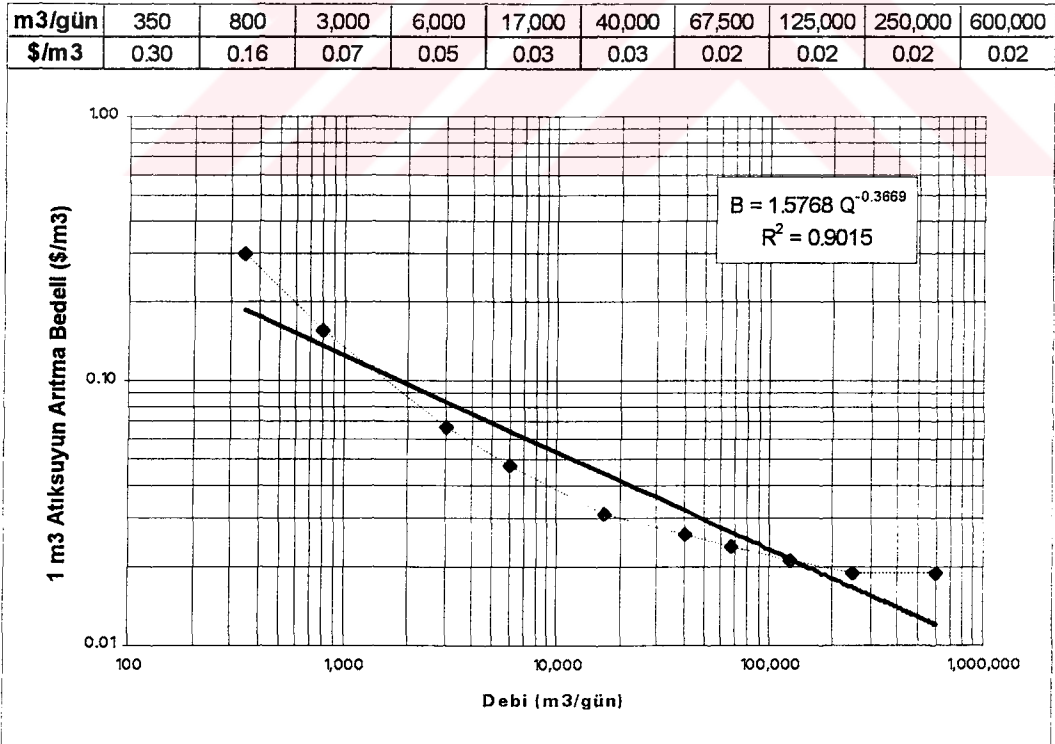
Şekil 4.39 Piston akımlı aktif çamur için debi-1 m³ atıksuyun arıtılma maliyet grafiği



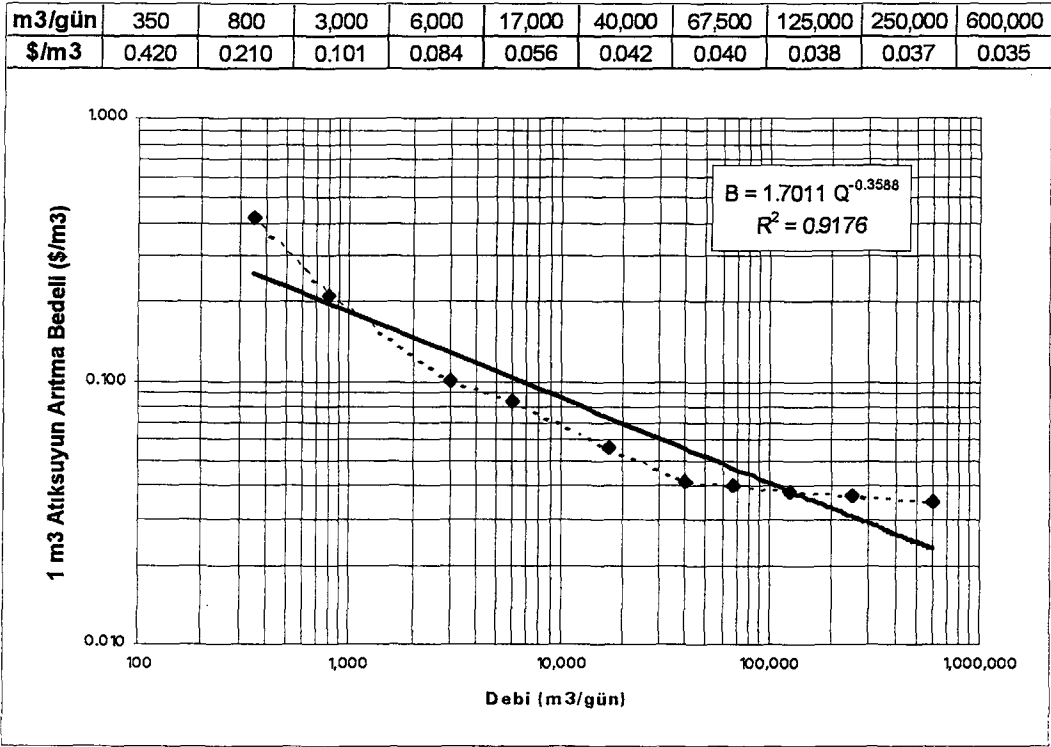
Şekil 4.40 Saf oksijen için debi-1 m³ atıksuyun arıtılma maliyet grafiği



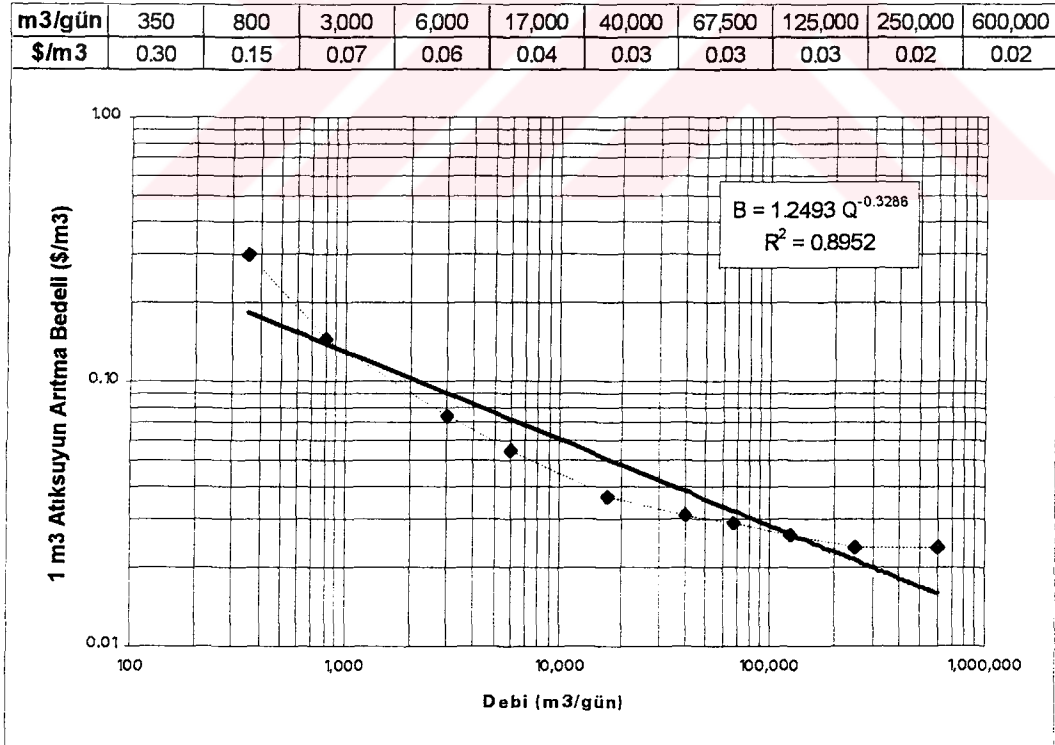
Şekil 4.41 Kademeli havalandırma için debi-1 m³ atıksuyun arıtılma maliyet grafiği



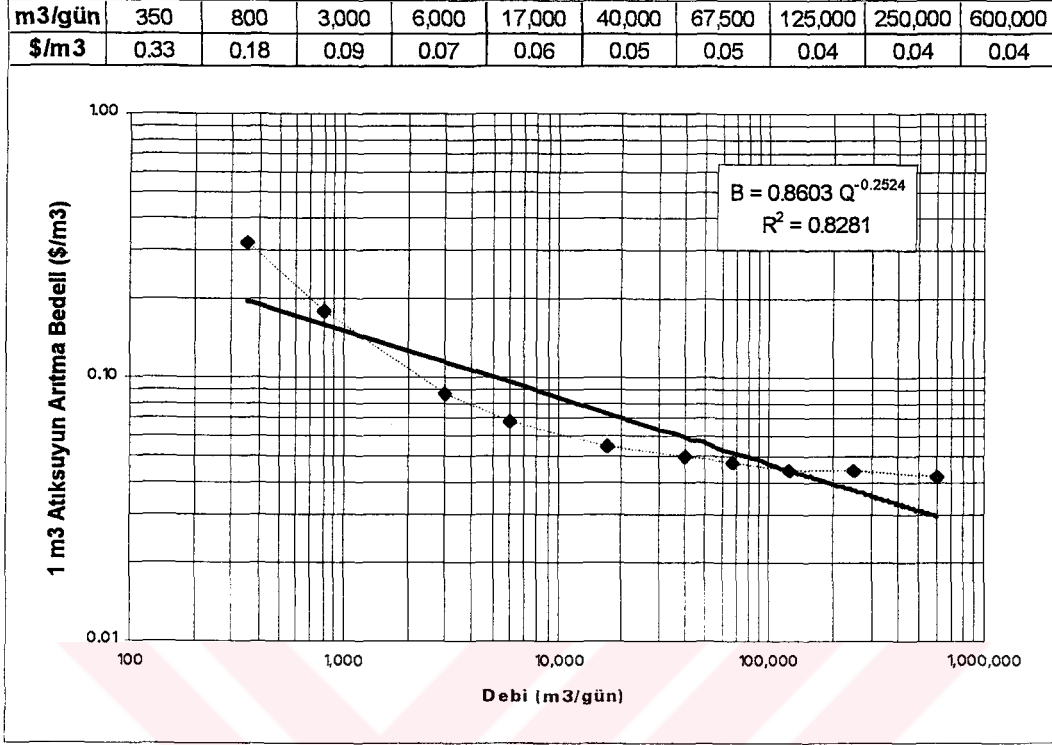
Şekil 4.42 Damlatmalı filtre için debi-1 m³ atıksuyun arıtılma maliyet grafiği



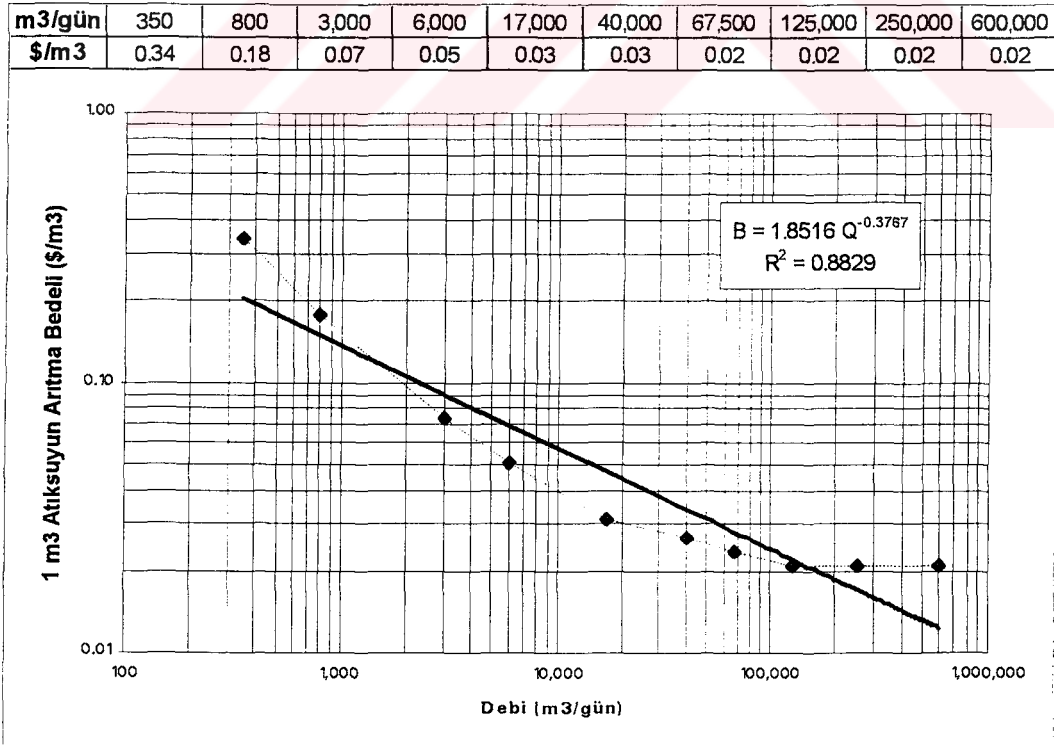
Şekil 4.43 Damlatmalı filtre için Debi-1 m³ atıksuyun arıtılma maliyet grafiği (Çamur tasfiye maliyeti dahil)



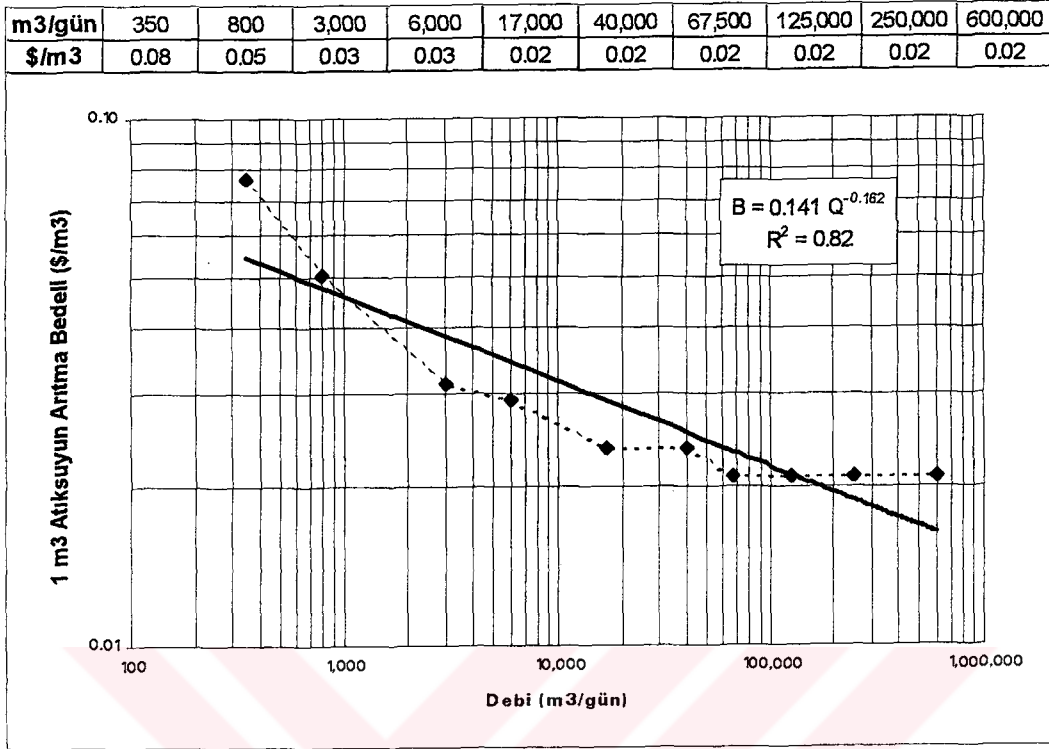
Şekil 4.44 Biyodisk için debi-1 m³ atıksuyun arıtılma maliyet grafiği



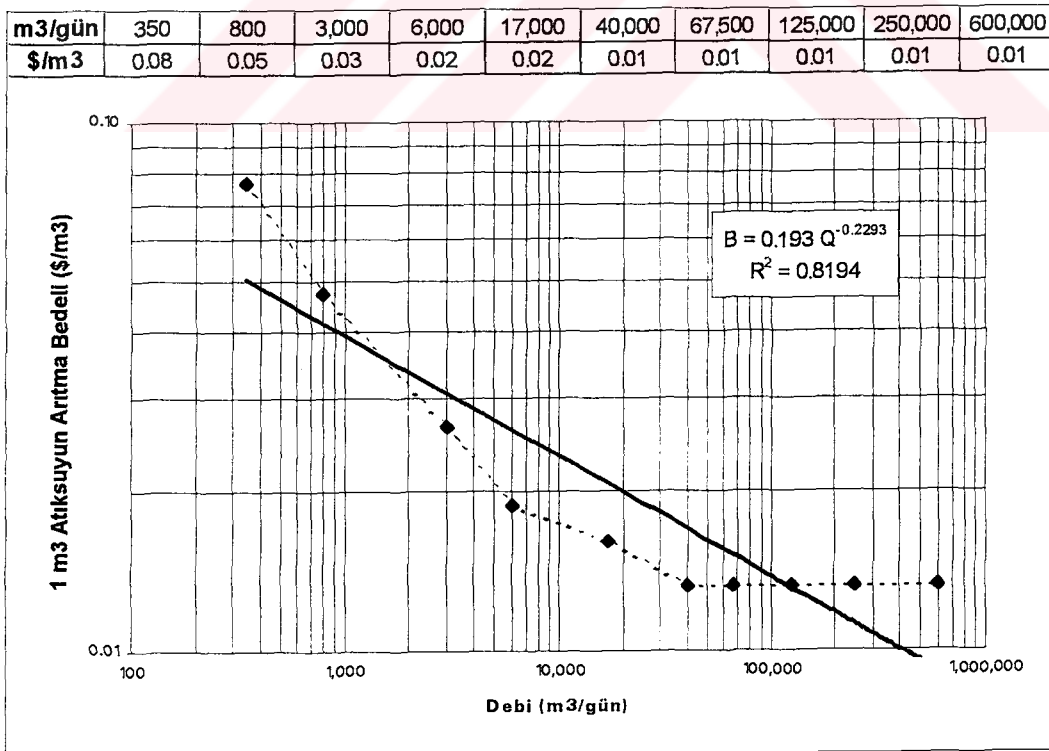
Şekil 4.45 Oksidasyon hendeği için debi-1 m³ atıksuyun arıtılma maliyet grafiği



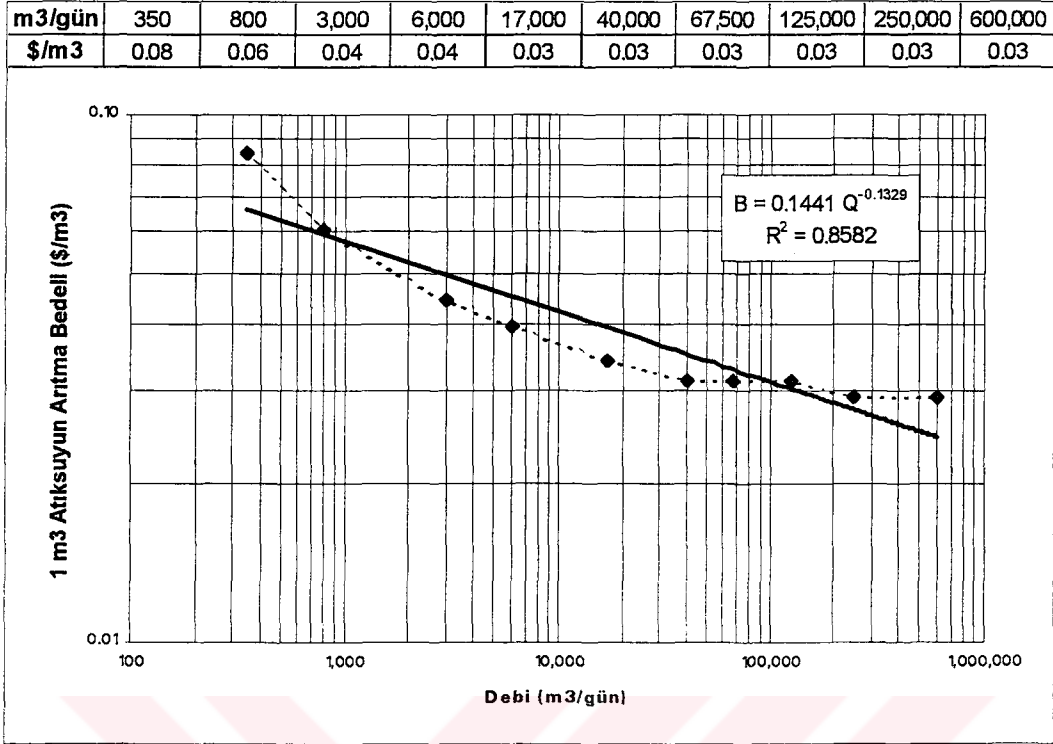
Şekil 4.46 Stabilizasyon havuzu için debi-1 m³ atıksuyun arıtılma maliyet grafiği



Şekil 4.47 Yüzeyden akıtılarak arazide arıtma için debi-1 m³ atıksuyun arıtılma maliyet grafiği



Şekil 4.48 Hızlı infiltrasyon yoluyla arazide arıtma için debi-1 m³ atıksuyun arıtılma maliyet grafiği

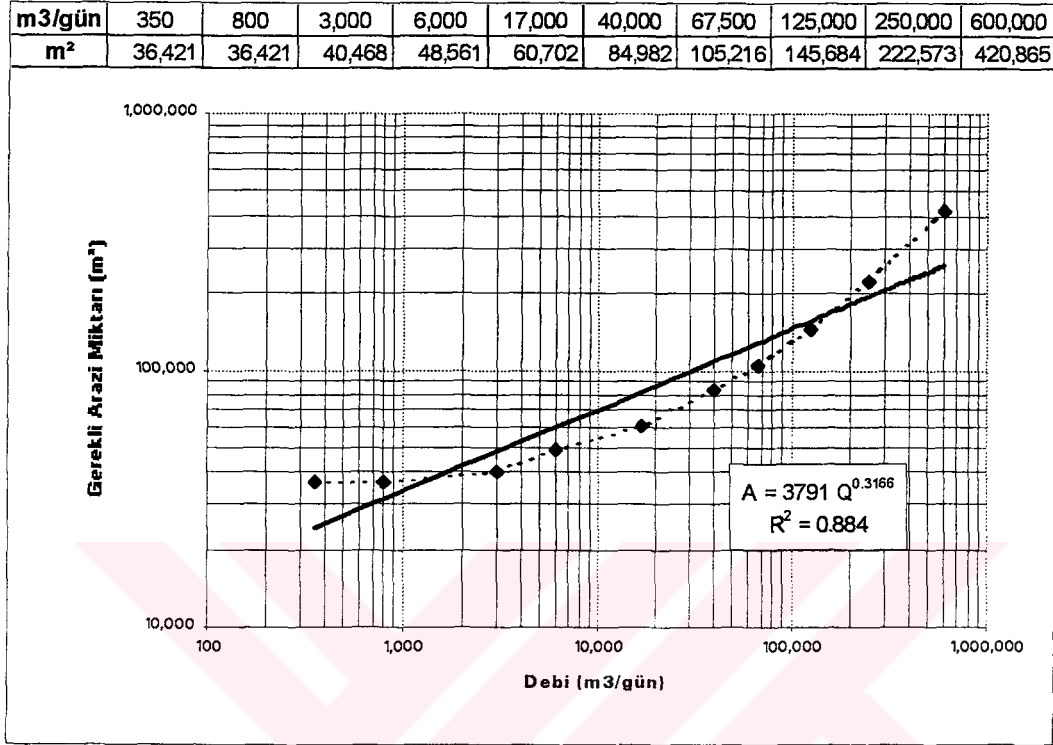


Şekil 4.49 Düşük hızlı infiltrasyon yoluyla arazide arıtma için debi-1 m³ atıksuyun arıtılma maliyet grafiği

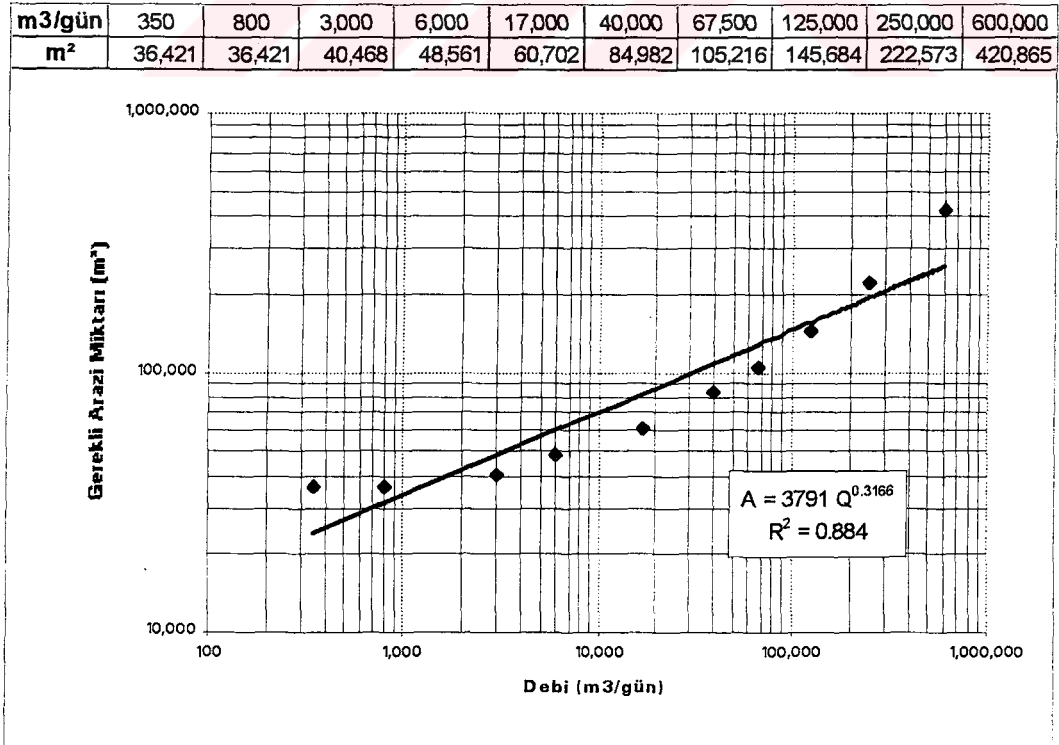
4.2.4 Debi-Arazi İhtiyacı Münasebetleri

Atıksu Arıtma Sistemi seçimine tesir eden bir diğer önemli faktör de arazi ihtiyacıdır. Arazinin kıymetli olduğu yerlerde az yer kaplayan sistemler tercih edilir. Bu çalışmada incelenen atıksu arıtma sistemlerinin debiye bağlı olarak arazi ihtiyaçları da hesaplanmış ve neticeler çift logaritmik eksenli grafik kağıdında işaretlenerek uygun doğru ve eğriler çizilmiştir (Şekil 4.50, Şekil 4.51, Şekil 4.52, Şekil 4.53, Şekil 4.54 ve Şekil 4.55). Tam karışımli, kontak stabilizasyon, uzun havalandırmalı, yüksek hızlı, piston akımlı, saf oksijen ve kademeli havalandırmalı aktif çamur ihtiva eden arıtma sistemlerinin arazi ihtiyaçları birbirine eşittir. Aynı şekilde damlatmalı filtre, biyodisk ve oksidasyon hendeği arazi ihtiyaçları da aynıdır. Arazide arıtma sistemlerinin arazi ihtiyaçlarının debiyle logaritmik olarak arttığı ve debi-arazi ihtiyacı münasebetinin korelasyon katsayısının 1.00 olduğu görülmektedir. Buna karşılık diğer grafikler debiyle birlikte daha hızlı bir artış göstermektedir. Debi-arazi ihtiyacı grafikleri de (3.1) parametrik denklemleriyle ifade edilmiş ve katsayılarıyla grafik üzerinde gösterilmiştir. En büyük arazi ihtiyacının sırasıyla düşük hızlı infiltrasyon yoluyla arazide arıtma, yüzeyden akıtarak arazide arıtma, stabilizasyon havuzu,

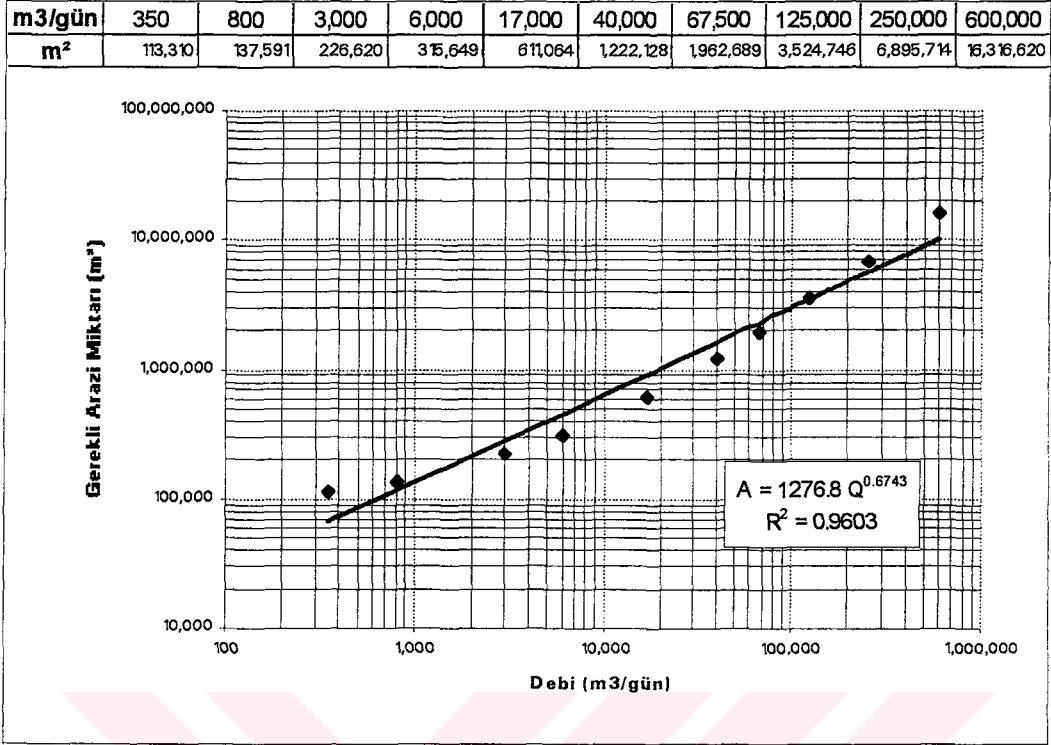
hızlı infiltrasyon yoluyla arazide arıtma ve aktif çamur-biyofilm sistemlerine ait olduğu tespit edilmiştir. Aktif çamur modifikasyonları ile biyofilm sistemleri (damlatmalı filtre ve biyodisk) aynı arazi ihtiyaçlarını göstermektedir.



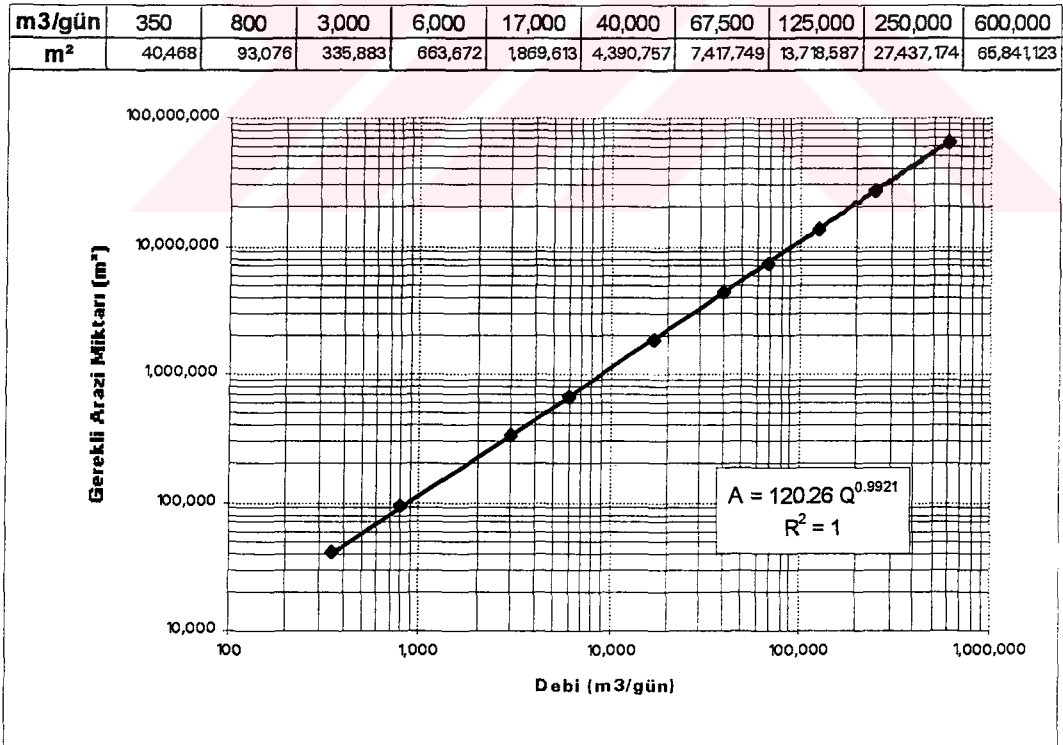
Şekil 4.50 Aktif çamur modifikasyonları için debi-arazi ihtiyacı münasebeti



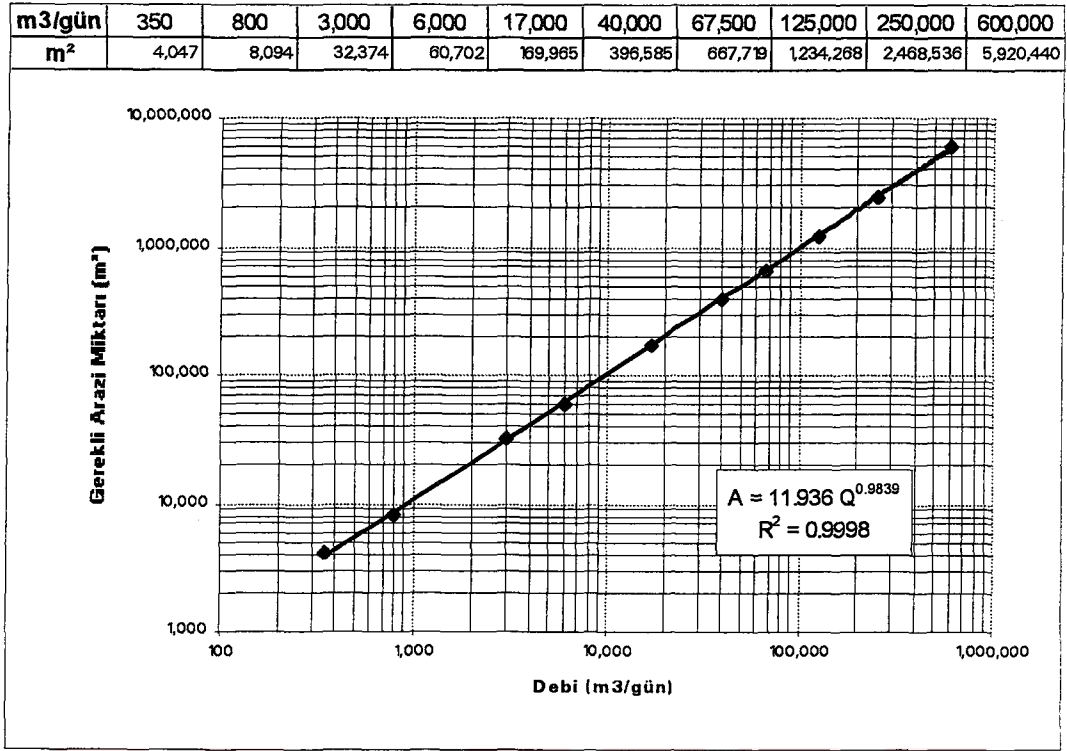
Şekil 4.51 Biyofilm sistemleri için debi-arazi ihtiyacı münasebeti



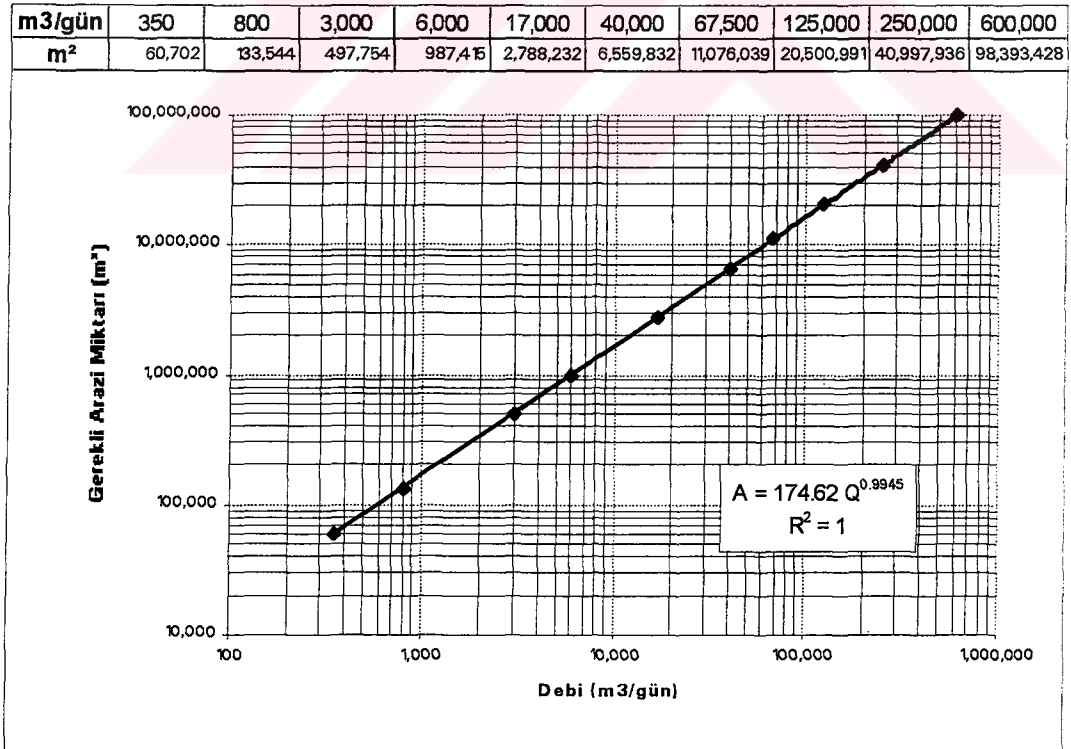
Şekil 4.52 Stabilizasyon havuzları için debi-arazi ihtiyacı münasebeti



Şekil 4.53 Yüzeyden akıtarak arazide arıtma için debi-arazi ihtiyacı münasebeti



Şekil 4.54 Hızlı infiltrasyon yoluyla arazide arıtma için debi-arazi ihtiyacı münasebeti



Şekil 4.55 Düşük hızlı infiltrasyon yoluyla arazide arıtma için debi-arazi ihtiyacı münasebeti

4.3 DEBİ-MALİYET MÜNASEBETLERİNİN GENEL DEĞERLENDİRMESİ

Evsel atıksular için elde edilen Şekil 4.5 ile Şekil 4.55 deki grafiklerle, 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. Diğer taraftan aynı değerleri, bu çalışmada geliştirilen ve Tablo 4.3 de verilen parametrik denklemlerle de hesaplamak mümkündür. Bu denklemler planlama safhası için yeterli hassasiyeti sağlayacak mertebede sonuçlar vermektedir.

Tablo 4.3 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)	$O = 143.03Q^{0.8067}$ (R ² = 0.9859)	$B = 0.8395Q^{-0.2503}$ (R ² = 0.8298)	$A = 3791 Q^{0.3166}$ (R ² = 0.884)
Kontak Stabilizasyon	$T = 2029.7 Q^{0.8408}$ (R ² = 0.9895)	$O = 250.82Q^{0.7688}$ (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)	$O = 138.18Q^{0.8746}$ (R ² = 0.9936)	$B = 0.7125Q^{-0.1705}$ (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)	$O = 186.38Q^{0.7403}$ (R ² = 0.9768)	$B = 1.2544Q^{-0.3217}$ (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)	$O = 186.38Q^{0.7403}$ (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)	$O = 237.88Q^{0.7038}$ (R ² = 0.9749)	$B = 1.6982Q^{-0.3594}$ (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)	$O = 153.78Q^{0.7976}$ (R ² = 0.9849)	$B = 0.9441Q^{-0.2574}$ (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)	$O = 295.16Q^{0.6355}$ (R ² = 0.9663)	$B = 1.5768Q^{-0.3669}$ (R ² = 0.9015)	$A = 3791 Q^{0.3166}$ (R ² = 0.884)
Biyodisk	$T = 1993.8 Q^{0.7418}$ (R ² = 0.9825)	$O = 265.08Q^{0.6618}$ (R ² = 0.9721)	$B = 1.2493Q^{-0.3286}$ (R ² = 0.8952)	$A = 3791 Q^{0.3166}$ (R ² = 0.884)
Oksidasyon Hendeği	$T = 3786.9 Q^{0.6288}$ (R ² = 0.9565)	$O = 140.13Q^{0.8027}$ (R ² = 0.9851)	$B = 0.8603Q^{-0.2524}$ (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)	$O = 476.74Q^{0.5399}$ (R ² = 0.9651)	$B = 1.8516Q^{-0.3767}$ (R ² = 0.8829)	$A = 1276.8 Q^{0.6743}$ (R ² = 0.9603)
Yüzeyden Akıtarak Arazide Arıtma	$T = 507.09 Q^{0.9332}$ (R ² = 0.9986)	$O = 25.295Q^{0.7881}$ (R ² = 0.9842)	$B = 0.141Q^{-0.162}$ (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)	$O = 23.474Q^{0.7957}$ (R ² = 0.9842)	$B = 0.193 Q^{-0.2293}$ (R ² = 0.8194)	$A = 11.936Q^{0.9839}$ (R ² = 0.9998)
Düşük Hızlı İnfiltrasyon Yoluyla Arazide Arıtma	$T = 25.631 Q^{0.8008}$ (R ² = 0.9888)	$O = 25.631Q^{0.8008}$ (R ² = 0.9888)	$B = 0.1441Q^{-0.1329}$ (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. Şekil 4.5 ila Şekil 4.18 deki toplam proje maliyeti eğrileri, Şekil 4.56 ve Şekil 4.57 de toplu olarak gösterilmiştir. Şekil 4.56 de 40.000 m³/gün'e kadar olan debiler için, Şekil 4.57 de ise 40.000 m³/gün ve daha büyük debiler için toplam proje maliyet değişim grafikleri verilmiştir. Toplam proje maliyet eğrilerinin iki ayrı grafikte gösterilmesinin sebebi çeşitli debi değerlerinde çeşitli arıtma sistemlerinin eğrilerinin değişiminin, mukayeseli olarak daha belirgin şekilde gösterilmesini sağlamaktır. Eğrilerin karışmasını önlemek ve daha iyi mukayese edilmelerini sağlamak için gerek arıtma mekanizmaları, gerekse maliyet değerleri birbirine benzer olan sistemlerden örnekleme yapılmıştır. Grafikler incelendiğinde, küçük debilerde; en ekonomik arıtma sisteminin hızlı infiltrasyon yoluyla arazide arıtma, en pahalı sistemin ise damlatmalı filtre olduğu, ancak debi arttıkça; tam karışimli 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. Bu çalışmada elde edilen maliyet eğrilerinin literatürle uyumlu olduğu müşahede edilmiştir.

Arazide arıtma sistemlerinin debi-toplam proje maliyet grafikleri mukayese maksadıyla Şekil 4.58 de 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.

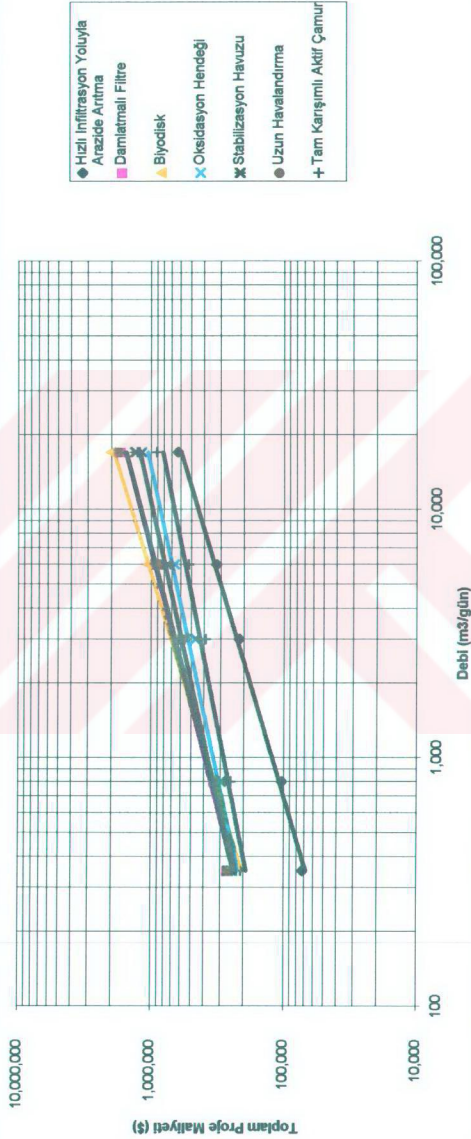
Şekil 4.19 ila Şekil 4.32 de verilen debi-toplam işletme ve bakım maliyet eğrileri mukayese maksadıyla Şekil 4.59 ve Şekil 4.60 da aynı eksenle çizilmiştir. Toplam proje maliyet eğrilerinde olduğu gibi 40.000 m³/gün'e kadar olan debiler için ayrı (Şekil 4.59) daha büyük debiler için ayrı (Şekil 4.60) grafikler hazırlanmıştır. 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 sistemleri mukayese etmek maksadıyla çamur bertarafı hariç 1 m³ atıksuyun arıtma bedelleri Şekil 4.61 ve Şekil 4.62 de, aynı çift logaritmik eksenli grafik kağıtlarına işaretlenmiştir. Bu grafiklerden 1 m³ atıksuyun arıtılma bedeli bakımından en ekonomik sistemin arazide arıtmadan sonra damlatmalı filtre, en pahalı sistemin ise uzun havalandırmalı aktif çamur olduğu görülmektedir. Uzun havalandırmalı aktif çamur sisteminin küçük debilerde diğer sistemlere yakın olduğu, debi arttıkça farkın büyüdüğü görülmektedir. Bu çalışmada incelenen arıtma sistemlerinin arazi ihtiyaçları bakımından mukayesesi, Şekil 4.63 de toplu olarak gösterilmiştir. 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.

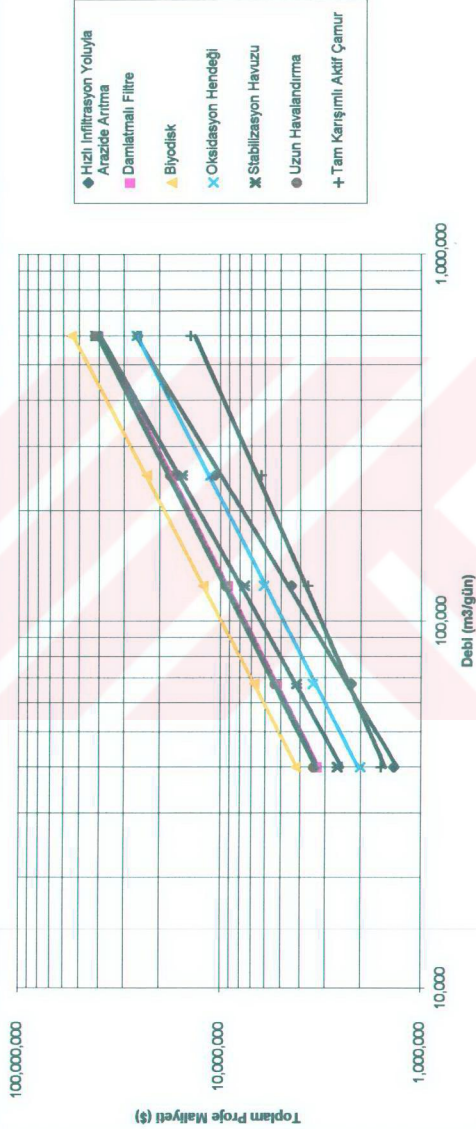
Arazi ihtiyacı bakımından en olumsuz sistemin, Şekil 4.53 ve Şekil 4.55 de gösterilen diğer arazide arıtma sistemlerinden sonra stabilizasyon havuzu ihtiva eden sistemin olduğu belirlenmiştir. Diğer taraftan 6000 m³/gün den sonraki debilerde arazi ihtiyacı en az olan sistemlerin biyofilm ve aktif çamur proseslerinin olduğu tespit edilmiştir.

Debi (m ³ /gün)	350	800	3,000	6,000	17,000
Hızlı İnfiltrasyon Yoluyla Arazide Arıtma	72,075	103,318	218,068	321,856	626,378
Damlatmalı Filtre	264,668	336,985	597,887	934,995	1,705,015
Biyo disk	241,419	277,028	673,894	1,061,321	2,027,931
Oksidasyon Hendeği	245,266	297,844	462,157	684,796	1,184,231
Stabilizasyon Havuzu	259,864	325,927	548,945	753,482	1,315,989
Uzun Havalandırma	259,763	320,844	583,226	865,788	1,755,703
Tam Karışımli Aktif Çamur	209,210	250,464	389,070	520,486	902,564

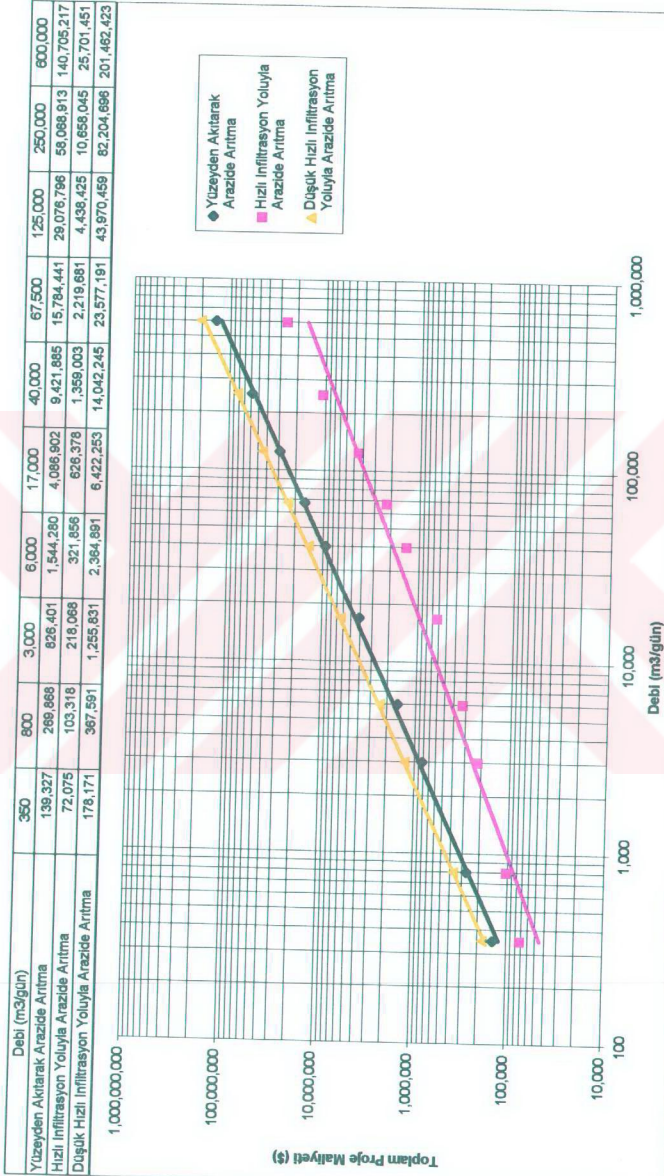


Şekil 4.56 İncelenen atıksu arıtma sistemlerinin 350-40.000 m³/gün arası debiler için toplam proje maliyetleri mukayese grafiği

Debi (m ³ /gün)		40.000	67.500	125.000	250.000	600.000
Hızlı İnfiltrasyon Yoluyla Arazide Arıtma		1.359.003	2.219.681	4.438.425	10.658.045	25.701.451
Damlalı Filtre		3.298.394	5.217.227	9.174.211	17.189.280	40.333.328
Biyodisk		4.188.819	6.782.846	12.124.362	23.214.869	54.534.281
Oksidasyon Hendeği		1.995.625	3.456.369	6.074.417	11.175.871	25.936.058
Stabilizasyon Havuzu		2.600.069	4.166.335	7.585.061	15.400.165	41.569.315
Uzun Havalandırma		3.420.851	5.354.653	9.389.348	17.733.501	41.742.009
Tam Karışımli Aktif Çamur		1.577.065	2.248.488	3.673.790	6.271.612	13.973.345

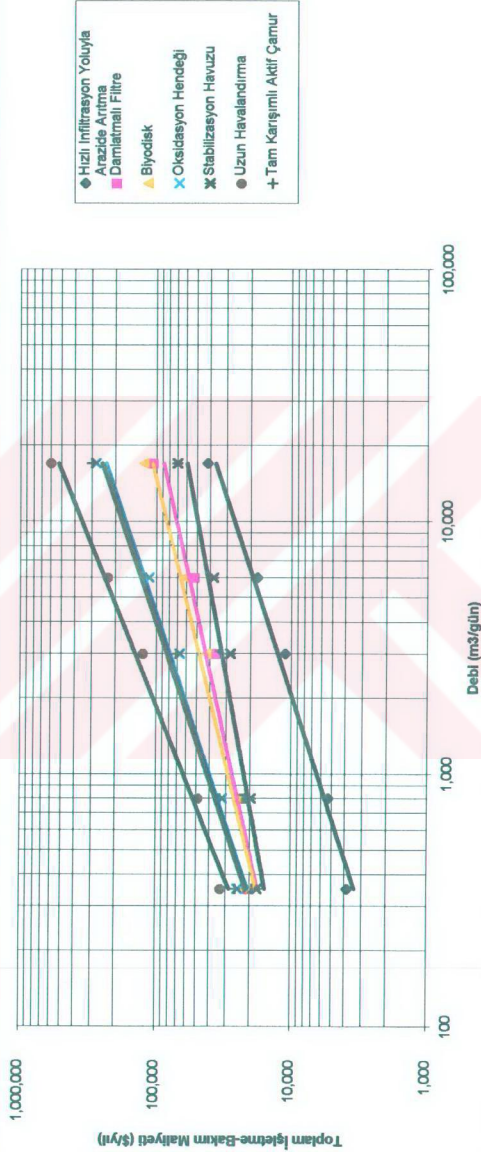


Şekil 4.57 İncelenen atıksu arıtma sistemlerinin 40.000 m³/gün ve daha büyük debiler için toplam proje maliyetleri mukayese grafiği



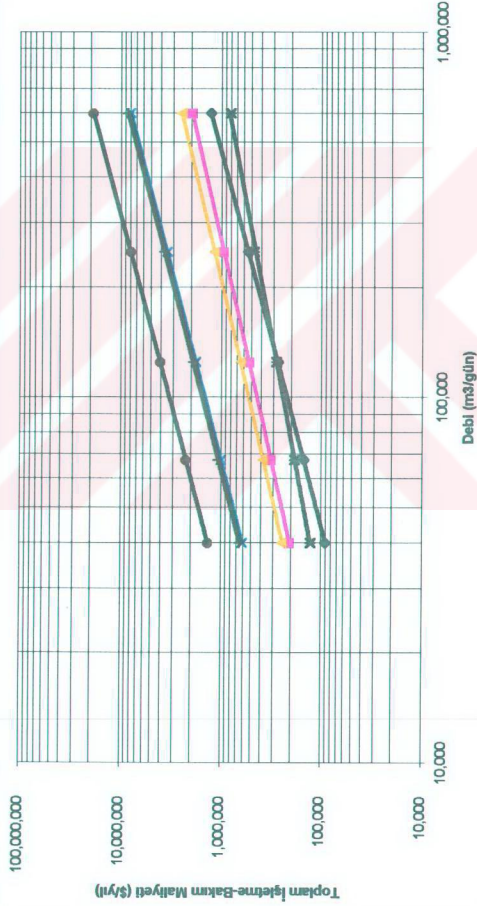
Şekil 4.58 Arazide arıtma sistemlerinin incelenen debiler için toplam proje maliyetleri mukayese grafiği

Debi (m ³ /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	36,284	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

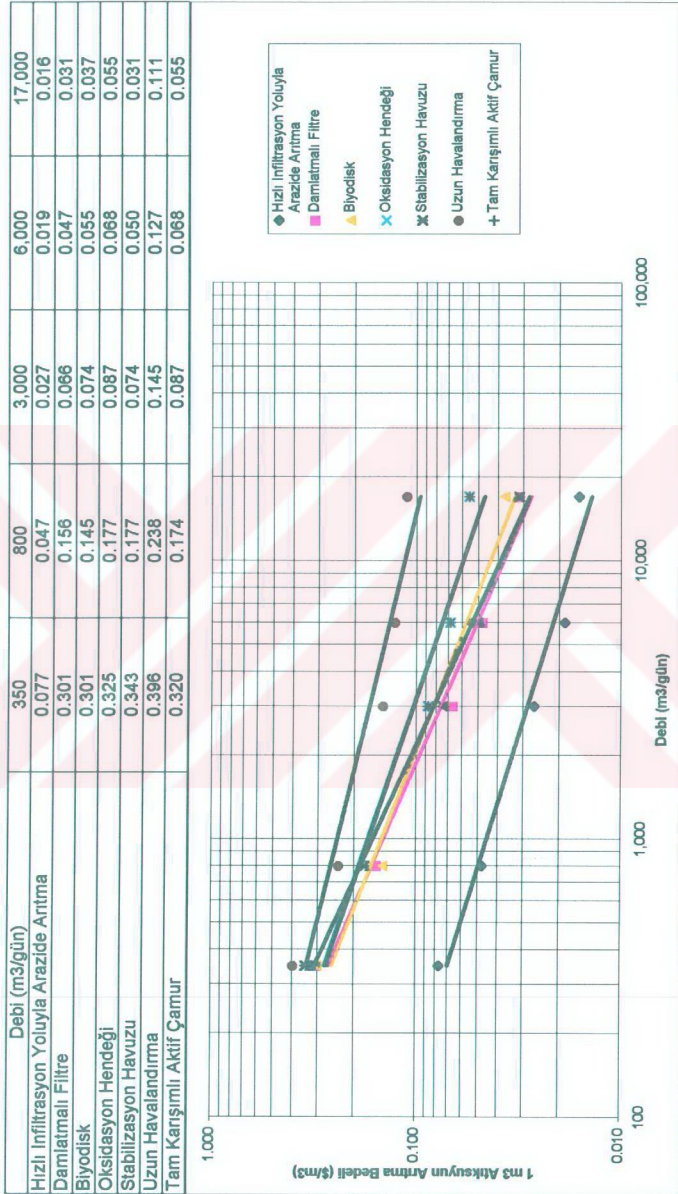


Şekil 4.58 İncelenen atıksu arıtma sistemlerinin 350-40.000 m³/gün arası debiler için toplam işletme-bakım maliyetleri mukayese grafiği

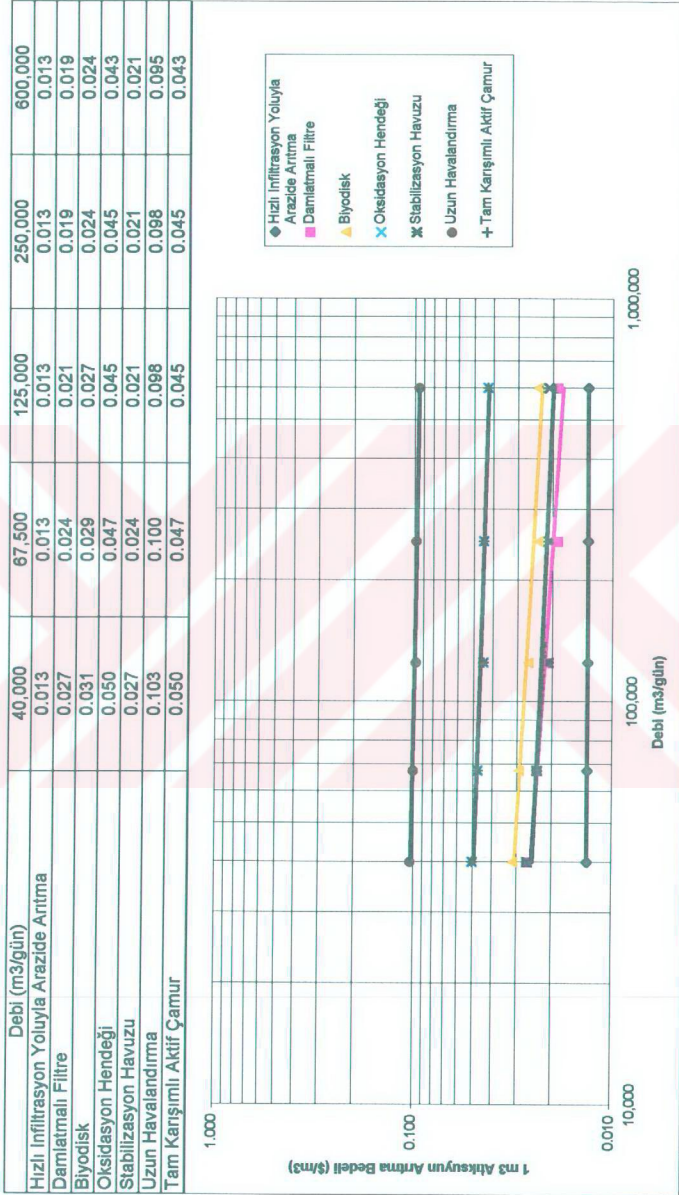
Debi (m ³ /gün)	40,000	67,500	125,000	250,000	600,000
Hızlı İnfiltrasyon Yoluyla Arazide Arıtma	91,013	148,838	270,864	543,622	1,277,510
Damlatmalı Filtre	207,725	318,017	524,865	958,775	1,968,946
Biyo disk	244,068	379,796	638,261	1,180,395	2,492,063
Oksidasyon Hendeği	608,849	997,645	1,784,117	3,473,623	8,001,377
Stabilizasyon Havuzu	127,066	183,879	279,461	473,221	809,567
Uzun Havalandırma	1,349,848	2,235,351	4,057,918	7,995,601	18,786,409
Tam Karışımli Aktif Çamur	653,215	1,065,605	1,903,609	3,707,084	8,543,051



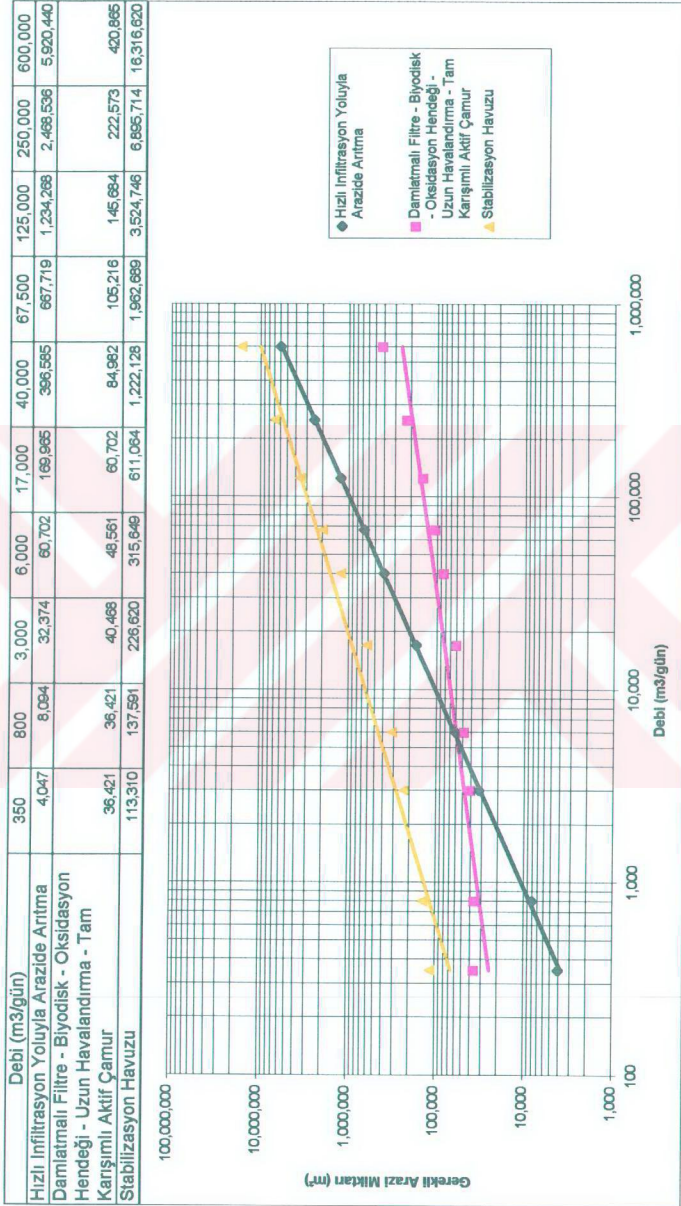
Şekil 4.60 İncelenen atıksu arıtma sistemlerinin 40.000 m³/gün ve daha büyük debiler için toplam işletme-bakım maliyetleri mukayese grafiği



Şekil 4.61 İncelenen atıksu arıtma sistemlerinin 350-40.000 m³/gün arası debiler için birim hacim atıksu arıtma maliyetleri mukayese grafiği



Şekil 4.62 İncelenen atıksu arıtma sistemlerinin 40.000 m³/gün ve daha büyük debiler için birim hacim atıksu arıtma maliyetleri mukayese grafiği



Şekil 4.63 İncelenen debiler için atıksu arıtma sistemlerinin arazi ihtiyaçları mukayese grafiği

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

1. Türkiye'de tamamlanan evsel atıksu arıtma tesislerinin maliyetleri analiz edilerek stabilizasyon havuzları ve uzun havalandırmalı aktif çamur sistemleri için inşaat maliyet indeksleri geliştirilmiştir. 1989 yılı indeksi 100 alınarak 1995 yılına kadarki indeksler hesaplanmıştır. 1995 yılı ve daha sonraki yıllara ait birim fiyatlar verildiğinde inşaat maliyet indeksini belirleyecek bir bilgisayar programı geliştirilmiştir.
2. 1989-1995 yılları arasında stabilizasyon havuzlarındaki fiyat artışlarının uzun havalandırmalı aktif çamur prosesinden daha fazla olduğu, fiyat artışlarının geometrik karakter gösterdiği, en büyük fiyat artışının inşaat, en düşük fiyat artışının ise borulama ve ekipman kalemlerinde meydana geldiği tespit edilmiştir.
3. Evsel atıksuların arıtılmasında kullanılabilecek konvansiyonel arıtma proseslerini mukayeseli olarak boyutlandıran ve WINDOWS ortamının kullanıcıya sağladığı kolaylıkları ihtiva eden bir bilgisayar programı geliştirilmiştir. Mukayeseli Tasfiye "MT" adı verilen bu program, Türkiye şartlarında planlanacak atıksu arıtma tesislerinde yatırımcının ihtiyaçlarına cevap verebilecek finansman ve deşarj kalite bilgilerini hızlı bir şekilde hesaplamaktadır.
4. Türkiye şartları dikkate alınarak 14 ayrı atıksu arıtma sistemi tasarlanmış ve bu tesislerin debi-toplam proje maliyeti, debi-toplam işletme ve bakım maliyeti, debi-birim hacimdeki atıksuyun arıtılma maliyeti ve debi-arazi ihtiyacı münasebetlerini gösteren eğrilerin parametrik denklemleri elde edilmiştir. Bu eğriler kullanılarak çeşitli arıtma sistemleri birbirleriyle mukayese edilebilmektedir.

5. Bu çalışmada stabilizasyon havuzları ve uzun havalandırmalı aktif çamur sistemleri için inşaat maliyet indeksi geliştirmede izlenen metodoloji kullanılarak diğer arıtma sistemleri için de, yeterli veri temin edilmesi halinde, inşaat maliyet indeksleri geliştirilebilir.
6. Bu çalışmada elde edilen debi-maliyet münasebetleri, benzer şekilde, çamur prosesleri için de teşkil edilebilir.

KAYNAKLAR

- Akça, L., (1988), Aktif Çamur Sisteminin Optimum Dizaynı İçin Bir Model, Doktora Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Anderson, D.R., Garber W.F., (1988), A Feasibility Study for the Development of Appropriate Environmental Standards for Use in Developing Member Countries, Asian Development Bank, Bangkok Thailand.
- Anderson, L.G., (1980), Energy Savings at Wastewater Treatment Plants, Directorate-General for Res., Science and Edu., Commission of European Communities, Luxembourg.
- Arceivala, S.J. et al, (1969), Cost Estimates for Various Sewage Treatment Processes in India, Symposium of Central Public Health and Engineering Research Institute, Nagpur, India.
- Arceivala, S.J. et al, (1970), Waste Stabilization Ponds-Design, Construction and Operation in India, Central Public Health and Engineering Research Institute, Nagpur, India.
- Barnard, J.L. and Eckenfelder W.W., (1971), Treatment-Cost Relationship for Industrial Waste Treatment, Technical Report, No. 23, Envir. and Water Res. Eng., Vanderbilt University, Nashville, Tenn., USA..
- Berthouex, P.M. and Polkowski L.B., (1970), Optimum Waste Treatment Plant Design Under Uncertainty, Journal of WPCF, Vol. 42, No. 9, pp. 1589-1612.
- Bowden, K. and Wright D.E., (1978), CIRIA Model for Cost-Effective Wastewater Treatment, Mathematical Models in Water Pollution Control, A. James, ed., John Wiley and Sons Ltd., London, U.K..
- Bush, M.J. and Silveston P.L. (1978), Optimal Synthesis of Waste Treatment Plants, Computer and Chemical Engrg., Vol. 2, No. 2, pp. 153-159.
- CAPDET (1979), Computer Assisted Procedure for the Design and Evaluation of Wastewater Treatment Facilities, U.S. Army Corps of Engineers and Environmental Protection Agency, Waterway Experiment Station, Vicksburg, Mississippi.
- CAPDET (1980), Computer-Assisted Procedure for the Design and Evaluation of Wastewater Treatment Systems: Users Guide. EM 110-2-501, Part III, U.S. Army Corps of Engineers, Waterways Experiment Station, Vicksburg, Miss.

- CAPDET (1981), Computer-Assisted Procedure for the Design and Evaluation of Wastewater Treatment Systems: Program user's guide. PB81-220964, NTIS, U.S. Army Corps of Engineers, Waterways Experiment Station, Vicksburg, Miss.
- CAPDET (1983), Computer-Assisted Procedure for the Design and Evaluation of Wastewater Treatment Systems: Programmer's reference manual. PB83-173138, NTIS, U.S. Army Corps of Engineers, Waterways Experiment Station, Vicksburg, Miss.
- Chang, S.Y. and Liaw S.L., (1990), Bounded Implicit Enumeration for Wastewater Treatment Systems, Journal of Envir. Engr., ASCE, Vol. 116, No. 5, pp. 910-926.
- Chen, G.K., Fan L. T. and Erickson L.E., (1972), Computer Software for Wastewater Treatment Plant Design, Journal of WPCF, Vol. 44, No. 5, pp. 746-762.
- Deiningering, R.A. and Su S.Y., (1971), Regional Wastewater Treatment Systems ASCE, Annual and National Engineering Meeting, 18-22 October.
- Deiningering, R.A., (1966), Computer Aided Design of Waste Collection and Treatment Systems, in Proceedings of Second Annual American Water Resources Conference, p. 247.
- Deiningering, R.A., (1966), The Economics of Regional Pollution Control Systems, Proceedings 21 st Purdue Industrial Waste Conference.
- Deiningering, R.A., (1972), Minimum Cost Regional Pollution Control Systems. In International Symposium on Mathematical Modeling Techniques in Water Resources Systems. A.K. Biswas (ed.), pp. 352-361, Environmental Canada, Ottawa.
- Diachishin, A.N., (1957), New Guide to Sewage Plant Costs, Engineering News Record, 159, 15, 316.
- Donald, L.G., (1974), Aeration of Activated Sludge in Sewage Treatment.
- Economic Indicators, (1994), J. of Chemical Engineering, No. 1-12.
- Eddy, H.P. and Metcalf L., (1991), Wastewater Engineering: Treatment, Disposal and Reuse, II. Edition, McGraw Hill Book Comp.
- Eilers, R.G. and Smith R., (1973), Wastewater Treatment Plant Cost Estimating Program Documentation, EPA (USA), Distributed by NTIS PB-222 762, US Department of Commerce, Springfield, Va.
- Ellis, K.V. and Tang S.L., (1991), Wastewater Treatment Optimization Model for Developing World I Model Development, Journal of Environmental Engineering, ASCE, Vol. 117, No. 4, pp. 501-518.
- ENR, (1994), Engineering News Records, No. 1-12.

- EPA, (1973), Nitrification and Denitrification Facilities: Wastewater Treatment, (USA), EPA-625/4-73-0049, Cincinnati, OH.
- EPA, (1974), Process Design Manual for Upgrading Existing Wastewater Treatment Plants, EPA-625/1-74-004a, Cincinnati, OH.
- EPA, (1975a), Cost-Effectiveness Wastewater Treatment Systems, 430/9-75-002, Office of Water Program Operations, Washington D.C., 20460.
- EPA, (1975b), Process Design Manual for Suspended Solids Removal, EPA-625/1-75-003a, Cincinnati, OH.
- EPA, (1976a), Process Design Manual for Phosphorus Removal, EPA-625/1-76-001a, Cincinnati, OH.
- EPA, (1976b), Areawide Assessment Procedures Manual: Performance and Cost, 600/9-76-014, Municipal Envir. Res. Lab., Cincinnati, OH.
- EPA, (1977), Cost Estimates for Construction of Publicly-Owned Wastewater Treatment Facilities. Summaries of Technical Data, 430/9-76-011, Washington, D.C., 20460.
- EPA, (1978), Analysis of Wastewater Treatment Systems, MCD-39, Office of Water Program Operations, Washington, DC, 20460.
- EPA, (1979), Construction Costs for Municipal Wastewater Treatment Plants (1973-1977). MCD-37, Office of Water Program Operations, Washington, D.C., 20460.
- EPA, (1980), Construction Costs for Municipal Wastewater Treatment Plants, 1973-1978, 430/9-80-003, Office of Water and Waste Management, Washington, D.C., 20460.
- EPA, (1984), The Cost Digest: Cost Summaries of Selected Environmental Control Technologies, EPA-600/8-84-010, Office of Envir. Engrg and Techn., Washington, D.C., 20460.
- Eroğlu, V., (1980), Nehir Havzalarındaki Tasfiye Tesisi Verimlerinin Optimizasyonu, Doktora Tezi, İTÜ İnşaat Fakültesi, İstanbul.
- GIT, (1981), Energy Efficiency in Water and Wastewater, Treatment Plants, Engrg. Exp. Station, Georgia Inst. of Tech., Atlanta, Ga.
- Greenwood, D.R. and Gloyna E.F., (1980), Energy Consumption in Municipal Wastewater Treatment Facilities, Ctr. for Res. in Water Resources, University of Texas Austin, Texas.
- Gültekin, S., (1995), Türkiye İçin İleri Arıtmanın Maliyet Boyutu, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Hagen, R.M. and Roberts E.B., (1976), Energy Requirement for Wastewater Treatment, Part II, Water and Sewerage Works, Vol. 123, No. 12, pp. 52-57.

- Henze, M. and Odegaard H., (1994), An Analysis of Wastewater Treatment Strategies for Eastern and Central Europe, in Proceedings of Water Quality International'94, Book:6, IAWQ 17 th Biennial Conference, Budapest, Hungary, pp. 27-42, 24-29 July.
- Howells, D.H. and DuBois D.P., (1958), Design Practices and Costs for Small Secondary Sewage Treatment Plants in the Upper Midwest, Sewage and Industrial Wastes, Vol. 30, No. 11, p. 1327.
- Karpuzcu, M., (1987), Çevre Ekonomisi, İTÜ İnşaat Fakültesi Yayını, İstanbul.
- Kaya, S., (1973), Yüksek Lisans Tezi, ODTÜ.
- Kehr, D., Teichmann, H., (1961), Bau-und Betriebskosten Öffentlicher Kläranlagen in der Bundesrepublik veröfentlichungen des Institute für Siedlungs Wasserwirtschaft der TH Hannover, H.
- Lindholm, O. G., (1973), Modeling of Wastewater Disposal Systems, Models for Environmental Pollution Control, Ann Arbor Science Publishers, Inc., Mich., pp. 21-40.
- Logan, J.A., Hatfield W.D., Russel G.S. and Lynn W.R., (1962), An Analysis of the Economics of Wastewater Treatment Journal of WPCF, Vol. 34, No. 9, p.860.
- Lynn, W.R., Logan J. A. and Charnes A., (1962), Systems Analysis for Planning Wastewater Treatment Plants, Journal of WPCF, Vol. 34, No. 6, pp. 565-579.
- Male, J.W. and Graef S.P., (1978), Applications of Computer Programs in the Preliminary Design of Wastewater Treatment Facilities, Short Course Proceedings: Section I and II, EPA 600/2-78-185, Cincinnati, OH.
- McGhee, T.J., Mojgani P. and Vicidomina F., (1983), Use of EPA's CAPDET Program for Evaluation of Wastewater Treatment Alternatives, Journal of WPCF, Vol. 55, No. 1, pp. 35-43.
- Middlebrooks, E. J., Middlebrooks C. H. and Reed S. C., (1981), Energy Requirement for Small Wastewater Treatment Systems, Journal of WPCF, Vol. 53, No 7., pp. 1172-1197.
- Middleitem, A.C. and Lawrence A.W., (1976), Least Cost Design of Activated Sludge Systems, Journal of WPCF, Vol. 48, No. 5, pp. 889-905.
- Middleton, A.C. and Lawrence A.W., (1974), Cost Optimization of Activated Sludge Systems, Biotechn and Bioengrg, Vol. 16, No. 6, pp. 807-826.
- Milis, A.M. and Tchobanoglus G. Energy, (1974), Agriculture and Waste Management, Ann Arbor, Mich., pp. 151-185.

- Mishra, P. N., Fan L.T. and Erickson L.E., (1974), Application of Mathematical Optimization Techniques in Computer Aided Design of Wastewater Treatment Systems, Water. 1974: II. Municipal Waste Treatment, AIChE Symp. Series, Vol: 71, No. 145, pp. 136-153.
- Muslu, Y.,(1994), Atıksuların Arıtılması, İTÜ Yayını, No: 1535.
- Narbaitz R.M. and Adams B.J., (1980), Cost Optimization of Wastewater Treatment Plant Design: Preliminary Design Including Sludge Disposal, Wat. Pollut. Res. J. Canada, Vol. 15, pp. 121-141.
- Owen, W.F., (1982), Energy in Wastewater Treatment, Printice-Hall, Englewood Cliffs, N.J.
- Öztürk, I. ve diğ., (1993), Turistik Bölgeler için Uygun Arıtma Sistemlerinin Planlanması Çevre Bakanlığı için hazırlanan Nihai Rapor, İTÜ İnşaat Fak., Çevre Müh. Bölümü, İstanbul.
- Parker, C. L., (1975), Estimating the Cost of Wastewater Treatment Ponds, Pollution Engineering, Vol. 7, No. 11, pp. 32-37.
- Patterson, W.L. and Banker R.F., (1971), Estimating Costs and Manpower Requirement for Conventional Wastewater Treatment Facilities, Black and Wealth Engineers, EPA Report 17 090 DAN 10/71.
- Public Health Service, (1963), Sewage Treatment Plant Construction Cost Index. Construction Cost Trends Municipal Waste Treatment Works, Publication No. 1096, U.S. Govt. Printing Office, Washington, D.C.
- Public Health Service, (1964), Modern Sewage Treatment Plants-How Much Do They Cost?, Publication No. 1229, U.S. Govt. Printing Office, Washington, D.C.
- Quasim, S. R., (1985), Wastewater Treatment Plants: Planning, Design and Operation, CBS Publishing Ltd. in Japan.
- Reed, S.C. et al, (1979), Cost of Land Treatment Systems, EPA-430/9-75-003, Office of Water and Waste Management, Washington, D.C, 20460.
- Resmi Gazete, (1989-1994), Merkez Bankası Döviz Satış Kurları.
- Robert, L.M., (1970), Costs and Manpower for Municipal Wastewater Treatment Plant Operation and Maintenance (1965-1968), Journal of WPCF, Vol. 42, No. 11.
- Rossmann, L.A., (1979), Computer-Aided Synthesis of Wastewater Treatment and Sludge Disposal Systems, EPA-600/2-79-158, Washington, D.C., 20460.
- Rossmann, L.A., (1980), EXEC/OP Reference Manual: Version 1.2, Wastewater Research Division, Municipal Envir. Res. Lab., EPA, Washington, D.C., 20460.
- Rowan, P.P., Jenkins K.H. and Butler D.W., (1960), Sewage Treatment Construction, Journal of WPCF, Vol. 32, No 6, pp 594.

- Rowan, P.P, Jenkins K.H. and Howells D.H., (1961), Estimating Sewage Treatment Plant Operation and Maintenance Costs, Journal of WPCF, Vol. 33, No. 2, pp. 111.
- Samsunlu, A., Eroğlu, Öztürk İ., Akça L., Ubay G., Kınacı C. ve Borat M. (1989), Türkiye'de Arıtma Tesisi Kurma Önceliklerinin ve Arıtma Sektöründe Enerji Talebinin Planlanması, Çevre Bakanlığı için hazırlanan projenin Nihai Raporu, İTÜ Çevre Müh. Bölümü.
- San, H.A., Eroğlu V. ve Öztürk İ., (1984), Tasfiye Tesisleri ve Debi Arasındaki Münasebetler, TUBITAK Çevre Araştırmaları Grubu, Ulusal Çevre Sempozyumu, 12-15 Kasım 1984, Adana.
- Sarıkaya, H.Z., Eroğlu V. vd. (1995), Organize Sanayi Bölgelerinde Çevre Kirliliğini Minimize Edici Teknolojilerin ve Maliyet Boyutlarının Belirlenmesi, TUBITAK DEBAG 126/G Nolu Araştırma Projesi 1994 Ara Raporu, İTÜ Çevre Müh. Bölümü, İstanbul.
- Schmidt, U., (1964), Über die Kosten der Biologischen Abwasserreinigung, Erschienen im Eigen verlage des Institutes für siedlungswasserwirtschaft der T.H., Hannover.
- Shields, F. G. and Thackston E.L., (1991), Designing Treatment Basin Dimensions to Reduce Cost, Journal of Environmental Engineering, ASCE, VOL. 117, No. 3, pp. 381-386.
- Shih, C.S. and Defilippi J.A., (1970), System Optimization of Waste Treatment Plant Process Design, Journal of Sanit. Engrg. Div., ASCE, Vol. 96, pp. 409-421.
- Smith, R., (1968), Cost of Conventional and Advanced Treatment of Wastewater, Jour. W. Poll. Cont. Fed., V. 40, No. 9, pp. 1546-1574.
- Smith, R., (1973), Electrical Power Consumption for Municipal Wastewater Treatment, EPA-R2-73-281, Cincinnati, OH.
- Smith, R., (1978), Total Energy Consumption in Municipal Wastewater Treatment, EPA-600/2-78-149, Cincinnati, OH.
- Soyupak, S., (1973), Yüksek Lisans Tezi, ODTÜ.
- Swanson, C. L., (1966), Unit Process Operating and Maintenance Costs for Conventional Sewage Treatment Processes, in Proceedings of Interval FWPCA Memorandum.
- Şahinoğlu, A., (1991), Atıksu Ön Arıtma ve Deniz Deşarj Tesislerinin Maliyeti Üzerine Bir Araştırma Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Thoman, J.R. and Jenkins K.H., (1958), How to Estimate Sewage Plants Quickly, Engineering News Record, 161, 26, 64.

- Tihasky, D.P., (1974), Historical Development of Water Pollution Control Cost Functions, Journal of WPCE, Vol. 40, No. 5, pp. 813-833.
- Tong, C.C., Brill E.D. and Pfeffer J.T., (1987), Comprehensive Model of Activated Sludge Wastewater Treatment System, Journal of Envir. Engrg., ASCE, Vol. 133, No. 5, pp. 952-969.
- Toptan Eşya ve Tüketici Fiyatları Aylık Bülteni, (1989-1994), T.C. Başbakanlık Devlet İstatistik Enstitüsü.
- Tyteca, D., Smeers Y. and Nyns E.D., (1977), Mathematical Modeling and Economic Optimization of Wastewater Treatment Plants, CRC Crit. Rev. Environ. Cont., Vol. 8, No.1, pp. 1-89.
- Uluatam, S.S., (1991), Cost Models for Small Wastewater Treatment Plants, International Journal of Environmental Studies, Vol. 37, pp. 171-181.
- Uslu, H., (1984), Arıtma Sistemlerinin Türkiye'deki Maliyetleri, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Velioğlu, S.G., (1981), Aktif Çamur Sistemlerinin Maliyet Etkin Tasarımı ve Benzetimi, Doçentlik Tezi.
- Velz, C.J., How Much Should Sewage Treatment Cost?, Engineering News Record, 141, 16, 316.
- Wang, M.H. and Wang L. K., (1979), Mathematical Modeling of Electrical Energy Consumption and Heating Requirements by Municipal Wastewater Treatment Plants, Journal of Environmental Science, Vol. 22, No 4, pp. 23-26.
- Wesner, G.M., Clup G.L., Lineck T.S. and Hinrichs D.J., (1979), Energy Conservation in Municipal Wastewater Treatment, Report MCD-32, EPA 430/9-77-011, Washington D.C., 20460.
- West, R.E, Energy Use, (1981), Conservation and Recovery in Wastewater Treatment, in the Proceedings of NATO ASI Energy Production and Conservation from Wastes, İstanbul, Turkey.
- Young, D. F., and Coopman B., (1991), Electricity Use in Small Wastewater Treatment Plants, Journal of Envir. Engrg., ASCE, Vol. 117, No 3, pp. 300-307.
- Zarnett, G.D., (1975), Energy Requirement for Conventional and Advanced Wastewater Treatment, Publication No. W47, Pollut. Control, Ministry of the Environment, Toronto, Ontario, Canada.

ÖZGEÇMİŞ

Yüksek Mühendis Mustafa Tuna, 1957 yılında Şarkışla'da doğmuştur. Kayseri Lisesi'ni 1975 yılında bitirmiş, aynı yıl girdiği İ.T.Ü. M.M.F. İnşaat bölümünden 1980 yılında mezun olmuştur. Mezuniyetinden sonra yüksek lisans eğitimini İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi Çevre Ana Bilim Dalında tamamlayarak Yüksek Mühendis ünvanını almıştır. 1982-1983 yıllarında Louisiana State University (U.S.A.)'da ekonomi ve işletme alanlarında çalışmalarda bulunmuştur.

Halen Tuna Mühendislik Mimarlık A.Ş. de yönetici olarak görev yapmaktadır.

Yüksek Mühendis Mustafa Tuna Source Index'e giren yayını sebebiyle TÜBİTAK bilimsel yayınları destekleme ödülünü kazanmıştır. Yayınlarına yapılan atıflardan dolayı birkaç defa Citation Index'e girmiştir.